



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

ANÁLISIS, TEORÍA E HISTORIA

“El reciclamiento de tejidos urbanos como soporte
del metabolismo de la ciudad”

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN ARQUITECTURA

PRESENTA:

ARQ. JOSÉ LUIS CANELA VALLE

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ÁNGEL FRANCISCO MERCADO MORAGA

(Facultad de Arquitectura)

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., noviembre 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

- A. PROBLEMÁTICA
- B. ENFOQUE ECOLÓGICO (METABOLISMO URBANO)
- C. METODOLOGIA
- D. HIPÓTESIS
- E. OBJETIVOS (GENERAL Y PARTICULARES)

PRIMERA PARTE: CAPÍTULO 1. LA CIUDAD COMO ECOSISTEMA Y SU METABOLISMO

- 1.1 LA ECOLOGÍA
- 1.2 LA CIUDAD/ECOSISTEMA
- 1.3 EL CONCEPTO DE METABOLISMO URBANO
- 1.4 LA EFICIENCIA METABÓLICA DE LOS ECOSISTEMAS URBANOS
- 1.5 LA EFICIENCIA METABÓLICA DE LOS ECOSISTEMAS URBANOS COMO FACTOR DE SOSTENIBILIDAD GLOBAL

CAPÍTULO 2. RECICLAMIENTO DE TEJIDOS EN LOS ECOSISTEMAS URBANOS

- 2.1 EL CRECIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS URBANOS CONTEMPORÁNEOS
- 2.2 LA HABITABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS URBANOS
- 2.3 PRINCIPIOS PARA UN RECICLAMIENTO URBANO SOSTENIBLE
- 2.4 COMPACIDAD Y COMPLEJIDAD COMO GUÍA DEL RECICLAMIENTO URBANO

CAPÍTULO 3. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LOS ECOSISTEMAS URBANOS

- 3.1 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LOS SISTEMAS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD
- 3.2 LOS SISTEMAS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD URBANA EN TRES ESCALAS DE APLICACIÓN
 - 3.2.1 EL NUEVO METABOLISMO URBANO DE JOSEP ACEBILLO
 - 3.2.2 EL URBANISMO ECOLÓGICO DE SALVADOR RUEDA
 - 3.2.3 LA CIUDAD COMPACTA SOSTENIBLE DE PEDERSEN

SEGUNDA PARTE: CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE SISTEMA DE INDICADORES PARA PROYECTOS DE RECICLAMIENTO URBANO EN AMÉRICA LATINA

- 4.1 CATEGORÍAS DE ANÁLISIS
- 4.2 INDICADORES PARA ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE TEJIDOS EXISTENTES
- 4.3 RESUMEN DEL MODELO DE INDICADORES PARA TEJIDOS EXISTENTES

CAPÍTULO 5. CASO DE ESTUDIO: EL ECOSISTEMA URBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

- 5.1 PANORAMA GENERAL DEL CRECIMIENTO EXPANSIVO Y DEL METABOLISMO URBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA.
- 5.2 TEJIDOS MUESTRA
- 5.3 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS TEJIDOS MUESTRA
- 5.4 RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL ECOSISTEMA URBANO Y DE LOS TEJIDOS MUESTRA
- 5.5 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS TEJIDOS MUESTRA

CAPÍTULO 6. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO URBANO EN PROYECTOS DE RECICLAMIENTO DE TEJIDOS

CONCLUSIONES
LIMITACIONES
LINEAS DE INVESTIGACION RESULTANTES

BIBLIOGRAFÍA.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme la existencia y la capacidad de aprender cada día.

A mi Padre, que sé que desde el cielo guía mis pasos y no deja que me rinda en los momentos de dificultad, que cada día me enseña cosas, aunque no esté presente de manera física, pero cuya memoria me alienta a seguir adelante día con día.

A mi madre, quien no solo me dio la vida, sino que se ha encargado de mi formación a lo largo de este camino.

A mis hermanas Diana y Jazmín, quienes han estado en mis momentos de felicidad, pero también de ira, dándome siempre su apoyo y cariño.

A mi novia, gracias a quien este camino recorrido en la maestría ha sido más llevadero, brindándome sus consejos y su amor.

Al campo de conocimiento, Análisis Teoría e Historia, hoy Arquitectura Ciudad y Territorio, a los arquitectos Alejandro Suárez Pareyón y Ernesto Alva Martínez, quienes con cada palabra aumentaron mis ganas de continuar en la docencia y compartir conocimientos.

A los extraordinarios profesores del campo, en especial a mis sinodales, el Dr. José Ángel Campos Salgado y Mtro. Francisco Platas López, que en conjunto nos dan la oportunidad de enriquecer conocimientos, compartirlos y discutirlos, fomentando un espíritu crítico, el cual no solo se queda en lo académico, sino que ha permeado en todos los aspectos de mi vida, permitiéndome ser una mejor persona y un mejor profesor. Deseo que este ciclo sea el inicio de una relación permanente en la cual podamos seguir enriqueciendo mutuamente, a través de la discusión y crítica del tema que tanto nos apasiona, la ciudad y sus habitantes.

En especial a mi director de tesis, el Dr. Ángel Francisco Mercado Moraga, quien siempre confió en las intenciones de este trabajo y me ofreció todo su apoyo durante el proceso. Agradecerle las charlas a través del desarrollo de este trabajo, en las cuales siempre me permitió una discusión respetuosa, entre colegas.

Esta tesis fue realizada con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) del Gobierno de México.

RESUMEN

Para mediados del siglo XXI, el 70% de la población mundial se encontrará asentada en entornos urbanos, los cuales serán los responsables de la sostenibilidad del planeta, en la medida en que el contexto urbano se organice, consuma recursos y se adapte a condiciones sociales y económicas de carácter global y local.

Por lo tanto, el presente trabajo se planteó la necesidad de medir la eficiencia en el uso de los tejidos urbanos, con el fin de ofrecer una imagen que dotará a los involucrados en las transformaciones urbanas, de herramientas e información con la cual desarrollar los procesos de intervención en el mejoramiento de las ciudades.

Para esto, entendemos a las ciudades como ecosistemas abiertos, que tienen su propio metabolismo, el cual es en mayor o menor medida eficiente y por lo tanto susceptible de ser intervenido en la búsqueda de un aumento en la eficiencia de su funcionamiento.

Se desarrolló un modelo de indicadores que permitiera medir la eficiencia de los tejidos urbanos, tomando en consideración las categorías de metabolismo urbano, compacidad, complejidad y habitabilidad. Este modelo se aplicó en el caso de estudio, la ciudad de Toluca en el Estado de México, seleccionando tres tejidos a partir del criterio de cercanía con el centro fundacional del asentamiento urbano.

Los tejidos urbanos requieren mantenimiento y mejorar constante para evitar que caigan en situaciones de deterioro grave que deriven en su abandono y problemas sociales. Además, es necesaria una toma de conciencia de los tejidos urbanos como patrimonio de la ciudad, resultado del trabajo conjunto de la población. Por lo tanto, el mantenimiento preventivo de los tejidos es indispensable para poder adaptar las ciudades a las nuevas demandas de la sociedad.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, más de la mitad de la población mundial vive en asentamientos urbanos y las tendencias de evolución de las ciudades nos dicen que estas seguirán creciendo por lo menos hasta mediados del siglo XXI, cuando estos asentamientos concentren al 70% de la población mundial que se calcula alcance los 9 mil millones de habitantes (ONU-Hábitat, 2009). Si tomamos en cuenta que la mayoría de la población vivirá en contextos urbanos para mediados del siglo XXI, podemos decir que la sostenibilidad¹ del planeta dependerá en gran medida de la manera en que el contexto urbano se organice, consuma recursos y se adapte a las condiciones sociales y económicas de carácter global y local.

Partimos de la idea de que la permanencia de las ciudades depende de su reorganización y adaptación a las nuevas características sociales, económicas y ambientales. Esta transformación en beneficio de un desarrollo integral, se deberá realizar con base en un máximo aprovechamiento de recursos y elementos con los que ya cuentan las ciudades, evitando en lo posible la explotación de recursos y la urbanización de más territorio natural.

Para esto entenderemos a las ciudades como ecosistemas con un metabolismo propio. Ningún ecosistema urbano es igual a otro, pero si podemos valernos de la descomposición de las ciudades en subsistemas que pueden ser analizados y que tienen una capacidad de mejora en su funcionamiento a través de un aumento en su eficiencia metabólica.

Un ecosistema urbano sostenible no es únicamente aquel que tiene la mayor cantidad de infraestructura verde², sino aquel que utiliza sus recursos (económicos, sociales y ambientales) de manera eficiente. Dado que el 70% del total de materiales que fluyen por las ciudades y el 30% de los desechos de áreas urbanas están directa o indirectamente ligados a las actividades propias de la construcción (Ferraó & Fernández, 2013), se vuelve necesario un análisis de la eficiencia del aprovechamiento de los recursos construidos en las ciudades.

¹ Sostenibilidad entendida como una permanencia y buen funcionamiento del planeta, de tal forma que permita a sus habitantes, desarrollar plenamente sus aspiraciones en una dinámica de equilibrio entre los ámbitos social, económico y ambiental.

² A pesar de la creencia generalizada, de que una ciudad sostenible es aquella que cuenta con la mayor cantidad de espacios verdes, o aquella que promueve edificaciones e infraestructuras forradas con vegetación.

El análisis de la eficiencia del aprovechamiento de los tejidos existentes en los ecosistemas urbanos, nos permitirá detectar oportunidades de mejora en el uso de estos recursos que forman parte de las reservas de las ciudades, en forma de infraestructura y territorio ya urbanizado. De esta forma proponemos que las estrategias de aprovechamiento e los recursos, prioricen el reciclamiento de tejidos ante las nuevas urbanizaciones dispersas y desarticuladas de las ciudades.

Para realizar este análisis se propone utilizar un sistema de indicadores que nos permita: primero, conocer la eficiencia³ de los tejidos existentes en las ciudades para detectar los aspectos a mejorar, segundo, contar con una herramienta de análisis de los proyectos de reciclamiento urbano que nos permita prever sus efectos en el funcionamiento de los ecosistemas urbanos y tercero, eventualmente proveer de fundamentos para el desarrollo de los proyectos de urbanización para que estos se encuentren estructurados con capacidades de adaptación a las nuevos usos que las dinámicas sociales, económicas y ambientales les demanden. Es importante mencionar que mejorar la eficiencia del uso de los recursos para la construcción y el mantenimiento de las ciudades, no es en sí mismo una solución para lograr la sostenibilidad del planeta, sin embargo, dada la gran carga de energía y recursos que representa para las ciudades, permitirá acercarnos a un estado de sostenibilidad local y global. El sistema de indicadores propuesto, será aplicado en la ciudad de Toluca, Estado de México, con el fin de obtener información acerca de la eficiencia en el uso de recursos en una ciudad media con carácter industrial pero que ha estado viviendo un proceso de crecimiento expansivo y disperso, acompañado por el abandono de ciertos sectores industriales, hacia una transición a una vocación terciaria.

Por último, se ofrece una serie de recomendaciones para el diseño urbanos surgidas a partir de la aplicación del método de análisis en el caso de estudio y como guía para la intervención en los tejidos urbanos, con el fin de mejorar su eficiencia, pero también su habitabilidad.

Es importante mencionar que mejorar la eficiencia del uso de los recursos para la construcción y el mantenimiento de las ciudades, no es en sí mismo una solución para lograr la sostenibilidad del planeta, sin embargo, dada la gran carga de energía y recursos que representa para las ciudades, permitirá acercarnos a un estado de sostenibilidad local y global.

³ Entendida como la manera en la que se utilizan los recursos en un sistema.

HIPÓTESIS

Una ciudad dispersa, que crece en territorio, pero no crece en densidad, equipamiento ni en infraestructura, eventualmente será una ciudad con un metabolismo poco eficiente (ocioso). Una ciudad densa y compacta pero habitable, será capaz de acelerar su metabolismo de tal manera que el funcionamiento del sistema urbano se vuelva un proceso cada vez más eficiente. Reciclar los tejidos existentes de la ciudad, optimizando su ocupación y dotándolos de la infraestructura y servicios necesarios para recibir una densidad adecuada, volverá innecesaria la expansión horizontal de las ciudades, al hacer más atractiva la ciudad existente y consolidada frente a los nuevos desarrollos.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de los tejidos urbanos para ponderar la necesidad de su reciclamiento y reintegración al ecosistema urbano como estrategia de mejoramiento del metabolismo de las ciudades.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Establecer un diálogo entre las disciplinas ecológica y urbano-arquitectónica, a través del entendimiento de las ciudades como ecosistemas abiertos con metabolismo propio y susceptibles a los cambios en su entorno.
- Determinar el grado de utilización de los tejidos existentes en las ciudades, a través del análisis cuantitativo de la eficiencia en el uso de recursos y energía.
- Valorar la utilidad de los sistemas de indicadores de sostenibilidad para evaluar la eficiencia de los sistemas urbanos, rescatando los principios que pueden ser adaptados y aplicados en entornos diversos
- Identificar las relaciones entre las variables objetivas y subjetivas que impactan en el metabolismo de la ciudad.
- Destacar la importancia del reciclamiento de tejidos como principio de sostenibilidad urbana
- Ofrecer recomendaciones de diseño urbano para la realización de intervenciones en tejidos subutilizados.

CAPÍTULO 1

LA CIUDAD COMO ECOSISTEMA Y SU METABOLISMO

Entre los objetivos de este trabajo de investigación, se encuentra, establecer un diálogo entre la ecología y el urbanismo para fomentar una mejor comprensión de la relación entre los sistemas urbanos y su entorno, para generar una serie de herramientas teóricas y metodológicas que permitan realizar intervenciones en el funcionamiento de las ciudades en la búsqueda de una mayor eficiencia.

Aquí surge el reto de encontrar un lenguaje común para equipos multidisciplinarios, ya que, desde la perspectiva de los arquitectos y diseñadores, luchamos por entender análisis cuantitativos, mientras que los científicos encuentran difícil leer los materiales gráficos producidos por la disciplina urbano-arquitectónica.

La idea es entonces, enfatizar las experiencias acumuladas y más significativas de ambas perspectivas, la de la ciencia ecológica y la de la profesión urbano-arquitectónica. Esto se realizará a través de su interacción en el marco de lo social, valiéndonos de información desde el contexto social, económico y construido, entendiendo estos tres factores como los motores de los cambios en la configuración del territorio de los sistemas urbanos.

1.1 LA ECOLOGÍA

La ecología es una ciencia relativamente joven, derivada de la biología, constituida a finales del siglo XIX, y consolidada durante el siglo XX. Los primeros ecologistas, a inicios del siglo pasado, la definían como “el estudio de los organismos y su entorno” (McIntosh, 1985: citado en Niemela, 2011). Ha habido modificaciones a esta definición a lo largo del siglo XX, por ejemplo, para Odum (1981) “La ecología es la ciencia que estudia las relaciones entre los seres vivos, y entre estos y su medio”. Hasta este punto, la ecología consideraba que el estado natural de los ecosistemas, era un estado de equilibrio, que no se veía modificado por las interacciones del ecosistema con su medio⁴, sin embargo, esta concepción de la ecología se ha visto transformada en los últimos treinta años (Pickett, 1992), en los que ha surgido un nuevo paradigma fundamentado en el no-equilibrio de los ecosistemas, teniendo como base la investigación de los procesos que conducen su funcionamiento e integrando al humano como otro de sus componentes. Esta evolución

⁴ Paradigma de Equilibrio como parte de la metáfora de un balance natural del mundo.

de la ecología como ciencia ha resultado hoy en una aceptación general de que la expansión de las ciudades es uno de los principales factores de los cambios ambientales a escala local, regional y global (McDonnell en Niemela y Jennings, 2011)

La población de las ciudades se compone de seres vivos que se relacionan entre sí y con su medio, el entorno urbano, por lo tanto, podemos considerar que la ciudad puede ser estudiada desde la perspectiva de la ecología (Rueda, 2007). La ecología como ciencia, representa un diálogo entre los constructos conceptuales acerca del funcionamiento del mundo y las observaciones del mundo material (Pickett, 2013). Es por esto que nos proponemos utilizar como herramienta la metáfora ecológica, ya que nos permite tener un punto de acceso hacia la ecología desde la disciplina urbano-arquitectónica y desde el público en general, sin embargo, es importante entender tanto las potencialidades como las limitaciones de su uso, las cuales deberán ser salvadas a través de mecanismos de medición y comprobación basados en conceptos y modelos que serán aplicados en condiciones y lugares específicos. Esta transición desde la metáfora a la aplicación, pasando por la medición y comprobación, se verá a través del desarrollo de la tesis.

Para efectos de este trabajo tomaremos la definición de ecología que nos ofrece Likens (1992; citado en Niemela y Jennings, 2011):

La ecología es el estudio científico de los patrones y procesos que influyen en la distribución y abundancia de organismos, las interacciones entre organismos y las transformaciones de su entorno, así como los flujos de energía, materia e información.

En esta definición encontramos conceptos que serán útiles para el desarrollo de este trabajo de investigación, como son: procesos, interacciones, transformaciones y flujos, los cuales definen la conformación de nuestro entorno, natural o construido.

Así mismo debemos considerar el paradigma contemporáneo de ecología en el cual no existe el equilibrio absoluto, dotando a los sistemas ecológicos con las siguientes características:

- Los sistemas ecológicos están abiertos a intercambios de energía, materia e información
- Los sistemas ecológicos pueden ser regulados por procesos que surgen desde el exterior de sus fronteras
- Las dinámicas del sistema tienen múltiples líneas de desarrollo.
- Las perturbaciones son importantes en las regulaciones del sistema.
- Los humanos y sus artefactos son componentes de los ecosistemas.

Así, la ecología es una ciencia concentrada en procesos, cambios y flujos, a través de interacciones que tienen lugar en un espacio heterogéneo y cambiante que refleja hasta cierto punto las decisiones individuales y de grupos que lo habitan.

Uno de los conceptos que tomaremos desde la disciplina de la ecología, es el relacionado con la *Capacidad de Carga*, definida en ecología como la población máxima de una especie que puede mantenerse sustentablemente en un territorio sin deteriorar su base de recursos (Rueda, 2009), hace referencia al grado de explotación y presión a que se puede someter los ecosistemas manteniendo una razonable conservación de sus sistemas de soporte⁵. En este sentido, un ecosistema no debería explotar sus recursos a un ritmo superior a su regeneración o sustitución.

Una vez aceptado que la sociedad, como resultado de las relaciones humanas, es un componente de los ecosistemas, integrado el principio de no-equilibrio para el estudio de la ecología, y considerado a las ciudades como el principal motor de las transformaciones e impactos en el ecosistema global, hacia el último cuarto del siglo XX surgió una sub disciplina de la ecología que se encargaría de investigar el funcionamiento de las ciudades desde la perspectiva ecológica, la ecología urbana⁶. El siguiente apartado, profundizará en el entendimiento de la importancia de esta sub disciplina de la ecología, para el desarrollo de nuestras ciudades, a través de intervenciones basadas en un enfoque ecosistémico.

⁵ Se refiere a los sistemas desde los que se generan los flujos de energía y materia que cualquier sistema necesita para mantener su organización y funcionamiento.

⁶ La ecología urbana es según Alberti (2008) “el estudio de las formas en que los sistemas humanos y naturales evolucionan juntos en regiones urbanizadas.

1.2 LA CIUDAD ECO / SISTEMA

En el apartado anterior esbozamos la evolución de la ecología como ciencia hasta el desarrollo de la ecología urbana, la cual ha derivado en una visión organicista de la ciudad, que se caracteriza por “el deseo de explicar la enorme complejidad de la ciudad contemporánea desde hechos y pautas de comportamiento de origen orgánico (García Vázquez, 2004)”.

Ahora bien, desde el campo de lo urbano, comenzaremos por esbozar una descripción de **la ciudad como un eco-sistema**. La aplicación de la ecología como ciencia, a la gestión de ciudades y regiones, es una perspectiva del tema urbano, donde uno de los enfoques es el ecosistémico, o de la ciudad-ecosistema.

Las ciudades son sistemas “vivos”, dinámicos, conectados y abiertos, en constante evolución en muchas y diversas formas, tanto en las interacciones internas como con la influencia de factores externos (Resilience Alliance, 2007). A partir de esta descripción de las ciudades ofrecida por la Resilience Alliance, encontramos que los sistemas urbanos son comprendidos bajo el esquema del pensamiento complejo, como parte de un proceso cambiante y en constante interacción con su entorno. Este tipo de pensamiento se basa en una visión sistémica e integrada de la realidad, en tanto entiende a los objetos y a los procesos como partes de un todo más grande. Entendida como sistema, toda realidad puede ser concebida como una “asociación combinatoria de partes” (Romero, 2004)

Cuando un conjunto de elementos es puesto en interrelación, lo consideramos un sistema, además, siguiendo a Bertalanffy, el estado (atributos) de cada elemento es afectado por el estado y los cambios en los demás elementos (Camargo, 2008). Los sistemas se clasifican en cerrados y abiertos, según los intercambios que realicen con su entorno. Un sistema cerrado es autosuficiente, mientras que un sistema abierto (como nuestras ciudades) no puede aislarse de su entorno, pues está en relación estrecha con él (Romero, 2004). Aquellos donde está presente la energía, son todos abiertos, pues intercambian energía, información y materia con su entorno (Ferrao y Fernández, 2013).

A los sistemas que cuentan con organismos vivos entre sus elementos, los llamamos ecosistemas (Rueda, 2009). La ciudad está conformada, entre otros elementos, por: construcciones, infraestructura, instituciones, información, energía y su principal componente es el ser humano (un organismo vivo), entonces podemos considerar que los sistemas urbanos son también ecosistemas.

Las ciudades son ecosistemas abiertos, ya que están conformados de manera general por humanos y sus artefactos, que dependen de una alimentación material, energética y de información externa para lograr una supervivencia a través de la regulación y adaptación de sus estructuras. La condición abierta de estos ecosistemas, hace que, en gran medida, el entorno pueda ser considerado como parte de sus elementos, por lo tanto, sus fronteras no son estables, rígidas, ni definitivas. La integración e interacción con el entorno se vuelve una condición característica de los ecosistemas urbanos. Se trata de una serie de redes formadas por sistemas dentro de sistemas o como lo expresa Acebillo (2003), sistemas compuestos por subsistemas.

Los antecedentes de esta forma de leer a las ciudades (ecosistemas urbanos), se remontan a la segunda mitad del siglo XX, concentrándonos en el enfoque que consideraba a la ciudad como un sistema (aun no como un ecosistema) caracterizado como una “máquina metabólica”⁷. Este enfoque fue influenciado por el Programa Biológico Internacional que se desarrolló de 1964 a 1974. El IBP, por sus siglas en inglés, asumió la necesidad de profundizar la investigación de los problemas ambientales a través de propiciar el trabajo de grandes grupos de científicos en los conceptos de energéticos, materiales, y el metabolismo de sistemas complejos (Golley, 1993; Coleman, 2010, citados en Pickett y Cadenasso 2013). Esta manera de acercarse a la comprensión de funcionamiento de las ciudades como ecosistemas, desembocó en el enfoque dado por Abel Wolman (1965) a través del concepto de metabolismo urbano y en la ecología industrial de Frosch y Gallopoulos (1989), ambas escuelas analizan los ingresos de materiales y energías, eficiencias y salidas de los sistemas urbanos y sus componentes. Todo esto se vio potencializado por la búsqueda de la mayor eficiencia, entendiendo a las ciudades como máquinas metabólicas. **Desde este punto de vista, las ciudades se conforman por componentes que pueden ser alterados, modificados, mejorados y que tienen una función específica, como partes de un ecosistema mayor.**

A este enfoque de la segunda mitad del siglo XX le siguió el enfoque contemporáneo apoyado en la ecología urbana, la “ecología de la ciudad”, tomando los fundamentos y consideraciones de la ecología industrial⁸ y del metabolismo urbano⁹.

⁷ En el apartado 1.3 se profundizará en esta visión metabólica de los sistemas urbanos.

⁸ Graedel define la Ecología Industrial (EI) como: “Los medios por los que la humanidad puede, de manera deliberada y racional, enfrentar y mantener una capacidad de carga, a través de la continua evolución económica, cultural y tecnológica. (Graedel, 1995).”

⁹ En el apartado 1.3 se profundizará en esta visión metabólica de los sistemas urbanos.

De la Ecología Industrial, el enfoque retoma que un sistema (industrial) no se vea como un elemento aislado de los sistemas que los rodean sino en sintonía con ellos. Es una perspectiva de sistemas en los cuales se busca la optimización del ciclo total de materiales, desde la materia prima, hasta los componentes, productos útiles, productos obsoletos y la disposición final de los materiales (Graedel, 1995). Los factores que pueden ser optimizados incluyen recursos, energía y capitales, los cuales se mueven hacia y dentro de los sistemas a través de los flujos correspondientes, los cuales se estudian desde la perspectiva del metabolismo urbano.

La “ecología de la ciudad”, considera al ecosistema urbano en su totalidad como su materia de estudio, esto requiere una profundización del estudio de teorías y prácticas de otras ciencias interrelacionadas con el diseño urbano. Desde este enfoque, todos los componentes del área urbana dentro de un límite definido son asumidos como elementos que impactan el proceso ecológico. Los procesos físicos y biológicos, así como los organismos están ligados a las estructuras y procesos sociales, es decir, la ecología de la ciudad, al describir patrones y procesos sociales y biofísicos, pone atención a la gran cantidad de retroalimentaciones e influencias recíprocas entre los elementos (Spirn, 2012).

Para Spirn (2012), la forma de entender al sistema urbano desde la perspectiva de la “ecología de la ciudad”, se basa en los siguientes conceptos: las ciudades son parte del mundo natural, las ciudades son hábitats, las ciudades son ecosistemas, los ecosistemas urbanos son dinámicos y están interconectados, cada ciudad tiene un contexto y el diseño urbano es una herramienta para la adaptación humana. En las líneas anteriores es posible observar que cada una de las ideas evoluciona en la siguiente, hasta llegar al entendimiento del diseño urbano como una herramienta que permite a los humanos, como ciudadanos, adaptar las condiciones del medio, de acuerdo a sus necesidades, pero tomando como base la lógica del funcionamiento del medio en el que se desarrollan y no las condiciones impuestas por la lógica antropocéntrica.

Dentro de los Diez Principios de Melbourne para las Ciudades Sostenibles, el quinto hace referencia al modelado de ciudades con base en una perspectiva Ecosistémica (Boone, 2013; Newman y Jennings, 2008), la cual se concentra en las relaciones e interacciones entre las partes, buscando soluciones que sean integrales en lugar de meras reducciones. Los ecosistemas, serán vistos como sistemas no lineales y con propiedades emergentes, que podrán cambiar su estado de un momento a otro. Las fortalezas de esta perspectiva son: primero, al concentrarse en relaciones y procesos, ganamos un mejor entendimiento de las propiedades emergentes y de la complejidad de los ecosistemas, segundo, el contexto es importante ya que las partes no pueden estudiarse como aisladas.

La siguiente fase de la ecología urbana está comenzando a desarrollarse, sin embargo, su comprensión será mucho más aterrizada a los sistemas urbanos a partir de aspectos que la diferencian de los enfoques previos. Primero, trata de unificar los conocimientos, preocupaciones y enfoques sociales y biológicos (Redman, 2004, citado en Pickett y Cadenasso, 2013), todas las áreas en la ciudad son ahora materia de análisis ecológico. Segundo, considera la heterogeneidad espacial y sus dinámicas como causa del cambio urbano (Grove y Burch, 1997; citado en Pickett y Cadenasso, 2013). Finalmente, la naturaleza híbrida del sistema es investigada, así las ciudades no son vistas únicamente como entidades completamente humanas ni naturales, sino que son “construcciones humanas con características biofísicas” (Pickett y Cadenasso, 2013). Se trata del estudio de la totalidad del área urbana, incluyendo los componentes biológicos, construidos, sociales y físicos.

Desde este enfoque podemos decir, que todos los habitantes urbanos, dependen de la capacidad productiva de ecosistemas localizados más allá de los límites de la ciudad para producir los flujos de energía, bienes materiales y servicios que sostienen el bienestar humano y la calidad de la vida urbana. Estos flujos entran al sistema urbano, ya sea de forma activa a través del esfuerzo humano, o de forma pasiva a través de procesos naturales como la radiación solar o la lluvia. En este sentido, el enfoque ecosistémico nos interesa para entender las interconexiones e interdependencias en esta cadena productiva que resulta en las transformaciones de los sistemas urbanos.

1.3 EL CONCEPTO DE METABOLISMO URBANO.

A lo largo de la historia, las ciudades, han utilizado en abundancia los recursos naturales, las sociedades los convierten para producir bienestar, de acuerdo con la cultura particular de cada sociedad y en la búsqueda de un desarrollo económico. La actual realidad urbana es definida por una alta densidad de población, grandes concentraciones de materiales, intercambios de información y bienes, así como una dependencia de fuentes de energía y materia más allá de los límites del asentamiento urbano (Ferrao y Fernández, 2013). Esto reafirma lo establecido en el apartado interior, donde observamos que las ciudades son ecosistemas abiertos que dependen de los intercambios de energía y materia con sistemas que se encuentran fuera de sus límites y que en mayor o menor medida impactan sobre la capacidad de carga de sus sistemas de soporte.,

Desde esta perspectiva, podemos decir que todas las sociedades tienen su propia forma de utilizar recursos, es decir, su propio metabolismo, con el cual extraen materias primas de la naturaleza, utilizan recursos naturales, transforman materiales y energía dentro de sus sistemas económicos y proveen de bienes para la demanda doméstica y externa, generando así residuos y conservando ciertas cantidades de recursos y energías en reservas.

Si consideramos a las ciudades como ecosistemas podemos acentuar esta metáfora tomando en cuenta que, como sucede también en el cuerpo humano o en cualquier ser viviente, existe un metabolismo basal, el cual se desarrolla cuando el cuerpo se encuentra en reposo y el metabolismo activo, el cual se desarrolla al realizar una actividad física o mental (Acebillo, 2010). De esta forma podemos sugerir que el ambiente construido representa al metabolismo basal que se refiere a un estado inmóvil, mientras que las actividades llevadas a cabo en la ciudad, representan el metabolismo activo.

La ciudad, por lo tanto, puede ser vista como un organismo con un metabolismo que puede ser estudiado. Si examinamos los flujos metabólicos de una ciudad, podemos identificar materias primas para la construcción, productos, nutrientes, energía, residuos y emisiones, todos estos con impactos ambientales potenciales que se extienden más allá de los límites de la ciudad (Acebillo, 2010).

El concepto de metabolismo urbano deriva directamente de la aplicación de la metáfora de la ecología industrial en los ecosistemas urbanos. Graedel (1995) define la Ecología Industrial (EI) como:

“Los medios por los que la humanidad puede, de manera deliberada y racional, enfrentar y mantener una capacidad de carga, a través de la continua evolución económica, cultural y tecnológica. (Graedel, 1995).”

A partir de esta definición podemos identificar una relación directa con la metáfora de la ciudad como ecosistema y por lo tanto con un metabolismo propio, en el que el flujo de recursos, energéticos y materiales, desde los sistemas de soporte, se verá transformado al interior del ecosistema, para mantener su organización. Pero es fundamental, notar que se mira al ecosistema como parte de un conjunto de sistemas naturales con los cuales se relaciona directamente para su funcionamiento, sin olvidar que estos procesos, son susceptibles de mejoría.

El objetivo de las herramientas que nos brinda la ecología industrial es dotar de un conjunto de métodos científicos y modelos que nos permitan tener un marco con indicadores para usar como herramientas y constructos para que los encargados de promover las nuevas políticas puedan tomar decisiones dotados con mejor información (Ferrao y Fernández, 2013). Estas herramientas deberán ser utilizadas para comprender el metabolismo de los sistemas urbanos.

En la definición más actual de metabolismo urbano, se establece que se trata de “la suma total de los procesos técnicos y socioeconómicos que tienen lugar en las ciudades, resultando en crecimiento, producción de energía y eliminación de desechos (Ferrao & Fernández, 2013)”.

En este contexto, los ecosistemas urbanos son sistemas abiertos¹⁰ caracterizados por numerosos subsistemas interconectados (social, económico, institucional) que interaccionan con el ambiente al consumir materiales y energía, acumulándose en el ambiente construido y otras reservas, y desechando diferentes residuos sólidos y emisiones al aire y al agua, que serán absorbidas nuevamente y regeneradas por el ambiente. Todo sistema, incluidos por lo tanto los ecosistemas urbanos, están conformados por partes y eventos que determinan relaciones internas y externas. Se constituyen por “elementos idealmente separables con interacciones entre sí” (Margalef

¹⁰ Recordemos que los sistemas pueden ser clasificados en abiertos o cerrados, donde los primeros no pueden aislarse de su entorno, mientras que los segundos son autosuficientes (Romero, 2004)

2002, 80) y que además siguen el principio hologramático¹¹, en el que no solamente la parte está en el todo, sino que el todo está en la parte, de esta forma se trasciende el enfoque reduccionista que solo ve a los componentes, y al holismo que solo ve el conjunto.

El principal objetivo de estudiar y cuantificar el metabolismo de la ciudad es el de dotar las bases para discutir la necesidad de cambios en ella (Ferrao y Fernández, 2013), ya que a través de la correlación de las diferentes actividades económicas y los flujos de materiales y energía que de ellas se derivan, se podrán promover cambios en los procesos económicos y sociales, reflejados en las políticas urbanas que dan forma a nuestras ciudades.

Comprender el metabolismo urbano puede ser muy útil para proveer las medidas indicadas para que la explotación de recursos y la generación de residuos puedan ser utilizadas como un indicador de sostenibilidad. El metabolismo también provee medidas de la intensidad de recursos de la economía y el grado de circularidad de los flujos del sistema, siendo muy útil para identificar oportunidades de mejora. Otros investigadores como Rueda y Acebillo (2009, 2012) lo han utilizado para determinar el grado de habitabilidad de un centro urbano y evidenciar sus áreas vulnerables, para identificar procesos críticos en su interior que atentan contra la sostenibilidad y así proponer alternativas de reutilización y reciclaje de materiales con el objeto de suplir la creciente demanda de los diversos sectores de la economía.

Josep Acebillo nos propone entender la ciudad como un sistema termodinámico abierto, tomando en cuenta dos parámetros esenciales que nos permitirán estudiar la complejidad de su metabolismo y de esta forma complementar la comprensión de la ciudad como un ecosistema: estabilidad y flujos (Acebillo, 2010).

Primero, la **Estabilidad** se refiere a la rigidez de las estructuras organizacionales que componen un sistema, de esta forma los sistemas pueden tener una mayor o menor capacidad de adaptación ante los fenómenos con los que el sistema tiene contacto. Tiene que ver con entender un sistema, no como una masa única, sino como una serie de componentes que se relacionan entre sí. En la medida en que conozcamos mejor cada uno de estos componentes y la manera en que se relacionan a través de flujos de materiales y de energía, seremos capaces de revertir y/o modificar procesos que permitan mejorar la eficiencia de un sistema, de esta manera nos acercaremos a comprender la

¹¹ Tercer principio de la complejidad, según Edgar Morin (Romero, 2004), junto con el principio dialógico y el principio de recursividad organizacional.

ciudad como una evolución del proceso urbano. Pongamos como ejemplo un tejido orgánico, este puede tener una mayor o menor plasticidad y elasticidad que le permita adaptar su estructura de forma evolutiva ante los factores externos. En nuestras ciudades esto representaría propiciar estructuras urbanas, tanto en el contexto construido como el social, que permitan soportar los efectos de ciertos cambios que afecten la estructura del sistema.

La gran importancia de los sistemas urbanos en la responsabilidad que tienen con la sostenibilidad global nos lleva a considerar en muchos casos una reasignación de funciones a los tejidos urbanos. Pensemos en los efectos que tiene el cambio de usos en ciertas zonas de la ciudad y la capacidad de adaptación de los demás elementos que componen esa estructura para soportar las nuevas actividades y usos que se les demandan. Así mismo podemos pensar en la forma en que los nuevos proyectos urbanos provocan reacciones en los componentes del sistema y chocan con el funcionamiento pre existente. Entre más rígido sea este sistema de funcionamiento en sus estructuras, será más difícil para la nueva intervención permanecer en funcionamiento, mientras que, si la estructura es más flexible, el nuevo componente (proyecto urbano) se estabilizará y podrá formar parte de una nueva estructura.

Esta es una advertencia para entender que la eficiencia de la ciudad no radica en su rigidez sino en su flexibilidad y elasticidad como factores de adaptabilidad que le permita ser reinterpretada continuamente, de ahí que consideremos importante la condición continua del reciclamiento urbano como parte de las estrategias para lograr una mayor eficiencia del sistema urbano.

Y segundo, el metabolismo urbano considera el **flujo de materiales y de energía** que determinan el funcionamiento del sistema urbano y de su entorno (Parés, Pou y Terradas, 1985). Los flujos de un sistema termodinámico son la base necesaria para poder comprender los criterios de estabilidad e irreversibilidad, ya que los flujos de energía y materia son los que provocan los cambios y los efectos en un sistema, así como la variación funcional que modifican las estructuras.

Por lo tanto, si consideramos la ciudad como un ecosistema urbano, cualquier transformación implicará cambios metabólicos. En una época en la que las transformaciones urbanas son tan necesarias, desde el inicio deberían incorporar teorías metabólicas capaces de modificar, de forma más conveniente y sostenible, la materia que entra y sale de la ciudad, racionalizando la energía necesaria para este proceso y

minimizando los residuos que este produce. Por esto se vuelve necesario promover un nuevo tipo de metabolismo circular que recicle y reprocese la materia.

En los sistemas urbanos, cada función implica diversos flujos y ritmos, la presión por “optimizar” el sistema urbano, ha tendido a ubicar cada función en espacios y estructuras especializadas, que tienen una diferenciación física y cultural que excluye otras funciones, provocando así una segregación espacial de las funciones del sistema urbano.

De acuerdo con Brunner (2007) podemos encontrar tres principales flujos metabólicos en las ciudades actuales. El primero consiste en agua y combustibles para realizar las actividades humanas, en segundo lugar, los materiales de construcción, seguidos en tercer lugar por los flujos alimenticios y de bienes materiales.

El problema principal de estos sistemas es su condición linear (Ferrao y Fernández, 2013). Su metabolismo consiste en consumir materiales y bienes procedentes de lugares distantes, transformarlos en construcciones, infraestructura técnica, comunicación y movilidad, dejando al final del ciclo los desechos de estas actividades, con una reutilización y un reciclamiento muy limitados.

Las ciudades suponen tres grandes modificaciones en los ciclos regionales de la materia (Camargo, 2008):

- Las ciudades aceleran la circulación biogeoquímica bombeando energía extra y creando una extensa red de conducción especializada, lo cual genera una polaridad entre los ecosistemas proveedores de recursos, sometidos a sobreexplotación progresiva de sus reservas químicas, y los ecosistemas receptores sus desechos, sometidos a sobrecargas de concentraciones de distintas sustancias.
- Las ciudades combinan en sus vasta y compleja red trófica flujos correspondientes al endo metabolismo (materiales que entran y salen de nuestro cuerpo) y al exo metabolismo (materiales empleados y descartados en la fabricación y uso de artefactos: empaques edificios, máquinas, prendas, enseres, etc.) Dichos flujos no están, ni mucho menos, separados, sino que intercambian activamente, tanto de maneras planificadas como de modos imprevistos.
- La ciudad combina estructuras materiales con ciclos de vida y requerimientos ambientales muy distintos: vialidades, edificios, monumentos, vegetación, personas, barrios. Uno de los retos más difíciles de la gestión urbana es el ingreso, uso y descarte de los innumerables flujos de materiales requeridos para

mantener estructuras tan diversas, así como la compatibilización de los tiempos en los que cada parte de la construcción urbana caduca y se reemplaza.

Estudiar y cuantificar los flujos metabólicos nos brinda bases para promover cambios en diversas escalas o niveles del proceso metabólico de una ciudad, a través de la correlación de las diversas actividades económicas con los flujos de materiales que estas requieren.

La comprensión de estos flujos por parte de los encargados de gestionar y administrar el desarrollo de las ciudades se vuelve fundamental para evaluar la evolución y en dado caso proponer adecuaciones a las estrategias de desarrollo en la búsqueda de un crecimiento sostenible de las ciudades.

El metabolismo se constituye como un concepto que abstrae, soporta y permite la coexistencia de los elementos naturales de un centro urbano con los valores económicos y sociales que sus individuos hacen de él y de los ecosistemas que lo rodean, soportan y sufren su actividad (Díaz Álvarez, 2011). Contribuye a la medición de la sostenibilidad de la metrópolis a través del entendimiento del complejo sistema que lo constituye y de los problemas asociados a su crecimiento (Zhang Et al, 2009; citado en Díaz Álvarez, 2011).

Adicionalmente, es una herramienta para la solución de problemas ecológicos, ya que permite destacar e identificar las demandas de una ciudad sobre los recursos y sobre sus sistemas de soporte.

Las actividades humanas que se desarrollan en los sistemas urbanos y que por lo tanto modifican e intervienen en los flujos de energía y materia que se desplazan sobre y dentro de las ciudades, pueden ser clasificadas según Ferrao y Fernández (2013) en tres tipos:

1. La provisión de espacio habitable (el contexto construido)
2. La provisión de bienes y servicios de todo tipo
3. La provisión de movilidad de bienes y personas

Es decir, el contexto construido del sistema urbano constituido por infraestructura, vivienda, equipamientos, etc., las actividades que dentro de este contexto se realizan, los flujos (movilidad) de energía, información, bienes y personas dentro del sistema y las interacciones que estas actividades y flujos detonan al interior del sistema y con su contexto, que pueden ser otros sistemas urbanos o naturales.

Si tenemos en cuenta esta clasificación, podemos encontrarnos como arquitectos e interesados en el aspecto físico del ambiente urbano en los tres campos de actividades

humanas. De esta forma se afirma la importancia de la comprensión de los procesos de producción de la ciudad a través de un marco de referencia trasladado desde el metabolismo urbano y la concepción Ecosistémica de las ciudades.

El interés personal en la investigación de estos marcos teóricos de referencia radica en la búsqueda de maneras de evaluar los nuevos proyectos urbanos, ya sean de nueva construcción o de reciclamiento de tejidos urbanos, con el fin de prever sus efectos en el funcionamiento de las ciudades, así como ajustar aquellos a las condiciones de los aspectos social, económico y ambiental. Además, se pretende promover el desarrollo de proyectos desde una perspectiva que contemple los conceptos de adaptabilidad, irreversibilidad, estabilidad y flujos, entendidos desde la mirada de la ecología industrial y el metabolismo urbano.

1.4 EFICIENCIA METABÓLICA DE LOS ECOSISTEMAS URBANOS

En el apartado anterior, concluimos que los procesos sociales alteran, modifican y dan forma a los flujos de energía, materia e información, al mismo tiempo, los procesos sociales son afectados por estos mismos flujos, atendiendo al principio de recursividad organizacional¹², por lo tanto, podemos proponer que mejorar la organización (eficiencia) de los flujos urbanos, tendrá repercusiones en la organización (eficiencia) del ecosistema urbano que los contiene.

En la naturaleza, la permanencia en el tiempo de los sistemas complejos, organismos y ecosistemas, está ligada a un principio de eficiencia donde la organización del sistema se mantiene y, a veces, se hace más compleja con un consumo de recursos que podría llegar a reducirse (Neuman, 2005). Es decir, la naturaleza al complejizarse, se vuelve más eficiente. Sin embargo, los ecosistemas urbanos no han demostrado seguir esta dinámica, en las ciudades, a mayor crecimiento, se consumen más recursos. Es por esto que el presente trabajo de investigación, pretende ofrecer una alternativa a esta paradoja, considerando que la complejización de las ciudades debería, como pasa en la naturaleza, promover la eficiencia en el uso de recursos.

La capacidad de carga, definida en ecología como la población máxima de una especie que puede mantenerse sustentablemente en un territorio sin deteriorar su base de recursos (Neuman, 2005), hace referencia al grado de explotación y presión antrópica a que se puede someter a los ecosistemas que soportan nuestra vida y organizaciones, manteniendo una razonable conservación de dichos sistemas de soporte. El grado de explotación y presión antrópica está en función, básicamente, de la población que dicho territorio debe mantener y la tasa de consumo de recursos per cápita (Boone, 2013).

En las ciudades, este principio es rebasado ya que, desde su origen, las ciudades han dependido de los recursos que extraen de territorios fuera de su delimitación geográfica, y, por lo tanto, no han considerado la capacidad de carga como un elemento restrictor de sus funciones. Provocando que las ciudades exploten su capacidad de carga como si la base de recursos fuera interminable.

¹² Segundo principio del pensamiento complejo propuesto por Edgar Morin (Romero, 2004)

Los sistemas urbanos tienen una capacidad de carga limitada que, a medida que se erosiona, dificulta, una política orientada hacia el desarrollo sostenible¹³. Por tanto, y a semejanza del sistema global, una ciudad no debe explotar recursos a un ritmo superior a su regeneración o sustitución, ni producir unos niveles de contaminación por encima de su asimilación natural. En ningún caso puede adjetivarse de ecológica una ciudad que no sea capaz, recurriendo a sus propias infraestructuras y capacidad de carga, de satisfacer las necesidades de sus ciudadanos. En este sentido es importante cuestionar la dinámica en la que los grandes sistemas urbanos actuales (metrópolis) gestionan su capacidad de carga, a través de la explotación de recursos de otras regiones, que comúnmente se encuentran a grandes distancias, desgastando las capacidades de sistemas urbanos aparentemente independientes de ellos, pero que se ven impactados por la tendencia voraz de las metrópolis, donde a mayor población y producción, mayor consumo de recursos, sin importar los costos e impactos derivados de estas actividades.

Si consideramos a la ciudad como un sistema termodinámico, podemos decir que los sistemas de energía urbanos pueden ser en mayor o menor medida eficientes, es decir, pueden requerir más o menos energía para llevar a cabo sus tareas. El proceso metabólico más eficiente es aquel que reprocesa y recicla más, como consecuencia obtiene mayores beneficios con menor consumo de energía y materia. Esta eficiencia metabólica implica una reducción en las emisiones con claras consecuencias benéficas en el ambiente.

En la ciudad hay una relación directa entre el consumo energético y el nivel de desarrollo, y también entre el gasto de energía y los problemas ambientales (Salvador, 2003), acentuados por el uso de energías provenientes de combustibles fósiles, así pues, el estudio de la eficiencia energética es fundamental. El “sistema urbano termodinámico” actual es extremadamente ineficiente y por esta razón, consume una gran cantidad de energía la cual no es aprovechada de forma eficiente, desechando en el proceso gran parte de esta energía sin producir nada. Diseñar un contexto construido adaptable significa antes que todo, maximizar su eficiencia termodinámica, lo cual representa minimizar la cantidad de energía primaria consumida. Esto es lo que nos conducirá a una ciudad eficiente y eventualmente, sostenible.

¹³ El desarrollo sostenible distingue tres elementos básicos, sostenibilidad ecológica o ambiental, la social y la económica, y se define como el equilibrio entre las tres dimensiones en favor de un estado de mayor equidad (Aponte Páez. 2007). En el siguiente apartado se ofrece una perspectiva ampliada de la sostenibilidad y del desarrollo sostenible

El metabolismo urbano se ve influido por diversos factores, el primero es la afluencia (volumen de flujos), que determina el nivel de la actividad económica. El clima y el acceso a la transportación pública son otros factores importantes para determinar el consumo de energía y los flujos de bienes en un sistema. La forma urbana, incluyendo la densidad, morfología y las características de transporte con énfasis en el transporte público o privado, tiene influencia en los flujos tanto de energía como de materiales, en la medida en que las redes de infraestructura y servicios sean más eficientes, el sistema urbano se verá mejorado en este ámbito.

Por lo tanto, es posible afirmar que la eficiencia urbana no está condicionada por el tamaño de los ecosistemas, puede darse en asentamientos de pequeña, mediana y gran escala (Acebillo, 2003). Para consolidar esta idea es importante fijar criterios y establecer estándares en procesos futuros de urbanización. Un mayor conocimiento del metabolismo urbano nos ayudará a aumentar su repertorio morfológico y tipológico a través del diseño urbano.

El análisis metabólico urbano puede ser utilizado para evaluar con anticipación las consecuencias funcionales y ecológicas de transformaciones urbanas futuras. No se trata de un modelo urbano en el sentido estricto, sino un modelo parcial que nos permita tener un mejor entendimiento del funcionamiento de la ciudad en su totalidad, en este sentido, la eficiencia metabólica es conclusiva cuando se trata de determinar la eficiencia urbana, ya que nos ofrecerá datos acerca de la cantidad de energía y recursos que son aprovechados y, en consecuencia, la cantidad de recursos y energía que se desperdician en el proceso¹⁴.

El modelo metabólico nos ayudara a determinar el punto de inflexión del colapso urbano (Ferraó y Fernández, 2013), pero también será posible estimular ciertas acciones y actividades que podrían ser introducidas en el modelo metabólico. Cuando se trate de discutir la implementación de nuevas estrategias urbanas se deberá tener en mente que sean evaluadas en términos metabólicos.

¹⁴ A esta cantidad de energía que no ha sido aprovechada en un sistema termodinámico para generar trabajo (en términos físicos), se le llama Entropía.

1.5 LA EFICIENCIA DE LOS ECOSISTEMAS URBANOS COMO FACTOR DE SOSTENIBILIDAD GLOBAL

La crisis actual es una ocasión propicia para inventar nuevas reglas que posibiliten pensar y proyectar de un modo nuevo (González Alfaya, 2011). Por crisis se entiende, la obsolescencia o incapacidad de un sistema, estructura u organización para desarrollar sus funciones o alcanzar sus objetivos propios (Gaja i Díaz, 2005), pero es indispensable destacar el carácter promotor de cambio de las crisis, ya que promueven nuevas formas de vivir y trabajar, fomentando el desarrollo de nuevas ideas y maneras de comprender el funcionamiento de nuestro entorno.

Dentro de las evidencias del deterioro de nuestro ecosistema, las que se relacionan directamente con el contexto urbano son las siguientes: emisiones de dióxido de carbono, escasez de agua, aumento del número de automóviles, disminución de los suelos no alterados, excesivo consumo de cemento y demás materiales para la construcción. (Gaja i Díaz, 2005)

Por eso la cuestión de la energía como insumo esencial es una de las cuestiones centrales de la reflexión sobre la sostenibilidad del actual modelo productivo y por lo tanto de construcción y transformación de las ciudades. Por lo tanto, la cuestión energética debe plantearse en un doble sentido: primero, reducir los consumos de las fuentes no renovables y tratar de aprovechar nuestra mejor fuente energética, y segundo, promover un nuevo tipo de metabolismo circular que recicle y reprocese la materia, reemplazando el metabolismo lineal que ha sido la regla general.

En este sentido, el agotamiento de las materias primas y los recursos no renovables conduce a la propuesta de reducir los niveles de consumo. Pero esta propuesta choca con el modelo económico dominante, al cuestionar uno de sus principios fundamentales: el aumento permanente y sostenido de la producción y en consecuencia del consumo, lo cual se ha enmascarado tras el concepto de “desarrollo” en términos económicos. Por lo tanto, se vuelve necesario establecer un marco de referencia sobre los términos más propensos a ser malinterpretados o peor aún, que suelen ser modificados a conveniencia para sustentar discursos políticos y económicos, en favor de una aparente preocupación ambiental.

DE LA SOSTENIBILIDAD AL DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE.

El objetivo de este apartado es unificar definiciones de sostenibilidad y desarrollo en el ambiente urbano para presentar un concepto más completo de lo que se define como sostenibilidad urbana.

La sostenibilidad es un paradigma en formación (Gaja i Díaz, 2005), sin embargo, la noción general ha sido un catalizador muy útil para generar interés e iniciar diversos proyectos hacia una mayor responsabilidad sobre el ambiente urbano, la eficiencia de recursos y la resiliencia. (Ferrao y Fernández, 2013).

La noción de sostenibilidad, deriva de la raíz etimológica sostener, cuyo significado más aceptado es el de **mantener algo en funcionamiento a largo plazo**. En términos biológicos y humanos, sostenibilidad se refiere al proceso continuo de vivir y perpetuar las especies.

John Erenfeld (2008) define la sostenibilidad como la posibilidad de que la vida humana florezca en la tierra, entendiendo el florecimiento no solo como sobrevivencia sino como la realización de todo lo que los humanos declaren como significativo para la vida (justicia, libertad y dignidad)

La idea de sostenibilidad nos ha llevado a debatir acerca de cómo debemos vivir, es una idea platónica, una categoría de lo bueno (Neuman, 2005), al ser una categoría relativamente nueva no existe aún una idea clara y única de lo que es sostenibilidad. Además, para Gaja i Díaz, (2005) la teoría de sostenibilidad no se trata de un modelo cerrado, definido o acabado, por eso, es mejor hablar de propuestas *hacia* la sostenibilidad que de propuestas sostenibles, ya que se trata de una teoría en formación, en procesos de evolución y abierta.

Sin embargo, la sostenibilidad, como la entendemos hoy en día, se desarrolla en términos de ecología, los cuales se pretende interpretar en el contexto urbano y siguiendo a Neuman (2005), a partir de cinco categorías conceptuales: *capacidad*, *compatibilidad*, *resiliencia*, *diversidad* y *balance*. Estas categorías se entienden como la *capacidad* de un ecosistema para sostener poblaciones de seres vivos a través de procesos de interacción entre la vasta *diversidad* de especies y su ambiente, lo cual se refiere a la *compatibilidad*, propiciando un *balance* que permita equilibrar el ambiente natural con el desarrollo de los elementos del sistema. Las categorías anteriores pueden ser englobadas en el concepto

de Resiliencia¹⁵, el cual se refiere a la habilidad de un sistema de experimentar al interior y al exterior, golpes y perturbaciones, pero ajustándose a los cambios que sean resultado de estos embates. Es decir, en términos de la resiliencia, la sostenibilidad no está relacionada con la estabilidad del sistema, sino en su capacidad de adaptación (Wu, 2013).

Siguiendo con el enfoque ecológico planteado para comprender el concepto de sostenibilidad, es necesario establecer la importancia de la capacidad de adaptación de cualquier sistema a los cambios que se presenten en su entorno, a través de lo que la Society for Ecological Restoration define como Estabilidad Ecosistémica (2004): “es la habilidad de un ecosistema de mantener su trayectoria definida a pesar de las presiones que pueda sufrir; denota un equilibrio dinámico más que una condición estática. La estabilidad es lograda, en parte, con base en la capacidad resiliente de un ecosistema.” Por lo tanto, la trayectoria tiene que tener unos objetivos definidos, a pesar de que los medios y las herramientas que utilice, se vean modificadas por las condiciones cambiantes de las relaciones entre los subsistemas que componen al ecosistema.

No se trata de una búsqueda de equilibrio a partir de la estabilidad del sistema, es más bien una norma ideal que optimiza los planes y acciones en un espacio tridimensional que envuelve a la sociedad, al ambiente y a la economía para fortalecerlos y darles herramientas que les permitan adaptarse satisfactoriamente a los cambios, a través de su factor de resiliencia (Wu, 2013).

Recordemos que según la ONU (2009), para mediados del siglo XXI, el 75% de la población mundial se establecerá en los ecosistemas urbanos, provocando una enorme responsabilidad de estos sobre las condiciones del planeta, es decir, la eficiencia del uso de recursos en las ciudades será la medida de eficiencia del uso de los recursos del ecosistema global. Es por esto que, en la actualidad, el discurso acerca del rendimiento de las ciudades está extremadamente dominado por el ideal de desarrollo sostenible, el cual ofrece un marco para tratar diversos objetivos y agendas, pero, ¿A qué se refiere el *desarrollo sostenible*?

¹⁵ La Society for Ecological Restoration define a la Resiliencia como la habilidad de un ecosistema de recuperar sus atributos estructurales y funcionales que han sufrido algún daño, presión o disturbio. Camargo (2008) agrega que la resiliencia se debe a la densidad y a la complejidad de las interacciones dentro del sistema (integración) y entre este y su entorno (adaptación).

La idea de sostenibilidad ha sido esbozada en los párrafos precedentes, por lo tanto, a continuación, es prudente presentar una idea de lo que se entiende por desarrollo en el contexto del ecosistema urbano.

El concepto de Desarrollo tiene su origen en la disciplina económica, desde dos puntos de vista antagónicos, como explica Aponte Páez (2007): el primero, desde los promotores de un capitalismo reformado tras la segunda guerra mundial, que buscaba una conciliación entre la supervivencia del capitalismo previo a la guerra y a la creciente presión social que exige una mayor equidad en la distribución de los beneficios de la producción (Stiglitz, 2010), y segundo, desde la corriente marxista, el cual supone “la posibilidad de controlar por parte del estado y racionalizar la evolución de la economía, siempre y cuando sea dentro de un contexto social y político apropiado” (Aponte Páez, 2007)

En ambos casos, se trata de un aumento en la cantidad de bienes y servicios a disposición de determinado grupo, sin embargo, esta lógica de producción había estado ligada a la explotación y deterioro del medio ambiente con la consecuente merma en las condiciones de vida de la población, por lo tanto, podemos decir que el desarrollo económico no es necesariamente sostenible en términos ambientales ni sociales. Pero es a finales del siglo XX que comienza una transformación en el entendimiento del desarrollo, donde el tema del ambiente y su relación con la vida humana se han vuelto la guía de la transformación del término, hacia el de Desarrollo Sostenible (Gutiérrez y González, 2010), pasando a una comprensión del desarrollo en términos de Max Neef “El desarrollo se refiere a las personas y no a los objetos” (Max Neef, 1998; citado por Aponte Páez, 2007).

La UICN (1991) citada por Enkerlin (1997, p. 512) define el Desarrollo sostenible como “*la estrategia que lleve a mejorar la calidad de vida, sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sostienen, entendiendo por capacidad de carga de un ecosistema la capacidad que tiene para sustentar y mantener al mismo tiempo la productividad, adaptabilidad y capacidad de renovabilidad del recurso*”.

El desarrollo sostenible distingue tres elementos: la sostenibilidad ecológica o ambiental, la social y la económica y se define como el equilibrio de estas dimensiones en favor de un estado de mayor equidad en la generación actual y con las generaciones futuras. Pero la realidad es que, en los ecosistemas urbanos contemporáneos, no existe tal equilibrio.

Es necesario reconocer y poner en cuestión que la perspectiva multidimensional del desarrollo sostenible tiende a caer en grandes generalizaciones y abuso del término como

fundamento de discursos políticos y de mercadotecnia. Sin embargo, esta banalidad actual del término es resultado de su sobreutilización y no debería demeritar el valor de la definición original.

Pero es importante establecer que el adjetivo sostenible, no debe significar la ausencia de crecimiento o explotación de recursos, “la sostenibilidad no es anti-crecimiento, per se, se trata de encontrar maneras de promover el crecimiento que no sean a expensas del medio ambiente” (Portney, 2001; Clark, 2005). La idea de desarrollo sustentable de una población se refiere a la capacidad de crecimiento y expansión de manera equilibrada en un ambiente biológicamente sano, socialmente saludable y económicamente sólido, trascendiendo los niveles de pobreza y aprovechando de manera consiente y planificada sus recursos naturales, tanto renovables como no renovables de manera que se pueda garantizar su aprovechamiento para las generaciones actuales y sus existencia y disponibilidad para las futuras

Una vez asumido que el desarrollo sostenible se relaciona con la producción de bienes y servicios que mejoren la calidad de vida de las poblaciones sin superar la capacidad de carga de los sistemas de soporte y que esta producción se lleva a cabo, mayoritariamente, en los ecosistemas urbanos, podemos crear un puente entre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad urbana, ya que esta dependerá de aquel.

Uno de los más claros principios de la sostenibilidad urbana se basa en la imposición de límites absolutos que causa el medio ambiente a ciertas actividades humanas que no pueden someterse a los modelos de mercado, por tratarse de factores de importancia crítica para el bienestar humano (Urban Environment Sustainable Cities, 1994; citado en Salvador, 2003), pero además, Maycotte (2010) plantea que es necesario establecer que no solo las actividades económicas o las prácticas sociales como factores aislados se relacionan con los impactos que tienen sobre el entorno, sino que el hecho cotidiano del hombre de habitar, es susceptible de ser estudiado desde un enfoque de desarrollo sustentable ya que la construcción de las ciudades y “la ordenación del territorio, son la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda la sociedad” (Allende Landa, 2000; citado en Maycotte, 2010).

Esta condición particular de la ciudad como emplazamiento del desarrollo humano, exige y demanda, para su gestión una aproximación y un análisis sistémico que arroje como resultados una propuesta también sistémica, que se concrete en el aprovechamiento de las potencialidades de la vida en comunidad y la mitigación de los efectos o externalidades del proceso de crecimiento económico y transformación social. La

funcionalidad de las ciudades limita o facilita las posibilidades de inserción mundial de las economías latinoamericanas, con un mínimo de especificidad regional, es decir, de una integración desde la diversidad, que genere opciones y oportunidades para el logro de mejores niveles de vida y desarrollo. La ciudad se presenta hoy como la dimensión operativa, totalizante e integradora para la gestación de procesos de mejoramiento de la calidad de vida. Conducir las ciudades hacia un futuro sostenible significa, en este caso, promover la productividad en el uso de los recursos medioambientales y fortalecer las ventajas competitivas de las mismas.

Así es como llegamos al concepto de desarrollo urbano sostenible, que incorpora el tipo de interacción que se establece entre ciudad y región y que hace posible la vida urbana. El concepto de desarrollo urbano sostenible, al derivar del desarrollo sostenible, es considerado como un estado de equilibrio entre las dimensiones social¹⁶, económica¹⁷ y ambiental¹⁸, pero en lo que respecta a sus implicaciones en el espacio de la ciudad y sus alcances a nivel regional y global.

El carácter dinámico del crecimiento físico y de la economía de las ciudades, aunado a un creciente proceso de relocalización industrial de las grandes áreas metropolitanas hacia ciudades medias en varios países de América Latina, ha extendido el tipo e importancia de los problemas ambientales urbanos. Durante los últimos veinte años, los problemas ambientales característicos de las grandes áreas urbanas, como la calidad del aire, el abastecimiento y distribución y calidad del agua, la recolección y tratamiento de residuos sólidos y aguas negras, el control de residuos peligrosos, aparecen con mayor frecuencia en ciudades medias. Es importante destacar dos aspectos importantes de estos problemas. Por un lado, muchos de estos problemas interactúan con otros aspectos ambientales en las ciudades, contaminación de los mantos acuíferos por residuos peligrosos. La dramática dimensión de algunos de esos desastres ilustra la creciente vulnerabilidad de las ciudades y pone de manifiesto su importancia para la discusión y estudio de la sustentabilidad urbana (Aponte Páez, 2007).

¹⁶ Se dice que un grupo vive dentro del marco socialmente sustentable cuando los costos y beneficios son distribuidos de manera adecuada, tanto entre el total de la población actual (equidad intra-generacional), como entre las generaciones presentes y futuras (equidad inter-generacional). (Maycotte, 2010)

¹⁷ La cantidad máxima que un individuo puede consumir en un periodo determinado de tiempo, sin reducir su consumo en un periodo futuro (Hicks, 1945; citado en Maycotte, 2010)

¹⁸ Capacidad de un sistema de mantener su estado en el tiempo (Gligo, 1987; citado en Maycotte, 2010)

Pero entonces, ¿qué se entiende por ciudad sostenible?, “es un núcleo urbano en el que la utilización de los recursos naturales se produce de manera congruente con el objetivo de poder transmitir a las generaciones futuras similares o mejores disponibilidades de los mismos, o de otros alternativos necesarios para funciones semejantes”. (Diccionario de Geografía Urbana, urbanismo y Ordenación del Territorio, Grupo Aduar 1999,92)

Las iniciativas de ciudades sostenibles comúnmente contienen una lista limitada de actividades que significan una contribución en varios sentidos para los objetivos de la iniciativa general de sostenibilidad (Portney, 2001). Pero uno de los grandes errores cometidos en el intento de promover la sostenibilidad urbana, es la implantación de proyectos “sostenibles” copiados desde otros países o regiones con condiciones ambientales, económicas y sociales distintas. La forma que se propone para aplicar las acciones exitosas en otras latitudes es la transferencia de principios y no de proyectos, de esta manera, los principios serán adaptados a las características propias de cada región, permitiendo así un desarrollo de proyectos apropiados para cada sitio.

Un ejemplo a destacar son los principios de la sostenibilidad urbana de la iniciativa “European Sustainable Cities” de 1996 (Ver Cuadro), de esta manera se traducirán ideas abstractas acerca de los procedimientos necesarios para acercar a las ciudades a un proceso sostenible, las cuales serán desarrolladas y aterrizadas en proyectos particulares “hechos a medida” para cada caso particular.

Principios de la sostenibilidad urbana según “European Sustainable Cities” (1996)	
1. El principio de la administración urbana.	Administrar para hacer sostenible una ciudad, es esencialmente un proceso político que requiere planeación y que tiene un impacto en la gobernanza. El proceso de una administración urbana sostenible requiere un conjunto de herramientas para atacar cuestiones ambientales, sociales y económicas que provean la base necesaria para la integración. Aplicando estas herramientas, las políticas urbanas sostenibles pueden convertirse en políticas más amplias, poderosas y ambiciosas que lo que normalmente se les ha reconocido.
2. El principio de la integración de políticas.	La coordinación y la integración serán logradas a través de la combinación de un principio de subsidios con el concepto amplio de responsabilidad compartida. La integración deberá ser lograda tanto horizontalmente, para estimular efectos de sinergia en las dimensiones de sostenibilidad social, ambiental y económica, como verticalmente, entre los niveles de los diversos países, regiones y gobiernos locales para lograr una mayor coherencia de políticas y acciones.

3. El principio de pensamiento eco-sistémico

El pensamiento eco sistémico considera a la ciudad como un sistema que se caracteriza por flujos como procesos continuos de cambio y desarrollo. Incorpora aspectos como la energía, los recursos naturales y la producción de residuos como cadenas de actividades que quieren mantenimiento, renovación, estimulación para contribuir al desarrollo sostenible. La regulación del tráfico y el transporte es otro de los elementos del pensamiento eco sistémico, que también incluye una dimensión social al considerarla como un ecosistema social.

4. El principio de la cooperación y asociación.

La sostenibilidad es una responsabilidad compartida. Cooperación y asociación entre los distintos niveles, organizaciones e intereses es por lo tanto crucial. Una administración sostenible es un proceso de aprendizaje donde compartir experiencias, educación y entrenamiento; el trabajo trans-disciplinario y las redes; la consulta comunitaria y participativa; y los mecanismos educativos innovadores son elementos claves.

FUENTE: Newman, Peter y Jennings Isabella, 2008. *Cities as sustainable ecosystems*, Island Press, Washington.
Página 4

Tratándose específicamente de la eficiencia energética, la ciudad sostenible será aquella que, para una misma oferta de servicios, minimiza el consumo de energía fósil y de otros recursos materiales, explorando al máximo los flujos locales satisfaciendo el criterio de conservación de reservas y de la reducción del volumen de residuos.

Un elemento central de una ciudad sostenible es que tan autosuficiente es. Las demandas de consumo en las ciudades solo pueden ser alcanzadas obteniendo recursos de áreas fuera de la ciudad. El punto es que las ciudades no son autosuficientes y es difícil imaginar una forma de lograrlo. Puede ser difícil imaginar una ciudad que es completamente autosuficiente, pero hacer esfuerzos en ser cada vez más autosuficiente, particularmente cuando los costos de intentarlo son relativamente bajos, se vuelve una opción que vale la pena intentar. (Portney, 2001)

Mientras que los prospectos para la sostenibilidad urbana son sustancialmente dependientes de las características de los flujos de energía y recursos que se desplazan en redes sobre el entorno construido, como se mencionó en los párrafos anteriores, lograr un avance sustancial implica una serie de retos. Por ejemplo, la planeación, el diseño y el mantenimiento de las redes de transportes es comúnmente llevada a cabo por autoridades regionales, mientras que la regulación del diseño y la construcción de

edificios es responsabilidad normalmente de una autoridad de carácter local (Wheeler 2000). Además, la densidad y la actividad contenida en secciones de los asentamientos urbanos son determinados por limitaciones de porcentajes de área de ocupación, tipos de edificaciones (residencial, comercial, industrial, entre otros) y algunas veces la altura máxima permitida. Estos parámetros del contexto construido son establecidos incrementalmente y definen un marco relativamente sólido dentro del cual el desarrollo económico y el mercado de bienes raíces se mueven.

Considerado de esta forma, la determinación del progreso hacia la sostenibilidad urbana y, eventualmente, global puede parecer desalentador. La sostenibilidad urbana no es un reto menor, los problemas generales son bien conocidos, pero el objetivo es lograr una ciudad que provea un asentamiento seguro y completo en el ámbito cultural, educativo y social, en un entorno sano y justo para los residentes urbanos (Boone, 2013). La combinación de estas condiciones es una medida del bienestar de la ciudad, y este trabajo pretende ofrecer una herramienta complementaria para estas mediciones.

CAPÍTULO 2

RECICLAMIENTO DE TEJIDOS EN LOS ECOSISTEMAS URBANOS

El contexto construido del sistema urbano se encuentra conformado por una gran cantidad de recursos metálicos y minerales que se encuentran acumulados como una reserva latente de las ciudades, sin embargo, el crecimiento expansivo de las ciudades ha provocado que estas reservas, lejos de potencializarse, se vean desaprovechadas en favor de la construcción de nuevas urbanizaciones. Esto como se explicó anteriormente, obstaculiza el avance hacia un sistema urbano eficiente, que utilice los recursos y la energía al máximo de sus ciclos de vida.

Construir, mantener y operar la ciudad, así como la demolición y regeneración del ambiente construido representa la mayor parte de la carga de materiales que sirven a la sociedad actual, dejando en las actividades de construcción una enorme huella ambiental y ecológica. Esta medida representa el 70 por ciento del total del flujo de materiales en una sociedad, mientras que el 30 por ciento de los desechos de las áreas urbanas están directa o indirectamente ligados a las actividades propias de la construcción (Ferrao y Fernández, 2013). A pesar de que la mayoría de los desechos de la construcción son materiales no tóxicos, los procesos para la extracción de estos y la gran cantidad de energía utilizada para extraerlos, los convierten en uno de los principales causantes de la degradación ambiental y de explotación intensiva de recursos.

Los contextos urbanos tienden a aumentar sus flujos al atraer la población para concentrarla en economías que promueven la innovación y por tanto el crecimiento de la riqueza. La creación de este capital intelectual conduce a una mayor productividad del trabajo, pero también crea una mayor necesidad de materiales y energía, especialmente no renovables, que son utilizados para construir infraestructura urbana y de información requerida para estos centros de conocimiento, por lo tanto, el reúso, mejora y potencialización de la ciudad para la provisión de espacios de desarrollo conducirá a un crecimiento más sostenible.

Las ciudades son grandes ensambles de edificios, vialidades y redes de infraestructura, sistemas ecológicos naturales y otros elementos que no permiten cambiar su ubicación, es decir las ciudades no se pueden mover de sitio, pero si pueden transformarse y renovarse.

En el ámbito urbano, el fenómeno del reciclaje está actualmente asumiendo gran importancia, Optar por que la rehabilitación de lo ya construido predomine sobre la obra de nueva planta (Montaner y Muxí, 2008), especialmente en aquellas ciudades con gran cantidad de infraestructura industrial obsoleta, que necesita ser reutilizada para las actividades terciarias. Naturalmente, los procesos intensos de reutilización urbana, tan presentes en las ciudades contemporáneas, afectan directamente su metabolismo, ya que alteran sustancialmente el flujo de energía y materiales, afirmando de esta forma la relación necesaria entre los proyectos de reciclaje y el análisis metabólico de estos para buscar indicios que nos permitan mejorar la eficiencia de la ciudad a través de las intervenciones urbanas.

Los nuevos argumentos para el reciclamiento urbano, ya incluyen otro tipo de temas como son la promoción de la ciudad compacta y el mejoramiento del espacio público urbano, la cultura de la sostenibilidad territorial, privilegiando el desarrollo ante el crecimiento y expresando los efectos de información eficiente y las infraestructuras de comunicación territorial y espacial. La transformación urbana está hoy en día tomando estos nuevos argumentos, los cuales tienden hacia una transformación urbana opuesta a la expansión y el crecimiento, rehaciendo los barrios tradicionales y también los del urbanismo moderno, con nuevo paisajismo, consolidando estructuras, mejorando instalaciones, aumentando superficies para vivienda y espacios comunitarios y mejorando los sistemas pasivos y activos de ahorro energético.

Por lo tanto, en este capítulo, nos proponemos ofrecer un panorama general del crecimiento urbano contemporáneo, tratando en un primer apartado sobre las condiciones económicas y sociales que moldean la configuración espacial de las ciudades contemporáneas. Posteriormente, abordamos el tema de la habitabilidad urbana, considerándola como una condición básica para el correcto desarrollo de los sistemas urbanos, al ofrecer a la población las condiciones necesarias para la realización de las actividades que su papel en la sociedad les demanda. Un tercer apartado, presenta los principios que regularían el crecimiento urbano en la búsqueda de un desarrollo sostenible de forma integral, tomando como base los principios que regulan a los ecosistemas naturales, los cuales serán extrapolados en el apartado final de este capítulo, al abordar los conceptos de compacidad y complejidad como guías para el reciclamiento de los tejidos existentes en los sistemas urbanos.

2.1 EL CRECIMIENTO DE LOS SISTEMAS URBANOS CONTEMPORÁNEOS.

“But we know that the quality of a place is due to the joint effect of the place and the society which occupies it”¹⁹

Kevin Lynch, 1984

El entorno construido de los sistemas urbanos contemporáneos corresponde con una etapa de transición desde un punto de vista de sus estructuras, pero, además, para la disciplina de lo urbano-arquitectónico, se trata de un fenómeno con características nuevas, pero nuestro análisis no puede centrarse únicamente en las formas construidas de forma aislada, sino que debe asumir al entorno construido como parte del ecosistema y de la estructura social que le da sentido.

La ciudad, el espacio urbanizado, es, y siempre ha sido, un palimpsesto, un espacio donde se superponen y funden formas de hacer y construir que corresponden a diversas etapas, eras y culturas (Gaja i Díaz, 2005). Esta afirmación ha sido olvidada por los encargados de dar forma a los sistemas urbanos, sobre todo al intentar construir un entorno de nueva planta²⁰, que ignora y desprecia lo que la población ha acumulado a lo largo de la historia de los asentamientos humanos (urbanos).

El entorno construido urbano, en condiciones normales y si no es sometido a condiciones extremas que arrasen las preexistencias, es sobre todo un lugar de acumulación de experiencias y acciones que se reflejan en lo construido sobre los anteriores sustratos históricos (Gaja i Díaz, 2005), por lo tanto, la acumulación de las formas urbanas anteriores se vería convertida en una suma de las formas anteriores, que resulta en una unidad nueva, pero fundamentada en los procesos históricos.

En este sentido, podríamos asegurar que el reciclamiento de los tejidos existentes en las ciudades, ha sido una característica constante en los asentamientos urbanos, donde las

¹⁹ Pero sabemos que la calidad de un lugar, es resultado del efecto unificado del lugar y la sociedad que lo ocupa. (Lynch, 1984)

²⁰ Siguiendo la lógica del planteamiento urbano del movimiento moderno, cuyo procedimiento se concentraba en ubicar a la población en expansiones territoriales ordenadas a partir de la zonificación por funciones.

ciudades no crecían más allá de los límites que habían conservado por siglos²¹, por lo menos hasta la llegada de la transición al siglo XXI, donde los fenómenos de crecimiento expansivo, y urbanización dispersa se han repetido como pauta y tendencia general en los sistemas urbanos del planeta. Pero, ¿Cómo llegamos hasta esta situación?, y ¿Qué condiciones fueron las que promovieron esta transición?

Carlos García Vazquez en su libro Ciudad Hojaldre, afirma que lo que denominamos “tardo capitalismo” es fruto de la confluencia e interacción del proceso de reestructuración económica y el modo de desarrollo informacional (García Vázquez, 2004), y cita a Castells quien observa dos características de este periodo: la retirada del Estado de la economía y la expansión geográfica del sistema de producción hacia una globalización que abarca el capital, la fuerza de trabajo y la producción. Acebillo por su parte, establece que los sistemas urbanos contemporáneos, surgen de la superposición de las tecnologías de la información, la globalización²² y la transición a la economía “neo-terciaria” (Acebillo, 2013), Montaner y Muxí (2008) agregarán a estos factores la crisis ecológica y los fuertes movimientos migratorios.

La transformación de la organización espacial de las ciudades, como consecuencia de las condiciones económicas, han afectado especialmente en tres sectores: primero, el industrial, donde la producción se transfiere a zonas menos desarrolladas pero que permiten unos salarios más bajos, segundo, el trabajo de oficina, apoyado por las tecnologías de la información, que permiten la localización de empresas en prácticamente cualquier lugar del mundo y tercero, el sector financiero, quien apoyado por la desregulación ha sido el promotor principal que ha llevado a cabo la expansión de las ciudades, aprovechando las ventajas económicas de construir ciudades fragmentadas y dispersas, a través de la inversión de los capitales transnacionales en la búsqueda de las máximas y más rápidas rentabilidades (Montaner y Muxí, 2008)

A partir de estas condiciones, las industrias se reubican en países en vías de desarrollo, o en países como México, se trasladan a ciudades de tamaño medio, dejando grandes áreas urbanas en abandono y promoviendo los crecimientos expansivos alrededor de las

²¹ Para François Ascher (2004), el tamaño de las ciudades ha dependido de los medios de transporte y de “almacenamiento” de las personas, especialmente las técnicas de construcción en altura, de gestión urbana de los flujos y abastecimientos, así como de las necesidades de protección y control.

²² Para Stiglitz (2002) es la integración más estrecha de los países y los pueblos del mundo, producida por la enorme reducción de los costes de transporte y comunicación, y el desmantelamiento de las barreras artificiales a los flujos de bienes, servicios, capitales, conocimientos y (en menor grado) personas a través de las fronteras.

nuevas industrias para alojar a la mano de obra. Estos nuevos desarrollos industriales, debido al bajo costo del suelo rural, se construyen alejados del centro urbano, a manera de ciudades satélites que eventualmente promueven la expansión en baja densidad de las ciudades hacia estos polos de producción. De forma paralela a la reubicación industrial, las ciudades comienzan a recibir funciones terciarias, controlando la organización de la economía y los servicios relacionados con ella, atrayendo cada vez más población a las ciudades.

Esta repetición y generalización de las tendencias urbanizadoras expansivas, ha ido acompañada con la repetición de los problemas ligados a esta dinámica, como son: problemas sociales -desintegración social y violencia-, funcionales -congestión e impactos negativos en los flujos, y ambientales -contaminación, destrucción del entorno natural.

Las tendencias problemáticas mencionadas en las líneas anteriores, podríamos englobarlas en la “desintegración” de los subsistemas que conforman a los sistemas urbanos contemporáneos, ya que, como Christopher Alexander afirma, “en todo objeto organizado, los primeros signos de destrucción inminente son la subdivisión extrema y la disociación de elementos internos” (Alexander, 1965), y es que, actualmente habitamos territorios indefinidos (Cacciari, 2009), donde las funciones se distribuyen sin lógica urbanística, según intereses especulativos que las han llevado a convertirse en territorios difusos y dispersos.

La “desintegración” de los sistemas urbanos contemporáneos ha sido provocada por la “automovilización” del entorno, construido por y para el automóvil²³, resultando en la ciudad invadida y abandonada sobre la que Gehl (2002) teoriza. Esta situación se ha reforzado por las políticas de transporte urbano, que han orientado las inversiones, a favor de la movilidad en automóvil privado, en concordancia con los intereses que se concentran en torno a la industria del automóvil y del petróleo (Fernández Durán, 1993). Como consecuencia, el espacio urbano, o territorio para Cacciari²⁴, es un espacio discontinuo, desagregado, segregado por paquetes funcionales y sociales (Gaja i Díaz, 2005), donde la lógica dominante es la del mercado que, en busca de suelos baratos,

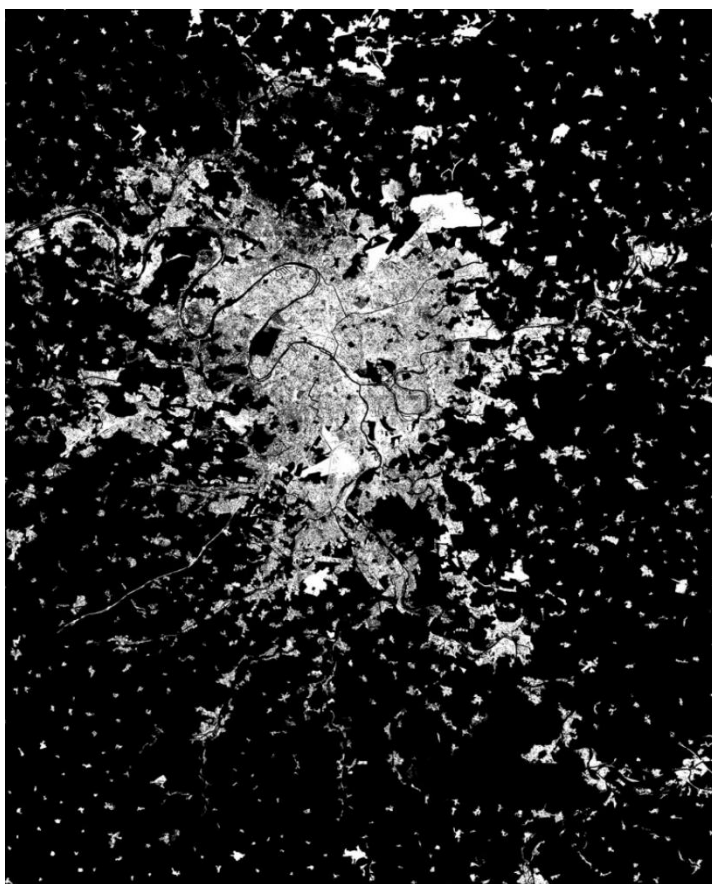
²³ Por los aparentes bajos costos del transporte motorizado, situación que en los últimos años se ha visto revertida por el aumento en los precios de los combustibles.

²⁴ Para Cacciari (2009), no habitamos ciudades, sino territorios, cuyos límites son puramente administrativos y artificiales, no tienen ningún sentido geográfico, simbólico o político. Habitamos territorios indefinidos.

pone en la dinámica mercantil, terrenos que anteriormente no tenían un carácter urbano y pertenecían a la reserva natural del ecosistema.

Font, Llop y Vilanova (1999) distinguen tres modelos o formas estructurales de la construcción del espacio urbanizado contemporáneo:

- a) **El agregado o por paquetes.** Este crecimiento por agregación puede darse sobre el núcleo central o sobre las ciudades próximas convertidas en satélites.
- b) **El lineal.** Construido desde y a partir de las vialidades o ejes viales de gran capacidad. Este modelo presenta nodos de condensación, generalmente en los accesos a esas vialidades.
- c) **El disperso o en nebulosa,** destinado a los usos que no requieren centralidad, especialmente el residencial.



Paris Métropole
Fuente: Secchi y Vignano (2009)



Zona Metropolitana del Valle de Toluca
Fuente: Google Earth (2016)

En los tres modelos anteriores podemos observar que se caracterizan por una desagregación de los tejidos urbanos, es decir, pretenden ser sistemas aislados que limitan sus conexiones e intercambios con los demás sistemas urbanos a través de vialidades motorizadas, acompañadas con las telecomunicaciones. Estos modelos siguen una lógica de ubicación que se basa en el menor precio del suelo sin tomar en cuenta los costos de la extracción y transporte de los recursos, energía y población requerida para su correcto funcionamiento. Además, nos encontramos con la desregulación total de las políticas urbanas no restrictivas del desarrollo de urbanizaciones, no planeadas, sin infraestructuras ni la dotación correcta de servicios, la no ciudad, es decir, se conforman siguiendo la tradición del urbanismo del Movimiento Moderno: dispersas (baja compacidad), aisladas, altamente especializadas, independientes de la estructura urbana, negando que la calle es el espacio de relación y limitándola a ser únicamente el territorio donde se soporta al transporte motorizado, son el escenario donde se refleja la desintegración social urbana, de la crisis de la ciudad como espacio para la socialización.

Si los modelos mencionados en las líneas anteriores, se refieren al carácter estructural de los sistemas urbanos contemporáneos, en cuanto al carácter morfológico en una escala arquitectónica, podemos identificar, siguiendo a Guzmán Ramírez (1996) dos modelos: primero, edificios de gran escala, mega-elementos arquitectónicos contenidos en sí mismos y que son impuestos a la estructura urbana, conteniendo en ellos lo necesario para su funcionamiento, negando la estructura, a veces inexistente del contexto urbano. Y, en segundo lugar, una arquitectura basada en la disociación, desconexión y ruptura que no permite entender a la ciudad como un tejido, entendiéndola, por lo tanto, como un conjunto inarticulado.

Esta situación es posible como afirma Kunz-Bolaños (2009) y Cuenya (2011) por las condiciones sociopolíticas y de operación entre gobiernos y el sector privado que permiten la formación y apropiación de altas rentas por la incorporación del suelo rural a la ciudad, sin embargo, también es necesario enfatizar que las ventajas de esos altos beneficios económicos llegan únicamente a los bolsillos de los actores involucrados en los acuerdos, pero que inmediatamente son aumentan los costos económicos sociales y ambientales para los habitantes de los sistemas urbanos.

Podríamos decir que la desintegración de los sistemas urbanos contemporáneos es una respuesta a una ecuación puramente financiera, donde el bajo costo de la urbanización

fuera del centro de las ciudades y su consecuente aumento en la rentabilidad del suelo²⁵, promueve la salida de las actividades productivas y habitacionales de los núcleos compactos²⁶. Al mismo tiempo la falta de inversión en el interior de la ciudad implica el desperdicio de la infraestructura y los servicios existentes, favoreciendo la declinación del territorio (Kunz-Bolaños, 2009)

Gaja i Diaz (2005) agrega a este argumento económico, otros dos factores que promueven la desintegración de los sistemas urbanos contemporáneos:

- a) La preferencia por los modelos de baja densidad con vivienda unifamiliar, pese a su pobre accesibilidad y a la escasez de los equipamientos públicos.
- b) Los nuevos medios de comunicación, con la consiguiente creación de empleo neo-terciario y la generación de nuevas centralidades.

El primero, promueve la producción de urbanizaciones, con carácter residencial, alejadas de los núcleos urbanos, con una limitada accesibilidad y dotación de equipamientos, a manera de ciudades dormitorio, desde las cuales se generan desplazamientos diarios hacia las zonas de la ciudad donde se encuentran las fuentes de trabajo, educación y comercio. Además de la elección de este tipo de urbanizaciones, existen el aumento entre la separación del domicilio y el trabajo a causa de la dispersión del empleo en la periferia de las regiones metropolitanas, así mismo, la concentración de actividades terciarias en el centro, expulsando los usos habitacionales a la periferia. (Fernández Durán, 1993).

La segunda, promueve una individualización de la población, que se desenvuelve en nodos comerciales o tecnológicos de baja densidad orientadas al transporte particular en automóvil, en estos territorios las actividades de valor añadido, asociadas al conocimiento y la tecnología (Rueda, 2012), parques tecnológicos, universidades, centros de investigación (Ciudad Creativa)²⁷ y de actividad económica, abandonan el centro urbano en busca de suelo barato. Además, los procesos de producción que se dan en las ciudades actuales, excluyen cada vez a más sectores de la población, debido a su alta

²⁵ Cuenya (2011), afirma que la urbanización en la periferia, principalmente con grandes proyectos urbanos, se da en predios rurales, que poseen una gran extensión y una considerable capacidad "ociosa" para albergar nuevos usos, por lo que tienen un precio de partida muy bajo, pero que pueden alcanzar altos valores a partir de su re funcionalización y transformación física, denominándose: "áreas de oportunidad"

²⁶ A este proceso contribuyen las altas rentas de los espacios centrales, cuya subida es también consecuencia del apetito que muestran hacia esas áreas las actividades terciarias avanzadas (Fernández Durán, 1993)

²⁷ Richard Florida citado en Acebillo (2010)

especialización²⁸, provocando así un aumento en la segregación social, el cual se ve reflejado en la segregación del ambiente construido.

Este conjunto de factores ha derivado en una serie de conflictos correspondientes al proceso de urbanización en la transición al siglo XXI que Rueda (2012) enlista de la siguiente forma:

- Un ciclo de urbanización acelerada y desregulación legislativa
- Simplificación de la organización urbana
- Insularización de los sistemas naturales
- Perturbación del ciclo hídrico
- Impermeabilización y sellado del suelo
- Consumo masivo de energía, agua y materiales
- Residuos (sólidos, líquidos, gaseosos)
- Vinculación de la urbanización al transporte motorizado
- Segregación social
- Deterioro del espacio público

En resumen, las tendencias de crecimiento de las ciudades han impactado la eficiencia de los sistemas urbanos contemporáneos a través de la segregación física, funcional y social²⁹, la tendencia a una expansión ilimitada, el consumo de suelos pertenecientes a la reserva natural, la explotación de recursos, el corte de los ciclos naturales de la materia, la construcción de una periferia carente de calidad urbana, la dispersión de la urbanización en un esquema de zonas mono-funcionales y especializadas, vinculadas al transporte motorizado que desembocan en la pérdida del sentido de ciudad.

²⁸ Se trata de la Neo Terciarización (Acebillo, 2010) de las ciudades. El sector neo terciario no es simplemente una extensión del precedente. Se basa principalmente en nuevos sectores: Alta tecnología aplicada al campo de la electrónica, industria aeroespacial y biomedicina, el diseño y la conceptualización de objetos, moda, joyería, arquitectura, medios, actividades promocionales y de mercadotecnia, y en general todo lo que involucre creatividad e innovación. Además, el sector neo terciario desarrolla nuevos productos financieros y da más valor al turismo y al descanso.

²⁹ De acuerdo con Fernández Durán (1993), en las regiones metropolitanas, la especialización de las funciones, se acentúa más, si cabe, aumentando paralelamente la segregación espacial por clases y sectores sociales, lo que empobrece adicionalmente las relaciones humanas y dificulta la intercomunicación.



Fuente: Consulta de imágenes en Google (2016)

“El espacio urbanizado contemporáneo es la más fiel representación de nuestra sociedad, refleja la incertidumbre, la aleatoriedad, el exceso, el consumo voraz, el despilfarro de medios, materiales y humanos” (Gaja i Díaz, 2005). Se quiere hacer de la ciudad, no un espacio de relación y convivencia sino un espacio competitivo. Ese es el contenido del discurso del planeamiento urbanístico, la ciudad-empresa (Fernández Durán, 1993), apoyado, por un lado, por un fuerte apoyo estatal al capital privado para la revitalización de la ciudad, en donde ésta aparece como “negocio”. Por otro lado, un régimen político urbano, en el cual los intereses públicos y privados se amalgaman para definir las decisiones de gobierno (Cuenya, 2011)

2.2 LA HABITABILIDAD DE LOS SISTEMAS URBANOS CONTEMPORÁNEOS

“se reconoce hoy en una escala cada vez mayor, que ciertos ingredientes esenciales faltan en las ciudades artificiales. Comparadas con las antiguas, que han adquirido la pátina de la vida, nuestras tentativas modernas para crear ciudades artificialmente se han traducido en fracasos totales”

Christopher Alexander, 1965

Una vez analizado el proceso del crecimiento de los sistemas urbanos contemporáneos en la transición hacia el siglo XXI, se identificaron los conflictos ocasionados por la urbanización dispersa, los cuales tienen un efecto directo en la eficiencia del sistema. En este apartado nos proponemos identificar las implicaciones que tiene este tipo de urbanización y su baja eficiencia en la habitabilidad urbana.

Para Moreno Olmos (2008), la habitabilidad está determinada por la relación y adecuación entre el hombre y su entorno, y se refiere a cómo cada una de las escalas territoriales es evaluada según su capacidad de satisfacer las necesidades humanas, además profundiza en cuanto a la habitabilidad urbana al referirse a las cualidades que se desarrollan en el medio ambiente urbano, al exterior de los espacios arquitectónicos, es decir, las áreas inter barriales, el sistema viario, el espacio público al interior de los barrios, las infraestructuras, los servicios, el transporte público, los espacios verdes y los espacios comunes de referencia.

En este sentido, la habitabilidad, está relacionada a la calidad de vida, es decir, a la manera en que los usuarios disfrutan los espacios, tanto de la vivienda como del entorno urbano inmediato (Valladares et al. 2008) y debe incluir aspectos urbanos como la accesibilidad, movilidad, continuidad, permeabilidad, emplazamiento, espacio público, dotación uniforme de infraestructuras, de servicios, de mobiliario urbano, espacios verdes, y disponibilidad de transporte público (Alcalá, 2007)

Relacionando los conceptos de habitabilidad y calidad, Maycotte (2010), afirma que la habitabilidad es inherente a las cualidades de los espacios que les llevan a ser considerados de calidad, a través de tres funciones principales: brindar seguridad, favorecer el contacto (y la interacción) y ofrecer alojamiento a los usuarios. Estas cualidades son clasificadas por Maycotte (2010) en tres dimensiones: física, social y emocional o psicológica

- **Dimensión física:** se refiere a la percepción del estado físico y la facilidad de acceso, potencialmente cuantificable, a los servicios e infraestructuras que impactan en el aspecto funcional del individuo.
- **Dimensión social:** la percepción del individuo de las relaciones interpersonales y de los roles sociales en la vida, implica el grado de participación-apropiación de la población en los procesos urbanos.
- **Dimensión emocional:** la percepción del individuo de su propio estado afectivo; en la actualidad relacionado con el miedo, ansiedad, incertidumbre³⁰, provocados por las condiciones urbanas.

Es indispensable comprender que, en el concepto de Habitabilidad, se interrelacionan factores objetivos y subjetivos, los cuales pueden ser en mayor o menor medida cuantificables. En la primera dimensión se miden aspectos físicos del territorio y del entorno construido, en la segunda, se incluyen los relacionados con una identidad cultural del sujeto como parte de una sociedad, y en la tercera se tratan aspectos referentes al bienestar, conformado por cuestiones emocionales, pero que pueden ser medidos a partir de cuestiones físicas, es decir, no se trata solo de sentirse bien, sino que en efecto, la población tenga las condiciones que le permitan desarrollar sus actividades y su rol en la sociedad.

En resumen, la habitabilidad urbana podría ser definida en términos de Pérez Maldonado citado por Moreno Olmos (2008) como el “conjunto de unas condiciones óptimas que se conjugan y determinan sensaciones de confort en lo biológico y psicosocial dentro del espacio donde el hombre habita y actúa, las mismas en el ámbito de la ciudad están

³⁰ La incertidumbre forma parte de las condiciones de vida contemporánea y también se proyecta en la ciudad. Muy a menudo esta ha sido descrita como un continuo fluir, un entorno físico evanescente (García Vázquez, 2004) en el que el entorno construido es modificado continuamente y en el que ningún elemento tiene una condición de permanencia asegurada. La ciudad por lo tanto ya no es programable (Cacciari, 2009) en términos del control ejecutado por el Movimiento Moderno.

íntimamente vinculadas a un determinado grado de satisfacción de unos servicios y a la percepción del espacio habitable como sano, seguro y grato visualmente”.

Así podemos destacar dos conceptos que condensan las condiciones necesarias para lograr evaluar la habitabilidad urbana: comodidad (confort) y grado de interacción (Rueda, 2009) a las cuales agregaríamos una tercera condición; la eficiencia. Nuevamente tenemos condiciones físicas tangibles y objetivas combinadas con otras condiciones intangibles y subjetivas, confirmando la dualidad del concepto de habitabilidad urbana.

Los sistemas urbanos actuales no reúnen las condiciones que garanticen un grado de confort e interacción adecuado para su población, además de que en gran medida estas condiciones se encuentran repartidas de modo poco equilibrado, no son homogéneas para la población. Pero, sobre todo, consideramos que la baja eficiencia del sistema urbano, tiene implicaciones negativas en la percepción de la habitabilidad urbana.

Por un lado, la expansión territorial promueve el alejamiento de la población, ubicando a los ciudadanos en tejidos cada vez más lejanos del centro, de los servicios y de los puntos de interacción, equipamiento, etc. A esto, debemos agregar un espacio público que ha pasado de ser tal, a considerarse simplemente como vialidad, dejando de ser un espacio de encuentro e integración de las funciones de la ciudad.

Los equipamientos son cada vez más escasos en los tejidos dispersos, pues su lejanía del centro y su baja densidad, permiten a los gobiernos, justificar la escasez, argumentando que los tejidos no cuentan con la población suficiente que amerite la construcción e integración de los equipamientos al sistema urbano del que dependen.

La condición mono-funcional de los tejidos urbanos contemporáneos, promueve una gran cantidad de desplazamientos obligados, los cuales se producen en vehículos motorizados y requieren de largos periodos de tiempo, donde se fomenta la individualización y el aislamiento, ya que el espacio público deja de ser un espacio de demora e interacción para convertirse en la vía sobre la cual los flujos de personas se trasladan, entre más rápido y con menor contacto visual con el entorno, mejor. Esto tiene que ver con la negación del entorno, el cual, al no satisfacer las condiciones mínimas de confort, es olvidado, acentuando su degradación.

Del mismo modo, la segregación espacial que condensa personas con condiciones similares, promueve una intensa individualización y negación de los demás componentes de la sociedad. Una urbanización aislada, que incrementa la superficialidad de los

contactos, el carácter transitorio de las relaciones sociales (Fernández Durán, 1993) donde los habitantes conviven con otros habitantes con las mismas condiciones que ellos, buenas o malas, los desconecta de las otras realidades presentes en el sistema urbano, haciendo que esta separación de los componentes de la sociedad sea el mayor reflejo de la descomposición del sistema, que como afirma Alexander (1965) es el inicio de su destrucción.

La atomización de las relaciones personales, el desarraigo, la ausencia de un equilibrio con la naturaleza, el aturdimiento sonoro y lumínico, el intento de satisfacción de las necesidades vitales vía consumo³¹, es decir, la falta de sentido de la vida, ocasionan una fuerte desorganización de la personalidad urbana en la gran metrópoli (Fernández Durán, 1993). Es indispensable mencionar que esta degradación de la habitabilidad no solo afecta a los sectores más marginados o segregados, sino también a la numerosa clase media que por la falta de tiempo y de poder adquisitivo, queda fuera de las aparentes ventajas de las ciudades, generando así una gran masa de población “segregada”, lo cual causa la creciente conflictividad social en forma de violencia criminalidad e incluso en la forma de la apatía y falta de participación de la sociedad en los procesos que la definen, dejando esta actividad a un sector reducido de la sociedad.

Por lo tanto, proponemos una reflexión acerca del modelo actual de producción de la ciudad, en el sentido de cuestionar la sostenibilidad de un modelo que segrega espacial y socialmente a la población, que prioriza la individualización y el valor de mercado ante la interacción y la equidad, y que además hace un uso irracional y exhaustivo del suelo.

³¹ En economía, el consumo es el uso de bienes que ocasiona la pérdida de su utilidad. Es el proceso legítimo y universal de asegurar la supervivencia y la satisfacción, el cual debe compensarse por una producción continua de nuevos objetos útiles. Los economistas ven contenido todo el comportamiento humano en esta dualidad (Lynch, 2005)

2.3 PRINCIPIOS Y CRITERIOS PARA UN RECICLAMIENTO URBANO SOSTENIBLE

“El modelo de la urbanización contemporánea es insostenible, y lo es porque atenta contra el principio fundamental de la sostenibilidad: la existencia de límites “

Fernando Gaja i Díaz, 2009

El principio más sencillo y evidente que fundamenta el concepto de sostenibilidad es que “Nada puede crecer indefinidamente en un medio finito” (García, 1993), sin embargo, se contraponen al modelo actual de crecimiento perpetuo, ilimitado y permanente en el que nuestra sociedad contemporánea se desarrolla, produciendo y consumiendo, con el gasto de energía y de recursos no renovables que ello implica.

Durante los últimos cincuenta años del siglo XX, el crecimiento económico y los cambios estructurales tuvieron grandes diferencias de un país a otro, pero mantuvieron una característica muy importante: el consumo energético y de materiales estuvo ligado al crecimiento económico (Ferrao y Fernández, 2013)

La ruta de una rápida industrialización del mundo globalizado se ha asociado a un desarrollo con una gran intensidad de uso de energía y materiales. En este contexto se construyen grandes infraestructuras y la movilidad crece a través del uso de automóviles y aviones. El aumento de los ingresos ha disparado el consumo de energía, bienes y servicios. En este contexto, lo justo sería que los países en desarrollo tuvieran la misma oportunidad de aprovechar los niveles de vida que otros países han disfrutado por décadas, pero la realidad es que la energía que obtenemos de los combustibles fósiles se están terminando aumentando de esta forma sus precios, y las consecuencias en el ambiente son de dimensiones globales. (Ferrao y Fernández, 2013)

Recordemos que la producción del entorno construido de los sistemas urbanos es una de las actividades que más contribuyen a la insostenibilidad global, debido a los altos niveles de energía necesaria para la extracción de los materiales de construcción, es por esto que proponemos como principio básico para la reducción de consumo energético y de recursos en las ciudades, el paso desde un urbanismo de la expansión y dispersión, hacia uno que recupere los tejidos existentes en las ciudades transformando los suelos

urbanizados y el parque edificado en ellos, de tal modo que se aprovechen de manera óptima los espacios de la ciudad para albergar las nuevas demandas de la sociedad. De acuerdo con Kunz-Bolaños (2009), los espacios de la ciudad deben usarse a su máxima capacidad, mientras no generen costos, tanto sociales, ambientales, políticos, culturales, e incluso fiscales.

En el capítulo 1, sugerimos que la “importación” de proyectos “sostenibles” desde latitudes lejanas a las nuestras, no aseguraba más que el fracaso de este tipo de iniciativas. Por lo tanto, propusimos la incorporación de *principios* que definirían los proyectos de intervención en el entorno construido de nuestros ecosistemas urbanos. A partir de esa premisa, este trabajo propone también una lista de principios que permitan a los encargados de dar forma a nuestras ciudades (en el más amplio de los sentidos), promover intervenciones a medida para cada ciudad y no de forma genérica, así, en su sentido abstracto, los principios podrán reflejarse en el entorno construido de la ciudad, respondiendo a las necesidades particulares de cada caso.

Tomando como guía los principios ecológicos que regulan los sistemas naturales: *mínima intrusión en los espacios naturales, equilibrio entre población y recursos, máxima diversidad y ciclos tan próximos como sean posibles* (Salvador, 2003), proponemos una extrapolación de estas ideas desde la ecología hasta el ambiente urbano-arquitectónico en la forma de principios para un desarrollo sostenible en los sistemas urbanos contemporáneos.

Estos principios son: Eficiencia, agregación, continuidad, hibridación, proximidad y participación, los cuales desarrollamos a continuación.

EFICIENCIA

El principio de eficiencia es la base de la propuesta, ya que partimos de la idea de reducir el despilfarro de recursos concentrados (latentes) en el entorno urbano de nuestros ecosistemas, es decir, promovemos el aprovechamiento de los tejidos existentes en la ciudad (consolidados o en proceso de consolidación) como factor de eficiencia y por lo tanto como factor básico de sostenibilidad de los sistemas urbanos. Los principios restantes, tendrán como función acercarnos al cumplimiento de este primer principio, el cual, tendrá efectos directos en beneficio de la población al mejorar la habitabilidad urbana³². Es destacable el carácter complementario de los principios propuestos, ya que

³² Segundo factor restrictivo para lograr la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos.
(Eficiencia/Habitabilidad=Sostenibilidad)

la intervención en uno, tiene efecto en los demás, siguiendo el principio de recursividad organizacional (Romero, 2004), tomado del pensamiento complejo.

El principio de eficiencia en la ecología, radica en que la organización del sistema se mantenga o incluso de haga más compleja con un consumo de recursos que se mantenga o que eventualmente se reduzca (Neuman, 2005). En los ecosistemas urbanos, Rueda (2009) plantea el aumento de la organización urbana ante la reducción del consumo de recursos.

Se trata de adoptar directrices urbanísticas para reducir los consumos superfluos o innecesarios (Gaja i Díaz, 2005); en la transformación de suelos naturales en urbanos, en la reducción de necesidades de transporte, de energía, etc. El espacio urbanizado como “costosa creación colectiva” debe ser aprovechado al máximo, una de las formas de conseguirlo es mediante la intensificación del uso, es decir, se trata de conseguir sumar y juntar el mayor número de usos y actividades, bajo restricciones lógicas de compatibilidad, con la intensidad máxima que permitan las características del espacio urbanizado y con los adecuados factores de habitabilidad. Es necesario también ser prudentes al momento de decidir sobre el lugar que se va a urbanizar, es decir, donde es realmente necesario. En este sentido la intervención de las áreas urbanizadas para su mejoramiento o aprovechamiento más eficiente, se vuelve necesario y más lógico antes que urbanizar territorio natural.

La eficiencia se relaciona directamente con la *Recirculación* de la materia y la energía, : Si consideramos el concepto de eficiencia en un nivel de ecosistema, la metáfora de la ecología industrial apoya el concepto de recirculación haciendo énfasis en el establecimiento de una cadena de industrias que integren los residuos y productos al final de su ciclo de vida de regreso a los procesos de manufactura, evitando de esta manera, el uso excesivo de materias primas y contribuyendo a cerrar el ciclo de los materiales (Ferraó y Fernández, 2013). Dicho proceso, tiene su aplicación en el reciclamiento de los tejidos urbanos, con el fin de aprovechar los materiales y la energía utilizados para su construcción a la vez, que se mejoran las infraestructuras y se aprovechan los vacíos urbanos.

AGREGACIÓN:

Una de las tendencias más insostenibles del actual modelo de urbanización es la que promueve la segregación como patrón de su estructura espacial. La segregación se produce a todos los niveles: social, funcional y espacial. Un principio básico para la intervención urbanística debe ser su contención y eventual reducción. El modelo

expansivo de construir ciudades ha producido piezas urbanas que presentan una importante segregación con los barrios vecinos obligando una vinculación a través del automóvil, promoviendo una escasa continuidad con los tejidos consolidados. Esto provoca una disminución en la complejidad y la densidad urbana en relación a otras zonas, originada por usos monofuncionales (Fernández Prado en Ezquiaga González, 2011).

Por lo tanto, el principio de agregación es en términos simples, lo contrario a segregación, y aplica para los ámbitos social, funcional y espacial.

La agregación será favorable en el ámbito social, en tanto permita la interacción de población diversa (renta, cultura, edad, etc.). La vivienda, por lo tanto, deberá promover una mezcla de diferentes tipos de proyectos accesibles para un amplio espectro de población, sin limitar el acceso a equipamientos y servicios de acuerdo al sector al que se pertenezca en la sociedad, promoviendo la interacción de la población, tomando como principal herramienta al equipamiento y el espacio público.

En el aspecto funcional de los tejidos urbanos, la segregación podrá ser revertida a partir de una reducción y eventual desaparición de tejidos conformados por grandes superficies monofuncionales, en este sentido la agregación se puede valer de los principios de continuidad e hibridación, que se desarrollan más adelante. El principio de agregación en el ámbito espacial, promoverá tejidos que cuenten con espacios públicos continuos y contemplará restricciones al surgimiento de barreras físicas como son las grandes vías rápidas o grandes superficies cerradas.

Las grandes infraestructuras que normalmente rodean los polígonos de la primera periferia, así como los grandes proyectos de rehabilitación de centros históricos, han segregado los barrios y tejidos centrales, sin embargo, estos pueden ser un lugar idóneo para revertir su carácter y que sean utilizados como nodos de articulación, especialmente si se incorporan nuevos usos y formas de vivir el espacio.

CONTINUIDAD

Podemos hablar de alejamiento de la ciudad no solo en el concepto físico de distancia, sino en el de desconexión de la estructura urbana que le impide una correcta continuidad. La segregación también se acentúa con el aumento de la velocidad y el alcance de los flujos (Movilidad) ya que, se permite disponer de más espacio en ubicaciones cada vez más alejadas, haciendo ineficientes los intercambios sociales y económicos, a causa de la compartimentación provocada por la construcción de barreras físicas, lo que genera un

problema serio en la movilidad urbana, que eventualmente deriva, según Camargo (2008) en el aumento las probabilidades de descomposición de los tejidos aislados, al disminuir la tasa de renovación de estructuras, población y significados

Galster (2001), define la continuidad en términos del tejido urbano como “el grado en que el suelo urbanizable ha sido construido de manera ininterrumpida”. Esto es con el propósito de reducir a cero la cantidad de suelos considerados como “vacíos urbanos” o espacios residuales, los cuales, tienen un enorme potencial como elementos articuladores de la estructura urbana. Sin embargo, nosotros agregaremos el principio de continuidad al ámbito funcional de los sistemas, una concepción en red para que los flujos que se trasladan hacia y dentro de los ecosistemas urbanos, los cuales tienen como soporte las infraestructuras (gris y verde³³). Para ello las infraestructuras deberán permitir el flujo ininterrumpido de la energía, recursos, población e información, al interior de los ecosistemas urbanos, no solo al interior de cada tejido sino, teniendo en cuenta un recorrido que se desplace por todo el ecosistema urbano.

Los cuerpos de agua, áreas protegidas, parques o áreas verdes, plazas, equipamiento o instalaciones relacionadas con los servicios en la ciudad no se consideran interrupciones en la continuidad del tejido urbano, ya que, por el contrario, representan una oportunidad de ser aprovechados como conectores y promotores de continuidad, al ser utilizados como nodos de interacción.

HIBRIDACIÓN:

Una de las vías de impulso a la fragmentación del espacio urbanizado es la de la especialización funcional, por tanto, su eliminación deberá ser promovida por la multifuncionalidad, la combinación, agregación y superposición de usos. En necesario no caer en la trampa de los proyectos “multiusos”, diferenciando aquellos proyectos que incluyan una gran diversidad de usos, en espacios con las características propias de cada actividad, en lugar de proyectos “globales”, donde se puede todo y nada. La viabilidad de algunos usos precisa unas extensiones mínimas, pero debe tratarse de acotar su superficie, evitando la aparición de grandes extensiones monofuncionales, aunque esto atente contra la tendencia dominante al crecimiento, a la ampliación de escala de

³³ Ortiz y Contin (2014), proponen entender las ciudades como la sobre-posición de las dos redes de infraestructura básicas, primero la infraestructura gris que es el soporte de todos los flujos de energía, servicios, personas, mercancías e información y segundo, la infraestructura verde, la cual incluye todas las áreas verdes interconectadas por corredores urbanos en una red continua que articula las ciudades.

intervención en términos de mercado. En segundo lugar, promover la introducción de los usos vinculados, que buscan introducir la diversidad funcional, reduciendo las grandes superficies monofuncionales.

Numerosas superficies monofuncionales o núcleos monofuncionales, pueden provocar un proceso de poli-centralidad, lo cual, en algunos casos y para ciertos sectores de la población puede derivar en la reducción de las distancias necesarias para llegar a su trabajo, pero implicará un aumento en las distancias que deberá recorrer para satisfacer otras necesidades. Por lo tanto, la hibridación puede promover un aumento en la eficiencia de los diferentes núcleos o centros urbanos, ya que permitirá la satisfacción de diversas necesidades a distancias relativamente cortas con respecto al lugar de residencia o trabajo.

Es necesario recordar que no todos los usos son compatibles entre sí, en este sentido, la propuesta será la de maximizar la posible sinergia de las actividades, combinando las actividades primarias (residencia y trabajo), se podrán promover diversos usos, ya sean comerciales, de entretenimiento, equipamientos, etc.

Es además necesario que la hibridación recurra a los demás principios propuestos, a través de una mezcla también de formas construidas que promuevan la continuidad al interior de estos tejidos híbridos, con la correcta permeabilidad y continuidad en los flujos de personas, de tal forma que se tenga una actividad constante en los diversos horarios de funcionamiento de cada uso.

El espacio global resultara de la interacción de sus diversos cuerpos elástico deformables, capaces de acogerse entre sí, de penetrar unos dentro de los otros, como esponjas y moluscos (Cacciari, 2009), dando lugar a una forma integrada de pensar arquitectura, paisaje y medio ambiente, así como su relación con el espacio público urbano (Ábalos en Ezquiaga y González, 2011). Las líneas anteriores nos presentan una imagen de lo que se pretende con un tejido híbrido, en el cual las estructuras no son un límite para las funciones que ahí se realicen, sino que promueven una adaptación y un cambio constante en el funcionamiento.

PROXIMIDAD

Conceptualmente, la proximidad es la distancia promedio que la población tiene que trasladarse desde un tejido residencial a cualquier otro tejido donde se encuentre su empleo o algún otro satisfactor de necesidades (Galster, 2001).

El criterio de proximidad tiene una relación especial con los equipamientos públicos y colectivos, ya que las dotaciones de equipamientos públicos cumplen una función central de promover una ciudad más equitativa, integrada y habitable, pero además su correcto emplazamiento puede reducir la necesidad de transporte, además de potenciar la utilización de medios no motorizados de desplazamiento. Esto ayudara a recuperar la escala humana de las ciudades, diseñando una red de dotaciones donde prime la proximidad sobre el valor monetario de los suelos que ocupan.

El criterio de proximidad se relaciona con el concepto de Centralidad es el grado en que los tejidos urbanos se encuentran localizados cerca del centro fundacional, histórico o económico de un ecosistema urbano. Esta condición, tiene un impacto directo en la proximidad del uso residencial hacia los diversos usos y requerimientos de la población (servicios y equipamientos). El crecimiento disperso de las ciudades contemporáneas ha producido una pérdida en la centralidad de los tejidos urbanos, con su consecuente disminución en el grado de proximidad, pero también es cierto que la dispersión ha provocado la aparición de nuevas centralidades, las cuales tienen un carácter diverso: económico, industrial, comercial, educativo, recreativo, etc.

Por lo tanto, en la medida en que estos nuevos centros o núcleos urbanos cumplan con los principios aquí descritos, permitirán aumentar la eficiencia de los tejidos que fungirán como nodos de articulación y de nuevas centralidades, reduciendo distancias de desplazamiento necesarias para la satisfacción de necesidades, integrando a la población al fomentar la interacción en su espacio público, el cual deberá cumplir el criterio de continuidad para permitir el correcto flujo de los desplazamientos, desde, hacia y a través de estos tejidos.

La consideración de la relación entre arquitectura e infraestructura como generadora de nuevos modos de ciudad a partir de la interacción de redes de alta velocidad, para construir un espacio urbano en que el sujeto, su movilidad, su trabajo, su ocio y sus experiencias y vínculos con el mundo orgánico y cultural conforman el verdadero motor de lo que hemos denominado belleza termodinámica a escala urbana (Ábalos en Ezquiaga y González, 2011)

PARTICIPACIÓN

La participación es definida por Sannoff (citado en Romero, 2004), como la “colaboración entre personas que persiguen objetivos que ellas mismas han establecido”, por lo tanto, como agrega Romero (2004), implica el trabajo colectivo de varias personas tanto en la determinación de los objetivos como en la definición de los caminos para llegar a ellos.

Se trata entonces, de la suma de cuando menos dos conocimientos, en una integración de la manera en que la población percibe su realidad, jerarquiza sus necesidades, define lo que aspira y aporta información importante sobre la manera de lograr los resultados, además de que promueve la construcción de una sociedad democrática (Romero, 2004), donde el entorno construido será más adecuado a las necesidades de sus habitantes, al ser ellos los que se involucraron de manera activa en su producción, desarrollo y mantenimiento.

Esto se relaciona con el actual paradigma de la complejidad en el que no existe una única respuesta para un problema y que el conocimiento de la realidad se amplía y enriquece al involucrar diversos puntos de vista. Pero, sobre todo, la participación es una herramienta que promueve la producción de relaciones sociales más equitativas a través de un proceso de negociación y acuerdos entre las partes involucradas, población e instituciones.

Es importante que se establezcan los procesos mediante los cuales se asegurará la participación colectiva en la construcción del entorno físico del ecosistema urbano, desde la planificación, programación, diseño, realización, operación, hasta el monitoreo de los resultados y los posibles ajustes al funcionamiento de los proyectos que dan forma a las ciudades.

Dentro de este proceso participativo es necesario, identificar el poder de decisión real de cada actor y sector de las sociedades, a través de estrategias que permitan llevar a cabo procesos que resulten en beneficios tangibles para la población, a través de estrategias que aprovechen las fortalezas y oportunidades de cada caso particular, con un análisis profundo de las capacidades en tanto recursos (materiales y humanos) y la viabilidad de las transformaciones propuestas.

Los procesos participativos como principio para acercarnos a un desarrollo sostenible de los ecosistemas urbanos, requieren de una visión estructural y sistémica de las estrategias de mejora en el entorno construido. Las necesidades surgirán desde el interior de los tejidos a través de un diagnóstico realizado por los habitantes articulados por el apoyo de los técnicos capacitados para organizar los procesos participativos, pero, sobre todo, se tiene que establecer el carácter flexible y abierto de las estrategias, de tal forma que estén en constante mejora y enriquecimiento. Solo así, los residentes podrán recuperar el papel predominante como verdaderos destinatarios y partícipes de los proyectos de reciclamiento urbano.

2.4 COMPACIDAD Y COMPLEJIDAD COMO GUÍA DEL RECICLAMIENTO URBANO

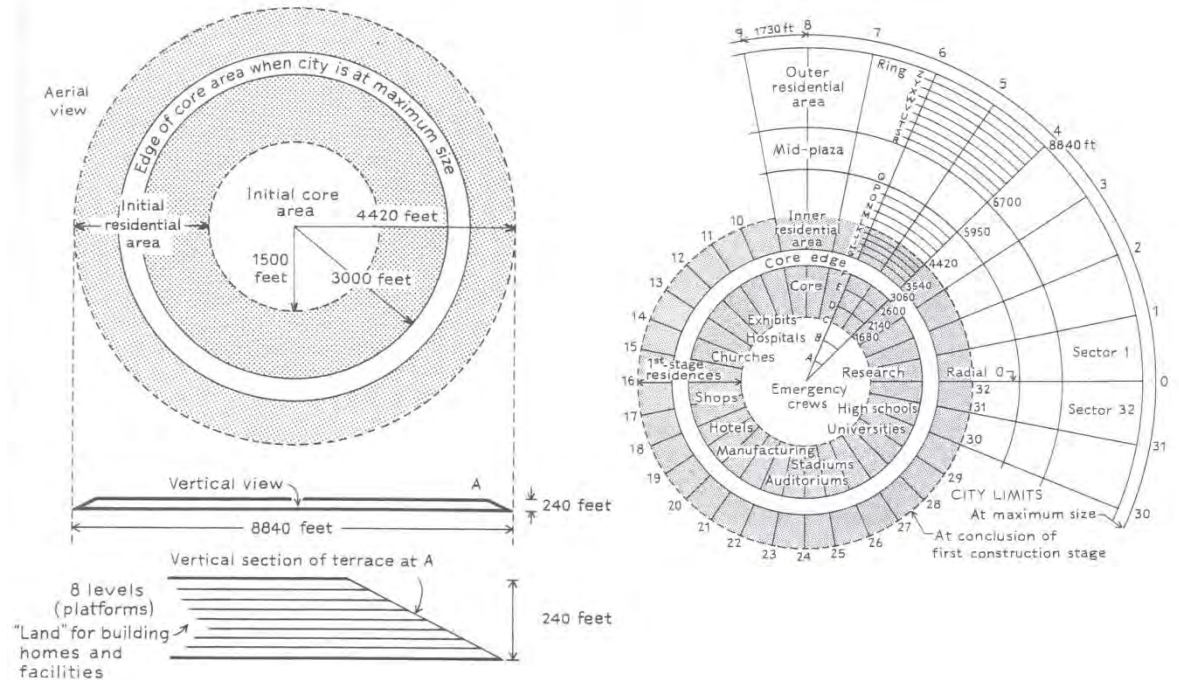
Una vez presentados los principios que proponemos para desarrollar las intervenciones en nuestros ecosistemas urbanos, es necesario presentar un par de criterios con los cuales la estructura, la forma y la dinámica de la ciudad puede absorber estos principios. Se trata de los criterios de compacidad y complejidad que a continuación se desarrollan.

¿CIUDAD COMPACTA O COMPACIDAD?

Nuevamente es necesario, aclarar los términos en los que vamos a desarrollar las siguientes ideas, ya que existe confusión acerca del concepto de “Ciudad Compacta” y “Compacidad”, ya que esta, es un indicador del grado en que se ha logrado aquella, pero, además, la primera se refiere a una forma urbana y la segunda a una característica de cualquier forma urbana.

La **Ciudad Compacta** es un concepto que podemos rastrear hasta el año 1973³⁴ en que un par de investigadores (Dantzig y Saaty, 1973), matemáticos, propusieron un proyecto de ciudad para dos millones de habitantes, dentro de un territorio circular de 8.75 millas cuadradas. Su propuesta pretendía ser una alternativa para concentrar grandes poblaciones, de tal manera que la dotación de infraestructura, servicios y recursos fuera realizada de forma más eficiente, y con el menor impacto sobre el terreno natural. Sin embargo, el término acuñado por estos matemáticos, terminó siendo entendido únicamente como una ciudad de alta densidad, olvidando los principios propuestos en el proyecto: el enfoque sistémico de las ciudades, la ciudad como una plataforma flexible en la cual se produzcan reorganizaciones de su estructura de acuerdo con las demandas de la población, la organización política como herramienta de integración social, y la conservación del entorno natural a través del mínimo impacto en el suelo.

³⁴ La aparición de esta propuesta coincide con la crisis del petróleo, la cual puso sobre la mesa, la dependencia de nuestras sociedades al consumo de energía, promoviendo investigaciones y propuestas con el objetivo de reducir el consumo de materiales y energía en favor del medio ambiente.



Estos principios, nos pueden parecer sacados de literatura contemporánea, ya que por muchos años fueron ignorados en favor del crecimiento expansivo de las ciudades como factor de desarrollo económico. Pero a finales del siglo XX se reactivó el interés por la idea de las Ciudades Compactas, como forma urbana sostenible, principalmente gracias a tres referencias fundamentales

- El reporte Brundtland, publicado en 1987, donde se define la sostenibilidad.
- La Convención de la Tierra en Rio de Janeiro en 1992, estableció la necesidad de las acciones a escala local y global, implementando indicadores para medir el desarrollo sostenible.
- El libro Verde del Medio Ambiente Urbano en 1990, donde explícitamente se recomiendan estrategias que enfatizan el uso mixto y un desarrollo de mayor densidad, así como la recuperación y reutilización de los territorios abandonados dentro de la ciudad consolidada.

De forma paralela a la revalorización del concepto de Ciudad Compacta, se realizaron diversos estudios para comprobar qué tan eficiente era esta forma urbana en la búsqueda de una ciudad más sostenible, sin embargo, los resultados no han logrado ser concluyentes ya que existen ideas encontradas acerca de los impactos que tiene una tendencia hacia ciudades compactas en la eficiencia de los ecosistemas urbanos. Para Odum (1971) y O'Toole (2009), aglomerar actividades humanas y grandes poblaciones

en espacios concentrados, es ineficiente porque promueve un uso intensivo de materiales y energía”, mientras que para Glaeser (1998), Pedersen (2011) y Ferrao y Fernández (2013), las aglomeraciones maximizan los beneficios mientras se reducen los costos para la gente y los negocios, reduciendo las distancias entre ellos”, Rueda (2009) afirma que las ciudades compactas fomentan las interacciones y el intercambio, siendo estas las bases para una ciudad sostenible., pero hay estudios que muestran que los grados de participación social y por lo tanto de cohesión social, son mayores en los habitantes de comunidades suburbanas que en aquellos de ciudades densas (O’Toole, 2009)

En lo que respecta a la movilidad, no hay consenso entre los investigadores acerca de cómo podría el desarrollo compacto, reducir los desplazamientos en automóvil (O’Toole, 2009). La movilidad es un componente clave de la vida en las ciudades, por lo tanto, las propuestas que pretendan reducirla, deberán ser vistas como propuestas a reducir la libertad de expresión o de culto (O’Toole, 2009), es por esto que la propuesta no deberá entenderse como una reducción en las capacidades de movilidad de la población, sino como una que busque lograr una mayor eficiencia en la movilidad a través de la promoción de estilos de vida que sean menos dependientes de los automóviles y más eficientes en su uso de energía y materiales. El acceso al transporte eficiente deberá ser universal, ya que, muchas veces, el transporte público de calidad solo sirve a una fracción pequeña en comparación con la población regional, promoviendo formas de segregación derivadas de una concentración de estos servicios en los núcleos densos en población.

Las recomendaciones para una ciudad compacta, promueven el reuso de edificios y barrios existentes, pero es necesario invertir en cambios en la infraestructura (Clark, 2005), que permitan extender la vida de las áreas urbanas consolidadas o en proceso de consolidación, para recibir los nuevos usos y densidades, pero corren el riesgo de ser confundidas con estrategias únicamente de revalorización de centros históricos o desarrollos económicos centralizados. En su lugar, el desarrollo deberá centrarse en la formación de una ciudad poli céntrica (Jenks, 2000), de redes continuas que gestionan su transporte y energía de forma eficiente, y promueven los desplazamientos a pie y en bicicleta, de esta manera, tendrán por lo menos, argumentos más sólidos hacia la sostenibilidad.

En resumen, los principios del concepto de Ciudad Compacta promueven:

- El reuso de edificios y tejidos
- Inversiones en infraestructura al interior de tejidos consolidados
- Mezclar usos y funciones

- Una ciudad poli céntrica
- La generación de redes de infraestructura verde y gris
- Desplazamientos cortos a pie o en bicicleta
- Redes de transporte eficientes y de bajo impacto ambiental
- La interacción e intercambio a través de la mezcla de población

La **Compacidad** es aquello que manifiesta la calidad de compacto. El adjetivo compacto se refiere a una masa muy unida; un agregado cuyos elementos constituyentes están muy poco o nada separados los unos de los otros (Rueda, 2007).

La compacidad en el ámbito urbano expresa la idea de proximidad de los componentes que conforman la ciudad, es decir, la reunión en un espacio más o menos limitado de los usos y las funciones urbanas. La compacidad, por tanto, “facilita el contacto, el intercambio y la comunicación, que son la esencia de la ciudad” (Rueda, 2007). Potencia la probabilidad de contactos y con ellos potencia la relación entre los elementos del sistema urbano.

Por lo tanto, con las líneas anteriores, confirmamos que, si bien la compacidad es una característica de la Ciudad Compacta, no es el único factor que la define. Es necesario considerar otros factores como es la proximidad, la hibridación y la continuidad de los elementos que la conforman.

Sin embargo, es necesario, establecer restricciones a la compacidad, ya que una excesiva compacidad, en busca de una mayor densidad y por tanto de unos mayores beneficios de mercado, puede tener efectos contrarios a los deseados. Es por esto que surge una necesidad de controlar y corregir la compacidad en nuestras ciudades.

La vida ciudadana se compone de una vida interna y otro de relación, de contacto, de intercambio. De esta manera podemos extrapolar esta dicotomía al espacio urbano, en espacio construido y espacio abierto. Una ciudad muy densa, tendrá un muy bajo nivel de espacio abierto, además de que este se encontrará ocupado por las vialidades y los automóviles que sobre ellas se desplazan, reduciendo los espacios propicios para la relación, el contacto y el intercambio. Es decir, reduciendo la “ciudad”.

¿PENSAMIENTO COMPLEJO O COMPLEJIDAD?

Etimológicamente, la **complejidad** “es un tejido de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple” (Rueda, 2007). Recordemos los principios del **pensamiento complejo**, propuestos por Edgar Morin

(Romero, 2004) como herramientas para comprender los sistemas, en este caso, los ecosistemas urbanos.

La propuesta intelectual del pensamiento complejo de Edgar Morin, plantea re pensar el mundo de forma transdisciplinaria en el marco de un diálogo entre saberes, centrado en el problema antropológico (Romero, 2004). Es decir, que el conocimiento del mundo se tiene que dar a través de la integración de experiencias y herramientas de origen diverso, asumiendo que nuestro entorno se conforma por ámbitos diferenciados, pero complementarios. La integración transdisciplinaria se logrará, según Morin, a través de tres principios:

- Principio dialógico: asociar términos complementarios y antagonistas (orden-desorden). Propone que la coherencia de un sistema surge de la paradoja y el encuentro de lógicas que se contraponen y se complementan (López Rangel et al, 2014).

- Principio de recursividad organizacional: “es aquel en el cual los productos y los efectos son, al mismo tiempo, causas y productores de aquello que los produce” (Morin, 2007; citado en López Rangel et al, 2014). La sociedad es producida por interacciones entre individuos, pero la sociedad, una vez producida, retro actúa sobre los individuos y los produce. Con esto se rompe la idea lineal de causa-efecto.

- Principio hologramático: no solamente la parte está en el todo, sino que el todo está en la parte (Morin 2007; citado en López Rangel, 2014). De esta manera se rompe el reduccionismo que no ve más que las partes y el holismo que no ve más que el todo.

Los ecosistemas urbanos pueden ser estudiados a través de las dicotomías de términos antagonistas o por la complementariedad de algunas características físicas y funcionales de la ciudad: espacios construido-espacio abierto, público-privado, alta y baja densidad, espacios multifuncionales, hibridación, mezcla de usos y funciones, mezcla de culturas o ingresos. Pero además la interacción entre los elementos que conforman la ciudad, es un promotor de cambio en la manera en que la ciudad funciona, de esta manera, a mayor interacción, las relaciones se enriquecen, pero el enriquecimiento de las relaciones, también aumenta la cantidad de información organizada en cada uno de los componentes en un ciclo continuo. Por último, el estudio de las ciudades puede ser realizado, mirando al conjunto, pero también mirando a cada uno de los subsistemas que componen al

ecosistema urbano, ya que la interacción continua, transmite características del ecosistema a cada una de sus partes y viceversa.

La complejidad atiende a la organización urbana (Rueda, 2009), al grado de hibridación de usos y funciones que se desarrollan en un determinado tejido. Es el reflejo de las interacciones que se establecen en el ecosistema urbano entre las actividades económicas, asociaciones, equipamientos, instituciones y la población. Así mismo, la complejidad está ligada al concepto de diversidad, que permite que las relaciones e interacciones puedan enriquecerse al acumular y transformar información que permita que el tejido madure

Apuntar hacia un urbanismo de la complejidad y la diversidad, pensados para reforzar los lazos dentro de la comunidad con proyectos que favorecen la interrelación, potencian la igualdad y la justicia, se basan en la participación e intervención de los usuarios y son más sostenibles porque intentan tener en cuenta las condiciones del lugar, la cultura y las necesidades de sus habitantes (Montaner y Muxí, 2008)

El aumento de la complejidad en la ciudad supone aumentar la mixticidad de usos y funciones urbanas, lo que permitirá un acceso a la ciudad sin restricciones. La proximidad, permitirá que los recursos humanos, tecnológicos y financieros, tengan una mayor probabilidad de encuentro, promoviendo de esta forma la creación de nueva información (Productos)

Muchas de las propuestas de compactación de la ciudad no han tenido los resultados esperados, principalmente porque no toman en cuenta los aspectos sociales y económicos en la toma de decisiones y en planeación de los desarrollos urbanos y recalificación y reutilización de las zonas consolidadas de la ciudad. Mirar hacia la complejidad de los ecosistemas urbanos, es aceptar la interacción de todos los ámbitos que los componen, social, económico, ambiental (entorno). Además de aceptar que la modificación de algún ámbito o de algún componente, tendrá un efecto (cambio) en el resto.

Si la complejidad se trata de las interacciones e intercambio de información en beneficio de una producción de bienes (físicos, materiales, conocimiento, información), la compacidad es el elemento que promoverá o limitará la complejidad, ya que esta depende de la cercanía entre los elementos que componen el sistema para permitir la interacción.

CAPÍTULO 3

INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LOS ECOSISTEMAS URBANOS

Uno de los obstáculos hacia la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos es la falta de datos sobre los cuales evaluar el funcionamiento y eficiencia del sistema. La falta de datos sobre los cuales evaluar el progreso y comparar las implicaciones de las intervenciones en el territorio, nos detiene en el avance hacia un mejoramiento observable y cuantificable del ecosistema.

En este contexto, se vuelve necesaria la producción de trabajos de investigación que recurran a los sistemas de indicadores o índices para presentar información acerca de las condiciones de los ecosistemas urbanos. Esta información, en su complejidad, podrá ser puesta en conocimiento de los interesados de manera sintética.

La historia de los sistemas de indicadores o índices se remonta, según Castro y Salvo (2001), a la década de 1930 en el marco de la Escuela de Chicago, donde se desarrollaron modelos urbanos en los cuales la localización y distancias al centro de la ciudad resultaban explicar los problemas sociales y psicológicos de la población, produciendo modelos concéntricos o de sistemas concéntricos.

Para 1960-1970 se rechaza la idea de la medición de bienestar social con base únicamente en indicadores económicos o monetarios, por lo tanto, se comienza a tomar en cuenta los aspectos cualitativos y sociales para la toma de decisiones. Es durante los años 70 que se producen avances en el desarrollo de indicadores ambientales urbanos. Por un lado, el informe de la OCDE en 1978, en el cual se promueve la medición de la calidad de vida urbana con base en las condiciones de vivienda, servicios, mercado de trabajo y la calidad del medio ambiente. Por otro lado, el informe de la OCDE en 1997, hace un excesivo énfasis sobre la cuantificación y el uso de estadísticas, sin embargo, aún no se concedía tanta atención a la comprensión de la complejidad y las interrelaciones de los componentes de la ciudad. Progresivamente se demuestra la necesidad de indicadores más cercanos y útiles para la toma de decisiones y la monitorización del desarrollo urbano. Como podemos observar, los sistemas de indicadores fueron tomando nota de los aspectos a los que se daba más relevancia en el momento de estudiar los impactos de los ecosistemas urbanos, primero en sus habitantes y hacia finales del siglo XX, en el entorno. Esta transición se debió principalmente a cuatro razones fundamentales, citadas por Castro y Salvo (2001):

- a) Medida de políticas ambientales
- b) Integración de las cuestiones ambientales en políticas sectoriales
- c) Integración de forma más general de la toma de decisiones ambiental y económica
- d) Informe del estado del medio ambiente.

En este sentido, la conformación de los sistemas de indicadores, comenzó a ser aún más compleja, es decir, a considerar todos los ámbitos de la vida urbana, así como una concepción sistémica del funcionamiento de las ciudades.

Los indicadores urbanos de sostenibilidad generalmente se originan desde cuatro fuentes separadas: (1) Investigación académica, (2) organizaciones de sostenibilidad urbana, (3) gobiernos regionales y nacionales, (4) las ciudades mismas (Ferrao y Fernández, 2013)

Como podemos observar, el origen de los indicadores, afirma el carácter multidisciplinar tanto de su aplicación, como de su estudio, por lo tanto, se nos presentan como una herramienta compleja, la cual estudia a la ciudad como un sistema abierto y en constante interacción con su entorno. Es importante hacer notar que los sistemas de indicadores de sostenibilidad, corresponden a una tercera etapa (aún en proceso de consolidación) del desarrollo de este tipo de herramientas, por lo cual, debemos asumir el compromiso de promover el enriquecimiento de este proceso, para lo cual esperamos que este trabajo pueda ser de ayuda.

3.1 CONCEPTOS BÁSICOS ACERCA DE LOS SISTEMAS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

El indicador es una medida de una parte observable de un fenómeno que permite valorar otra porción no observable de dicho fenómeno (Castro y Salvo, 2001). Las tres funciones básicas de un indicador son: **simplificación, cuantificación y comunicación**. (OCDE, 1997; citado en Carreño, 2010)

Podemos distinguir entre indicadores simples e indicadores complejos, sintéticos o índices. En lo que concierne a los indicadores simples, se trata de estadísticas no muy elaboradas y que ofrecen información muy limitada, mientras que los indicadores complejos, también conocidos como indicadores sintéticos o índices, son medidas resultado de combinar varios indicadores simples en un sistema de ponderación que jerarquiza los componentes, produce mayor información, pero resulta más complejo para su interpretación.

Dentro de los indicadores simples encontramos una sub-clasificación en indicadores objetivos e indicadores subjetivos. Los primeros son cuantificables de forma exacta o generalizable por ejemplo la tasa de alfabetización o de empleo en una población determinada, mientras que los subjetivos se refieren a información basada en subjetividades que son poco cuantificables, por ejemplo, la percepción individual del paisaje urbano.

Los indicadores simples y sintéticos juegan un papel importante en la política pública, porque ayudan a construir percepción pública de problemas complejos (Escobar, 2006). Además, proveen información cuantitativa para evaluar la efectividad de las intervenciones urbanas.

De manera general, un indicador establece la medida en la que se ha avanzado hacia un objetivo específico. Un conjunto de indicadores puede representar las prioridades de una comunidad o una ciudad, región o nación. Estas colecciones son generalmente el núcleo de los planes de sostenibilidad urbana.

Los criterios de selección de indicadores juegan un papel determinante cuando se aborda el diseño de un sistema de indicadores. Tienen que ser el filtro para resumir una gran cantidad de datos en un número reducido de indicadores por temas, áreas, componentes, preocupaciones sociales, etc. (Escobar, 2006). Para Castro y Salvo (2001), los criterios de selección de los indicadores, deben considerar los siguiente:

- Validez científica: El indicador ha de estar basado en el conocimiento científico del sistema o elementos del mismo
- Representatividad: La información que posee el indicador debe de ser representativa.
- Sensibilidad a los cambios: El indicador debe señalar los cambios de tendencia preferiblemente a corto y medio plazo.
- Fiabilidad de los datos: Los datos deben de ser lo más fiables posible, de buena calidad.
- Relevancia: El indicador debe proveer información de relevancia para poder determinar objetivos y metas.
- Comprensible: El indicador ha de ser simple, claro y de fácil comprensión para los que vayan a hacer uso del mismo.
- Predictivo: El indicador ha de proveer señales de alarma previa de futuros cambios en términos como el ecosistema, la salud, la economía, etc.
- Metas: El indicador ideal propone metas a alcanzar, con las que comparar la situación inicial.
- Comparabilidad: El indicador debe ser presentado de tal forma que permita comparaciones interterritoriales.
- Cobertura Geográfica: El indicador ha de basarse en temas que sean extensibles a escala del nivel territorial de análisis.
- Coste-Eficiencia: El indicador ha de ser eficiente en términos de coste de obtención de datos y de uso de la información que aporta.

Un sistema de indicadores ofrece un instrumento analítico para representar un modelo del objeto de análisis, de forma comprensiva y así realizar el seguimiento de las variables sobre la base del grado de consecución de los niveles-objetivo especificados (Castro y Salvo, 2001).

La necesidad de indicadores de sostenibilidad ha surgido como una manera holística e integradora en contraste con la forma reduccionista y fragmentada de los indicadores tradicionales que se utilizaban para analizar los sectores económicos, problemas sociales o los procesos ambientales (Ferrao y Fernández, 2013)

La Agenda 21 en su capítulo 40 (Quiroga, 2007), establece que es preciso elaborar indicadores de desarrollo sostenible que sirvan de base sólida para adoptar decisiones en todos los niveles y que contribuyan a una sostenibilidad autorregulada de los sistemas integrados del medio ambiente y el desarrollo.

Programa de Indicadores de Desarrollo Sostenible de 1995 de la Comisión de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, establece dos objetivos que guían su trabajo:

1. Definir metodologías para la evaluación de la sostenibilidad mediante indicadores.
2. Promover el desarrollo de bases estadísticas para construir tales indicadores.

La utilidad de los sistemas de indicadores urbanos de sostenibilidad se puede resumir a grandes rasgos en cuatro aspectos fundamentales: 1) Conocimiento de la realidad urbana y las interrelaciones entre los distintos ámbitos socioeconómico, urbanístico, ambiental, 2) Establecer los factores sobre los que incidir para avanzar en el concepto de desarrollo sostenible, 3) Valoración de los avances obtenidos y 4) Análisis comparativo entre las diversas ciudades para validar la eficiencia de determinadas políticas.

Otras potenciales aplicaciones de los indicadores de sostenibilidad son: 1) el análisis de la capacidad urbana para la previsión de los efectos de los cambios en la ciudad, 2) como herramienta de análisis eco sistémico para modelar los ciclos de los recursos de la ciudad, 3) para llevar a cabo un análisis de la huella ecológica y 4) como herramienta de análisis de la histéresis³⁵ urbana.

En este sentido, consideramos que los sistemas de indicadores de sostenibilidad son una herramienta fundamental para el análisis de la capacidad urbana ante los efectos de los cambios en las estructuras de la ciudad, tanto en lo que corresponde con su morfología como con su función. Así, los sistemas de indicadores de sostenibilidad urbana nos permitirán evaluar por un lado los tejidos existentes para valorar la necesidad y factibilidad de cambios en sus estructuras, así mismo nos permitirán contar con un sistema que evalúe de manera objetiva los efectos de los proyectos de reciclamiento de tejidos en la ciudad.

³⁵ La Histéresis en física se refiere al fenómeno en que el estado de evolución de un proceso está determinado no solo por la causa que lo provoca sino también por la historia del fenómeno. Por ejemplo, sobrepasado el umbral de resiliencia mínima, cuanto más tiempo pase el ecosistema bajo la presión, menor será su resistencia y más difícil será restaurar la calidad ambiental inicial. La histéresis es por tanto el fenómeno en el que la dificultad de restauración de la calidad ambiental no radica en el daño reciente sino en el historial de daños que han mermado la resiliencia. Esto se conoce en ecología como un proceso acumulativo de degradación ambiental, donde cada vez que tratamos de regenerar la calidad ambiental de un ecosistema (incluido el urbano) los resultados conseguidos serán menores y los costes o esfuerzos necesarios irán en aumento (Castro y Salvo, 2001; TEEB-SER, 2009).

Aunque en los últimos años los indicadores se han ido legitimando como herramientas útiles

en la formulación de políticas, en la evaluación de estrategias, y en la gestión ambiental de la mayoría de los países de la región, permanecen importantes obstáculos tanto técnicos como financieros que dificultan que muchos de ellos puedan desarrollar indicadores ambientales o de desarrollo sostenible en forma sistemática (Quiroga, 2007). Uno de los principales desafíos se identifica con la necesidad de construir series estadísticas ambientales oficiales estables en los países de la región, que permitan calcular y actualizar conjuntos de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible más completos.

3.2 LOS SISTEMAS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD URBANA EN TRES ESCALAS DE APLICACIÓN

Recordemos que las tres funciones básicas de un sistema de indicadores son: simplificación, cuantificación y comunicación. Por lo tanto, nos propusimos analizar un conjunto de sistemas de indicadores de sostenibilidad que hayan sido aplicados en el ámbito urbano-arquitectónico con el objetivo de establecer un diálogo entre ellos, para extraer los principios que pudieran ser de utilidad en el contexto del reciclamiento urbano.

La presente investigación toma como referencia tres modelos de medición y análisis de los ecosistemas urbanos, los cuales fueron seleccionados bajo los siguientes criterios: primero, que fueran métodos que siguieran un enfoque sistémico para la observación de la realidad de las ciudades, y segundo, que tuvieran entre sus indicadores, aquellos relacionados con el metabolismo urbano o con la eficiencia en el uso de energía y recursos.

Es necesario destacar que los métodos seleccionados pertenecen a contextos europeos, los cuales sin duda difieren mucho de las características que podemos encontrar en nuestras ciudades latinoamericanas, sin embargo, uno de los objetivos de este trabajo es mostrar la posibilidad de aprovechar los avances en materia de sostenibilidad obtenidos en diversas latitudes, siempre y cuando sean los principios y criterios de funcionamiento los que se pretendan extrapolar a otras realidades, a partir de una adaptación de estos, tomando en cuenta las posibilidades, características y ámbitos específicos del caso que se desee estudiar. De esta forma, podremos acercarnos a un mismo objetivo, la sostenibilidad urbana, a través de herramientas hechas a la medida de nuestro entorno.

Los métodos analizados son: primero, El Nuevo Metabolismo Urbano de Josep Acebillo (2010), segundo, El sistema de indicadores de Sostenibilidad de la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona a cargo de Salvador Rueda (2002:2007;2009) y tercero, La ciudad compacta sostenible de Poul Baek Pedersen (2009). Estos métodos fueron aplicados en tres escalas de observación de los ecosistemas urbanos: nivel regional, nivel ciudad y nivel barrio-manzana, respectivamente. A continuación, se presenta un análisis de cada uno de los métodos.

3.2.1 EL METABOLISMO URBANO EN LA PERSPECTIVA DE ACEBILLO

La propuesta se centra en la importancia que el entorno construido y los sistemas de energía urbana tienen en la búsqueda de la transformación de las ciudades hacia áreas urbanas sostenibles y conscientes con el medio ambiente.

La escala de los “distritos urbanos” representa un nivel correcto para implementar estrategias energéticas que busquen un uso más eficiente y una reducción en el consumo de combustibles fósiles. Aún hay barreras por superar en los campos de infraestructura, economía, regulaciones, política y administración. En este sentido, existe para el equipo de Acebillo (2012), un importante hueco por llenar, el de establecer modelos confiables que guíen la toma de decisiones en materia de energía. Para lograrlo, se necesita llevar a cabo análisis de los sistemas urbanos, para un mejor entendimiento acerca de cómo mejorar el metabolismo urbano.

El principal objetivo de la investigación dirigida por Acebillo, es definir una noción útil del metabolismo urbano, la implementación de una metodología para acercarse a este, y sus aplicaciones en los estudios de Lugano (Suiza) y Barcelona (España). El núcleo de la investigación es analizar los flujos más significativos de recursos y energía que caracterizan al metabolismo urbano y su representación formal a través de una red metabólica. Los datos obtenidos son recolectados y elaborados para evaluar indicadores que se conectan con un modelo computacional, el cual ofrece una visión del metabolismo urbano y de las mejoras potenciales en él. En este estudio las ciudades son modeladas como organismos que pertenecen al mismo sistema urbano, gobernado por leyes definidas.

La mayoría del consumo final (70%) de energía se concentra en los asentamientos humanos, además, más de dos terceras partes del consumo total de energía es utilizada para alimentar el metabolismo de las ciudades, el cual, en consecuencia, genera más de dos tercios de las emisiones globales de CO₂.

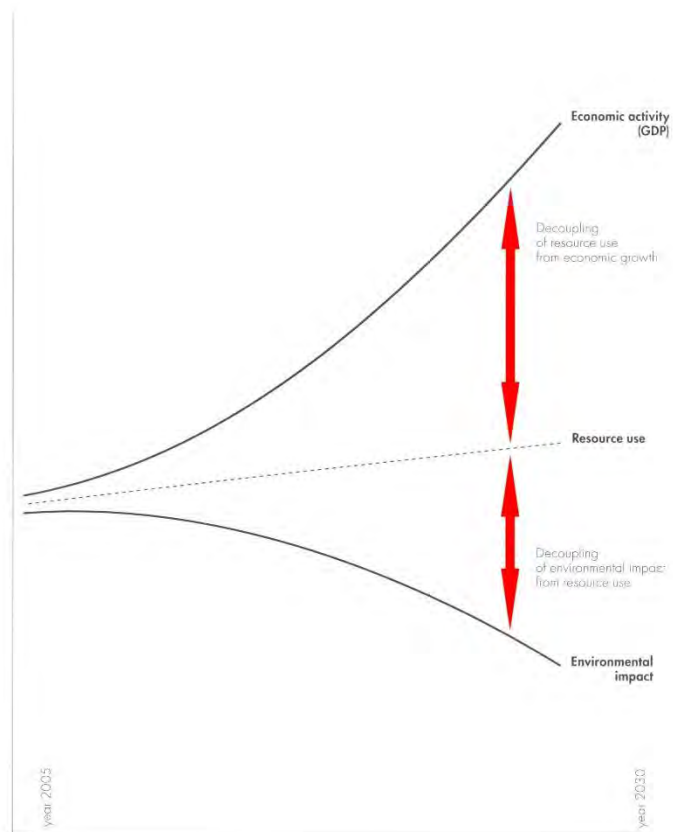
El estudio también hace hincapié en la relación entre el PIB per capita y el consumo de energía, donde estudios recientes han mostrado que un incremento del 1% en el PIB lleva a un incremento igual en el consumo de energía, mientras que un incremento de la población urbana de 1%, aumenta el consumo de energía en 2.2%.

Es difícil encontrar un modelo para representar de forma dinámica una ciudad. Una metáfora útil, es ver la ciudad como un sistema vivo, y por lo tanto con su propio

metabolismo. Pero, además, debemos comprender que el nivel de complejidad de una ciudad es muy alto y muy dependiente del comportamiento de la población que en ellas habita. A esta metáfora, debemos agregar las peculiaridades de cada ciudad, con aspectos relacionados con la economía, ecología, calidad de vida, recursos, servicios, etc.

Mejorar la eficiencia del metabolismo urbano de cualquier ecosistema, requiere desligar el crecimiento económico del consumo de energías y recursos, lo cual reducirá el impacto en el ambiente.

Fuente: Acebillo (2012)



De manera general, los ingresos (inputs) de una ciudad -energía, materias primas e información-, son metabolizados y transformados, por medio de sistemas tecnológicos y biológicos, en residuos y en información, bienes y servicios, que son las salidas de la ciudad (outputs). Para reducir los residuos del metabolismo urbanos, se deben conseguir dos acciones: minimizar el consumo de combustibles fósiles y recursos, y la maximización del reciclamiento y reúso de energía, agua y materiales. Para ello, el metabolismo urbano deberá ser circular y no lineal.

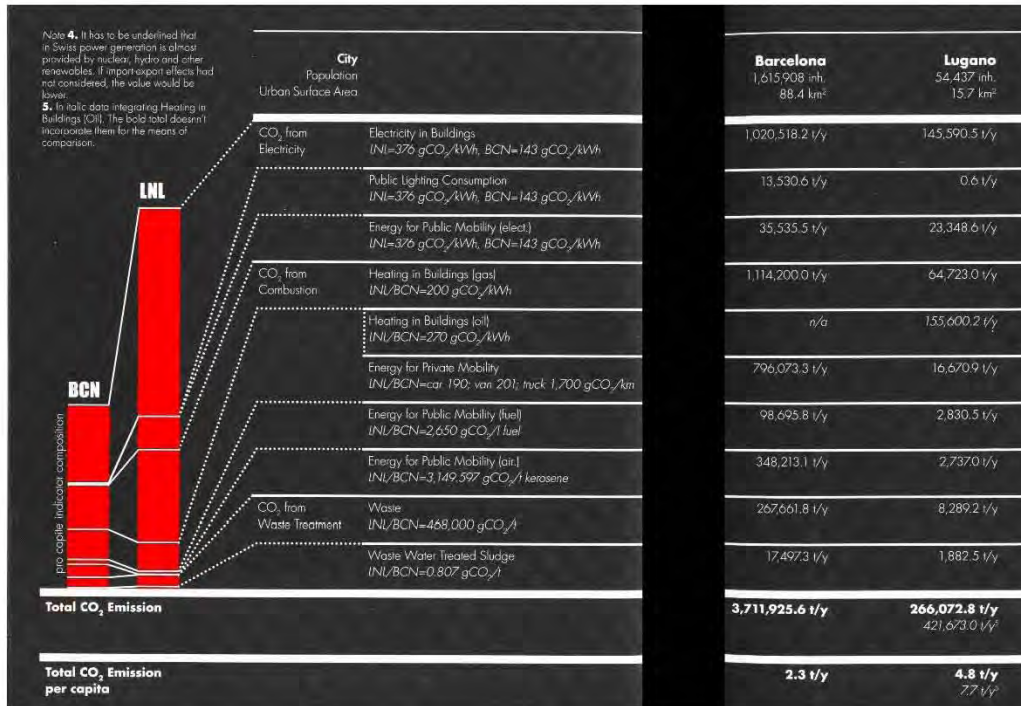
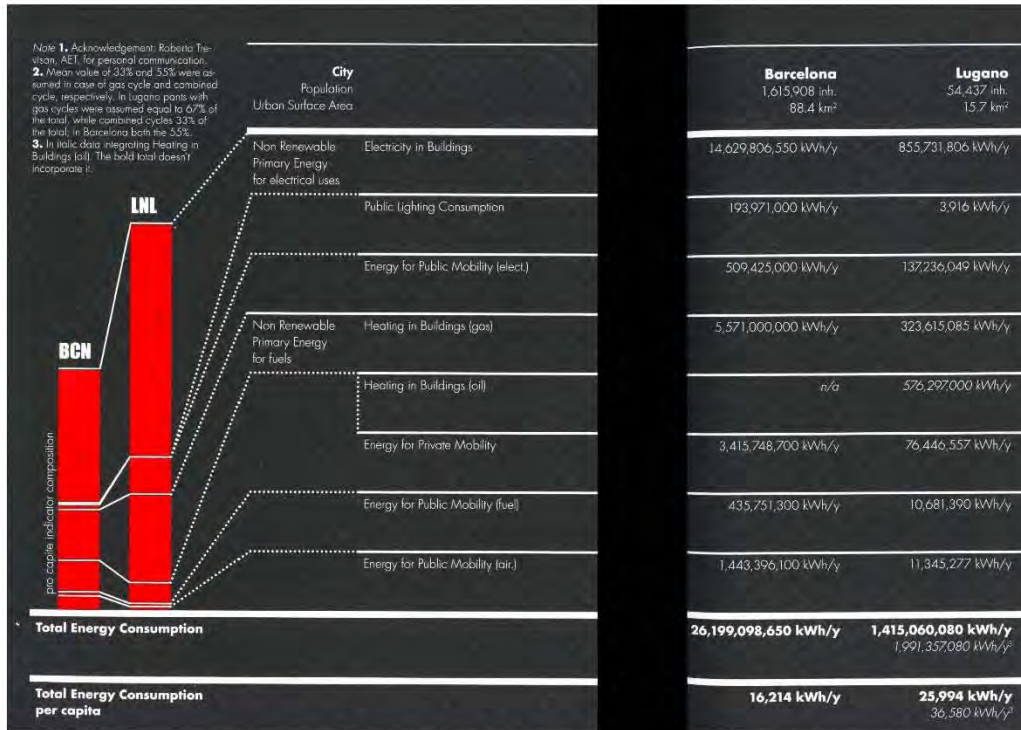
Las recomendaciones del estudio de Acebillo, para mejorar el metabolismo urbano son: optimizar la forma, orientación y distancias entre las edificaciones, para controlar la radiación solar y el efecto del viento; diseñar edificios con un enfoque de bajo consumo energético, promoviendo el uso mixto, energías renovables, etc.

A pesar de que el metabolismo del sistema urbano no puede ser reducido a una serie de indicadores, un análisis cuantitativo es necesario, en este sentido, los siguientes indicadores y sus relaciones han sido exploradas para modelar el metabolismo urbano:

- Emisiones de CO₂
- Población
- PIB (Producto Interno Bruto)
- Consumo de energías primarias
- Energías renovables
- Índice de desarrollo humano
- Intensidad energética
- Expectativa de vida

Estos parámetros e indicadores son conocidos y han sido utilizados de manera continua para relacionar, por ejemplo, la energía y el consumo con la estructura urbana o la densidad de población, así como indicadores para relacionar la productividad con el impacto ambiental.

El método utilizado en este caso, para medir el metabolismo urbano, fue la comparación entre dos ciudades de diferentes escalas, y presenta una cuestión de metodología analítica: la ciudad puede ser vista como un sistema unitario que se expresa a través de una evaluación general o como un ensamble que se expresa a sí mismo como la suma de sus individuos. Es decir, la ciudad puede ser conceptualizada a través de parámetros absolutos, donde la escala es determinante, o a través de parámetros relativos, donde la escala pierde importancia. Así el método propone un análisis de ciudades de tamaño diferente, descritas y analizadas para resaltar las especificidades de cada sistema urbanos y permitir así, la comparación.



Los resultados del análisis del metabolismo urbano de las ciudades de Barcelona y Lugano, arrojaron como resultado un metabolismo más eficiente en la ciudad catalana, a pesar de que en resultados absolutos fue esta ciudad la que más consumió energía y desechó residuos, sin embargo, al relacionar estos resultados con la población de las ciudades, es la ciudad suiza la que realiza un consumo 40% mayor de energía per cápita, y tiene una emisión de residuos dos veces mayor que la registrada en Barcelona.

Fuente : Acebillo (2012)

3.2.2 LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD DE LA AGENCIA DE ECOLOGIA URBANA DE BARCELONA A CARGO DE SALVADOR RUEDA

La propuesta teórica del equipo encabezado por Salvador Rueda, se denomina el Urbanismo Ecológico, tendiendo como fundamento un enfoque de la ciudad como un ecosistema, ya que independientemente de su dimensión, una ciudad un barrio o un edificio son ecosistemas, porque son un conjunto de elementos físico-químicos y organismos biológicos que interaccionan.

Para medir la calidad de un ecosistema comparándolo con cualquier otro, toman un conjunto de restricciones que determina el contexto y por alcanzar una mayor eficiencia del sistema urbano: la eficiencia y la habitabilidad.

Para la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, la eficiencia de un sistema urbano es la condición primaria para considerar una ciudad como ecológica (sostenible), ligado a una comprensión de las condicionantes y restricciones que vienen implícitas en el contexto, en segundo lugar, la restricción será la habitabilidad urbana para las personas y organismos vivos.

Eficiencia del sistema urbano: Para un sistema urbano la eficiencia se expresa con la función guía de la sostenibilidad, que en el tiempo debería tener valores cada vez menores: E/nh ; donde E es el consumo de energía y recursos, n es el número de personas jurídicas urbanas (actividades económicas, instituciones, equipamientos y asociaciones) y H es el valor de la diversidad de personas jurídicas urbanas, que representa en otros términos la **complejidad urbana**, es decir, la información organizada.

En este sentido, la sostenibilidad se logrará a través de la eficiencia del sistema ecológico urbano, esta eficiencia será posible en la medida en que se reduzcan los valores de E y se aumente la complejidad de la organización de la ciudad (nH).

La propuesta de Rueda en cuanto a la competitividad de las ciudades es que esta no se base en la explotación y consumo de recursos, sino en una estrategia que se base en la información y el conocimiento, hacia una transición al sistema neo-terciario que ya ha sido mencionado por Acebillo (2010), así mismo se buscará una desvinculación del crecimiento económico y los flujos metabólicos de consumos de recursos y energía. La siguiente tabla expresa en términos de objetivos la reducción de E y la manera de aumentar la complejidad del sistema urbano nH.

Aumentar la eficiencia del sistema urbano es la condición necesaria para la formulación del urbanismo ecológico, la condición suficiente se logra desarrollando escenarios de “máxima” habitabilidad urbana para las personas y los organismos que allí viven (Rueda, 2012). De esta manera podemos aceptar que una reutilización y maximización de la utilización de los tejidos urbanos existentes puede representar un acercamiento a la eficiencia y por lo tanto aumento de la competitividad de los sistemas urbanos.

Habitabilidad urbana: junto con la eficiencia urbana debemos tomar como segundo restrictor a la habitabilidad de los ecosistemas urbanos. En este caso, la habitabilidad se refiere a las condiciones óptimas para que las personas y los organismos se interrelacionen en el medio urbano. Dentro de la habitabilidad podemos encontrar una subdivisión que por un lado nos habla de las características físicas del entorno urbano y por otro de las condiciones sociales que permiten aumentar la cohesión social y la diversidad biológica.

- **Habitabilidad física:** se refiere a las características del espacio público, equipamientos, servicios básicos y las edificaciones. Es espacio construido es en el que se llevan a cabo las relaciones sociales y por lo tanto representa el soporte del desarrollo social. El espacio público es el lugar simbólico en que ciudad, democracia y política se encuentran, es espacio público marca los límites de la idea de ciudad, sin él solo tenemos urbanización, pero difícilmente podemos hablar de ciudad³⁶. Tomaremos entonces como objetivo del urbanismo ecológico el **hacer ciudad y no simples urbanizaciones**.

Los servicios básicos y equipamientos que corresponden a la ciudad y su accesibilidad a pie, así como sus dimensiones serán determinantes para fijar el grado de habitabilidad de una ciudad.

Los servicios y el confort de las viviendas y de las edificaciones de la ciudad serán previstos para cumplir con el principio de eficiencia urbana (E/H), con un consumo de recursos mínimos y renovables, tomando en cuenta una óptima orientación, dimensiones y ventilación del edificio, captación y uso de aguas pluviales, captación de la energía solar.

- **Habitabilidad social:** se refiere a las condiciones que permiten la convivencia de personas con condiciones diferentes a través de la confluencia en espacios comunes. Por ejemplo, la mezcla de rentas, edades, etnias y culturas en el mismo espacio urbano potenciará la estabilidad y la complejidad de las relaciones.

³⁶ Ramoneda, H. (2003) *A favor del espacio público*. El País.; citado por Rueda (2002)

La integración de las habitabilidades antes mencionadas, permitirán acercarnos a los requerimientos para que las condiciones de vida en los sistemas urbanos sean las adecuadas para el desarrollo.

Integración de la eficiencia y la habitabilidad en una ciudad

Si partimos de la premisa de que el modelo urbano que mejor se ajusta al principio de eficiencia urbana y habitabilidad urbana es la ciudad compacta en su morfología, compleja en su organización, eficiente metabólicamente y cohesionada socialmente, nos encontraremos con la pregunta de cómo mediremos esa supuesta eficiencia. Para ello, un primer acercamiento puede ser la clasificación de indicadores propuesta por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, la cual se estructura en cuatro objetivos básicos para lograr una ciudad sostenible: la compacidad, la complejidad, la eficiencia y la estabilidad social.



01. La compacidad y funcionalidad

La compacidad es el eje que atiende a la realidad física del territorio y, por tanto, a las soluciones formales adoptadas: la densidad edificatoria, la distribución de usos espaciales, el porcentaje de espacio verde o de viario. Determina la proximidad entre los usos y funciones urbanas. A este eje, lo acompaña el modelo de movilidad y espacio público y el modelo de ordenación del territorio derivado.

El espacio público es el elemento estructural de un modelo de ciudad más sostenible. Es el espacio de convivencia ciudadana y forma, conjuntamente con la red de equipamientos y espacios verdes y de estancia, los ejes principales de la vida social y de relación. La calidad del espacio no es solo un indicador relacionado con el concepto de compacidad, sino que al mismo tiempo es indicador de estabilidad.

02. La complejidad urbana

La complejidad atiende a la organización urbana, al grado de mixticidad de usos y funciones implantadas en un determinado territorio. La complejidad urbana es el reflejo de las interacciones que se establecen en la ciudad entre los entes organizados, también llamados personas jurídicas: actividades económicas, asociaciones, equipamientos e instituciones.

Las estrategias urbanas que permiten incrementar el índice de diversidad son aquellas que buscan el equilibrio entre usos y funciones urbanas a partir de la definición de los condicionantes urbanísticos. Se trata, entre otros objetivos, de acercar a las personas a los servicios y a los puestos de trabajo, entendiendo que con ello se reduce, desde el punto de vista de la energía, el consumo de esta. Indicadores como los de autocontención laboral y autosuficiencia laboral permiten conocer el grado de proximidad entre residencia y trabajo. Los indicadores de complejidad (diversidad) muestran la madurez del tejido urbano y la riqueza del capital económico, del capital social y del capital biológico.

03. La eficiencia metabólica

La eficiencia es el concepto relacionado con el metabolismo urbano, es decir, con los flujos de materiales, agua y energía, que constituyen el soporte de cualquier sistema urbano para mantener su organización y evitar ser contaminado. La gestión de los recursos naturales debe alcanzar la máxima eficiencia en su uso con la mínima perturbación de los ecosistemas.

En el ámbito de la energía, se plantea que los nuevos barrios superen su condición de meros consumidores de energía, para convertirse en generadores de energías renovables que tiendan a la autosuficiencia. La generación se combina con medidas de ahorro y eficiencia.

Fundamental resulta en el metabolismo urbano la gestión integrada de los recursos hídricos y de los residuos que en la ciudad se producen. En una gestión integrada, tanto

a escala local como a escala de cuenca se busca la máxima autosuficiencia hídrica que combine también las medidas de captación con las medidas de ahorro y eficiencia. Es imprescindible vincular el desarrollo urbano al ciclo del agua en su expresión local (captación de agua de lluvia, reutilización de las aguas marginales).

En el ámbito de los materiales se busca la máxima autosuficiencia del sistema con recursos locales. Para ello, se cuenta con los recursos naturales del lugar y con la reutilización de parte de los flujos residuales. EL modelo de gestión de residuos diseñado con criterios de sostenibilidad tenderá a conseguir el máximo control local de la gestión de recursos, para aproximarse al cierre del ciclo de los materiales y, siempre que sea factible, incorporar la máxima autosuficiencia (auto-compostaje y reutilización) reduciendo, a su vez, el impacto contaminante.

04. La cohesión social

La cohesión social hace referencia a las personas que habitan el espacio urbano y las relaciones que establecen. A largo plazo, las ciudades no pueden satisfacer su función de motor de progreso social, de crecimiento económico y de espacio de desarrollo de la democracia a menos que se mantenga el equilibrio social, tanto intra como interurbano, que se proteja su diversidad cultural y que se establezca una elevada calidad en lo que al medio urbano se refiere.

En un contexto atento a la vulnerabilidad social, la mezcla (de culturas, edades, rentas, profesiones) tiene un efecto estabilizador sobre el sistema urbano, ya que supone un equilibrio entre los diferentes actores de la ciudad. El análisis de la diversidad nos muestra quién ocupa el espacio y la probabilidad de intercambios y relaciones entre los componentes con información dentro de la ciudad. En cambio, la segregación social que se produce en ciertas zonas de las ciudades crea problemas de inestabilidad como son la inseguridad o la marginación, que tienden a enquistarse entre las poblaciones más vulnerables si no reciben la atención adecuada.

El éxito en la planificación creará las condiciones para que el espacio público sea ocupado por personas de diferente condición, facilitando la convivencia y el establecimiento de interacciones entre ellas, posibilitando de esta manera la disminución del conflicto, lo que determina la estabilidad y madurez de un sistema.

La proximidad física entre equipamientos y viviendas, la mezcla de diferentes tipos de vivienda destinados a diferentes grupos sociales, la integración de barrios marginados a

partir de la ubicación estratégica de elementos atractores, la priorización de las conexiones para peatones o la accesibilidad de todo el espacio público para personas con movilidad reducida, son elementos clave para no excluir a ningún grupo social y garantizar las necesidades básicas de vivienda, trabajo, educación, cultura, etc.

El conjunto de criterios y medidas se articula en nueve grupos o ámbitos:

- 00. Contexto de la actuación urbanística,
- 01. Ocupación del suelo,
- 02. Espacio público y habitabilidad,
- 03. Movilidad y servicios,
- 04. Complejidad urbana,
- 05. Espacios verdes y biodiversidad,
- 06. Metabolismo urbano,
- 07. Cohesión social y
- 08. Gestión y gobernanza;

Estos nueve indicadores, a su vez se agrupan en los cuatro ejes que son los que definen el modelo de ciudad sostenible de la siguiente manera:

- 01. Compacidad (01, 02 y 03);
- 02. Complejidad (04 y 05);
- 03. Eficiencia (06),
- 04. Cohesión social (07).

Mientras que el contexto (00) y la gestión y gobernanza (08) son ámbitos transversales al modelo global.

La Agencia de Ecología Urbana de Barcelona propone esta serie de indicadores para nuevos crecimientos de ciudad, así como para el análisis de los tejidos existentes. Los indicadores y criterios para los tejidos existentes hacen referencia a las características que debe reunir una ciudad actual para acreditarse como sostenible en cuanto a la consecución de la habitabilidad urbana y de la eficiencia del sistema urbano. Esta clasificación será utilizada para localizar puntos de mejora en la eficiencia de la ciudad que sean después vaciados en los proyectos de reciclamiento urbano.

Ningún sistema de indicadores puede reducir la realidad de las ciudades a una consideración numérica, por potente que sea el sistema y lo sofisticada que sea la

metodología utilizada. Sin embargo, sí puede ofrecer valiosas herramientas interpretativas, que ayudan en el proceso de toma de decisiones y que orienten la configuración de las ciudades hacia un modelo de urbanismo que incorpore en detalle todos los elementos que impulsan, de forma global, las piezas integrantes del modelo de ciudad más sostenible.

Tanto los modelos, como los indicadores, no deberán ser aplicados de manera mecánica e indistinta, es necesaria una contextualización y selección de los parámetros que se aplicarán en cada caso, de tal manera que cada ejemplo de aplicación sirva para enriquecer las observaciones y las referencias.

3.2.3 LA CIUDAD COMPACTA SOSTENIBLE DE PEDERSEN

Cuando hablamos de sostenibilidad en las ciudades, debemos hacerlo en el más amplio de los sentidos, no solo en términos del medio ambiente sino también de sostenibilidad social y económica. Para Pedersen (2011) la densidad será un factor de gran importancia para buscar la sostenibilidad de las ciudades del futuro.

Las ciudades densamente pobladas, representan un acercamiento hacia la reducción de los consumos de energía en búsqueda de soluciones ambientales de gran alcance. Entre más densa una ciudad, menores son las distancias y menor es la infraestructura, lo cual resultará en una reducción y ahorro en los materiales y energías necesarias para la provisión de servicios.

La sostenibilidad social en la ciudad compacta y densa se logrará gracias a la diversidad de usos y funciones (vivienda, oficinas, instituciones culturales espacios abiertos, instalaciones deportivas). Así mismo deberá permitir la coexistencia de diferentes niveles de ingresos, diferentes culturas y etnicidades, por mencionar algunos aspectos. La sostenibilidad social se dará por otro lado a través de una población más saludable³⁷, ya que esta contará con una mayor actividad física, gracias a la facilidad que tendrán de acceder a instalaciones deportivas y espacios abiertos, así mismo la posibilidad de caminar o utilizar bicicleta como medio de transporte.

El desarrollo de una ciudad siguiendo el modelo de compactidad, no deberá en ningún caso tener un efecto negativo en la calidad de vida de los habitantes. El estudio y propuesta de ciudad compacta de Pedersen tiene como objetivo analizar cuán compacta y densa puede ser una ciudad sin perder calidades urbanas que a través de un diseño arquitectónico cuidadoso puede proveer a la ciudad de nuevas calidades espaciales.

El valor de la propuesta de la Ciudad Compacta Sostenible de Pedersen, radica en la búsqueda de un equilibrio entre compactidad, alta densidad (la cual no es una expresión del máximo potencial) y baja utilización de recursos por un lado y las demandas de una buena iluminación, ventilación, calidad espacial interior y de las áreas abiertas por otro.

³⁷ Mette Lis Andersen en Sustainable Compact City (Pedersen, 2009)

METODOLOGÍA:

La densidad es medida en términos del valor de FAR (Floor Area Ratio), el cual se obtiene dividiendo la cantidad total de metros cuadrados construidos entre los metros cuadrados del lote a edificar.

El estudio se realiza y se estructura en cinco niveles:

1. **Tipologías** (8) urbanas: Slab, Urban Villa, Urban Block, Barcode, Superblock, Conglomerate, Grouped High Rise y Kasbah.
2. **Modelos:** se presentan 80 opciones diferentes de diseño, con base en las 8 tipologías propuestas.
3. **Ejemplos:** se analiza un modelo de cada una de las ocho tipologías, las cuales son evaluadas en relación con la iluminación, clima, viento y potencial arquitectónico, comparándolo con una manzana tradicional de la ciudad de Copenhague.
4. **Matriz:** compara las tipologías de acuerdo a un número de parámetros.
5. **Casos de estudio:** aterriza las ocho tipologías en una escala urbana en dos ciudades danesas, en este punto se pone a prueba su potencial urbano, espacial y arquitectónico.

El marco de acción se define por un conjunto de manzanas tipo de 100x100 m que se desarrollan en una red con vialidades de 25 m de ancho, en las cuales se consideran un par de carriles para automóviles, carriles para bicicleta y banquetas peatonales.

Las categorías de análisis para cada morfología, son: espacio abierto, iluminación, ventilación y energía. A continuación, un resumen de las consideraciones correspondientes a cada una de las categorías.

ESPACIO ABIERTO: El espacio abierto considerado como base para los desarrollos compactos es el equivalente al 30% de la superficie del lote. El espacio abierto se considera cualquier superficie que no pertenezca a lo construido, sin importar su uso. Mantener el 30% del área del lote como espacio abierto, asegura una adecuada relación entre espacio construido y espacio abierto, incluso en las tipologías más compactas.

En el caso de una mezcla de programas en los edificios, como se aconseja en la ciudad compacta sostenible, las tipologías de edificaciones introducen unas nuevas formas de espacio público exterior, el cual en ocasiones se puede ubicar en niveles superiores del edificio, promoviendo vida pública en distintas alturas.

ILUMINACIÓN: Un buen ambiente interior es indispensable para crear una vivienda exitosa y que satisfaga los requerimientos de habitabilidad y depende de la calidad del aire, de las condiciones térmicas, los niveles de ruido, iluminación, acceso a la luz natural y la posibilidad de tener vistas a los alrededores. Para los humanos, el bienestar físico y psicológico está directamente relacionado con el acceso y exposición diaria a la luz del sol. Es una idea totalmente aceptada que la insuficiencia de acceso a la luz solar, puede provocar perturbaciones en el sistema inmunológico, depresión, etc.

Se evalúa el potencial de iluminación natural en las ocho tipologías arquitectónicas propuestas, ya que es un parámetro que se define directamente a través del diseño del edificio en relación con su contexto urbano inmediato.

Ya que no existen regulaciones específicas acerca de los valores mínimos que requiere una vivienda o un espacio de trabajo para cumplir con una "buena iluminación" se consideran los siguientes factores³⁸:

- El factor de iluminación es igual o mayor a 2%
- La superficie abierta en fachadas será al menos del 10% del área de la habitación a iluminar y el factor de transmisión de iluminación del vidrio deberá ser por lo menos de 0.75.

VENTILACIÓN: Los análisis de las condiciones de ventilación de los nuevos desarrollos compactos se llevaron a cabo con una simulación por computadora que utiliza el método "Computational Fluid Dynamics". El viento se analizó modelándolo en 3 velocidades y 3 direcciones, tomando como base una malla a partir de una matriz de 3 x 3 módulos de 100x100 m con vialidades de 25m, considerando una altura máxima de edificación de 96m. Por lo tanto, el volumen analizado es de 96x350x350 m (alto-largo-ancho).

ENERGÍA: La experiencia ha mostrado que la compacidad relativa de un edificio y por lo tanto su diseño y geometría, así como la orientación del edificio y la distribución de ventanas, son parámetros que contribuyen al consumo total de energía del edificio. El propósito de este análisis es evaluar la manera en que el diseño del edificio, su radio de construcción (FAR) y la compacidad influyen en el consumo de energía.

³⁸ Estos valores se han tomado de forma directa de los propuestos por el equipo de Pedersen, sin embargo, se advierte que pueden existir modificaciones en ellos, a partir de un estudio profundo de las condiciones particulares del sitio, así como por las regulaciones que, en caso de existir, apliquen al proyecto de forma particular.

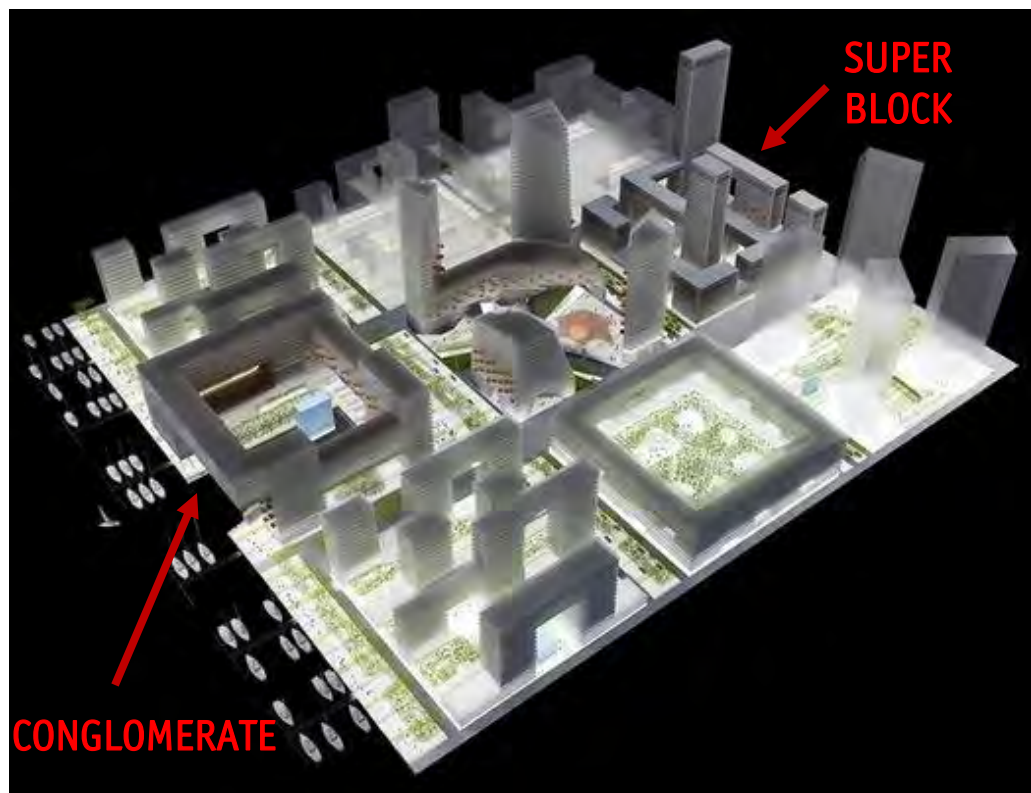
Uno de los aspectos más enriquecedores de la propuesta de Pedersen, es la inclusión de un catálogo de tipologías arquitectónicas, analizadas a partir de su eficiencia energética y funcional.

TIPOLOGÍAS MÁS EFICIENTES

A continuación, se muestran las dos tipologías que resultan más eficientes a partir de los análisis hechos por Pedersen, los cuales representan aquellos que permiten una mayor densidad y radio de construcción (FAR) y que a la vez obtuvieron mejores condiciones de ventilación e iluminación, así como un mayor potencial de interacción urbana a través de espacios abiertos de calidad superior.

Las 9 tipologías propuestas por Pedersen, se señalan las dos seleccionadas por sus características urbanas y de eficiencia energética.

Fuente: Pedersen (2010)



SUPER BLOCK (FAR)=400%

Relación con la retícula y el contexto: El Súper Block da una impresión de monumentalidad. A diferencia de las demás tipologías, el súper block es un elemento distintivo que rodeado de extensos espacios abiertos se acentúa la individualidad del edificio.

Acceso y circulación: el súper bloque tiene una direccionalidad clara, pero el movimiento y la circulación en el edificio tiene lugar en diversas dimensiones. Debido a su gran escala, el edificio puede contener calles, plazas y patrones de circulación propios de la ciudad

misma. Gracias al tamaño del edificio es posible establecer una variedad de espacialidades y situaciones de llegada. Se trata de un edificio que se presenta homogéneo en el tejido urbano, pero que dentro presenta una serie de relaciones espaciales complejas y heterogéneas.

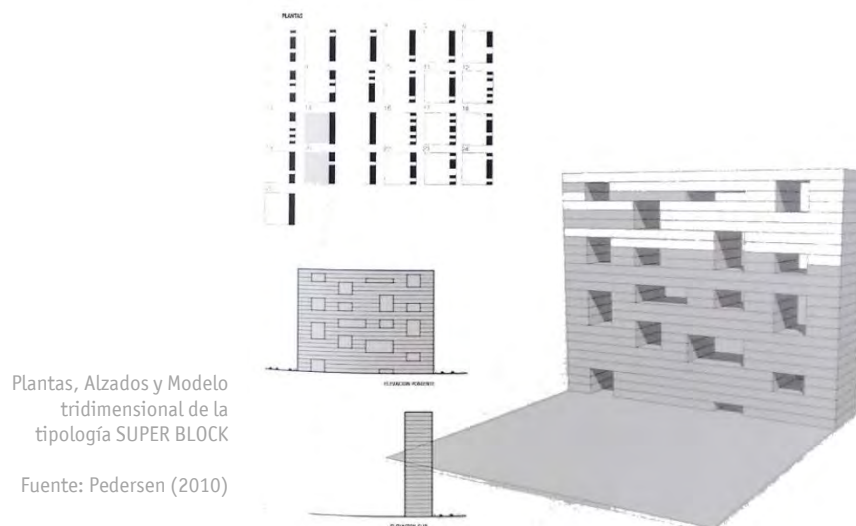
Espacios abiertos: El espacio abierto a nivel de calle pertenece normalmente a la ciudad y por lo tanto se vuelve un espacio público, lo cual resulta en una necesidad de integrar al interior del súper bloque las áreas privadas y comunes al servicio de los habitantes del edificio. El extenso espacio abierto a nivel de calle hace posible crear una gran variedad de áreas multifuncionales para la ciudad y para los habitantes del súper bloque.

Aumento de la densidad: es en sí mismo un ejemplo de densidad aumentada, puede alargarse o extenderse en altura, pero su grosor es difícil de aumentarse. Como tipología, es dependiente de la relación entre los planos horizontal y vertical y por lo tanto no puede ser multiplicado.

Espacialidad: Se trata de una tipología compleja y laberíntica que busca imitar la complejidad de la ciudad. Puede y debe contener todo tipo de espacialidades urbanas.

Variación residencial: una mayor profundidad en la geometría de esta tipología provoca situaciones en las que las viviendas solo reciben luz del día desde una dirección. La complejidad y variación de las circulaciones internas puede crear nuevos tipos de unidades de vivienda.

Potencial Urbano: El súper bloque, establece sus propias condiciones urbanas, crea una calidad urbana especial y por lo tanto no depende de regulaciones tradicionales, generando de esta manera nuevas situaciones urbanas de calidad.



CONGLOMERATE: FAR=500%

Relación con la retícula y el contexto: el conglomerado se forma a partir del diálogo con el contexto, es una estructura que dependiendo de la situación puede parecer cerrada e introvertida o abierta e inclusiva.

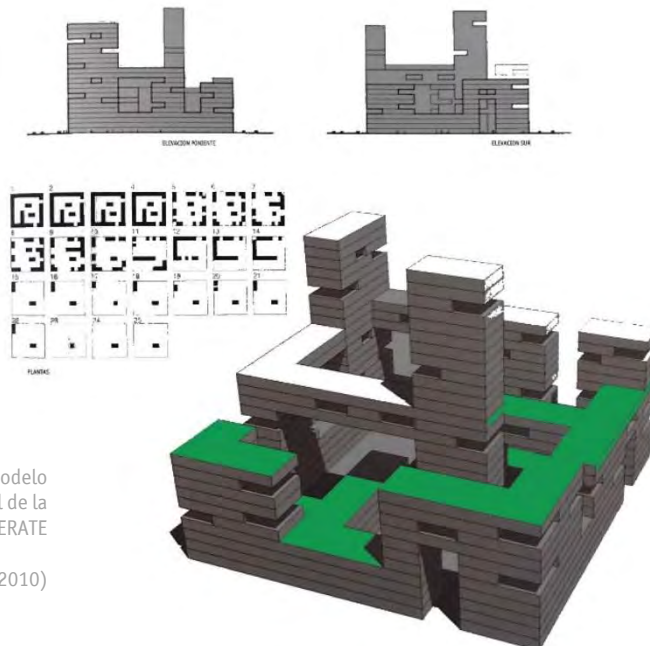
Acceso y circulación: admite numerosas maneras de circulación hacia y dentro del conjunto, pero siempre adecuada a las condiciones del contexto y de la retícula urbana.

Espacios abiertos: los deslizamientos y dobleces del conglomerado son parte activa de los espacios abiertos de este tipo. Pueden producir una variedad de espacios recreativos, siendo de las tipologías más diversas en lo que a espacio abierto corresponde.

Aumento de la densidad: el conglomerado como tipología es compacto y complejo

Variación residencial: todo tipo de unidades de vivienda pueden ser incluidas dentro de un proyecto basado en el conglomerado.

Potencial urbano: la libertad y flexibilidad inherente a esta tipología, lo convierte en un generador de contexto urbano, además de que los requerimientos del contexto pueden ser un generador del proyecto en sí.



Plantas, Alzados y Modelo tridimensional de la tipología CONGLOMERATE

Fuente: Pedersen (2010)

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE SISTEMA DE INDICADORES PARA PROYECTOS DE RECICLAMIENTO URBANO EN AMÉRICA LATINA.

Uno de los objetivos de este trabajo de investigación, es desarrollar una metodología que permita analizar los tejidos de la ciudad existente, en la búsqueda de elementos que nos proporcionen nuevas herramientas para la planeación de los proyectos de reciclamiento urbano, y por otro, una herramienta de análisis cuantitativo de una realidad urbana específica y de su grado de adecuación al modelo de ciudad compacta, compleja, eficiente y cohesionada socialmente, que como vimos a lo largo del desarrollo teórico de este trabajo, es la que se acerca más a un modelo sostenible.

Tras analizar las propuestas metodológicas de Acebillo, Rueda y Pedersen, se han seleccionado en una primera etapa y, posteriormente, adaptado los indicadores propuestos por estos autores y sus equipos de trabajo. La selección se realizó a partir de dos consideraciones básicas: disponibilidad de información y pertinencia en el caso de la ciudad latinoamericana. Estas dos rutas de selección responden a las diferencias culturales, políticas y sociales entre Europa y América Latina, reflejadas de manera muy clara en la organización y accesibilidad de la información sobre las realidades físicas y sociales de las ciudades.

4.1 Categorías de análisis:

De esta forma y siguiendo la idea primigenia de este trabajo, el Metabolismo Urbano toma un papel protagónico en el análisis de la configuración y funcionamiento de las ciudades, ya que como vimos, todas las ciudades tienen un metabolismo, en mayor o menor medida eficiente. Tomando en cuenta un proceso de análisis de lo general a lo particular, se propone una investigación y medición de los datos metabólicos generales de la ciudad o zona metropolitana que se desee analizar, por lo tanto, el metabolismo urbano es la categoría de análisis transversal bajo la cual se jerarquizan las categorías subsecuentes, entendiéndolo como el marco de análisis y a su vez el lienzo en el cual se reflejan las acciones del conjunto de sistemas que conforman a la ciudad¹.

¹ Principio de recursividad organizacional.

Posteriormente se realiza un acercamiento al tejido de análisis en un ámbito que se define a partir de la delimitación de las Áreas Geo-Estadísticas Básicas (AGEB) las cuales representan información organizada que puede ser consultada de forma relativamente libre a través de los sistemas de información y estadística nacionales. A este nivel de análisis se proponen las siguientes categorías: Compacidad, Complejidad y Habitabilidad.

El análisis de estas tres categorías a nivel AGEB pretende en una primera fase, obtener una idea de la situación actual del tejido (evaluación), asignando un porcentaje de acercamiento al ideal de la configuración de la ciudad. Este resultado será desglosado para poder observar los ámbitos e indicadores en los cuales es necesaria la intervención para mejorar el funcionamiento y optimizar la eficiencia de la ciudad. Una segunda medición podría ser llevada a cabo tras la aplicación de un proyecto de reciclamiento urbano, para poder comprobar la eficacia de las acciones emprendidas, es imprescindible mencionar que este análisis puede incluso ser aplicado al proyecto sobre el papel, como un primer acercamiento y calificación de los proyectos que se pretenden implementar en las ciudades, obteniendo una idea previa de las consecuencias de las intervenciones y realizando los ajustes necesarios para su correcta aplicación en la realidad, es decir, la medición también permite un panorama previo para analizar las consecuencias que un proyecto de reciclamiento de tejidos, podría tener en el ecosistema urbano.

La primera categoría de análisis a nivel del tejido urbano (AGEB), es la Compacidad, y corresponde a las características y cualidades que resultan en una ciudad compacta en mayor o menor grado, este análisis comprende características de densidad, proximidad y cantidad de espacio abierto y áreas verdes. Estos datos y su optimización permitirán un equilibrio entre densidad y habitabilidad a través de la correlación con los ámbitos restantes y sus correspondientes indicadores.

En una segunda categoría de análisis se encuentra la Complejidad, la cual incluye indicadores que nos ofrecen información sobre la diversidad y la hibridación de usos de suelo en el tejido, pero que también relacionan sobre el nivel de continuidad e interacción de estos usos al interior del tejido.

Por último, se analizan las condiciones y características de Habitabilidad, las cuales son el parámetro de referencia que limita y restringe el nivel de densidad y compacidad en el tejido de análisis. Para efectos de este trabajo se ha categorizado la Habitabilidad en tres ámbitos: Vivienda, Espacio público y Cohesión social, este último considerando también

las características de participación social en la toma de decisiones urbanas y las características de la gestión y la gobernanza.

De esta forma el Metabolismo y la Habitabilidad Urbana son categorías que se ven afectadas de manera directa por la Compacidad y la Complejidad de los tejidos, tanto de forma individual, como en la totalidad de los tejidos urbanos que conforman el sistema. Las categorías transversales serán entonces, unas variables dependientes, mientras que las de compacidad y complejidad serán independientes y vaciarán sus efectos, negativos o positivos, en las variables dependientes.

Es necesario establecer que este modelo y conjunto de indicadores no es restrictivo a la inserción de nuevos órdenes, ámbitos, categorías y demás indicadores correspondientes, para su mejor adecuación a diversos objetivos de análisis. En cada caso y con base en la capacidad de acceso a diversas fuentes de información, los indicadores podrán aumentar en número o desdoblarse en categorizaciones cada vez más específicas.

A continuación, se presenta el cuadro que condensa los indicadores en los distintos ejes y ámbitos de análisis. Contiene el nombre del indicador y el nivel de análisis (Zona Metropolitana o AGEb).

4.2 Indicadores para análisis evaluativo de la eficiencia de tejidos existentes

	Indicador	Nivel de análisis
EJE TRANSVERSAL E1 METABOLISMO URBANO		
Ámbito M1: Entrada de energía y recursos		
1	Consumo energético total por habitante al año	MUNICIPIO
	Consumo energético por sector	MUNICIPIO
	A) Consumo energético sector transporte	MUNICIPIO
	B) Consumo energético sector industrial	MUNICIPIO
	C) Consumo energético sector residencial	MUNICIPIO
	D) Consumo energético sector comercial	MUNICIPIO
	E) Consumo energético sector público	MUNICIPIO
	Consumo total de agua	ZM
2	Consumo de agua per cápita	ZM
3	Autoproducción energética	ZM
Ámbito M2: Transformación		
	Consumo de energía para la producción de insumos de la construcción	MUNICIPIO
	A) Industria básica del acero	MUNICIPIO
	B) Industria de la producción de cemento	MUNICIPIO
	C) Industria de la producción de vidrio	MUNICIPIO
	Consumo de energía para la industria de la construcción	MUNICIPIO
Ámbito M3: Salida de desechos		
	Generación de residuos	MUNICIPIO
	A) Volumen de basura total recolectada	MUNICIPIO
4	B) Volumen de basura recolectada per cápita	MUNICIPIO
5	C) Disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios	MUNICIPIO
6	Emisiones de gases de efecto invernadero	MUNICIPIO
Ámbito M4: Reciclamiento de recursos		
7	Volumen de basura reciclada	ZM
8	Volumen de aguas residuales tratadas	ZM

Eje E2 COMPACIDAD		
9	Densidad de habitantes	AGEB
10	Densidad de viviendas	AGEB
11	Intensidad máxima de construcción	AGEB
12	Compacidad absoluta	AGEB
13	Compacidad corregida	AGEB
14	Espacio público de estancia por habitante	AGEB
15	Proximidad a redes de transporte público	AGEB
16	Dotación de plazas de estacionamiento para vehículos fuera de las vialidades	AGEB
17	Espacio verde por habitante	AGEB
18	Proximidad simultánea a espacios verdes	AGEB
19	Permeabilidad del suelo	AGEB
Eje E3 COMPLEJIDAD		
20	Diversidad de unidades económicas	AGEB
21	Autocontención laboral	MUNICIPIO
22	Equilibrio entre la actividad y la residencia	AGEB
23	Proximidad a actividades comerciales de usos cotidiano	AGEB
24	Dotación de equipamientos básicos	AGEB
25	Proximidad simultánea a equipamientos básicos	AGEB
26	Actividades y equipamientos densos en conocimiento	AGEB
27	Corredores verdes urbanos	AGEB
28	Cubiertas verdes	AGEB
29	Reserva de espacios para la distribución de mercancías	AGEB
30	Reserva de espacio para la infraestructura de servicios	AGEB
31	Vivienda productiva	AGEB
32	Producción de energías renovables	AGEB
33	Producción local de alimentos básicos	AGEB

EJE E4 HABITABILIDAD		
Ámbito H1: Vivienda		
34	Vivienda particular habitada	AGEB
35	Parque de vivienda vacante	AGEB
36	Viviendas con toma eléctrica	AGEB
37	Viviendas con drenaje	AGEB
38	Viviendas con toma de agua	AGEB
Ámbito H2: Espacio público		
39	Accesibilidad de vialidades	AGEB
40	Espacio vial destinado al peatón	AGEB
Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno		
41	Índice de desarrollo humano	ZM
42	Participación social en los procesos urbanos	ZM
43	Instrumentos de gestión transversal de los procesos urbanos a través del gobierno local	ZM
44	Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos	ZM
45	Grado de Marginación	ZM

Propuesta de sistema de indicadores para el análisis evaluativo de tejidos existentes.

Fuente: elaboración propia

EJE TRANSVERSAL / E1 METABOLISMO URBANO

1.- Consumo energético total por habitante al año

Para lograr un modelo de ciudad más sostenibles es importante reducir el consumo energético y desligarlo del PIB. Además, frente a la propuesta de reducir la expansión de las ciudades y la utilización eficiente del espacio urbano consolidado, reducir el consumo energético manteniendo unos niveles de habitabilidad adecuados requiere aumentar la eficiencia de todos los sistemas de la ciudad, a partir de mejoras en la gestión del metabolismo urbano.

En este sentido se tienen que considerar dos ejes de acción básicos, por un lado, la mejora en la eficiencia de la utilización de la energía, y por otro, la búsqueda de la autosuficiencia energética a través de la generación de energía a partir de recursos renovables.

El consumo energético total por habitante al año se medirá en kW por habitante al año. En México, a través de la Secretaría de Energía y la publicación del Balance Nacional de Energía (2011) podemos obtener información acerca de la cantidad de energía producida y utilizada en el país.

En este trabajo tomamos como referencia el hecho de la relación directa entre el PIB y su influencia en la utilización de energía, consumo de recursos y generación de residuos. Para medir este indicador es necesario calcularlo a partir de la proporción del PIB que representa el municipio o la zona metropolitana que se desee analizar.

El nivel de análisis del indicador para el caso mexicano se queda en un aproximado del valor real a nivel municipal, calculado a partir de los balances económicos publicados por los gobiernos estatales.

El consumo total de energía nos ofrece un panorama de la cantidad de energía que el territorio ha utilizado para su mantenimiento y crecimiento. Si consideramos que la energía utilizada para la extracción de los materiales básicos de la construcción (acero, cemento y vidrio) y para el proceso constructivo en particular, puede ser optimizada a través de un uso eficiente del territorio ya construido y consolidado en favor de la reducción de energía y recursos materiales utilizados para la expansión de las ciudades, el Reciclamiento Urbano tendrá un efecto favorable en la optimización de la energía total del país.

2. Consumo de agua per cápita

El objetivo es optimizar los consumos de agua potable, mediante el uso y recuperación de los recursos hídricos locales y, mediante hábitos y tecnologías de ahorro que potencien la eficiencia en su uso.

Una menor explotación de las masas de agua permite aliviar las presiones e impactos que sufren diferentes ecosistemas ligados a ríos, lagos, mantos acuíferos, etc. Menores consumos de agua o una tendencia descendiente de los mismos en la vivienda, pueden estar relacionados con un cambio de hábitos, un aumento del ahorro y el uso de nuevas fuentes de agua en la ciudad, como son la recuperación y aprovechamiento de las aguas pluviales, tratamiento y reutilización de aguas residuales, etc.

La disminución del consumo de agua potable se relaciona directamente con un menor consumo económico y energético asociado con las infraestructuras del agua, como son la potabilización y sistemas de bombeo, los cuales ven reducido su impacto en el metabolismo de la ciudad.

Por lo tanto, la reducción en el uso del agua, beneficia a la reducción de la energía utilizada en su extracción, tratamiento y distribución, a la vez que reduce la dependencia de recursos hídricos en constante amenaza.

El reciclamiento urbano, contrario a la expansión urbana, promueve el mantenimiento de los territorios dedicados a la regeneración y relleno de los mantos acuíferos.

De acuerdo con la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles del Banco Interamericano de Desarrollo, el nivel deseado debería estar entre 120 y 200 litros por persona al día.

3. Autoproducción energética

Se trata del porcentaje de energía consumida que es producida a nivel local, con miras a una eventual producción energética a partir de recursos renovables. El objetivo es conseguir la máxima autosuficiencia energética a través de una reducción del consumo energético, acompañado de la cobertura de esta demanda mediante la producción de energías renovables. Se busca un escenario neutro en carbono y un mayor grado de independencia energética que reduzca la vulnerabilidad de los sistemas.

Las energías renovables son fuentes limpias de emisiones de gases de efecto invernadero y permiten reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles. A nivel municipal y de AGEB las posibilidades de captación energética se basan en la energía solar y eólica,

las cuales, al ser de carácter local, evitarían las pérdidas y gastos energéticos relacionados con el transporte de la energía hasta el punto de su utilización.

Un proyecto de reciclamiento urbano, tendría que considerar la infraestructura para la producción de energía a través de recursos renovables, por lo menos para el consumo directo y en el mismo tejido, del mismo modo que se considere la transferencia del excedente de producción para el consumo en los tejidos cercanos, con el fin de reducir la pérdida de energía relacionada con el transporte hasta su punto de consumo y/o transformación.

4.- Volumen de basura recolectada per cápita

La generación de residuos es una consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre y es un reflejo del modelo y hábitos de consumo de la población y por lo tanto un buen indicador de la sostenibilidad del modelo metabólico y de desarrollo de la ciudad. La cantidad de residuos generados es un indicador básico de la presión que el ecosistema urbano ejerce sobre el consumo de materias primas. Los datos nos muestran un incremento constante y acelerado de la generación de residuos durante las últimas décadas y, por lo tanto, del consumo de materiales. Esta dinámica responde directamente a la salud de las economías mundiales, ya que mientras se goza de condiciones económicas favorables, los niveles de producción de residuos suelen aumentar, mientras que las coyunturas económicas tienden a reducir la generación de residuos sólidos urbanos. Esto nos muestra el grado de dependencia de la creación de riqueza con el consumo de recursos.

Este indicador contempla exclusivamente los residuos considerados urbanos, es decir, aquellos residuos generados en los domicilios particulares, los comercios, las oficinas, los servicios, y todos aquellos que no tienen la consideración de residuos especiales, como los industriales.

5.- Disposición de desechos orgánicos para cerrar el ciclo de materia orgánica

Este indicador se refiere al porcentaje de desechos orgánicos que son depositados en rellenos sanitarios o retornados a su ciclo orgánico, tiene una relación directa con el porcentaje de basura que es reciclada a nivel municipal o regional, según sea el caso de estudio. El objetivo es identificar la relación entre los residuos que se destinan a un reciclaje y los que se destinan a cerrar su ciclo como materia orgánica.

Cerrar el ciclo de la materia orgánica generada en el municipio en el máximo porcentaje posible, reduciendo el costo ambiental del manejo de residuos y regresando nutrientes al

suelo para mejorar la calidad de este, con el objetivo de reducir problemas de erosión y riesgos de desertificación. Otro beneficio del cierre del ciclo orgánico es, que se favorece la correcta separación de los residuos orgánicos, evita la fabricación y utilización de otros productos fertilizantes químicos para el abono de jardines o la obtención de pequeñas cantidades de alimentos de producción local y reduce la introducción de toneladas de residuos en los circuitos de recogida y tratamiento.

Para mejorar la sostenibilidad de un tejido urbano, será necesaria una correcta disposición de los residuos orgánicos, llevándose a cabo de preferencia al interior del tejido y para beneficio del suelo correspondiente al mismo. Así mismo se recomienda el aprovechamiento de la posibilidad de producir energía (biogás) a partir de la biodegradación de los desechos, lo cual sería una manera de generar energía a nivel local y con el objetivo de cerrar los ciclos de uso de los materiales orgánicos².

6.- Emisión de Gases de efecto invernadero

Es un indicador que se define por las emisiones de CO₂ equivalentes, derivadas del consumo energético por habitante. El objetivo es reducir el consumo energético derivado de los combustibles fósiles y electricidad, para incrementar el ahorro económico y las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas.

Las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) dentro del ámbito urbano están relacionadas principalmente con la quema de combustibles en motores, sin embargo, el consumo eléctrico genera también una cantidad importante de emisiones que, aunque no se produzcan dentro del territorio urbano, si están relacionadas con el consumo. Además, se debe considerar la capacidad de absorción de CO₂ de los parques urbanos, arbolado, zonas verdes y en general toda la infraestructura verde que, aunque, comparado con los valores de las emisiones son muy inferiores, ofrecen un beneficio ambiental considerable.

La reducción en el consumo de energía, la producción de desechos sólidos, y en general el mejoramiento de la eficiencia del sistema metabólico urbano, contribuirá directamente en la reducción de las emisiones de GEI, eventualmente en busca de una neutralidad en las emisiones de CO₂.

² La generación natural de biogás es una parte importante del ciclo biogeoquímico del carbono. El metano producido por bacterias es el último eslabón en una cadena de microorganismos que degradan material orgánico y devuelven los productos de la descomposición al medio ambiente (Colmenares, 2015)

De acuerdo con la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles del Banco Interamericano de Desarrollo, el nivel deseado debería estar por debajo de las 5 Toneladas anuales de CO₂eq per cápita.

7.- Volumen de basura reciclada

Este indicador se relaciona directamente con el correspondiente a la Disposición de desechos orgánicos para cerrar el ciclo de la materia orgánica. Con este indicador se busca encontrar el equilibrio entre la entrada de recursos al ciclo metabólico de la ciudad y su recirculación en el sistema, ya sea como reciclaje de materia inorgánica o como la reinsertión de la materia orgánica en el suelo. Entre las limitaciones para el reciclaje en los ecosistemas urbanos, Camargo (2008) considera que en los asentamientos muy pequeños no se generan suficiente volumen de objetos reciclables para hacer rentables los procesos, mientras que, en los asentamientos muy grandes, las grandes cantidades de residuos, dificultan la recolección separada y hacen lento el flujo de residuos a través de una ciudad, además de que nadie quiere verlos ni que interfieran con sus actividades cotidianas.

8.- Volumen de aguas residuales tratadas.

Se refiere al porcentaje de agua tratada con respecto al total de agua que es introducida al sistema urbano, con el objetivo de potenciar el uso de recursos hídricos locales mediante sistemas de captación, recuperación y tratamiento.

Una menor explotación de los mantos acuíferos permite aliviar las presiones e impactos que sufren los ecosistemas ligados a ríos, lagos y demás cuerpos naturales de agua.

Se trata de potenciar el aumento del uso de nuevas fuentes de agua en las viviendas, por ejemplo, a través de la recuperación de aguas pluviales.

De acuerdo con la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles del Banco Interamericano de Desarrollo, el nivel deseado debería estar por encima del 60% de aguas residuales tratadas

EJE / E2 COMPACIDAD

9.- Densidad de habitantes.

El objetivo del indicador es contar con la población suficiente para promover actividades cotidianas en un tejido, lo cual generaría un aumento en la comunicación entre los habitantes, una mejora en el aprovechamiento de los espacios abiertos, así como la implementación de acciones destinadas a una mejor movilidad a través de nuevas y mejores rutas de transporte. Así mismo, el correcto número de habitantes en un tejido, permite justificar el establecimiento de infraestructura y equipamiento para satisfacer a sus habitantes.

El indicador se describe como el número de habitantes que se concentran en un tejido determinado con respecto a la superficie del mismo.

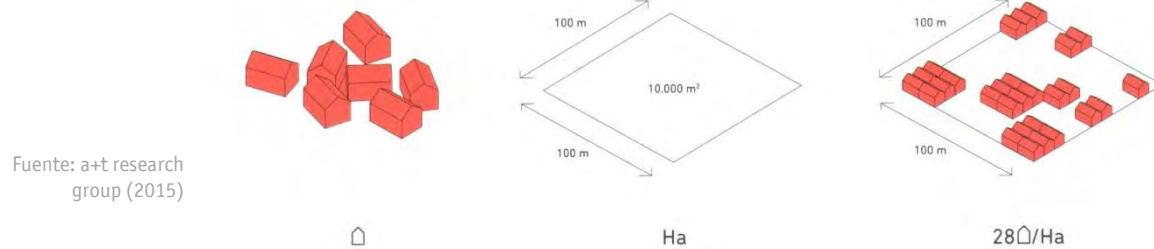
En la búsqueda de un modelo compacto de ocupación del suelo, el indicador nos ofrece una medición del número de habitantes que contiene el tejido de estudio y permitirá cruzar esta información con los demás indicadores del sistema urbano.

La densidad de habitantes por sí sola, únicamente ofrece información para el ámbito de la compacidad, pero no ofrece información adecuada sobre las condiciones de habitabilidad del tejido. Es también necesario saber la cantidad de viviendas que se tienen en el tejido para alojar a sus habitantes, el siguiente indicador se encarga de esta cuestión.

10.- Densidad de viviendas.

El objetivo del indicador es reunir en un mismo espacio la población suficiente para incentivar cambios y nuevas relaciones entre personas, unidades económicas y actividades. También tiene como objetivo, promover el desarrollo eficiente de aquellas funciones urbanas ligadas a la movilidad sostenible y a la dotación de servicios tanto en el ámbito del transporte público y de las infraestructuras ligadas a los flujos metabólicos como de los equipamientos y servicios básicos.

El indicador describe el número de viviendas que se concentran en un área determinada respecto a su superficie.



La densidad de viviendas es una variable que se deriva del modelo de ocupación del territorio (Compacto o Disperso). La ciudad compacta como estrategia a seguir, contiene en la medida de lo posible el consumo del suelo. Además, la densidad de viviendas es el primer condicionante que determina la proximidad de las personas a las funciones propias de la vida urbana: el contacto con otras personas, servicios, transporte, actividad. Una correcta densidad permite desarrollar con eficiencia las funciones urbanas indispensables como es la provisión de transporte público, mientras que en los tejidos menos densos no es posible implementar un servicio que realmente sea una alternativa al automóvil, es decir, con unas frecuencias y coberturas adecuadas, ya que el costo resulta imposible de asumir para las administraciones locales. Por esta misma razón en los tejidos dispersos no es posible mantener estándares de servicios básicos y equipamientos en los mismos términos que en los tejidos compactos.

La densidad es también condicional a la ocupación del espacio público. En los espacios públicos ubicados en los tejidos compactos se desarrolla una vida social más activa, mientras que en los tejidos poco densos la cantidad de población no es suficiente para promover el uso ciudadano del espacio público, tendiendo a ser abandonado y, por lo tanto, a su declive. El desarrollo de la actividad económica también guarda un paralelismo con esta variable, ya que una cantidad suficiente de población ofrece un mercado adecuado para que exista cierta diversidad de actividades y servicios económicos, tanto para la población local como para la economía a nivel municipal.

Con una densidad de viviendas adecuada es posible fomentar patrones de proximidad residencia-trabajo, así como mejorar la autocontención en la movilidad y la satisfacción de las necesidades cotidianas por parte de la población residente.

Para que un espacio sea socialmente inclusivo depende en primer lugar de la existencia de un número suficiente de personas que le de vida, es por esto que una densidad adecuada será la base para que se produzcan un buen número de interacciones espontáneas en la ciudad, sumada a una buena mezcla de usos y funciones urbanas y la provisión de espacio público de calidad, en un segundo término, resulta importante que

esta densidad contenga una gran diversidad de población en los ámbitos de edad, economía, cultura, etc.

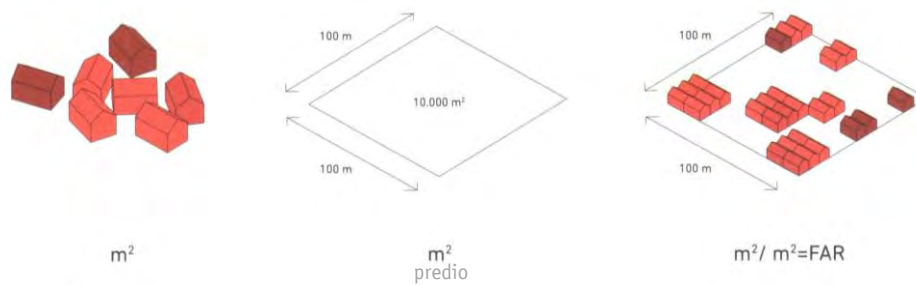
Para que un tejido urbano tenga una adecuada tensión es necesario que haya una cantidad suficiente de población que le proporcione vida. El rango de densidad adecuado suele moverse entre 200-400 habitantes por hectárea, lo que se traduce en un número de viviendas más o menos variable entre 80 y 160 viviendas por hectárea, en función de la ocupación media que tenga la ciudad. Las densidades que se encuentren muy por encima o muy por debajo de estos valores no son deseables en un escenario sostenible. El primer caso representa una congestión que supone un costo para la población en términos de habitabilidad del espacio público y servicios y el segundo responde a una ciudad más dispersa que conlleva un mayor consumo de recursos y un difícil mantenimiento de servicios e infraestructura.

11.- Intensidad máxima de construcción

Este indicador se refiere al porcentaje correspondiente al volumen edificado en una superficie dada. En este sentido nos muestra la cantidad de veces que la superficie del terreno puede ser multiplicada, siguiendo las normativas vigentes para el tejido de estudio. Del mismo modo nos permite contar con información necesaria para evidenciar errores en la normatividad y de esta forma proponer ajustes en las determinaciones legales y normativas en busca de una mayor eficiencia en el uso del suelo, al mismo tiempo que se fomente una mejora en la habitabilidad del tejido. Es decir, nos puede ayudar a saber cuándo un tejido está siendo saturado en términos de volumen construido, o si su uso está siendo muy por debajo de sus capacidades.

Utilizaremos en este indicador, la medición propuesta por Pedersen para su método. Se trata del FAR, o *Floor Area Ratio*, el cual se obtiene al dividir el área total de la construcción en todos los niveles en metros cuadrados entre la superficie del lote en metros cuadrados, multiplicado por 100. De esta manera obtenemos el porcentaje de aprovechamiento del suelo.

Fuente: a+t research group (2015)

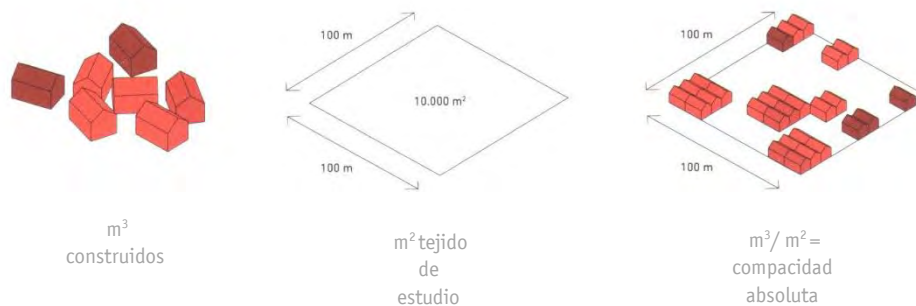


Para el caso particular de México, existe un coeficiente correspondiente a la medición de la intensidad máxima de construcción, el CUS indica el máximo de metros cuadrados que se pueden construir en un lote. Se expresa en número de veces, en relación con el tamaño total del predio. Sin embargo, con el objetivo de ofrecer una medición que pueda ser aplicada no solo en nuestro país, el FAR será el método de medición de este indicador.

12.- Compacidad absoluta

Se trata de la relación entre el volumen edificado sobre la superficie total del tejido de estudio, el resultado equivale a la altura media de la edificación sobre la totalidad del área habitacional. La compacidad absoluta informa de la intensidad edificatoria habitacional sobre un determinado tejido urbano. La compacidad incide en la forma física de la ciudad, en su funcionalidad y, en general, con el modelo de ocupación del territorio y la organización de la infraestructura gris y la infraestructura verde.

Fuente: elaboración propia sobre gráfico de a+t research group (2015)



Es por esto que el objetivo de medir la compacidad absoluta será favorecer un modelo de ocupación compacta del territorio para buscar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y disminuir la presión de los sistemas urbanos sobre los sistemas de soporte. Además, crear tejidos compactos para acercar distancias entre usos, espacios públicos, equipamientos y otras actividades, desarrollando patrones de proximidad para que los desplazamientos se realicen mayoritariamente a pie, de esta forma se logrará aumentar

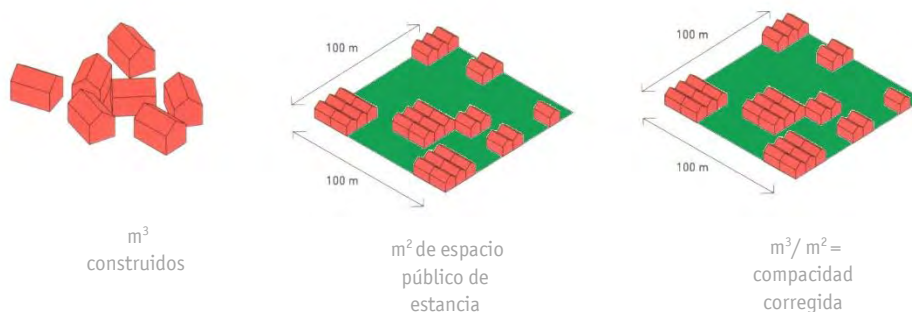
también, la posibilidad de contacto, intercambio y comunicación entre los diversos agentes y elementos del sistema urbano.

Con el cálculo de la compacidad absoluta es posible detectar si el modelo de ocupación territorial y de ciudad es compacto o disperso. El Reciclamiento Urbano promueve un modelo compacto ya que así se contiene el consumo de nuevo suelo urbano y se preservan los espacios del territorio esenciales para el mantenimiento de ciclos metabólicos naturales. Se fomenta el intercambio y el contacto entre portadores de información. La continuidad morfológica y estructural de los tejidos urbanos posibilita la comunicación fluida de sus habitantes y de las relaciones comerciales. Se reduce la necesidad de movilidad ya que en la ciudad compacta los espacios urbanos tienden a ser multifuncionales. También el grado de compacidad influye en la demanda energética y el consumo de recursos, ya que una compacidad baja puede requerir mayores distancias para el traslado de recursos y energía, pero una compacidad muy alta, puede significar una mayor intensidad de uso de recursos y energía.

La compacidad aumenta la complejidad urbana de los tejidos, potenciando así la mezcla de usos y la proximidad como base de la accesibilidad en los nuevos tejidos, también fomenta patrones de proximidad residencia-trabajo mejorando la autocontención en la movilidad, ya que un aumento en la población, significa un aumento en los requerimientos de servicios e infraestructura.

13.- Compacidad corregida

La compacidad corregida, relaciona el volumen construido con el espacio público de estancia en un determinado tejido urbano. Busca el equilibrio entre los espacios construidos y los espacios libres y de relación para un área determinada. Establece la proporción adecuada entre los espacios relacionados con la actividad y la organización del ecosistema urbano.



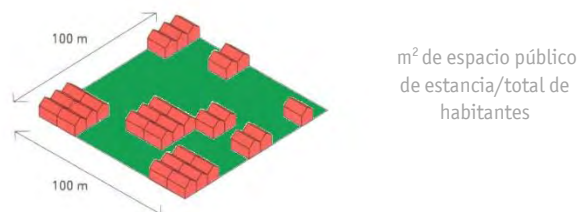
Fuente: elaboración propia sobre gráfico de a+t research group (2015)

Este indicador, como su nombre lo indica, corrige la compacidad absoluta ya que una compacidad excesiva puede ocasionar problemas de congestión y saturación urbana y ofrece la idea de una percepción de porosidad del tejido urbano para la consecución de actividades ligadas al espacio público. Se entiende por espacio público aquel que, por sus características morfológicas y funcionales, permite en distinto grado, la interacción de personas o la interacción de estas con el entorno de carácter público y accesible: espacios verdes, plazas, calles peatonales, espacios interiores de manzana y banquetas mayores de 5 metros de ancho (para que dos personas puedan establecer un dialogo sin estorbar el paso de peatones).

En este sentido, la compacidad corregida incluye la dotación de espacios abiertos que permitan una correcta iluminación y ventilación de los espacios construidos, reduciendo de esta forma el consumo de energía para estos fines.

14.- Espacio público de estancia por habitante

Es la superficie del espacio público en relación al número total de habitantes. Su objetivo es garantizar la reserva mínima de espacios públicos por habitante, cuya cobertura es de gran importancia en las ciudades ya que afecta de manera directa la calidad de vida de sus ciudadanos. Estos espacios forman parte de la morfología de la ciudad y de su estructura, además actúan como espacios descompresores del volumen edificado. Una dotación equilibrada de espacios de estancia contribuye al bienestar físico, emocional y de relación de los ciudadanos. Estos deberán contar con tres calidades principales: una clara delimitación entre el espacio público y el privado; permitir que se ejerza vigilancia sobre ellos, principalmente por parte de los propietarios naturales y, por último, debe haber usuarios continuamente en ellos (Maycotte, 2010).



Se trata de un indicador complementario al de compacidad corregida. La presencia de estos tipos de espacios en la ciudad otorga calidad de vida a sus habitantes y están íntimamente ligados con la estructura morfológica urbana.

El espacio público en un proyecto de reciclamiento urbano, deberá considerarse como parte de una red de espacios que sean continuos y que permitan el flujo de los habitantes, siendo así una alternativa a los espacios destinados al automóvil, esto con el objetivo de incentivar la sustitución del transporte motorizado contaminante.

15.- Proximidad a redes de transporte público

Se trata del Porcentaje de la población con cobertura simultánea a una o más paradas de transporte público y a una red ciclista a menos de 5 minutos de traslado a pie.

La proximidad a redes de transporte público analiza el porcentaje de la población con acceso simultáneo a las siguientes redes: paradas de autobús urbano, paradas de metro o BRT (Metrobús, Mexibús, Transmilenio, etc.), paradas de tranvía o transporte eléctrico y la red ciclista.

Se considera que hay buena accesibilidad cuando se puede acceder en menos de 5 minutos a pie y en menos de 2 minutos con bicicleta a la red ciclista. También es necesario tomar en cuenta que el radio de acción para una parada de transporte público es de 300 metros.

Su objetivo es incrementar el número de viajes cotidianos realizados en medios de transporte alternativos al automóvil privado. Garantizar el acceso a pie o en bicicleta a la red de transporte público de las ciudades. En este caso es necesario favorecer el uso de la bicicleta como modo de desplazamiento urbano mediante el diseño y construcción de una red que sea accesible en tiempo y distancia y segregada del resto de modos de transporte. La capacidad de acceder a estos medios de transporte permite fomentar patrones de desplazamiento más sostenibles al reducir el consumo energético, más seguros y menos contaminantes.

Para aumentar la eficiencia de las redes de transporte público, es necesario, llevar a cabo una planeación en red con el espacio público considerado como una infraestructura verde continua que permita un flujo sencillo de los habitantes hacia las redes de transporte a través de un espacio cómodo y seguro.

16.- Dotación de plazas de estacionamiento localizadas fuera de las vialidades.

La distribución de estacionamientos sobre la vialidad y fuera de ella muestra la relación entre los estacionamientos públicos sobre las calles y los públicos y privados al interior de predios. La ocupación de las vialidades por parte del vehículo privado es una constante

en la mayoría de las ciudades latinoamericanas, lo cual reduce la disponibilidad de espacio público para el ciudadano.

Por lo tanto, se deberá fomentar el retiro de los vehículos privados que invaden el espacio público, lo cual potenciaría la movilidad a la vez que se restringe la ocupación del espacio público por parte del automóvil.

Este indicador se relaciona directamente con la reducción de la dependencia de la población al transporte privado, ya que en la medida en que se lleven a cabo menos recorridos al interior de la ciudad, los automóviles podrán mantenerse fuera de las vialidades, siendo estas últimas, mejor aprovechadas por los peatones y para la implementación de mejores condiciones ambientales a través de vegetación.

17.- Espacio verde por habitante

La superficie verde por habitante se define como la superficie de parques y jardines y otros espacios públicos dotados de cobertura vegetal en más de la mitad de su superficie, en relación al número de habitantes. El objetivo es reservar una dotación mínima de espacio verde por habitante por los beneficios que reporta en el bienestar físico y emocional de las personas, así como por su papel en el medio ambiente y la diversidad urbana. Salvador (2003), enfatiza acerca de los espacios verdes, que deben constituir un sistema, que se conciben como un todo comunicado y continuo, donde el conjunto de distintas piezas tenga más valor que la simple suma.

La Organización Mundial de la Salud, establece como parámetro óptimo entre 9 y 14 metros cuadrados de superficie verde por habitante, mientras que la Organización de las Naciones Unidas considera como valor óptimo, una dotación de 16 metros cuadrados de superficie verde por habitante.

18.- Proximidad simultánea a espacios verdes.

Se refiere al porcentaje de población con cobertura simultánea a las distintas tipologías de espacio verde, consideradas estas en función de su superficie y distancia de acceso a pie o bien mediante un corto desplazamiento en transporte público, el cual tendría un recorrido de alrededor de 4 km.

Teniendo un acceso simultáneo a estos tipos de espacios verdes en una red interconectada de infraestructura verde, promueve el acceso a las diferentes categorías de manera adecuada. Las superficies vegetadas son captadoras potenciales de partículas contaminantes y propician el confort acústico, promueven la biodiversidad y la mejora en

la calidad del espacio público, además de que son importantes elementos de captación de aguas pluviales para su reinserción al suelo.

La proximidad a espacios verdes analiza el porcentaje de la población con acceso simultáneo a cuatro tipos de espacios verdes, según su superficie, la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (Rueda, et al., 2012) los clasifica en: (1) espacio verde mayor a 500 m², (2) mayor a 5000 m², (3) mayor a una hectárea y (4) mayor a 10 hectáreas. En este sentido se considera la diversidad de tipos de espacios verdes como una característica de un tejido urbano eficiente.

Se consideran espacios verdes, todos aquellos espacios públicos con una superficie mínima de 500 m² con más del 50% de área permeable (Parques públicos, jardines, plazas, espacios peatonales). Los espacios y las distancias de acceso consideradas son: Espacios de 500m² a una distancia de 200 m, espacios de 5000 m² a una distancia de 750 m, espacios de una hectárea a 2 km, y espacios de 1^o hectáreas a 4 km (Rueda, et al., 2012).

19.- Permeabilidad del suelo

Se refiere al porcentaje de suelo funcionalmente significativo para el desarrollo de vida vegetal y retención de aguas de lluvia para recarga de los mantos acuíferos.

El objetivo de la medición de este indicador es conocer la capacidad del suelo para fomentar la recarga de los mantos acuíferos en la búsqueda de un correcto metabolismo urbano en el apartado de los flujos naturales del agua de lluvia.

La permeabilidad del suelo deberá responder a una red interconectada de infraestructura verde que fomente la captación de partículas contaminantes y amortigüe el efecto de isla de calor.

La presencia de suelos permeables, reequilibra el ciclo del agua, favoreciendo la infiltración de las aguas pluviales. La vegetación resguarda el suelo del contacto directo con el sol y previene la compactación del suelo, lo cual ayuda a reducir el riesgo de inundaciones.

El indicador pretende analizar el nivel de afectación que la urbanización produce sobre el suelo, de esta forma, se podrán definir procedimientos y lineamientos para minimizar el impacto de la urbanización sobre el suelo, así como definir los porcentajes de suelo permeable en los proyectos de reciclamiento urbano.

EJE / E3 COMPLEJIDAD

20. Diversidad de unidades económicas

El índice de diversidad de unidades económicas³ muestra el nivel de información organizada en un sistema urbano, y de manera particular, en un tejido dado. El índice será mayor para un tejido determinado, en la medida en que más actividades, equipamientos, asociaciones e instituciones estén presentes y más diferenciadas sean entre ellas (Rueda, 2012). Permite identificar la diversidad y mixticidad de usos y funciones urbanas, el grado de centralidad y en algunos casos de consolidación de un tejido y los lugares con mayor concentración de actividad y, por tanto, de generación de un aumento en el flujo de información, mercancías y personas.

El equilibrio entre el espacio de residencia y la actividad influye en la movilidad, si se dan las características físicas para que un tejido residencial pueda contener suficiente actividad, hay más posibilidades de que la movilidad obligada por cuestiones de trabajo, ocio o servicios se reduzca. De esta forma, el objetivo será promover un mayor número de actividades económicas que ofrezcan posibilidades de empleo distribuidas en los tejidos urbanos y no sólo en los núcleos poblacionales, lo cual tendría un efecto reductor en los desplazamientos obligados residencia-trabajo.

La habitabilidad urbana está relacionada con la existencia de servicios básicos para los residentes a distancias que puedan cubrirse a pie; entre más habitantes residan en un tejido determinado, aumentará la necesidad de mayores servicios que tendrán un efecto multiplicador de unidades económicas, relacionando de esta forma la densidad de habitantes y vivienda con la complejidad reflejada a través de la diversidad y cantidad de actividades que el tejido requiera.

El proceso de cálculo es el siguiente:

H=diversidad

Paso 1: calcular H para cada sub-clasificación⁴ de unidades económicas

³ De acuerdo con el INEGI, las Unidades Económicas son las entidades productoras de bienes y servicios, llámense establecimientos, hogares, personas físicas

⁴ La clasificación será la correspondiente en cada país de estudio. Para el caso mexicano, se utiliza la clasificación de INEGI-DENUE, 2015

$P_i = a/b$ donde **a** es el total de unidades de una clasificación en el tejido y **b** es el total de unidades económicas en el tejido de estudio

$$\text{Log}_2 P_i = \log(a/b) / \log(2)$$

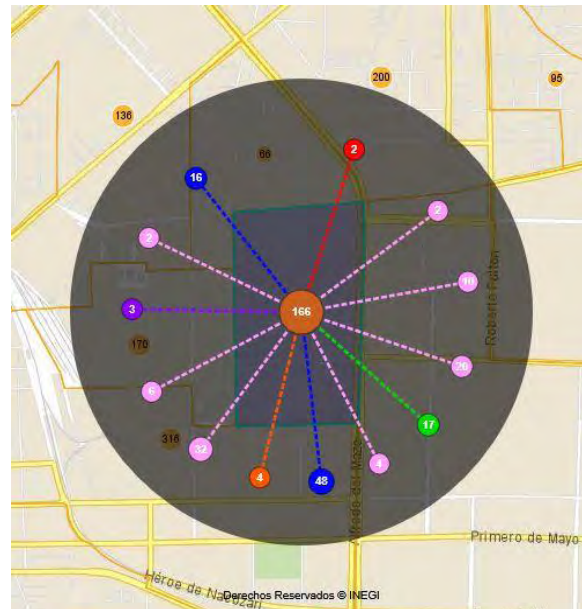
$$H_1 = (a/b) \times (\text{Log}_2 P_i) \times (-1)$$

Paso 2: Sumar H de cada sub-clasificación

$$H_1 + H_2 + H_3 + H \dots = \text{bits}$$

Los datos pueden ser consultados en los sistemas de información geográfica y estadística de cada país. Para el caso mexicano, el INEGI ofrece mapas interactivos en línea en los que se puede consultar el total de unidades económicas por AGEB, así como un desglosado de las unidades económicas por cada sector productivo.

Fuente: INEGI y DENUE 2010



21.- Autocontención laboral.

La autocontención laboral informa de la proporción de población que reside y trabaja en el mismo municipio en relación a la población ocupada del mismo (Rueda, 2012).

El objetivo es promover fuentes de empleo en el mismo municipio de residencia de la población para reducir la movilidad a grandes distancias, reduciendo el tiempo empleado en desplazamientos cotidianos, lo que proporcionará tiempo libre, influyendo directamente en la calidad de vida de las personas. Además, el indicador ofrece información sobre la interdependencia económica de un tejido urbano con respecto al resto del sistema o con respecto a sistemas urbanos interconectados, lo cual permite identificar polos de atracción de actividades, los cuales podrán ser potencializados a través del aumento de la eficiencia de los tejidos y su mejor aprovechamiento, todo esto sin recurrir a una explotación excesiva de recursos.

22.- Equilibrio entre la actividad y la residencia.

Se define como la superficie construida no residencial en relación a la superficie construida total (Rueda, 2012).

Para lograr una ciudad con mayor complejidad, en la cual no se promuevan tejidos especializados como polos tecnológicos o comerciales, sino que mezclen diferentes funciones y usos urbanos dentro de la compatibilidad correspondiente, este indicador permitirá identificar patrones de utilización de los tejidos. Esta información ayudará a promover cambios en los usos de suelo con el objetivo de aumentar la complejidad del tejido para lograr una reducción en la movilidad obligada a través de la satisfacción de necesidades cotidianas en un área cercana a la residencia, con las reducciones correspondientes en la necesidad del uso de transporte particular, siendo cubierto por transporte público o por medios no contaminantes como la bicicleta o recorridos a pie.

La reserva de espacio para las actividades diversas genera espacios dinámicos y seguros, es decir, la convivencia entre residencia, oficinas y tiendas mitiga los contrastes entre el día y la noche, los días laborales y los días festivos, favoreciendo así una ocupación del espacio público durante las 24 horas del día.

23.- Proximidad a actividades comerciales de uso cotidiano.

Se refiere al porcentaje de población con cobertura simultánea a las distintas tipologías de actividades comerciales de usos cotidiano. Las actividades consideradas son aquellas actividades económicas de uso cotidiano (panadería, recaudería, carnicería, pescadería, abarrotes, periódicos, farmacia), y que requieren que se encuentren en un radio cercano a su residencia para trasladarse a pie o en bicicleta.

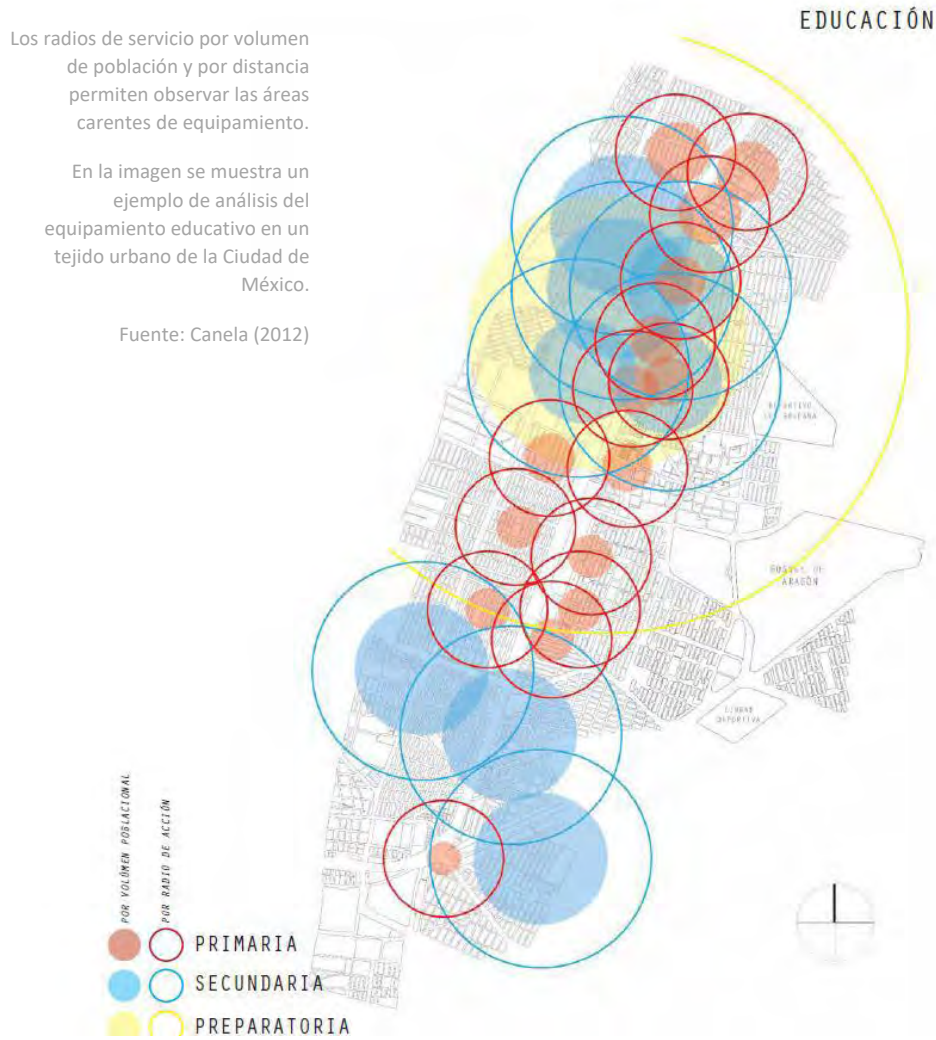
La proximidad por sí sola no representa una garantía para que se realicen los traslados a pie o en bicicleta, es necesario considerar que el espacio público ofrezca las condiciones de accesibilidad, seguridad y habitabilidad que permitan alojar a los habitantes del tejido. Así mismo, se deberá promover un comercio diversificado y que priorice la producción y la economía local.

24.- Dotación de equipamientos básicos.

El equipamiento se refiere al conjunto de estructuras que son imprescindibles para el funcionamiento del tejido social, deberán ser de carácter público, con el objetivo de que toda la población tenga acceso a ellos, sin importar su condición social, cultural o de nivel de ingresos.

Se considerarán los equipamientos en los términos y categorías establecidas por SEDESOL. El conjunto de equipamientos básicos se clasifica de acuerdo a esta secretaría, de la forma siguiente: 1) Comercio y abasto, 2) Educación y cultura, 3) Recreación y deporte y 4) Salud y Asistencia. Para evaluar la correcta dotación, se toman en cuenta las consideraciones establecidas en el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, publicados por la SEDESOL en 1999.

Los equipamientos fomentarán por un lado la complejidad del tejido al proporcionar una diversidad de usos y reducirán la necesidad de desplazamientos hacia otros puntos de la ciudad o incluso a otros municipios, por otro lado, promueven la habitabilidad a través de un aumento en la cohesión social, generando intercambio, encuentro y propiciando el acercamiento a una equidad social.



25.- Proximidad simultánea a equipamientos básicos.

Una vez que se ha analizado si la dotación de suelo para equipamientos es suficiente para satisfacer las necesidades básicas de todos los grupos sociales, es necesario analizar su distribución espacial. La proximidad es una condición básica para su accesibilidad, ya que la dotación de equipamientos puede ser medida por la población a la que brindan servicio y también por el radio de cercanía que la población tiene con respecto a los equipamientos. Esto tiene relación con la densidad de viviendas y población, ya que, en un tejido con una baja densidad, el equipamiento puede estar cubierto en términos poblacionales, sin embargo, esta población al estar distribuida en un área extensa, el radio de servicio puede no ser cumplido. Por el contrario, si una densidad es muy alta, el equipamiento puede cumplir los requerimientos de cercanía (radio de servicio), pero puede estar saturado o rebasado en términos de población a la que pretende servir.

Por lo tanto, la proximidad simultánea mide cuanta población se encuentra cercana al mismo tiempo a diversos tipos de equipamientos, además, informa del grado de compacidad urbana y de la mezcla de usos del tejido urbano.

Para evaluar la proximidad a equipamientos básicos, se toman en cuenta los radios de servicio establecidos en el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, publicados por la SEDESOL en 1999.

26.- Actividades y equipamientos densos en conocimiento.

Se define como el porcentaje de actividades densas en conocimiento⁵ con respecto del número total de unidades económicas. El objetivo es crear espacios urbanos con equipamientos o actividades que fomenten la producción, intercambio, comercialización y difusión del conocimiento como elementos claves del crecimiento de las ciudades a partir de la innovación, la investigación y la creatividad.

Se pueden clasificar en:

- Actividades relacionadas con el sector de las tecnologías de la información y comunicaciones
- Actividades productivas de servicios avanzados
- Centros de investigación, culturales y de creación artística a nivel superior.

⁵ Para Rueda (2007), Acebillo (2010) y Ferrao y Fernández (2013), entre otros, la transición de la economía es hacia el conocimiento, que junto con la educación y la capacidad de innovación determinarán su capacidad de crecimiento.

Se trata de actividades que se caracterizan por:

- Contener elementos de investigación y desarrollo que utilizan proceso de producción caracterizados por el uso intensivo de medios tecnológicos de punta.
- Contribuir a la generación de puestos de trabajos nuevos o que proporcionan una alta densidad ocupacional (número de trabajadores/superficie)
- Estar relacionadas con la generación, procesamiento y transmisión de información y conocimiento
- No ser contaminantes ni molestas, pueden desarrollarse en medios urbanos centrales.

27.- Corredores verdes urbanos.

Porcentaje de tramos calificados como corredores verdes urbanos por su funcionalidad de conectar espacios verdes, en relación con los metros lineales totales de calle de la ciudad o del tejido analizado. Conceptualmente, los espacios verdes interesan por su condición de elemento estructurador del sistema urbano (Salvador, 2003) y que la ciudad debe incorporar como parte del tejido urbano.

Un corredor verde urbano es una franja continua con presencia dominante de vegetación y con usos que priorizan al peatón y al ciclista, que atraviesa al tejido urbano y conecta los parques urbanos y los ecosistemas del entorno (Rueda, 2012). En este sentido se trata del segundo elemento clave de la infraestructura verde, ya que es el articulador en red de los espacios verdes.

Este tipo de corredores forman parte indispensable del espacio público y fomentarán la sustitución del transporte motorizado para traslados cercanos por traslados a pie o en bicicleta, además de que son la base de un flujo continuo a través de la infraestructura verde de las ciudades.

28.- Cubiertas verdes

Se refiere a la implementación de cubiertas verdes en las nuevas edificaciones, así como al tratamiento vegetal en las cubiertas de los edificios existentes en los tejidos.

Este tipo de medidas buscan amortiguar el efecto del crecimiento de las ciudades en la cantidad de terreno natural consumido por la expansión urbana, ya que regresan un porcentaje de la superficie natural impermeabilizada por las construcciones, además de que, idealmente, se complementarán con un sistema de captación de aguas pluviales con el fin de mantener el ciclo hidrológico.

Eventualmente se busca la incorporación en la legislación de un porcentaje mínimo de cubiertas verdes con respecto al área total del terreno para futuras construcciones, así como un fomento a la incorporación de estas tecnologías en los edificios existentes a través de estímulos fiscales.

29.- Reserva de espacios para la distribución de mercancías

Dentro del entendimiento de la ciudad como un ecosistema con su propio metabolismo, se vuelve necesaria la implementación en los proyectos urbanos de espacios dedicados para la distribución de mercancías. Estos espacios deberán estar concebidos como una red de distribución de los principales recursos para que la ciudad logre una mayor eficiencia en los flujos de mercancías y productos que serán consumidos y aprovechados dentro del sistema.

El indicador medirá en un principio la existencia o no de los espacios destinados a la distribución de mercancías y en una segunda categoría, medirá que estos espacios estén concebidos como parte de una red de distribución en la cual los flujos puedan ser conducidos eficientemente y sin obstáculos, para lo cual, la red deberá considerar la continuidad de sus partes.

30.- Reserva de espacio para la infraestructura de servicios.

Al igual que el indicador precedente, la reserva de espacio para la infraestructura de servicios, se refiere a la existencia o no de una red de espacios dedicados a los servicios básicos para la ciudad. En este sentido, la continuidad de estas redes es de gran importancia para lograr una mayor eficiencia en la distribución de recursos y en el flujo de mercancías, personas, energía, información, etc.

Esta red de infraestructura es la que denominamos, siguiendo a Contin y Ortiz (2014), infraestructura gris, y que forma parte, junto con la infraestructura verde, del modelo de matriz metropolitana con el objetivo de eliminar la fragmentación morfológica y espacial de las ciudades.

31.- Vivienda productiva

El indicador se refiere al porcentaje de viviendas que en su interior permiten el desarrollo de alguna actividad productiva para beneficio directo de la familia que en ella habita⁶.

⁶ Además, como apunta Mercado (2014), la CEPAL estructura las políticas relacionadas con la vivienda productiva para mejorar la cartera de activos (capital humano, social y productivo) de los pobres urbanos y crear oportunidades empresariales (micro, pequeña y mediana) y de empleo.

En este sentido, la vivienda productiva se plantea contraponer el concepto de vivienda como máquina de habitar heredado de los postulados modernos, como espacio exclusivo de reproducción y producción para autoconsumo; proponiendo la heterogeneidad de actividades en la vivienda y buscando poner en valor los activos vinculados a la vivienda en el barrio, tanto para la subsistencia material como para la integración social (Francisco y Di Paula, 2007).

En estricto sentido, siguiendo a Mercado (2014), tanto la vivienda productiva como aquella que no lo es, tienen su origen como resultado de una larga cadena productiva que genera empleo, riqueza y bienestar social. Pero la diferencia radica en que la vivienda productiva, además, “es fuente de ingreso familiares por contar en su interior con un espacio destinado a actividades remunerativas, lo que hace de la vivienda, no solo un bien de consumo sino también un espacio productivo que genera valor apropiable” (Mercado, 2014).

El indicador mide el porcentaje de viviendas que son consideradas como viviendas productivas, con respecto al total de viviendas en el tejido. En este sentido, se consideran como tales, aquellas que cuenten con computadoras con acceso a internet, ya que, con estas herramientas, la vivienda tiene una capacidad potencial de producción de bienes⁷.

32.- Producción de energías renovables

El indicador se refiere al porcentaje de energía consumida que es producida a nivel local a partir de energías renovables, con el objetivo de conseguir la máxima autosuficiencia energética a partir de una reducción del consumo energético al mínimo indispensable y, al mismo tiempo, cubrir esta demanda energética mediante la producción de energías renovables (Rueda, 2012). El objetivo es avanzar hacia un escenario neutro en carbono para conseguir un mayor grado de independencia energética y un descenso de la vulnerabilidad de los sistemas a partir de la captación de energías renovables a escala local.

Para lograr un modelo de ciudad más sostenible es importante reducir el consumo energético y potencial la producción energética local y de origen renovable (Rueda, 2009)

Las energías renovables son fuentes limpias en emisiones de gases de efecto invernadero y permiten reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles, además, si esta

⁷ El conocimiento y la información, son considerados como un bien que puede producir alguna remuneración.

producción es local, se evita de forma sustancial la pérdida energética relacionada con el transporte de la energía.

El ahorro, eficiencia y producción de energías renovables son factores claves para conseguir la máxima autosuficiencia energética en los sistemas urbanos. El indicador incide en este objetivo a partir de la reducción del consumo energético, pues un gran volumen de emisiones de CO2 son derivadas de la producción energética.

33.- Producción local de alimentos básicos.

Este indicador busca medir la cantidad de alimentos básicos, no procesados, que son producidos de manera local con respecto al total de alimentos consumidos en la zona de estudio o tejido muestra. El objetivo de este indicador es ofrecer información para el fomento de la producción local de alimentos en busca de una reducción del gasto energético que supone el transporte de alimentos desde regiones distantes a la zona de consumo final. Así mismo, la producción local de alimentos, fomentará economías locales.

EJE TRANSVERSAL / E4 HABITABILIDAD

Ámbito H1: Vivienda

34.- Vivienda particular habitada

El indicador se refiere al número de viviendas que se encuentran en uso con respecto al total de viviendas registradas en el tejido de estudio.

Los datos se obtienen de los censos de población y vivienda de cada país. Para el caso de México, se utilizarán datos del Censo de Población y Vivienda 2010, llevado a cabo por el INEGI y se refieren a los resultados a nivel del AGEB de estudio.

En el modelo de indicadores de este trabajo, se considera como rango deseable un porcentaje entre el 90 y 95% de ocupación de las viviendas disponibles en el tejido. Una ocupación casi total del parque de viviendas existentes en un tejido, promoverá un aprovechamiento óptimo de los servicios y las infraestructuras existentes en él, así como una constante actividad por parte de los habitantes con el fin de mantener en operación los diversos subsistemas que conforman al tejido urbano y al sistema en conjunto.

35.- Parque de vivienda vacante

El indicador de refiere al número de viviendas desocupadas que se encuentran en el tejido con respecto al número total de viviendas registradas.

Los datos se obtienen de los censos de población y vivienda de cada país. Para el caso de México, se utilizarán datos del Censo de Población y Vivienda 2010, llevado a cabo por el INEGI y se refieren a los resultados correspondientes al Total de Viviendas Desocupadas, medidas a nivel del AGEB de estudio.

Es necesario establecer que el criterio de medición se refiere al número restante de viviendas del indicador precedente, y, por lo tanto, puede contener viviendas abandonadas y viviendas disponibles para ser habitadas a través de un proceso arrendatario o de venta. Sin embargo, lo que se pretende medir es el número de viviendas abandonadas, con el objetivo de reducir este número, de tal forma que la ocupación aspire al cien por ciento. Una ocupación casi total del parque de viviendas existentes en un tejido, promoverá un aprovechamiento óptimo de los servicios y las infraestructuras existentes en él.

En el modelo de indicadores de este trabajo, se considera como rango deseable un porcentaje entre el 10 y 5% de desocupación de las viviendas disponibles en el tejido.

36.- Viviendas con toma eléctrica

Se refiere al total de viviendas que tienen una toma eléctrica registrada ante el organismo encargado de brindar el servicio eléctrico, es decir, aquellas que tienen el servicio dentro del marco de la legalidad correspondiente para el territorio en el que se encuentre el tejido de estudio.

Los datos se obtienen de los censos de población y vivienda de cada país. Para el caso de México, se utilizarán datos del Censo de Población y Vivienda 2010, llevado a cabo por el INEGI y se refieren a los resultados a nivel del AGEB de estudio.

El objetivo mínimo del porcentaje de viviendas con toma eléctrica, es del 95%, aspirando a una cobertura total para los proyectos de reciclamiento que se lleven a cabo en el tejido de estudio.

37.- Viviendas con drenaje

Se refiere al total de viviendas que tienen una conexión con el sistema de drenaje municipal.

Los datos se obtienen de los censos de población y vivienda de cada país. Para el caso de México, se utilizarán datos del Censo de Población y Vivienda 2010, llevado a cabo por el INEGI y se refieren a los resultados a nivel del AGEB de estudio.

El objetivo mínimo del porcentaje de viviendas con drenaje, es del 95%, aspirando a una cobertura total para los proyectos de reciclamiento que se lleven a cabo en el tejido de estudio.

38.- Viviendas con toma de agua

Se refiere al total de viviendas que tienen una toma de agua registrada ante el organismo encargado de brindar este servicio en el territorio en el que se encuentre el tejido de estudio.

Los datos se obtienen de los censos de población y vivienda de cada país. Para el caso de México, se utilizarán datos del Censo de Población y Vivienda 2010, llevado a cabo por el INEGI y se refieren a los resultados a nivel del AGEB de estudio.

El objetivo mínimo del porcentaje de viviendas con toma de agua, es del 95%, aspirando a una cobertura total para los proyectos de reciclamiento que se lleven a cabo en el tejido de estudio.

Ámbito H2: Espacio Público

39.- Accesibilidad de vialidades

Se refiere al grado de accesibilidad de las calles en función del ancho de las banquetas y las pendientes de cada tramo. Su objetivo es reducir el número de barreras físicas que inciden en los desplazamientos de las personas con el fin de facilitar el acceso a los edificios, los servicios urbanos básicos y a los espacios públicos de estancia.

La accesibilidad de las vialidades se mide en función de su impacto en la movilidad peatonal y en la utilización y apropiación del espacio público por parte de los habitantes. El criterio de evaluación se basa en los requerimientos básicos de accesibilidad para las personas con movilidad reducida: el indicador pondera la accesibilidad de los tramos de la calle en función de la anchura de las banquetas y la pendiente del trazo, asumiendo que ambos atributos pueden limitar los desplazamientos de personas con movilidad reducida.

De acuerdo con la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (2012), una correcta accesibilidad influye en el reparto peatonal del espacio urbano, ya que la amplitud y la ergonomía del espacio reservado para el peatón también determina las proporciones de la vialidad y el aforo de las personas que la utilicen. En consecuencia, cuando mayor es el grado de accesibilidad, mayor es la cantidad de espacio urbano susceptible de ser convertido en espacio público de uso peatonal y de estancia.

La correcta accesibilidad también fomenta la seguridad vial y, por lo tanto, una movilidad con modos de transporte más ecológicos y respetuosos con el medio ambiente. Desplazarse a pie o mediante transportes no motorizados es más eficaz, seguro y menos contaminante, pero su implementación depende de la accesibilidad del trazo del espacio público.

Por último, un espacio público accesible para todos ayuda a crear un contexto urbano que favorezca la convivencia entre los grupos de ingresos, culturas y edades diferentes.

Las dimensiones mínimas de accesibilidad son: un ancho mayor o igual a 2.5 metros, pendiente longitudinal no mayor a 6% y transversal no mayor a 2%. Las dimensiones

óptimas son un ancho mayor o igual a 3.7 metros y una pendiente longitudinal de 6% y transversal de 2%. (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona)

El objetivo mínimo es el 90% de los tramos de calle con accesibilidad suficiente y el objetivo deseable es el 90% con accesibilidad óptima.

40.- Espacio vial destinado al peatón

El porcentaje de espacio vial destinado al peatón evalúa la ergonomía del espacio público en cuanto a la relación de la superficie destinada a usos para el peatón con respecto a la destinada para la movilidad motorizada (Rueda, 2012).

Se trata del porcentaje de espacio de calle destinado al peatón con relación al ancho total de la vialidad.

Su objetivo es crear recorridos peatonales amplios, seguros y sin fricción con el tránsito de vehículos motorizados y, al mismo tiempo, favorecer un espacio público que pueda recibir múltiples usos para la convivencia y la interacción entre personas.

Un buen espacio viario destinado al peatón ofrece los siguientes beneficios en la búsqueda de un tejido más habitable:

- un buen reparto de la vialidad para peatones potencializa los desplazamientos a pie.
- el aumento del espacio público para el ciudadano da lugar a la multifuncionalidad y representa un aumento importante en el grado de complejidad, lo que da cabida a distintas actividades, además permite crear recorridos peatonales en los cuales se desarrolla una amplia diversidad de usos y actividades.
- El espacio ganado al automóvil favorece la conectividad y la integración con el entorno y con la trama urbana. La habitabilidad aumenta cuando mayor es la superficie vial peatonal y de estancia, al favorecer un espacio urbano más seguro y atractivo. En este sentido, se potencializa la continuidad y la permeabilidad de la infraestructura verde.
- El aumento del espacio público no destinado al transporte motorizado posibilita la plantación de árboles de todo tipo. Favorece la aparición de nuevos parques, plazas y banquetas amplias. Además de reducir el ruido derivado del transporte motorizado.
- La disminución del uso del transporte motorizado ayuda a reducir las emisiones de agentes contaminantes, proporciona superficies para la captación de aguas pluviales. Se consigue un mejor aprovechamiento de los recursos metabólicos al promover los duelos y pavimentos permeables.

Ahora bien, el porcentaje de espacio vial destinado al peatón tiene que venir complementado por una correcta red de transporte público que permita la utilización del espacio vial para acercarse a las distintas paradas de transporte público para realizar desplazamientos que lo requieran.

Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno

41.- Índice de desarrollo humano

El índice de Desarrollo Humano (IDH) es un indicador sintético de los logros medios obtenidos en las dimensiones fundamentales del desarrollo humano: tener una vida larga y saludable, adquirir conocimientos y disfrutar de un nivel de vida digno (United Nations Development Programme, 2016).

El IDH simplifica y refleja solo una parte de lo que entraña el desarrollo humano, ya que no contempla las desigualdades, la pobreza, la seguridad humana ni el empoderamiento.

Para el 2011 el IDH de México fue de 0.756 (United Nations Development Programme, 2016), el IDH mínimo requerido para el análisis de los tejidos sería por lo menos igual al resultado nacional.

42.- Participación social en los procesos urbanos

El indicador mide la existencia de canales de participación definidos a través de los cuales sea posible incidir en los procesos urbanos. El objetivo es garantizar la influencia de los ciudadanos en las políticas urbanas (Rueda, 2012).

Una definición amplia de participación ciudadana implica la incorporación de la ciudadanía en categoría de actor necesario en los procesos de toma de decisiones para el desarrollo de las políticas públicas en cualquiera de sus fases: diagnóstico, diseño, implementación y evaluación. Los ámbitos a incidir se refieren a las políticas urbanas en todas sus dimensiones: transporte, espacio público, residuos, equipamientos, vivienda, etc.

La consideración de canal adecuado no radica en las características sino en su resultado, es decir, el peso de la participación en la forma definitiva de la ciudad.

Un proyecto de reciclamiento urbano requiere la colaboración estrecha entre administraciones, técnicos y ciudadanos para implementar políticas de sostenibilidad. La

incidencia de los ciudadanos en la implementación de una determinada política de sostenibilidad es una condición indispensable para que puedan hacerla suya, identificarse e implicarse en las acciones que conlleva y se multiplique su potencial transformador.

Las políticas urbanas fueron las primeras en incorporar la participación ciudadana en el ámbito local, sin embargo, su impacto en los procesos urbanísticos ha sido desigual.

En la definición de un proceso de participación no solo es necesario evaluar los elementos formales o procedimentales del canal de participación sino también su intencionalidad, es decir, el por qué y para qué de la participación, lo que constituye un aspecto clave en la influencia de la participación en las políticas urbanas.

Es necesario tener en cuenta que para que la participación tenga una incidencia comprobable, no es necesario que exista un canal, sino que este se puede crear a partir de la irrupción de la participación de forma no prevista en el proyecto. Existen numerosos procesos de reciclamiento urbano en los cuales no estaba prevista la participación y aun así el peso ciudadano fue determinante en la forma final del proyecto.

Sin embargo, la situación deseable es que la administración disponga de canales adecuados para que la participación ciudadana esté presente desde un inicio en el diagnóstico y no ligada a un proyecto concreto, sino a cualquier actuación que se produzca en el contexto de la ciudad. La administración deberá ser un agente facilitador y permitir la interacción ordenada entre los diferentes actores durante el proceso de participación.

43.- Instrumentos de gestión de los procesos urbanos a través del gobierno local

El indicador mide la existencia de un organismo de gestión municipal que reúna las condiciones para ocuparse de la implementación cotidiana de las políticas urbanas, de forma transparente y participativa.

El objetivo es garantizar una gestión transparente y participada de la ciudad, que integre la colaboración de todos los actores implicados: administración, ciudadanos y agentes económicos.

Promover agencias gestoras como instrumento específico para la implementación de las políticas urbanas, desde su concepción hasta su gestión, supone generar un marco en el que deberán tener voz todos los actores implicados. En él, las empresas prestadoras de servicios pasan por la administración municipal, acomodan su actividad a los objetivos marcados por las políticas urbanas y permite a la vez, incorporar la participación

ciudadana de manera continua en el tiempo y no solo en momentos puntuales o que impliquen cambios sustanciales.

Este tipo de organización transversal permitiría integrar intereses comunes y gestionar los desacuerdos derivados de la gestión cotidiana de las políticas urbanas, de manera abierta a los ciudadanos. Además, sería un elemento de sostenibilidad económica de la administración local, lo que permitiría contar con una situación financiera sólida y generar estabilidad a largo plazo. Ello supone una garantía para una prestación eficiente de los servicios urbanos que demandan los ciudadanos y que constituyen los elementos que definen la calidad de vida en la ciudad habitable y sostenible.

Un proyecto de reciclamiento de tejidos existentes requiere la colaboración estrecha entre administraciones, técnicos y ciudadanos para implementar las políticas de sostenibilidad. Una agencia gestora que incorpore a todos los actores, sobre la base del trabajo cotidiano que supone la implementación de las políticas urbanas de sostenibilidad, es un valioso instrumento para lograr este objetivo.

Este tipo de organismos puede desempeñar su gestión en campos muy variados de las políticas urbanas: gestión de la actividad urbanística, movilidad, recursos (energía, residuos, agua, servicios e infraestructura), espacio público y equipamiento, producción de alimentos de agricultura ecológica.

44.- Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos

El indicador se refiere a la existencia de organismos de coordinación inter e intra administrativa, que tengan en cuenta las diferentes escalas temporales de las políticas urbanas de sostenibilidad, cuyo objetivo es garantizar una gestión transparente de la ciudad que integre la colaboración de todas las administraciones implicadas en las políticas a corto y a largo plazo.

Promover organismos o plataformas de coordinación entre administraciones de distinto nivel que incorporen un enfoque territorial integrado. Previamente las administraciones deberán contar con mecanismos de integración de los diferentes departamentos de una misma administración que influyen sobre las políticas urbanas, para que su integración territorial pueda hacerse teniendo en cuenta todos los aspectos implicados.

La existencia de estos organismos permite afrontar con solvencia la planificación temporal de las políticas urbanas, ya que todos los niveles de la administración estarían presentes, lo que permitiría diseñar con coherencia las estrategias a largo plazo y las actuaciones más inmediatas.

45.- Grado de marginación.

La marginación es entendida como el conjunto de problemas (desventajas) sociales de una comunidad o localidad y hace referencia a grupos de personas y familias. El índice de marginación busca establecer un parámetro analítico que permita entender cuándo un sector de la sociedad se encuentra en una situación donde no están presentes las oportunidades para el desarrollo, ni la capacidad para encontrarlas. Este análisis otorga herramientas que permiten cuantificar la situación de las entidades, los municipios y las localidades, y las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB's) urbanas (CONAPO, 2010).

El objetivo será entonces, lograr un grado de marginación bajo en la totalidad de los tejidos urbanos a través de las intervenciones necesarias para que la ciudad sea más una herramienta que beneficie a sus habitantes, que un obstáculo que genere y aumente las desventajas sociales, físicas, económicas y ambientales que pesan sobre la población.

4.3 CUADRO RESUMEN DEL MODELO DE INDICADORES PARA EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS TEJIDOS EXISTENTES.

A continuación, se presenta el cuadro que condensa los indicadores para el análisis de la eficiencia de los tejidos y del sistema urbano y sus rangos mínimo y deseable, se acompaña por la normatividad en caso de existir alguna relacionada con el indicador, y se complementa con la propuesta de niveles para cada indicador a utilizar en proyectos de reciclamiento urbano.

4.3 CUADRO RESUMEN DEL MODELO DE INDICADORES PARA EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS TEJIDOS EXISTENTES.

Indicador	Nivel de análisis	Objetivo mínimo	Objetivo deseable	Resultado Actual								
EJE TRANSVERSAL E1 METABOLISMO URBANO												
Ámbito M1: Entrada de energía y recursos												
1	Consumo energético total por habitante al año	MUNICIPIO	5000 kWh/hab al año	Menos de 5000 kWh/hab al año	36,000 kWh/hab al año							
	Consumo energético por sector	MUNICIPIO			PETAJOULES							
	A) Consumo energético sector transporte	MUNICIPIO			29.01							
	B) Consumo energético sector industrial	MUNICIPIO			17.32							
	C) Consumo energético sector residencial	MUNICIPIO			9.76							
	D) Consumo energético sector comercial	MUNICIPIO			1.66							
	E) Consumo energético sector público	MUNICIPIO			0.37							
	Consumo total de agua	ZM			114.5 MILLONES DE M3/AÑO							
2	Consumo de agua per capita	ZM	200 lpd	menos de 120 lpd	170 lpd							
3	Autoproducción energética	ZM	25%	50%	0							
Ámbito M2: Transformación												
	Consumo de energía para la producción de insumos de la construcción	MUNICIPIO			4.38							
	A) Industria básica del acero	MUNICIPIO			2.14							
	B) Industria de la producción de cemento	MUNICIPIO			1.53							
	C) Industria de la producción de vidrio	MUNICIPIO			0.56							
	Consumo de energía para la industria de la construcción	MUNICIPIO			0.15							
Ámbito M3: Salida de desechos												
	Generación de residuos	MUNICIPIO										
	A) Volumen de basura total recolectada	MUNICIPIO			310,000 TON							
4	B) Volumen de basura recolectada per capita	MUNICIPIO	menos de 1.5 kg/hab/día	menos de 1.35 kg/hab/día	1.04							
5	C) Disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios	MUNICIPIO	80%	100%	100%							
6	Emissiones de gases de efecto invernadero	MUNICIPIO	menos de 5 tCO2 eq./hab al año		6.33							
Ámbito M4: Reciclamiento de recursos												
7	Volumen de basura reciclada	ZM	25%	más del 50%	1%							
8	Volumen de aguas residuales tratadas	ZM	40%	más del 60%	4%							
					CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL	CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL		
					PROPUESTA			NORMATIVIDAD				
Eje E2 COMPACIDAD					AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547	AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547		
9	Densidad de habitantes	AGEB	260 HAB/HA	350 HAB/HA	350	260	260	164	205	98		
10	Densidad de viviendas	AGEB	más de 75 viv/ha	MÁS DE 100 viv/ha	100	75	75	40	50	24		
11	Intensidad máxima de construcción	AGEB	5	5	5			2.1	2.1	1.8		
12	Compacidad absoluta	AGEB	más de 5 m en más del 50 % de la superficie de suelo urbano residencial	más de 5 m en más del 75 % de la superficie de suelo urbano residencial	5			NORMATIVIDAD INEXISTENTE				
13	Compacidad corregida		10-50 metros en más del 50% de la superficie del suelo urbano residencial	10-50 metros en más del 75% de la superficie del suelo urbano residencial	10-50 metros en más del 75% de la superficie del suelo urbano residencial							
14	Espacio de estancia por habitante	AGEB	más de 10 m2/hab	más de 20 m2/hab	20	30	20					
15	Proximidad a redes de transporte público	AGEB	más del 80% de la población con cobertura simultánea a 3 de las 4 redes consideradas	100% de la población con cobertura simultánea a 3 de las 4 redes consideradas	100% de la población con cobertura simultánea a 3 de las 4 redes consideradas							
16	Dotación de plazas de estacionamiento para vehículos fuera de las vialidades	AGEB	más del 80% de la demanda	más del 90% de la demanda	más del 80% de la demanda							
17	Espacio verde por habitante	AGEB	más de 10m2 por habitante	más de 12m2 por habitante		30	20				15	
18	Proximidad simultanea a espacios verdes	AGEB	100% de la población con cobertura a un mínimo de 3 categorías de espacio verde	100% de la población con cobertura a las 4 categorías de espacio verde	100% de la población con cobertura a las 4 categorías de espacio verde						NORMATIVIDAD INEXISTENTE	
19	Permeabilidad del suelo	AGEB	más del 20%		Mínimo el 30%			20%	30%	30%		

					CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL	CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL
					PROPUESTA			NORMATIVIDAD		
Eje E3 COMPLEJIDAD					AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547	AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547
20	Diversidad de unidades económicas	AGEB	más de 5 bits de información en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más de 5 bits de información en más del 80% de la superficie de suelo urbano residencial	5			NORMATIVIDAD INEXISTENTE		
21	Autocontención laboral	MUNICIPIO	50%	75%	75%					
22	Equilibrio entre la actividad y la residencia	AGEB	entre 20 y 40% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	entre 20 y 40% en más del 80% de la superficie de suelo urbano residencial	entre 20 y 40% en más del 80% de la superficie de suelo urbano residencial					
23	Proximidad a actividades comerciales de usos cotidiano	AGEB	más del 75% de población con cobertura simultánea a 6 o más actividades distintas de uso cotidiano	100% de población con cobertura simultánea a las 8 actividades de uso cotidiano	más del 75% de población con cobertura simultánea a 6 o más actividades distintas de uso cotidiano					
24	Dotación de equipamientos básicos	AGEB	más del 75%	100%	100%					
25	Proximidad simultánea a equipamientos básicos	AGEB	más del 75%	100%	100%					
26	Actividades y equipamientos densos en conocimiento	AGEB	más del 15% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más del 20% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más del 20% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial			NORMATIVIDAD INEXISTENTE		
27	Corredores verdes urbanos	AGEB	más de 5% de corredores verdes urbanos	más de 10% de corredores verdes	más de 10% de corredores verdes urbanos					
28	Cubiertas verdes	AGEB	más del 10% de la superficie en cubierta disponible		más del 10% de la superficie en cubierta disponible					
29	Reserva de espacios para la distribución de mercancías	AGEB	SÍ		SÍ					
30	Reserva de espacio para la infraestructura de servicios	AGEB	SÍ		SÍ					
31	Vivienda productiva	AGEB	más de 25%	más de 35%	más de 35%					
32	Producción de energías renovables	AGEB	25%	50%	50%					
33	Producción local de alimentos básicos	AGEB	SÍ		SÍ					
EJE E4 HABITABILIDAD					CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL	CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL
Ámbito H1: Vivienda					PROPUESTA			NORMATIVIDAD		
					AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547	AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547
34	Vivienda particular habitada	AGEB	90%	95%	95%			NO APLICA		
35	Parque de vivienda vacante	AGEB	10%	5%	5%					
36	Viviendas con toma eléctrica	AGEB	95%	100%	100%					
37	Viviendas con drenaje	AGEB	95%	100%	100%					
38	Viviendas con toma de agua	AGEB	95%	100%	100%					
Ámbito H2: Espacio público										
39	Accesibilidad de vialidades	AGEB	más de 90% de tramos de calle con accesibilidad suficiente	más de 90% de tramos de calle con accesibilidad óptima	más de 90% de tramos de calle con accesibilidad óptima			NORMATIVIDAD INEXISTENTE		
40	Espacio vial destinado al peatón	AGEB	más del 60% del espacio vial destinado al peatón en más del 50% de los tramos de calle	más del 60% del espacio vial destinado al peatón en más del 75% de los tramos de calle	más del 60% del espacio vial destinado al peatón en más del 75% de los tramos de calle					
Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno										
41	Índice de desarrollo humano	ZM	ALTO		MÍNIMO 0.849 / ALTO			N/D		
42	Participación social en los procesos urbanos	ZM	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ		
43	Instrumentos de gestión transversal de los procesos urbanos a través del gobierno local	ZM	SÍ	SÍ						
44	Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos	ZM	SÍ	SÍ						
45	Grado de Marginación	ZM	Bajo	Muy Bajo	BAJO			N/D		

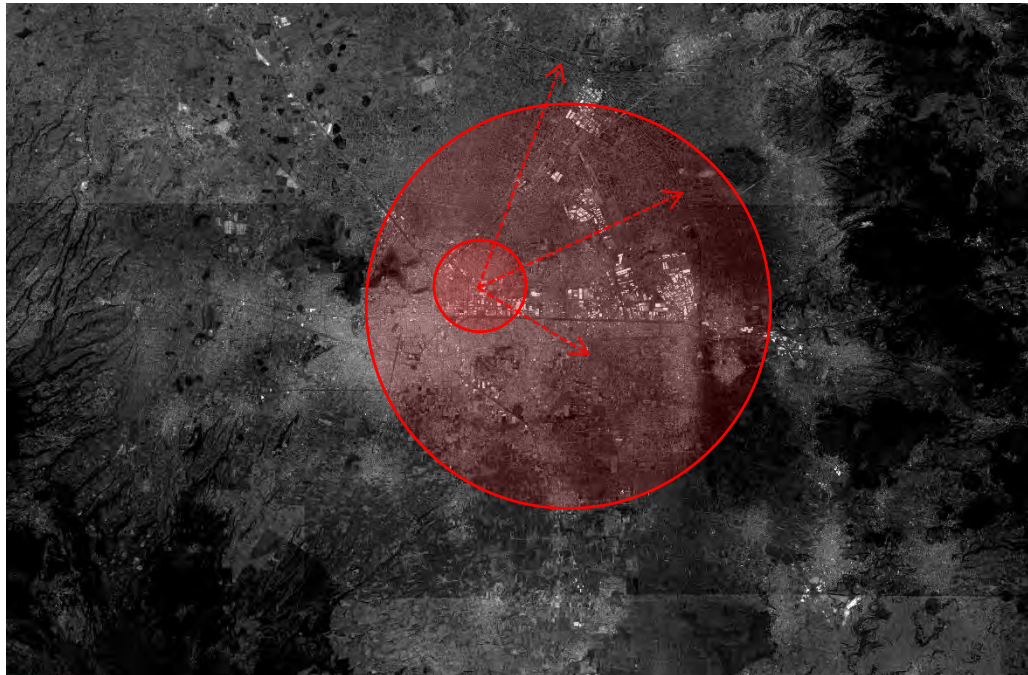
CAPÍTULO 5

CASO DE ESTUDIO: EL ECOSISTEMA URBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

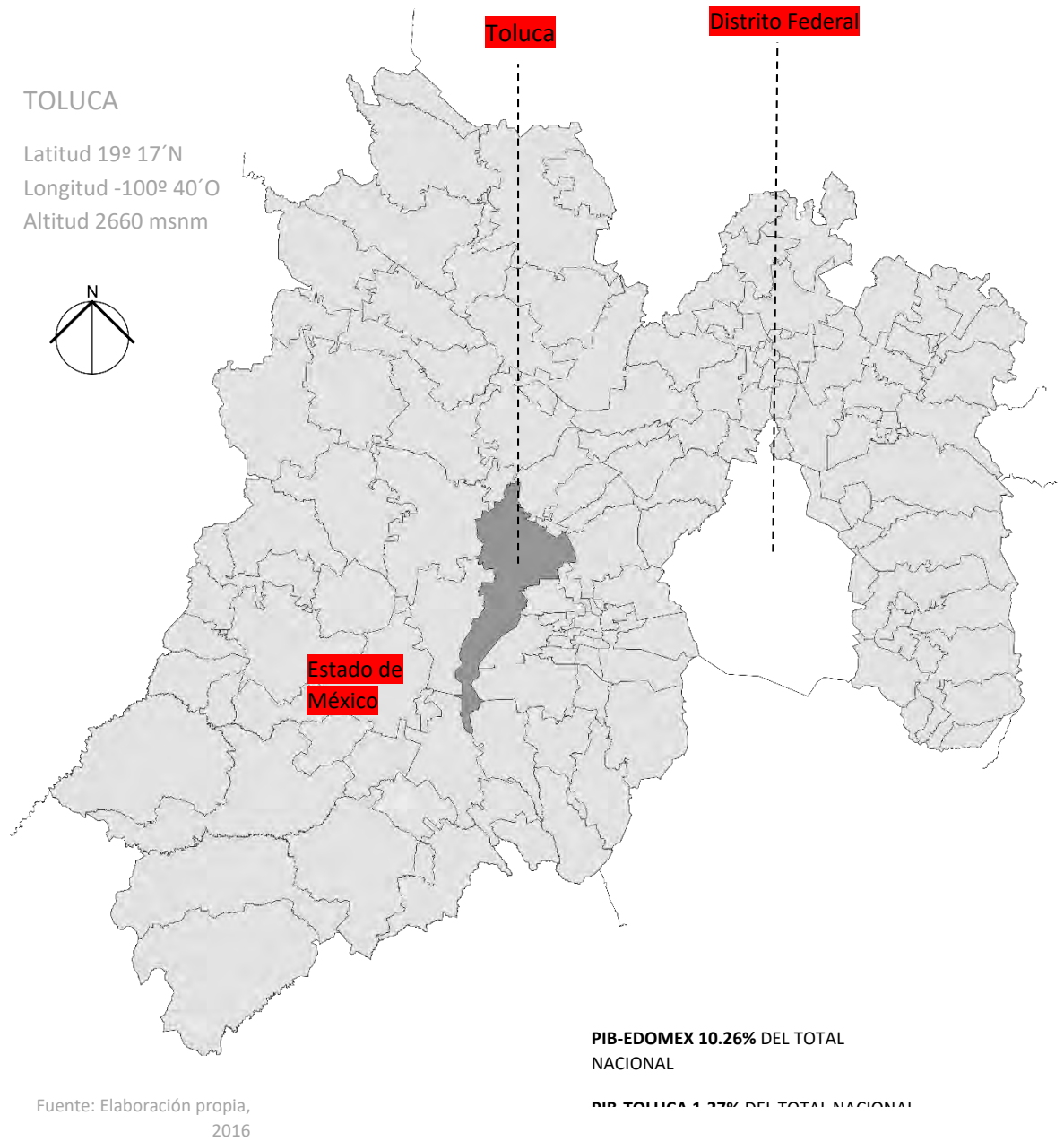
Como caso de estudio para la medición de la eficiencia del Metabolismo Urbano en las ciudades latinoamericanas, se ha propuesto el Sistema Urbano de la Ciudad de Toluca en el Estado de México, México. La selección del caso de estudio ha sido a partir de los siguientes criterios fundamentales: Se buscaba una ciudad intermedia (más de un millón de habitantes) y en proceso de desindustrialización, que presentara procesos de transición hacia la terciarización de sus funciones, así como un crecimiento expansivo hacia la conurbación con municipios o ciudades cercanas. Esto con el objetivo de revisar las condiciones en las que se encuentran el sistema y los tejidos urbanos, para los procesos de cambios en sus funciones que la dinámica social les demanda, además de indagar sobre las condiciones que presentan los tejidos centrales comparados con aquellos que se encuentran en territorios parcialmente consolidados e incluso con aquellos en los que se presenta la urbanización dispersa. En este sentido, consideramos que la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, como parte del grupo de 59 Zonas Metropolitanas de México (CONAPO, 2010), con una historia importante como ciudad industrial y con una expansión de su territorio durante las últimas cuatro décadas, es un sistema que merece ser analizado como parte de las acciones para promover el reciclamiento de sus tejidos, aumentando así la eficiencia en el uso de energía y recursos.

Imagen satelital de la ZMVT, donde se observa la urbanización dispersa y el crecimiento de la mancha urbana en baja densidad y en radios de expansión de hasta 20 kilómetros desde el centro fundacional de la

Fuente:
Elaboración propia sobre imagen de Google Earth, 2016



5.1- PANORAMA GENERAL DEL CRECIMIENTO EXPANSIVO Y DEL METABOLISMO URBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA.



5.1.1 Expansión territorial de la Zona Metropolitana de Toluca

Como parte de esta investigación, es importante dar un panorama general de la forma en la que la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (Sistema Urbano), se ha expandido, aumentando su huella y su población. Para esto tomaremos como periodo de análisis, las dos últimas décadas del siglo XX y la primera década del siglo XXI, ya que hasta los años 80 del siglo pasado, las ciudades mexicanas habían mantenido un crecimiento moderado en su expansión, la cual, llegada la octava década del siglo pasado, sufrió una explosión que se hizo evidente en las ciudades medianas y grandes, siendo Toluca un ejemplo destacable.

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca, publicado en el 2013, en el apartado 2.2.1 Aspectos Demográficos, el proceso de metropolización se comienza a presentar en la década de 1970 con el municipio de Metepec, pero es a partir de la década de 1980 cuando el proceso se consolida con la integración del municipio de Zinacantepec. A este conjunto de tres municipios se sumarían durante la próxima década los de Lerma, San Mateo Atenco, Ocoyoacac, Xonacatlán, Almoloya de Juárez y Otzoltepec. Este proceso de conurbación resultó en un aumento de población, siendo la década de 1990-2000 la de mayor crecimiento, pasando de 487,612 habitantes en 1990 a 666,596 habitantes en el año⁸ 2000.

Es necesario destacar que, a pesar del evidente crecimiento territorial de la ZMVT, la población no ha crecido de manera correspondiente, ya que, si analizamos el periodo de estudio, observaremos una disminución paulatina en la Tasa de Crecimiento (poblacional) Medio Anual⁹ desde 1970 hasta el 2010, con una intensa disminución en la primera década del siglo XXI, cuando pasó del 3.17% al 2.08% (PMDU Toluca, 2013).

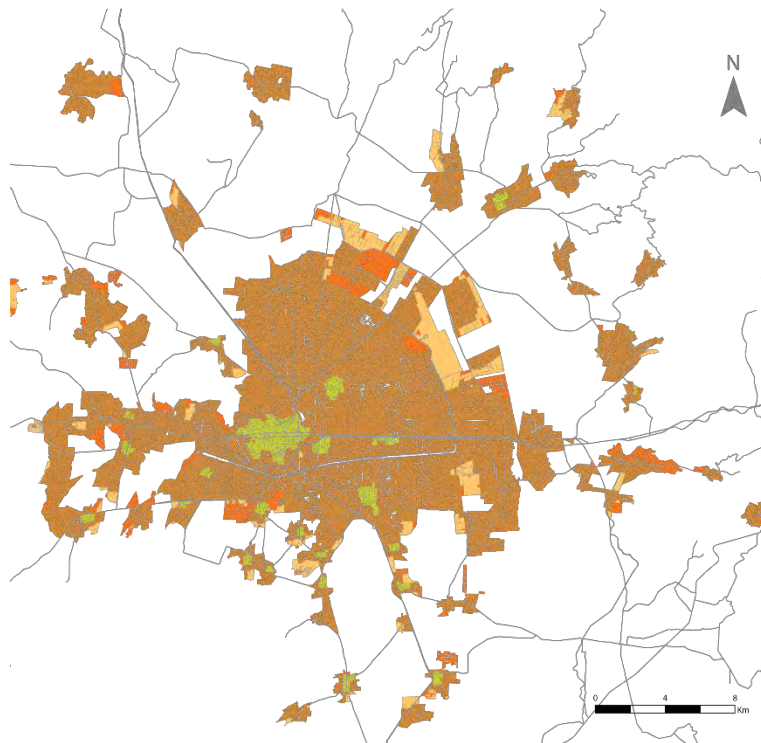
Las líneas anteriores se pueden reducir, para efectos de este trabajo, en un crecimiento poblacional de 3.41 veces y un crecimiento territorial de 26.9 veces dentro del periodo comprendido entre los años 1980 y 2010. Confirmando el crecimiento expansivo de gran escala, incongruente con un crecimiento poblacional bajo, mostrando un despilfarro en la utilización del suelo, así como una explotación intensa de recursos para este fin.

⁸ Censos Generales de Población y Vivienda 1970-2010 INEGI

⁹ Índice que expresa el crecimiento o decrecimiento de la población durante un periodo determinado.

Esquema: Expansión urbana de la ZMVT, 2012

ZM de Toluca



Fuente:
SEDESOL, 2012

Incrementos de población y superficie

Año	Población	Superficie* Hectáreas
1980	568,004	1,309
2000	1,540,452	29,928
2005	1,710,766	32,456
2010	1,936,126	35,2083

Incremento en el periodo 1980-2010

3.41 veces 26.90 veces

*Incluye únicamente manzanas

Superficie, población y densidad





Superficie bruta* (Ha)	40,307
Densidad población (hab/Ha)	38.13
Densidad viviendas (viv/Ha)	8.92


*Incluye vialidades y espacios abiertos

Además de acercarnos a la dinámica de crecimiento de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, es necesario observar los patrones de ocupación en el suelo del territorio de estudio, ya que como se mencionó, consideramos que este proceso ha sido muy poco eficiente.

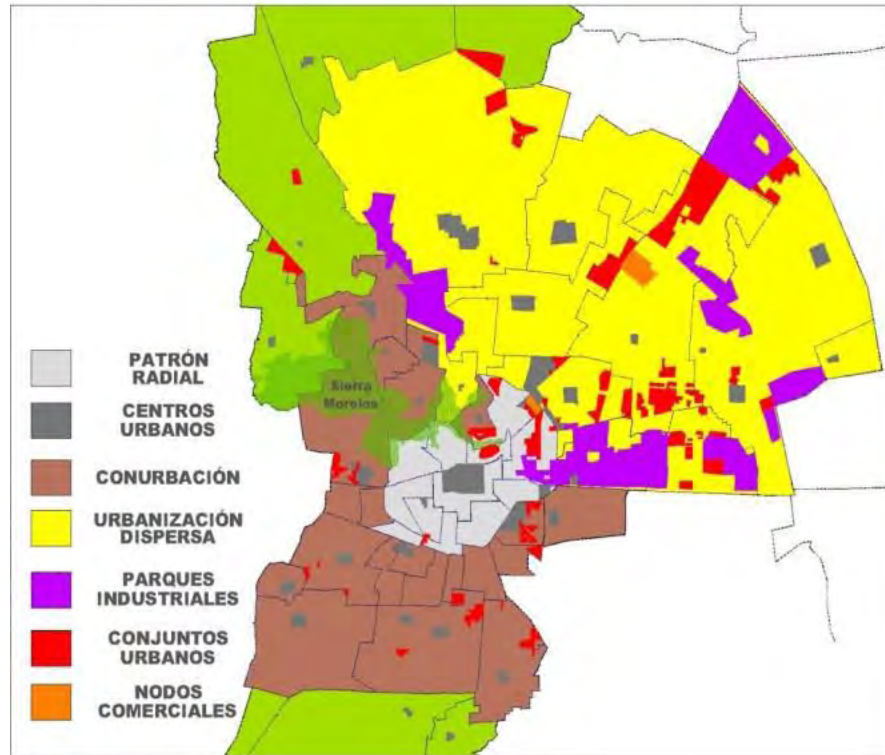
La estructura urbana de la ZMVT es producto del desarrollo de vialidades regionales y de las conexiones entre ellas, principalmente en forma de anillos concéntricos, los cuales han derivado en dos condiciones de urbanización para el territorio de la ZMVT, una continua y concentrada al sur y centro, pero de baja densidad y otra discontinua y dispersa al norte y norponiente de aún menor densidad, representando esta última una problemática para la dotación de servicios. Los patrones de ocupación del suelo que el PMDU Toluca observa son los siguientes:

Cuadro: Patrones de ocupación del suelo en la ZMVT, 2012

Patrón	Características	Esquema
Radial	Ocupación con usos urbanos a lo largo de las vías principales de acceso a la ciudad que convergen en el área central de Toluca. Patrón favorecido por las obras de infraestructura y equipamiento regional.	
Conurbación	Integración física del área urbana central con los pueblos rurales que la circundaban y que fueron absorbidos, cuyo resultado ha sido la integración de formas urbanas, en algunos casos sin estructuración. El fenómeno de conurbación ha rebasado en algunos casos los límites municipales integrando el área urbana de otros municipios, siendo Metepec el caso más representativo.	
Urbanización hormiga/dispersa	Ocurre en las periferias de las diversas localidades del Municipio y en los espacios intersticiales entre las vialidades ocupadas. En cada predio o parcela se construyen viviendas con muy alta dispersión y en general de manera irregular. Se estima una muy baja densidad existente de entre 10 a 14 viviendas. /ha.	
Conjuntos urbanos	Oferta de vivienda de tipo popular, interés social, medio o residencial, los cuales los promueven, producen y comercializan los desarrolladores (agentes privados dedicados a la vivienda). Éste patrón de ocupación ha sido recurrente también en los municipios colindantes, lo que ha contribuido a generar una población flotante, en donde la gente trabaja en el Municipio de Toluca, pero habita fuera de él.	

<p>Parques industriales</p>	<p>Proceso que se ha desarrollado a manera de núcleos concentradores. Aun cuando se haya detenido su promoción por más de una década, es una estructura de ocupación del territorio que debe ser preferente por sobre la ocupación lineal, ya que la concentración de industrias genera una economía de aglomeración en la cual las industrias y el Municipio reducen gastos, principalmente en la dotación de infraestructura y servicios, situación poco posible en el caso de una ocupación lineal.</p> <p>Los núcleos concentradores de industrias también sugieren mayor posibilidad de reducir la contaminación, ya que en estos casos las industrias pueden implementar esquemas de gastos compartidos (que reducen tanto gastos corrientes, como de inversión) para atender aspectos como: la construcción de plantas de tratamiento para sus aguas residuales o la contratación de empresas para el correcto manejo y disposición final de sus desechos, entre otras.</p>	
<p>Nodos comerciales</p>	<p>Son operaciones donde las grandes cadenas buscan localizaciones preferentemente en nodos viales o carreteros a una distancia no peatonal de los centros de población, en búsqueda de captar los mayores flujos automotores. Uno de los problemas es que producen actividades urbanas complementarias y generan mayores desplazamientos y flujos, desalentando el comercio local.</p>	
<p>Centros urbanos</p>	<p>Son los centros en los que originalmente se asentó la población y a partir de los cuales se dio el crecimiento urbano, pero que conservan aún elementos de la traza e imagen urbana tradicionales. Estos elementos históricos deberán conservarse</p>	

Fuente: PMDU Toluca 2013 a partir de análisis de campo y fotos satelitales.

ESQUEMA: Patrones de ocupación del suelo en la ZMVT, 2012

Fuente: PMDU Toluca 2013 a partir de análisis de campo y fotos satelitales.

El esquema que se presenta sobre estas líneas nos muestra la distribución territorial de los siete patrones principales de ocupación del suelo en la ZMVT, es importante observar la presencia dominante de la urbanización dispersa en el norte y nororiente del centro de Toluca¹⁰, este patrón de ocupación se ha visto promovido por la ocupación del suelo a partir de los parques industriales y los conjuntos urbanos (los cuales se construyen en ubicaciones muy dispersas y fragmentadas), ya que a partir de la construcción de estos últimos, la urbanización dispersa se desarrolla en los espacios residuales. Este proceso resulta en una gran extensión del territorio con carencias en servicios, ya que se ha desarrollado en zonas ejidales que no han sido consideradas para su urbanización, pero que dentro de los planes municipales se registran como zonas urbanizables, promoviendo así, aunque de manera indirecta, la réplica de este proceso y sus desventajas en otras zonas del territorio.

¹⁰ Debido a que la ciudad de Toluca se encuentra rodeada por zonas ejidales, se ha promovido el crecimiento urbano hacia estos sectores, con los problemas de dispersión, fragmentación y falta de regularización que ello conlleva.

5.1.2 Metabolismo Urbano de la Ciudad de Toluca

Una vez presentado el panorama general de la expansión y ocupación del suelo en sistema urbano de estudio, procederemos al acercamiento a los componentes básicos del Metabolismo¹¹ de la Ciudad de Toluca, de esta forma comprenderemos mejor la manera en que las redes (a través de la infraestructura) y flujos se desarrollan en el ámbito físico del territorio.

Los ámbitos que se presentarán en este análisis del metabolismo del sistema urbano de la ciudad de Toluca, se organizan en dos elementos básicos, Flujos e Infraestructura, los cuales están compuestos de la siguiente manera:

Infraestructura	Flujos
Suelo (superficie)	Población
Vialidades	Economía
Vivienda	Energía
Equipamiento	Residuos
Energía	Agua
Infraestructura Verde	

Siguiendo esta clasificación, observaremos que la infraestructura es el soporte en el cual se desarrollan y sobre el cual se desplazan los flujos, siendo necesario una continuidad¹² de la primera para una mayor eficiencia de los segundos.

¹¹ Es importante recordar que el Metabolismo Urbano en este trabajo es concebido como el conjunto de flujos, redes e infraestructuras que mantienen en funcionamiento al sistema urbano.

¹² Además de la continuidad, es necesario analizar la capacidad de carga de cada una de esas redes, considerando su adaptabilidad a las nuevas demandas del tejido urbano.

5.1.2.1 INFRAESTRUCTURA

SUPERFICIE TOTAL

ZM DE TOLUCA	2020 km²
MUNICIPIO DE TOLUCA	452 km²

SUPERFICIE URBANA

ZM DE TOLUCA	403 km²
MUNICIPIO DE TOLUCA	182 km²

La superficie urbana se refiere a la cantidad de kilómetros cuadrados en los que se desarrolla la urbanización. Se trata del territorio que se encuentra dentro de los límites de la ciudad desarrollada o en proceso de desarrollo. La diferencia entre la superficie total y la superficie urbana nos ofrece la cantidad de territorio natural que existe en una extensión determinada.

En este caso, esta diferencia, nos muestra la cantidad de territorio natural que se puede aún conservar si el proceso de reciclaje urbano es capaz de detener el crecimiento de los límites de la mancha urbana en favor de un crecimiento compacto en la centralidad de la ciudad.

En lo que respecta a la superficie de terreno natural que aún se puede conservar como área para usos distintos al urbano, obtuvimos los siguientes resultados:

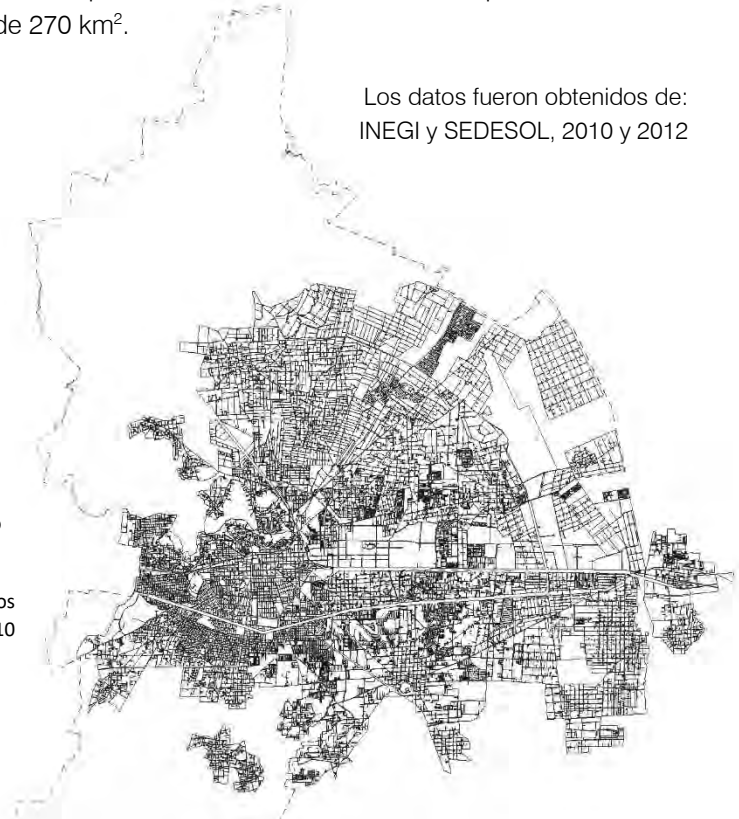
La zona metropolitana de Toluca puede aún conservar 1617km² de territorio natural mientras que, para los datos correspondientes al territorio del municipio de Toluca, la extensión de área natural es de 270 km².

Los datos fueron obtenidos de:
INEGI y SEDESOL, 2010 y 2012

SUPERFICIE URBANA

Correspondiente a los territorios conurbados de los municipios de Toluca, Metepec, Lerma y San Mateo Atenco

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2010



VIALIDADES

ZM DE TOLUCA	5770 km
MUNICIPIO DE TOLUCA	N/D

El dato referente a la cantidad de kilómetros destinados a las vialidades incluye las calles y avenidas dentro de los límites de la ciudad, incluye también lo correspondiente a las carreteras y autopistas que se desenvuelven dentro del territorio de la zona metropolitana de Toluca.

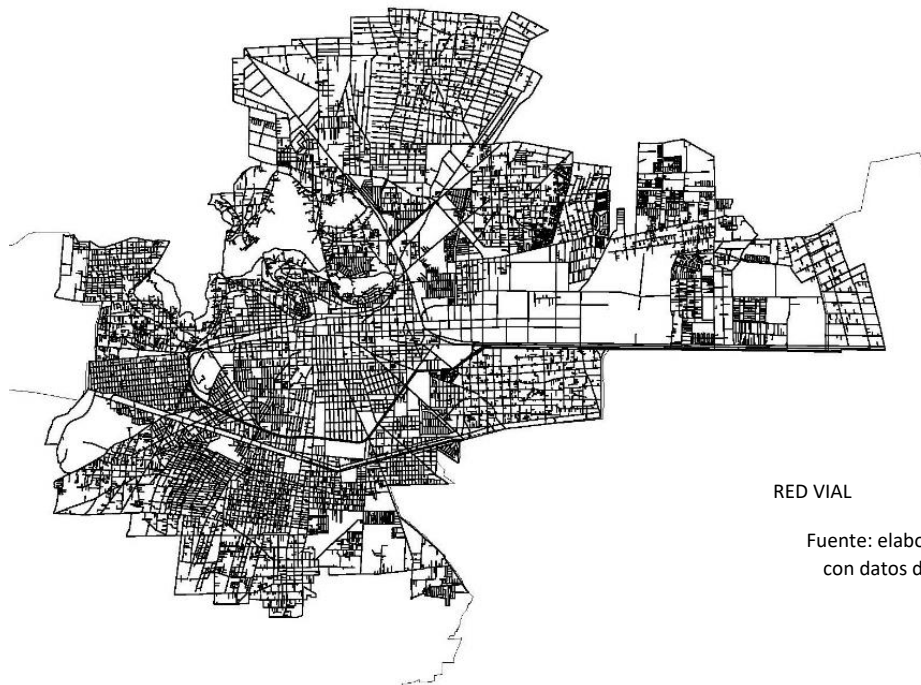
Los datos fueron obtenidos de:
INEGI (2010) y SEDESOL (2012)

VIALIDADES per capita

ZM DE TOLUCA	3.12 m/hab.
MUNICIPIO DE TOLUCA	N/D

La cantidad de vialidad per cápita es un dato que nos proporciona la intensidad de vialidades en un territorio. De manera general, entre más metros per cápita se destinen a las vialidades, mayor será la importancia del uso del automóvil en el territorio, es decir, podríamos inferir la priorización del uso del automóvil sobre el espacio público, residencial o de otros usos, influyendo en la generación de mayores recorridos y la consecuente generación de residuos.

Los datos fueron obtenidos de:
INEGI (2010) y SEDESOL (2012)



VIVIENDA

VIVIENDAS TOTALES

ZM DE TOLUCA 524,549 viviendas

MUNICIPIO DE TOLUCA 238,047 viviendas

VIVIENDAS DESHABITADAS

ZM DE TOLUCA N/D

MUNICIPIO DE TOLUCA 28,693 viviendas (12% DEL TOTAL)

DENSIDAD DE VIVIENDAS

ZM DE TOLUCA 2.6 viviendas / hectárea

MUNICIPIO DE TOLUCA 5.3 viviendas / hectárea

DENSIDAD DE OCUPACIÓN

ZM DE TOLUCA 3.5 habitantes / vivienda

MUNICIPIO DE TOLUCA 3.4 habitantes / vivienda

INDICE DE HACINAMIENTO

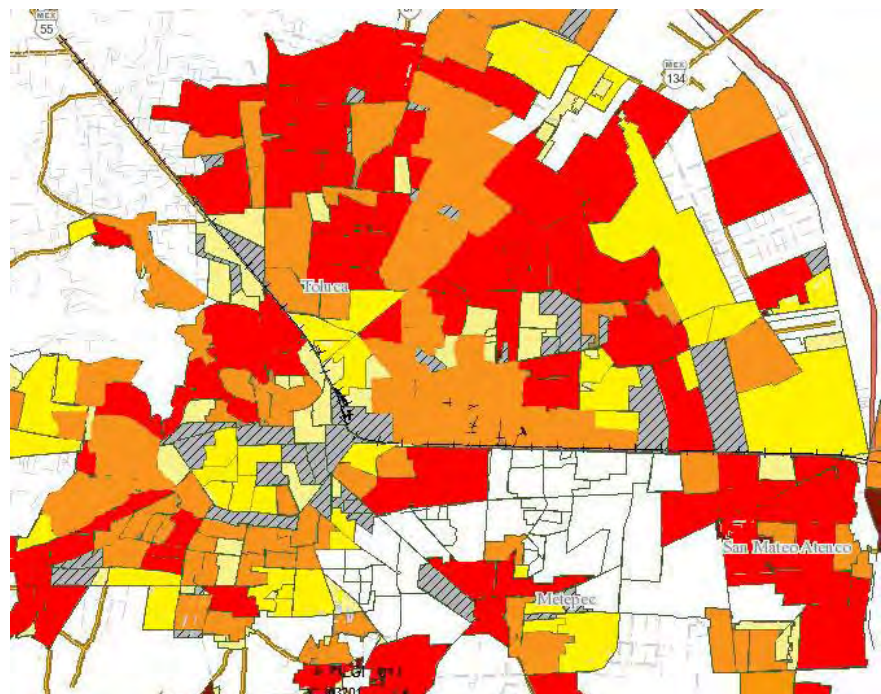
Intensidad de ocurrencia de viviendas con más de tres ocupantes por habitación. Este dato está directamente relacionado con el nivel de marginación (Indicador # 45). Los mayores índices de marginación se dan en la periferia de la ciudad, como lo muestra esta imagen. Esta situación presenta, además, una paradoja: donde más dispersión existe, el hacinamiento es mayor.

Fuente: Mapa Digital de México, INEGI, 2016

SIMBOLOGÍA

INDICE DE HACINAMIENTO

ALTO	■
MEDIO	■
BAJO	■





EQUIPAMIENTO

Dentro del territorio del municipio de Toluca, el 7.3% (1296 ha) de la superficie está destinada para usos relacionados con el equipamiento. Pero es importante analizar de forma general la distribución de estas superficies, ya que la mayoría de los equipamientos regionales se encuentran concentrados en el territorio dentro del anillo central de crecimiento de Toluca. De acuerdo a la clasificación de SEDESOL, los equipamientos con los que cuenta la ciudad son:

- Educación: 1163 equipamientos
- Cultura: 67 equipamientos
- Recreación y deporte: 232 equipamientos
- Salud: 105 equipamientos
- Comercio y Abasto: 7 mercados en servicio y uno abandonado, 1 Central de Abastos (regional)
- Transporte y comunicación: Terminal de autobuses, terminal intermodal de carga y aeropuerto internacional.
- Administración: equipamientos administrativos a nivel regional y en algunos casos estatal y federal en materia hacendaria, electoral, educación y administración de justicia.

A pesar de contar con equipamientos a nivel regional, la ciudad tiene un grave déficit de dotación de equipamientos en la zona norte de la ciudad, hacia donde se ha expandido la mancha urbana siguiendo un patrón disperso. Los conjuntos habitacionales que han promovido el crecimiento disperso de la ciudad, acentúan la escasez de equipamientos, ya que estas grandes concentraciones de población no cuentan con espacios destinados a estos usos.

Además, es importante destacar que el equipamiento se ha concentrado en nodos o corredores monofuncionales, sobre todo en los ámbitos de comercio y abasto, cultura y transporte, promoviendo el crecimiento disperso y desarticulado, ya que este tipo de desarrollos se encuentran alejados del centro de la ciudad, donde el terreno tiene costos mucho más bajos que permiten un mayor margen de ganancia a los inversionistas, dejando de lado los beneficios para la población.



INFRAESTRUCTURA VERDE

El municipio de Toluca cuenta con 232 equipamientos clasificados dentro del ámbito de recreación y deporte, los cuales conforman la infraestructura verde de la ciudad. Este número de equipamientos, a pesar de ser denominados por el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca (2013) como la “red” de espacios abiertos, se encuentran totalmente desarticulados.

Además de un grave problema de desarticulación, es importante mencionar que la infraestructura verde con la que cuenta la ciudad, se encuentra concentrada en el territorio que tenía la ciudad hasta la octava década del siglo XX, mostrando la falta de inversión en este ámbito en los últimos cuarenta años.

La infraestructura verde del municipio de Toluca se compone por 16 parques recreativos (327 ha), 3 parques estatales (267 ha), 59 jardines recreativos (16 ha) y 112 área verdes (37 ha). A estos espacios podemos añadir, los denominados “paseos” (20ha), numerosas plazas, que podrían funcionar como corredores verdes urbanos, sin embargo, la falta de articulación de la infraestructura verde a este tipo de corredores no permite un funcionamiento continuo de los espacios abiertos.

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca (2013), informa acerca de la subutilización de los espacios verdes en el municipio de Toluca, a causa de las malas condiciones físicas de este tipo de espacios, a lo cual podríamos añadir, la falta de una articulación con las vialidades, lo que impacta directamente en la accesibilidad y proximidad de la infraestructura verde.

5.1.2.2 FLUJOS

POBLACIÓN

ZM DE TOLUCA	1,846,116 hab.
MUNICIPIO DE TOLUCA	819,561 hab.

DENSIDAD URBANA

ZM DE TOLUCA	4581 hab/km ²
MUNICIPIO DE TOLUCA	4503 hab/km ²
ZM DE TOLUCA	64.8 hab./ha
MUNICIPIO DE TOLUCA	72.3 hab./ha

La densidad urbana nos muestra la relación entre la superficie destinada a la urbanización y la cantidad de habitantes totales con los que cuenta el territorio.

De esta manera podemos obtener un dato que se refiere a la concentración de población en territorio con características urbanas, el cual será un parámetro de evaluación para la compacidad y la habitabilidad.

Los datos fueron obtenidos de:
INEGI y SEDESOL, 2010

DENSIDAD DE POBLACIÓN

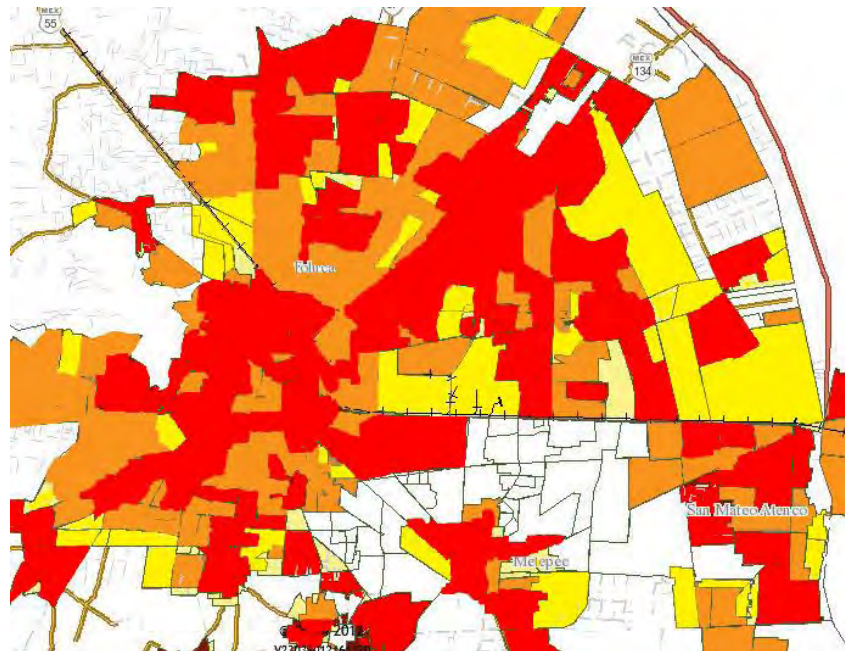
La imagen desagregada en AGEB permite observar numerosos territorios con baja densidad de población, sobre todo en áreas cercanas a los parques industriales y al aeropuerto, donde la ocupación dispersa es más evidente.

Fuente: Mapa Digital de México, INEGI, 2016

SIMBOLOGÍA

DENSIDAD DE POBLACIÓN

ALTA	
MEDIA	
BAJA	



PIB (Producto Interno Bruto)

ZM DE TOLUCA **\$ 321,310** millones de pesos

MUNICIPIO DE TOLUCA **\$ 218,633** millones de pesos

El PIB (Producto Interno Bruto) es una medida de la producción total de un país. Es el valor de mercado anual de los bienes producidos y los servicios ofrecidos dentro de los límites del país.

La Zona Metropolitana de Toluca representa una participación del 1.27% del PIB total nacional.

Este dato es fundamental para nuestro estudio ya que a partir de asumir que el gasto energético está directamente relacionado con el PIB, obtendremos los valores correspondientes al gasto energético y por consecuencia las emisiones de gases de efecto invernadero correspondientes a la Zona Metropolitana de Toluca.

Los datos fueron obtenidos del
Sistema de Cuentas Nacionales de México 2011 SCNM-INEGI

PIB *per capita*

ZM DE TOLUCA **\$ 174,046** pesos

MUNICIPIO DE TOLUCA **\$ 266,768** pesos

EL PIB (Producto Interno Bruto) *per capita* es una manera general de medir la riqueza de la población.

Para obtener este dato fue necesario obtener primero la participación de la ZM de Toluca y del municipio de Toluca en el PIB nacional, una vez obtenidos estos datos se dividieron entre los habitantes de cada nivel de análisis. Estos datos son únicamente para darnos una idea de la cantidad de producción económica que representa los territorios analizados como conjunto urbano, pero en ningún caso son cercanos a la verdadera medida de ingresos económicos de la población.

Los datos fueron obtenidos del
Sistema de Cuentas Nacionales de México 2011 SCNM-INEGI

PEA (Población Económicamente Activa)

ZM DE TOLUCA	736,233 personas
MUNICIPIO DE TOLUCA	338,926 personas
ZM DE TOLUCA	39% de la población
MUNICIPIO DE TOLUCA	41% de la población

UNIDADES ECONÓMICAS

ZM DE TOLUCA	N/D
MUNICIPIO DE TOLUCA	32,994 UE

POBLACIÓN OCUPADA RESIDENTE EN EL MUNICIPIO

- 86.3% trabaja en el municipio
- 7.3% trabaja en municipios centrales
- 6.4% trabaja en otros municipios

POBLACIÓN OCUPADA EMPLEADA EN EL MUNICIPIO

- 66.5% reside en el municipio
- 20% reside en municipios centrales
- 13.5% reside en otros municipios

La población económicamente activa es un dato de interés para el metabolismo de la ciudad principalmente porque representa el volumen de población que de alguna manera se desplaza diariamente desde su hogar hacia su lugar de trabajo.

El total de la población económicamente activa se relaciona directamente con la cantidad de Unidades Económicas, este indicador representa la cantidad de entidades que tienen la posibilidad de contratar población, en este sentido, las unidades económicas son el destino diario al que la población se dirige a realizar sus actividades laborales.

Por último, los datos referentes a la población ocupada residente en el municipio y la población ocupada empleada en el municipio, nos permiten visualizar la cantidad de población que para dirigirse a sus lugares de trabajo tiene que desplazarse desde y hacia fuera de los límites del municipio, ya sea a municipios centrales o incluso a otros municipios, así mismo nos indica el volumen de población que se mueve diariamente al interior de la ciudad de Toluca.

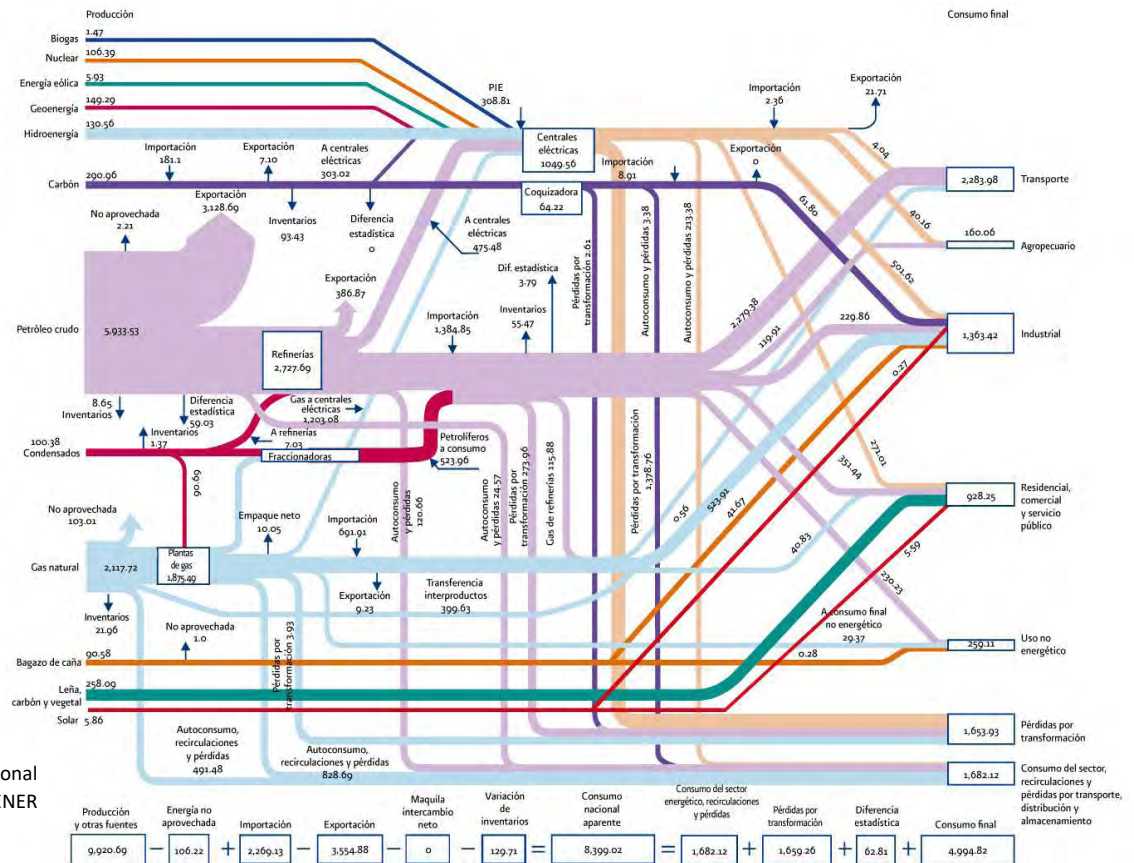
Los datos fueron obtenidos de:
Sistema de Cuentas Nacionales de México SCNM-INEGI, 2011

CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (2011)

NACIONAL **8399** Petajoules¹³
 MUNICIPIO DE TOLUCA **106.67** Petajoules/ 2.6×10^{10} kWh
 MUNICIPIO DE TOLUCA **36,174** kWh/año/hab.

El consumo total de energía nos ofrece un panorama de la cantidad de energía que el territorio ha utilizado para su construcción, mantenimiento y crecimiento, si consideramos que la energía utilizada para la extracción de los materiales básicos de construcción (acero, cemento y vidrio) y para el proceso constructivo particularmente representa una proporción considerable del total de energía consumida por el país, podemos sugerir que una optimización del consumo de energía en la construcción a través del uso eficiente del territorio construido en favor de la reducción de materiales y energía utilizados en la extensión de las ciudades, puede tener un efecto favorable en la optimización de la utilización de energía total del país.

Los datos fueron obtenidos de:
 Balance Nacional de Energía – SENER, 2011



Fuente: Balance Nacional de Energía, 2011, SENER

¹³ 1 Petajoule es equivalente a 2.77×10^8 kWh

CONSUMO DE ENERGÍA (2011) (en Petajoules)

Sector	Nacional	Municipio Toluca	kWh
Transporte	2283.98	29.01	8.05 x 10 ⁹
Industria	1363.42	17.32	4.81 x 10 ⁹
Residencial	768.69	9.76	2.71 x 10 ⁹
Comercial	130.44	1.66	4.61 x 10 ⁸
Público	29.12	0.37	1.02 x 10 ⁸

CONSUMO DE ENERGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN (2011)

(en Petajoules)

SUB-Sector	Nacional	Municipio Toluca	kWh
Producción básica de acero	168.97	2.14	5.94 x 10 ⁸
Producción de cemento	120.47	1.53	4.25 x 10 ⁸
Producción de vidrio	44.32	0.56	1.55 x 10 ⁸
Industria de la construcción	11.61	0.15	4.16 x 10 ⁷

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR (2011)

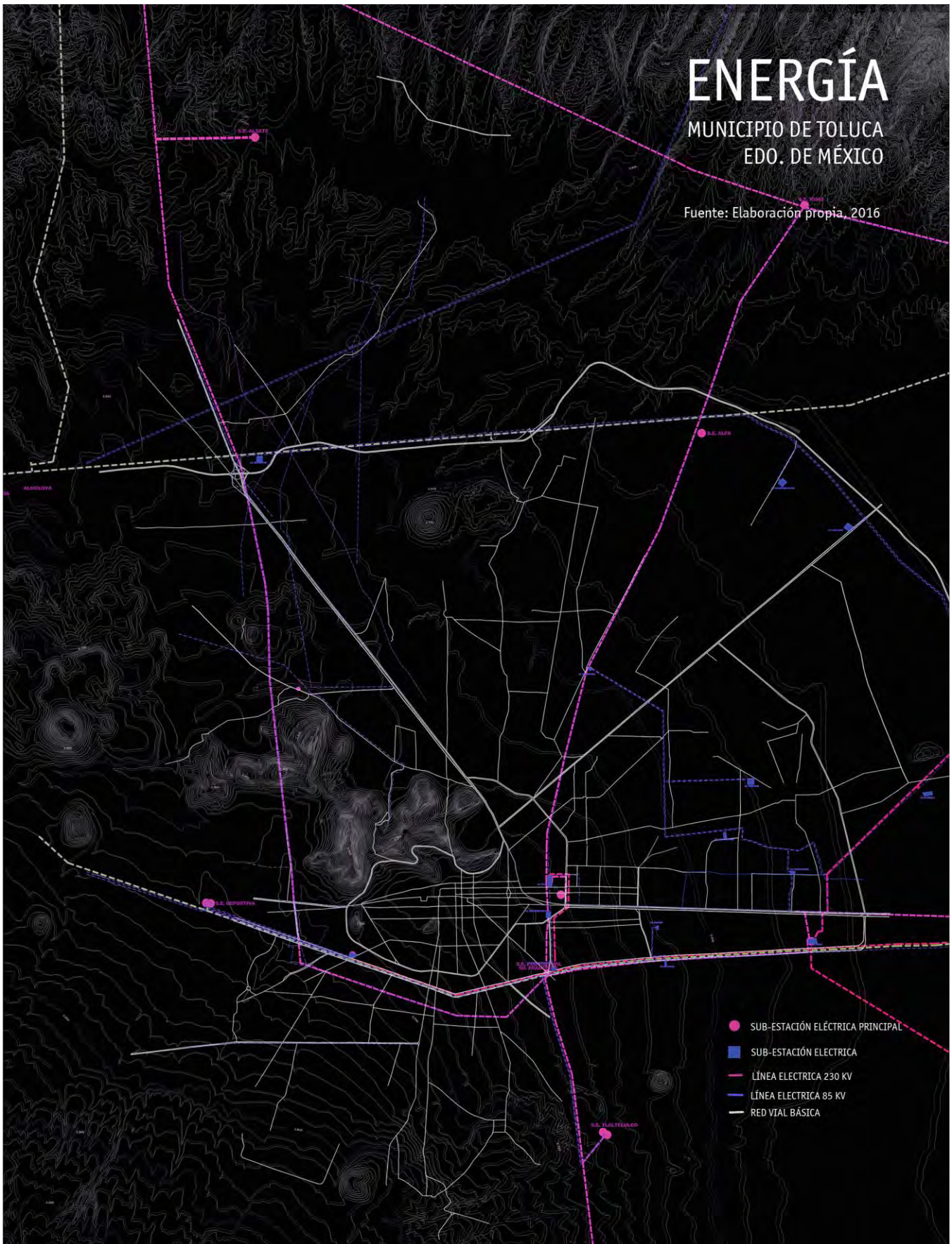
NACIONAL 5.59 Petajoules

MUNICIPIO DE TOLUCA 0.07 Petajoules

EMISIONES DE CO₂ (2011)NACIONAL 498 TgCO₂ eq.MUNICIPIO DE TOLUCA 6.33 TgCO₂ eq.

La reducción de la energía total que se utiliza en la construcción de las extensiones de ciudad, estará directamente ligada con la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero y de manera indirecta se relacionará con la reducción de los desplazamientos de la población, ya que los trayectos diarios podrán hacerse en transporte público o bien a través de medios alternativos al automóvil.

Los datos fueron obtenidos de:
Balance Nacional de Energía - SENER, 2011



ZM DE TOLUCA	114,459,192 m ³ / año.
MUNICIPIO DE TOLUCA	N / D

CONSUMO DE AGUA PER CAPITA

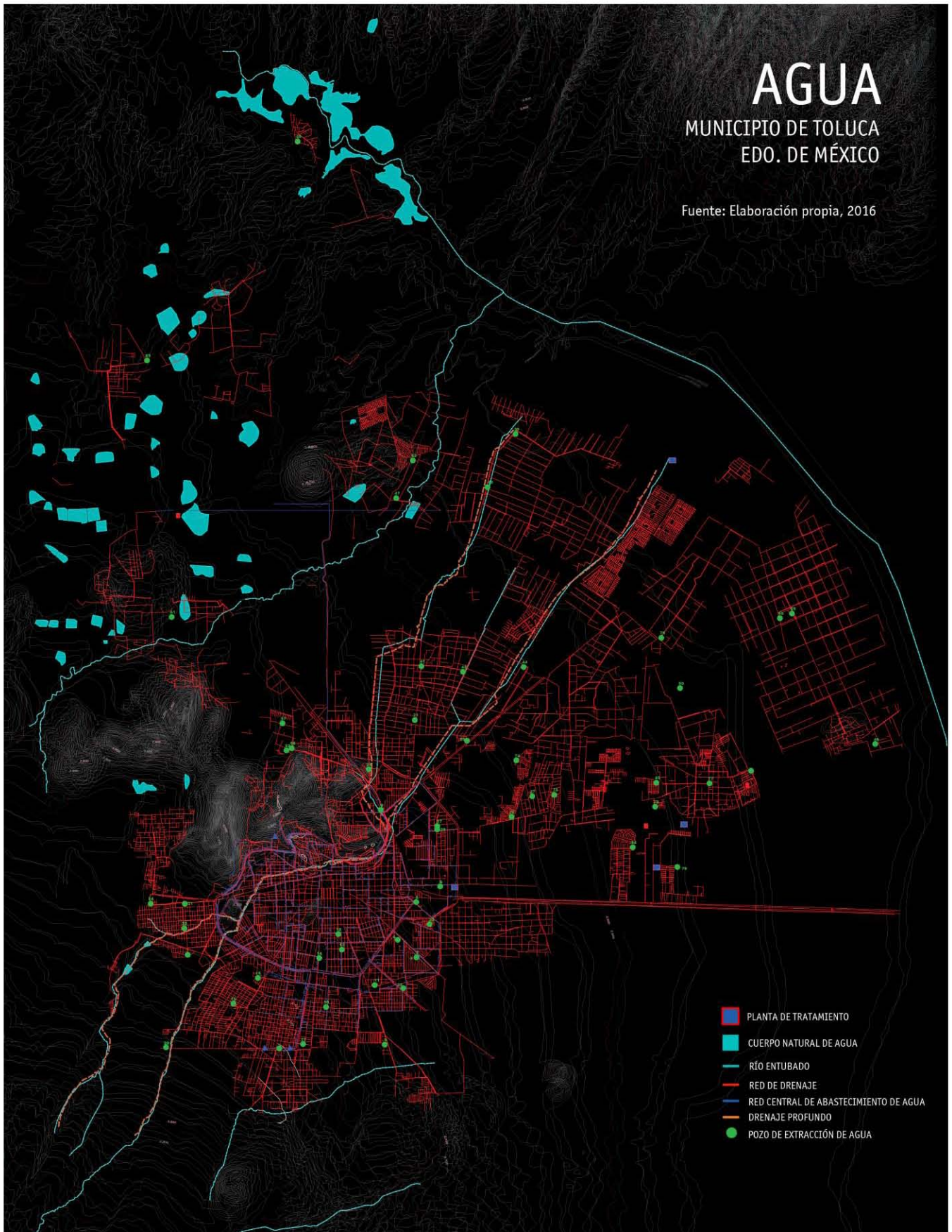
ZM DE TOLUCA	62 m ³ / año.
MUNICIPIO DE TOLUCA	N / D

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ZM DE TOLUCA	1809 litros / segundo
MUNICIPIO DE TOLUCA	N / D

El abastecimiento de agua en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca se logra a través de pozos profundos, interconectados a la red de distribución, y mediante el caudal proveniente del Sistema Cutzamala. El volumen principal de agua se distribuye a través de diferentes organismos operadores, los cuales son independientes y extraen los caudales del acuífero por medio de pozos, cerca de 3.5 metros cúbicos por segundo, de los cuales 0.704 son entregados por la Federación a través del Sistema Cutzamala y pozos federales, y el resto por los propios pozos del Municipio.

Es importante mencionar que el acuífero del Valle de Toluca está sobreexplotado, pues se registra una recarga de 336.8 hm³/año y una extracción de 422.4 hm³/año, por lo que es fundamental la conservación de los actuales sitios de recarga, así como políticas y acciones más eficientes para su aprovechamiento y consumo. Además, como afirma Salvador (2003) las ciudades obstaculizan la capacidad de almacenamiento de agua de lluvia, debido al alto grado de impermeabilización de los suelos y a la canalización conjunta con la red de drenaje.



RESIDUOS SÓLIDOS

VOLUMEN DE **BASURA RECOLECTADA**

ZM DE TOLUCA	857,000 toneladas / año
MUNICIPIO DE TOLUCA	310,000 toneladas / año

VOLUMEN DE **BASURA per CAPITA**

ZM DE TOLUCA	0.46 toneladas / año
MUNICIPIO DE TOLUCA	0.38 toneladas / año

DISPOSICION EN **RELLENOS SANITARIOS**

ZM DE TOLUCA	20% del total (171,400 toneladas)
MUNICIPIO DE TOLUCA	100% del total (310,000 toneladas)

VOLUMEN DE **BASURA RECICLADA**

ZM DE TOLUCA	N / D
MUNICIPIO DE TOLUCA	N / D

Recordemos que, en un sistema con un metabolismo propio, existen residuos como parte del proceso de aprovechamiento de recursos y energía al interior del sistema. En este caso podemos confirmar la linealidad del metabolismo de la ciudad de Toluca, donde los residuos sólidos, si bien el municipio declara que la totalidad de ellos son recolectados, no existe un programa de reciclamiento, sino que son transportados a rellenos sanitarios en los cuales no son aprovechadas las capacidades productoras de energía en su proceso de descomposición.

5.2 TEJIDOS MUESTRA

Una vez presentados de forma general los aspectos más importantes del metabolismo del sistema urbano de la ciudad de Toluca, proponemos la selección de tres tejidos para análisis y evaluación de su eficiencia.

Una manera común de identificar tejidos y seleccionarlos para su análisis es a través de retículas con medidas establecidas de acuerdo al grado de precisión que el estudio requiera, sin embargo, en este trabajo de investigación, optamos por la forma en la que la información estadística y censal se desagrega para su consulta en nuestro país, a través de las bases de datos del INEGI. Se trata de las Áreas Geo-Estadísticas Básicas, las cuales pueden ser rurales o urbanas.

La clasificación que el INEGI establece para las AGEB se conforma por un número compuesto por cuatro elementos, el primero identifica al estado de la república, el segundo al municipio, el tercero a la localidad y el cuarto a la AGEB correspondiente.

Para el caso de la Ciudad de Toluca, las AGEB se identifican de la siguiente manera: 15-106-0001-XXXX donde 15 es la clasificación del Estado de México, 106 el municipio de Toluca, 0001 la localidad de Toluca de Lerdo y XXXX el número específico de AGEB.

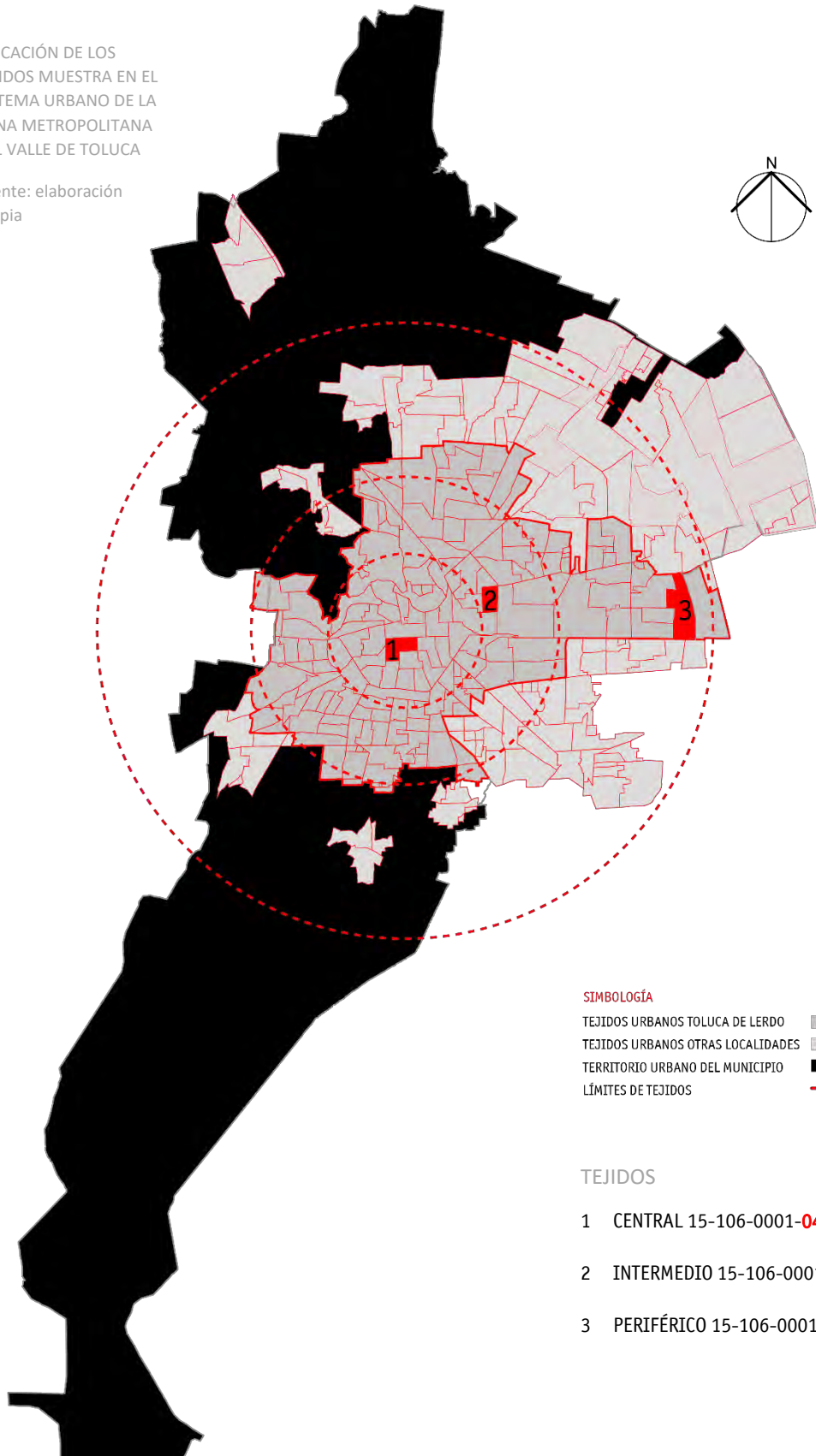
Los tejidos de estudio corresponden a tres AGEB, seleccionadas a partir de su ubicación en el sistema urbano, considerando una subdivisión de este último en tres sectores que se definen a través de círculos concéntricos al centro de la ciudad. De esta manera, se definen tres radios de distancia -central, intermedio y periférico-, los cuales tienen unos valores de 2.5, 5 y 10 km, respectivamente, los cuales corresponden, el primero, al crecimiento urbano hasta la década de 1980, el segundo a la expansión durante la década de 1980 hasta el año 2000, y el último a la expansión durante la primera década del siglo XXI.

Con base en la subdivisión realizada al sistema urbano, se seleccionaron los siguientes tejidos:

- 1 Central 15-106-0001-**0487**,
- 2 Intermedio 15-106-0001-**3246** y
- 3 Periférico 15-106-0001-**3547**.

UBICACIÓN DE LOS
TEJIDOS MUESTRA EN EL
SISTEMA URBANO DE LA
ZONA METROPOLITANA
DEL VALLE DE TOLUCA

Fuente: elaboración
propia



Los criterios considerados para la selección de los tejidos de estudio fueron los siguientes: que estuvieran en cada uno de los territorios definidos por los radios de crecimiento durante el último cuarto del siglo XX y la primera década del siglo XXI, que tuvieran distinto grado de consolidación y que por lo menos uno se ubicara dentro de algún parque industrial de la segunda mitad del siglo XX. A continuación, se presenta un resumen de las características básicas de los tejidos muestra.

5.2.1 TEJIDO CENTRAL

AGEB 15-106-0001-0487 EL CALVARIO

El primer territorio se encuentra dentro del círculo central conformado por un radio de 2.5 kilómetros desde el centro de la ciudad de Toluca, recordemos que este radio corresponde con la huella de la ciudad hasta el año 1980, donde comenzó su expansión explosiva siguiendo las dinámicas urbanas del país. Se trata de un tejido consolidado y de usos mixtos.

En el tejido cuenta con una vocación comercial y de servicios relacionados con el gobierno y la administración de la ciudad de Toluca y del Estado de México. Dentro del territorio del tejido central, podemos encontrar equipamientos culturales y educativos a nivel regional y local, así como una gran extensión de área verde perteneciente al equipamiento recreativo de la ciudad.

En general la altura de las edificaciones no rebasa los tres niveles de construcción, con algunos casos repartidos en el tejido que cuentan con cinco y seis niveles de construcción, dentro de una traza reticular en el sector poniente y una traza de plato roto en el oriente, debido a los desniveles del suelo y a la gran reserva de territorio verde.

Imagen satelital del tejido central correspondiente a la AGEB 0487 de la Localidad de Toluca de Lerdo en el municipio de Toluca, Estado de México

Fuente: Google Earth, 2016



5.2.2 TEJIDO INTERMEDIO

AGEB 15-106-0001-3246 SAN JUAN BUENAVISTA

El segundo tejido muestra, intermedio, se encuentra en el territorio correspondiente al crecimiento de la ciudad de Toluca durante las décadas de 1980 y 1990, el cual se encuentra entre 2.5 y 5 kilómetros de distancia del centro de la ciudad. Forma parte de la primera expansión de la ciudad de Toluca en el último cuarto del siglo XX.

Se trata de un tejido consolidado a nivel de urbanización y de dotación de servicios básicos, sin embargo, aún cuenta con una gran cantidad de territorios en desuso. El tejido tiene una vocación residencial en la mayor parte de su territorio, mientras que en costado poniente se ha desarrollado una intensa actividad comercial como resultado de la importancia de las vialidades. Las construcciones cuentan en promedio con 2 y 3 niveles y la traza de desarrolla a partir de una retícula que genera manzanas regulares, pero de tamaños distintos. Es posible observar una concentración de viviendas y comercios al por menor a lo largo de la vialidad que corta al tejido de norte a sur.

El tejido no cuenta con equipamientos de ningún tipo al interior de su territorio, no existen espacios abiertos públicos ni centros recreativos o de deporte, a pesar de los numerosos lotes aun sin construir.

Imagen satelital del tejido intermedio correspondiente a la AGEB 3246 de la Localidad de Toluca de Lerdo en el municipio de Toluca, Estado de México

Fuente: Google Earth, 2016



5.2.3 TEJIDO PERIFÉRICO

AGEB 15-106-0001-3547 PARQUE INDUSTRIAL EL COECILLO

El último tejido de estudio, se encuentra en el territorio correspondiente al parque industrial desarrollado a lo largo del Paseo Tollocan, vialidad que corresponde al último tramo de la autopista México Toluca. Por lo tanto, se encuentra en el tercer sector definido por los radios de crecimiento que establecimos en el apartado anterior (2000-2010) a pesar de haberse constituido décadas antes, siendo este tejido el que cumple con el tercer requerimiento, formar parte del territorio de algún parque industrial.

Se trata de un tejido con clara vocación industrial, aunque en la última década comienza a presentar un proceso de desindustrialización y transformación hacia un uso residencial y comercial, por un lado, la construcción de vivienda unifamiliar ha comenzado en los terrenos ubicados en el costado norponiente del tejido, mientras que, al sur, sobre el paseo Tollocan, han comenzado a desarrollarse grandes conjuntos comerciales.

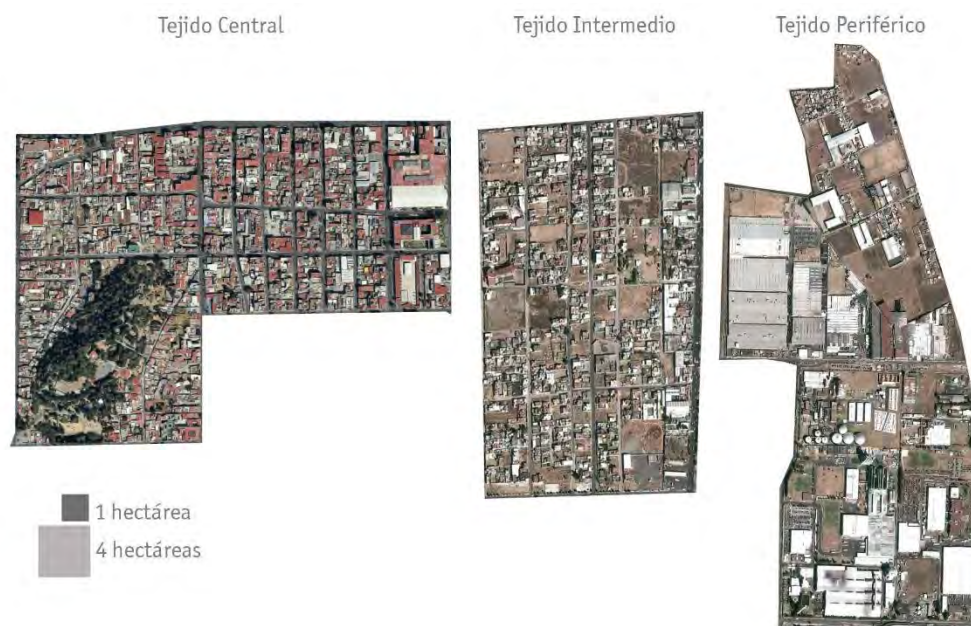
En el tejido podemos encontrar grandes territorios aún sin construir, como reserva para las industrias, pero ninguno de carácter público ni como parte de equipamiento de ninguna categoría



Imagen satelital del tejido periférico, correspondiente a la AGEB 3547 de la Localidad de Toluca de Lerdo en el municipio de Toluca, Estado de México

Fuente: Google Earth, 2016

5.3 DATOS BÁSICOS DE LOS TEJIDOS DE ESTUDIO



Tejido de estudio	0487	3246	3547
Nombre	EL CALVARIO	SAN JUAN BUENAVISTA	INDUSTRIAL EL COECILLO
Superficie total	0.58 km ²	0.41 km ²	1.36 km ²
Población total	3430 hab.	2080 hab.	770 hab.
Densidad de Población	5913 hab./km ²	5073 hab./km ²	566 hab./km ²
Densidad hab./ha	59 hab./ha	50 hab./ha	6 hab./ha
Población Económicamente Activa	1711 hab.	858 hab.	329 hab.
Población ocupada	1619 hab.	808 hab.	320 hab.
Población nacida en la entidad	2726 hab.	1662 hab.	599 hab.
Población con alguna discapacidad	181 hab.	36 hab.	20 hab.
Total, de viviendas	1300 viv.	569 viv.	236 viv.
Promedio de ocupación	3.19 hab./viv	3.65 hab./viv	4.11 hab./viv.
Viviendas con electricidad	1046 viv.	483 viv.	179 viv.
Viviendas con toma de agua	1042 viv.	471 viv.	129 viv.
Viviendas con drenaje	1046 viv.	485 viv.	181 viv.
Viviendas con computadora	640 viv.	229 viv.	43 viv.
Viviendas con internet	514 viv.	147 viv.	16 viv.
Viviendas con automóvil particular	582 viv.	268 viv.	78 viv.

5.3 ANALISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS TEJIDOS MUESTRA

En este apartado se presentan los resultados de cada uno de los indicadores seleccionados para evaluar la sostenibilidad de los tejidos muestra. Se menciona el nivel de análisis (municipal, zona metropolitana o AGEB), la forma de calcularlo y las fuentes de obtención de los datos (en el caso que corresponda) y un estimado de evaluación con respecto a los valores mínimos y deseables que se muestran en la tabla del modelo de indicadores.

Es importante destacar que a pesar de que hay algunos indicadores que se midieron a nivel de Zona Metropolitana y/o municipal, estos deberían tener la posibilidad de ser medidos a nivel de cada tejido, pues de lo contrario, pueden existir lagunas en los resultados y en las interpretaciones obtenidas. Por lo tanto, es necesario expresar la falta de medición de indicadores básicos como los referentes al Metabolismo Urbano (Energía, Residuos, Agua) a nivel tejido (AGEB) y no solo a nivel municipal, para acercarnos a la realidad del funcionamiento de cada una de las partes del sistema urbano.

En los apartados siguientes se presentarán las interpretaciones de los datos obtenidos y presentados en las líneas siguientes. Para obtener el dato de evaluación exacto en una escala del 0 al 10, es necesario referirse a la tabla que condensa los indicadores y sus evaluaciones, en el apartado siguiente.

EJE TRANSVERSAL / E1 METABOLISMO URBANO

1. Consumo energético total por habitante al año

Nivel de análisis: MUNICIPIO

A nivel municipal, Toluca registra un consumo energético de 106.67 Petajoules¹⁴, correspondientes al 1.27% del consumo total de energía nacional que es 8399 Petajoules¹⁵. Recordemos que partimos de la relación entre el consumo energético y el PIB, donde la participación del municipio de Toluca es del 1.27% sobre el total nacional¹⁶.

Con estos datos, el total de consumo energético es dividido entre la población total del municipio, que para el año 2010 era de 819,561 habitantes¹⁷. De esta manera obtenemos un consumo promedio anual por persona de 36,174 kWh.

Los rangos de valor mínimo y deseable de acuerdo a nuestra propuesta son 5000 y menos de 5000 kWh al año por persona, de esta forma obtenemos que el consumo de energía en el municipio se encuentra seis veces por encima de los niveles mínimos para considerarse una ciudad sostenible. Es importante reiterar que no se trata simplemente de reducir el consumo energético de la ciudad con efectos negativos sobre el desarrollo económico de esta, sino de desvincular el crecimiento económico del consumo energético, además de que se promuevan energías derivadas de recursos renovables y no contaminantes, es decir, minimizar el consumo de combustibles fósiles.

2. Consumo de agua per cápita

Nivel de análisis: MUNICIPIO

De acuerdo con el plan de desarrollo municipal de Toluca del año 2013, el consumo total de agua de la ZM de Toluca es de 114.5 millones de metros cúbicos al año, los cuales, al dividirlos entre la población total, obtenemos un valor de 62 metros cúbicos de agua al año, equivalentes a 170 litros por día.

¹⁴ Un Petajoule corresponde a un cuatrillón de joules (10^{15} joules). 1 Petajoule es equivalente a 2.77×10^8 kWh

¹⁵ Balance Nacional de Energía, 2011 (SENER)

¹⁶ Sistema de Cuentas Nacionales de México, SCNM-INEGI, 2011

¹⁷ Censos Generales de Población INEGI, 2010

En este caso para los rangos establecidos en el modelo de indicadores, el resultado se encuentra entre el objetivo mínimo y el deseable que son 200 y 120 litros diarios por persona, respectivamente.

Este indicador, al ser medido a nivel metropolitano, no refleja las características del consumo para cada tejido analizado, lo cual sería deseable para identificar si existe una variación en los hábitos de consumo con respecto a la ubicación (central, intermedio, periférico) del tejido dentro del sistema urbano.

3.-Autoproducción energética

Nivel de análisis: MUNICIPIO

En el caso de la autoproducción energética, el municipio no registra ningún tipo de producción de energía al interior del territorio municipal, siendo un ámbito totalmente dependiente de territorios ubicados en otros municipios. En este caso, el costo y la energía utilizada para la importación de la energía consumida en el municipio inciden de manera negativa en el metabolismo de la ciudad. Siendo un ámbito a mejorar, y mucho, el de la producción de energía, a partir de fuentes renovables a nivel local.

Este indicador se relaciona directamente con el No. 32 Producción de energías renovables (Complejidad), ya que se recomienda una producción local de energía a partir de energías renovables, eólica o solar, principalmente. De esta forma, se fomentaría una autoproducción a nivel tejido urbano, lo cual repercutirá positivamente en el sistema urbano, reduciendo su dependencia de la producción de energía en otros municipios o regiones, además de reducir la producción de residuos derivados de la generación de energía.

4.- Volumen de basura recolectada per cápita

Nivel de análisis: MUNICIPIO

El plan municipal de desarrollo urbano de Toluca afirma que la producción de residuos sólidos producidos en el municipio es de 310 mil toneladas al año¹⁸, las cuales corresponden a un promedio de producción de basura por persona de 380 kg al año.

Los rangos que se ofrecen en el modelo son de menos de 1.5 kg/hab./día como mínimo. En este sentido el dato obtenido para el municipio de Toluca es de 1.04 kg/hab./día.

¹⁸ Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca, 2013

El resultado si bien es satisfactorio a nivel de volumen de basura recolectada, por el bajo volumen de producción de desechos sólidos, aún requiere de un correcto manejo y canalización hacia vías que permitan el reciclaje de los desechos inorgánicos y el cierre del ciclo de las materias orgánicas.

5.- Disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios

Nivel de análisis: MUNICIPIO

El sistema de recolección de basura del municipio de Toluca (2013) reporta que los desechos sólidos son en su totalidad trasladados a rellenos sanitarios, dato que de ser cierto tendría que mencionar también las condiciones en las que operan dichos rellenos sanitarios, buscando una reducción al mínimo del impacto que ocasionan en el ambiente, así como un aprovechamiento de sus posibilidades de generación de energía (biogás) como producto de la degradación natural de los desechos.

Cómo se mencionó en el indicador precedente, a pesar de que el volumen de basura recolectada resulta satisfactorio con respecto a los rangos propuestos, la disposición de la totalidad de ellos en rellenos sanitarios no favorece una correcta canalización hacia el cierre de ciclos orgánicos o hacia el reciclaje de los residuos inorgánicos.

La utilización de biogás como fuente de energía local se presenta como una oportunidad de contribución adicional al desarrollo sustentable y como una fuente de generación de empleo, inversión extranjera y desarrollo local. La venta de energía puede generar ingresos adicionales para rentabilizar la operación de un relleno sanitario y la recolección de biogás más allá del mínimo que se colecta actualmente (Colmenares, 2015)

6.- Emisión de Gases de efecto invernadero

Nivel de análisis: MUNICIPIO

Si asumimos que la generación GEI está ligado directamente al consumo de energía y esta última se liga de forma directa con la participación del PIB municipal, podemos acercarnos al total de GEI producidos en el municipio de Toluca. De esta forma obtenemos que en el municipio de generan 6.33 Tg CO₂ eq. De las 498 Tg CO₂ eq del total nacional¹⁹. Los datos nacionales pueden ser obtenidos del Balance Nacional de Energía publicados anualmente por la SENER.

¹⁹ Balance Nacional de Energía, 2011, SENER

7.- Volumen de basura reciclada

Nivel de análisis: MUNICIPIO

Si la totalidad de los residuos sólidos producidos en el municipio son destinados a los rellenos sanitarios, podemos decir que no existe una separación de residuos con posibilidades de reciclamiento.

Sin embargo, de acuerdo al PMDU de la ciudad de Toluca, se reciclan únicamente el 1% de los residuos sólidos desechados en la ciudad, un dato alarmante comparado con el mínimo recomendado por diversos autores e instituciones del 25%.

8.- Volumen de aguas residuales tratadas.

Nivel de análisis: MUNICIPIO

El organismo administrador del agua en el municipio afirma que el volumen de tratamiento de aguas residuales es de 1809 litros por segundo²⁰, los cuales equivalen al 4% del total del agua utilizada en el municipio, tan solo una décima parte del mínimo recomendable (40%).

²⁰ Agua y Saneamiento de Toluca, 2015. www.ayst.gob.mx

EJE / E2 COMPACIDAD

9.- Densidad de habitantes.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

La densidad de habitantes más adecuada para promover un modelo de ciudad compacta, según diversos autores²¹, fluctúa entre 250 y 350 habitantes por hectárea, dependiendo del número de viviendas y el promedio de ocupación de las viviendas en el municipio de estudio.

La normatividad del municipio del Toluca propone las siguientes densidades máximas para los tejidos analizados (PMDU, 2013):

- 164 habitantes por hectárea para el tejido central H-250A
- 205 habitantes por hectárea para el tejido intermedio H-200B
- 98 habitantes por hectárea para el tejido periférico H-417B

Los valores medidos en los tres tejidos seleccionados se encuentran muy por debajo de los niveles propuestos en este trabajo. El tejido central registra una densidad de 60 hab./ha, el intermedio 51 hab./ha. y el periférico 6 hab./ha. Estos datos representan en el mejor de los casos, correspondiente al tejido central, una sexta parte de la densidad recomendada para fomentar una ciudad compacta, mientras que en el tejido periférico la densidad es tan solo del 1.7% de la propuesta.

AGEB 0487

El tejido central presenta la mayor densidad de las tres muestras analizadas, sin embargo, su densidad aun es baja en comparación con la que se pretende con la normatividad y con la propuesta por este trabajo. Es notable que las densidades menores se dan al interior del tejido, en las manzanas centrales, concentrando la mayor población en las manzanas que se encuentran sobre las vialidades principales.



²¹ Rueda (2009), Fernández (2015), Pedersen (2010), Lynch (1984)

AGEB 3246

En el tejido intermedio se presenta densidades aún más bajas en comparación con las propuestas por la normatividad. La población se concentra en las manzanas desarrolladas a lo largo de las vialidades principales (perímetro del tejido) y la vialidad central que recorre el tejido de norte a sur. Existen predios de gran extensión, casi del total de la manzana, aún sin uso.



AGEB 3527

En el tejido periférico la población se concentra en la zona norte, sin embargo, la densidad es muy baja ya que la población se distribuye en grandes áreas con una urbanización dispersa. Es importante mencionar que la mitad sur del tejido correspondiente al 40% del área total del tejido, tiene un uso únicamente industrial, donde no se reportan habitantes.



Fuente: elaboración propia con información del INEGI y con imágenes de Google EARTH, 2016

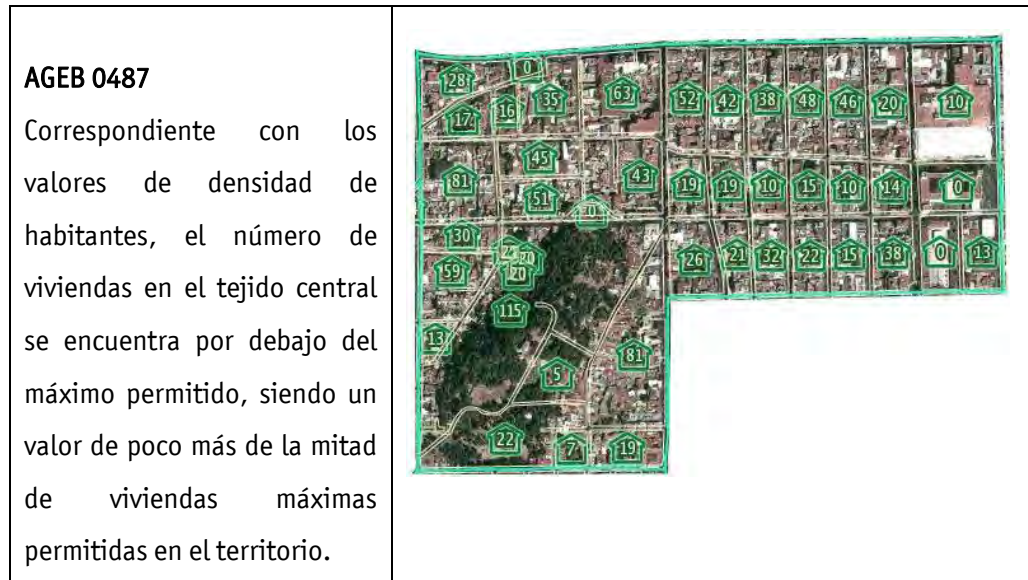
10.- Densidad de viviendas.



Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Para el caso de Toluca, con una ocupación de vivienda promedio de 3.5 habitantes (INEGI, 2010) y la búsqueda de densidades de población entre 250 y 350 hab/ha, los rangos requeridos son de mínimo 75 viv/ha para alcanzar una densidad que fomente la compacidad de la ciudad.

De acuerdo a la normativa, los tejidos podrán tener una densidad de vivienda máxima de 40 (tejido central), 50 (tejido intermedio) y 24 (tejido periférico) viviendas por hectárea, en estos datos encontramos que incluso en lo que corresponde a la normatividad no se acerca a los niveles propuestos por este trabajo, lo cual se comprobó al calcular las densidades de vivienda reales, las cuales se mantienen aún muy por debajo de la normatividad.

Los tejidos analizados arrojaron los siguientes resultados: 22 viv/ha en el tejido central, 14 en el intermedio y 2 en el tejido periférico. Estos datos equivalen a un 50% de la normatividad existente en el tejido central y a 30% y 8% para los tejidos intermedio y periférico, respectivamente. Una vez más, muy por debajo de las densidades propuestas para la promoción de una ciudad compacta.



<p>AGEB 3246</p> <p>En el tejido intermedio se presentan casos de manzanas que no cuentan con viviendas registradas, se trata de predios desocupados de carácter privado. Además, el 20% de las manzanas cuentan solo con diez o menos viviendas.</p>	
<p>AGEB 3527</p> <p>Debido a la vocación industrial del tejido, que corresponde al 70% del área de la AGEB, y a las grandes áreas sin utilizar en su territorio, la densidad promedio es de 2 viviendas por hectárea, concentrándose estas en el norte del tejido, donde comienza a desarrollarse el uso habitacional.</p>	

Fuente: elaboración propia con información del INEGI y con imágenes de Google EARTH, 2016

11.- Intensidad máxima de construcción

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

La intensidad máxima de construcción se refiere al número de veces que puede multiplicarse el área del predio en el total de metros construidos en él. En este caso tomamos como referencia los modelos de construcción que promueven una ciudad compacta en un promedio de baja altura y que contemplan extensiones suficientes de espacio abierto, público y de vialidades, correspondientes a entre 4 y 5 veces el área del predio.

Sin embargo, la normatividad correspondiente para el área metropolitana de Toluca y en particular para los tejidos analizados, señala una intensidad máxima de construcción de 2.1 veces el área del predio para los tejidos central e intermedio (H250-A y H200B, respectivamente), mientras que para el tejido periférico (H417-B) la intensidad máxima de construcción permitida es únicamente de 1.8 veces el área del predio.

Si bien, los tejidos analizados cumplen con la normativa de intensidad máxima de construcción propuesta por la planeación municipal, esta no se acerca a la propuesta por este trabajo, y no permite unas densidades de habitantes y vivienda que promuevan una población suficiente para la implementación de servicios e infraestructura que doten a los tejidos de manera correcta.



El tejido central (0487) tiene un promedio de construcción de entre 2 y 3 niveles.



En el tejido intermedio (3246) el promedio de construcción no rebasa los dos niveles, además de que existen grandes extensiones de territorio sin utilizar.



En el tejido periférico (3527) la intensidad de construcción es muy reducida debido a las grandes extensiones de territorio que se encuentran sin uso.

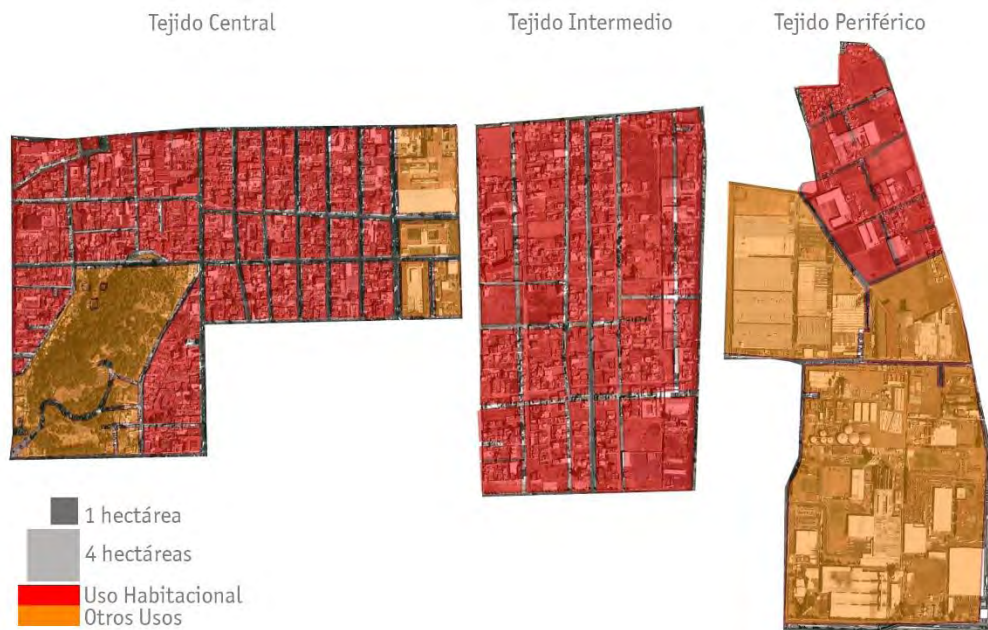
Fuente: elaboración propia con información recabada en sitio y con imágenes de Google EARTH, 2016

12.- Compacidad absoluta

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

La compacidad absoluta es un indicador que está ligado de forma directa con la densidad de viviendas en un tejido. Su medición es parecida a la de la intensidad máxima de construcción, con la diferencia de que la compacidad absoluta contempla el área total del tejido.

Para la compacidad absoluta el valor asignado como mínimo es de 5 en el 50% del área para uso habitacional. En este sentido los datos obtenidos en los tres tejidos seleccionados se encuentran muy por debajo del mínimo solicitado: 1.8 tejido Central, 0.6 tejido Intermedio y 0.5 en el tejido Periférico.



13.- Compacidad corregida

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

La propuesta para medir la compacidad corregida es dividir la totalidad de metros cuadrados construidos entre la totalidad de metros cuadrados de espacio público de estancia (parques, plazas). Los rangos propuestos son de 10-50 metros en el 75% de la superficie total del tejido.

Los tejidos analizados arrojaron los siguientes resultados:

37 tejido central y 0 para los tejidos intermedio y periférico. Siendo únicamente el tejido central el que cumple con este indicador, en gran medida por la gran extensión de área verde que se encuentra en el extremo poniente del tejido central, sin embargo, como se ha mencionado en los apartados correspondientes, las extensiones destinadas al espacio público deberán distribuirse de manera homogénea en los tejidos formando una infraestructura verde continua y no estar únicamente concentradas en un sector del tejido.



14.- Espacio público de estancia por habitante

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Para medir este indicador se dividió la cantidad de metros cuadrados de espacio público de estancia entre el número de habitantes de la AGEB (tejido muestra). El rango establecido tiene como mínimo 10 m²/hab y 20m²/hab como medida deseable.

En este sentido los resultados arrojan un dato satisfactorio de 14.02 m²/hab únicamente en el tejido central, sin embargo, el espacio público se encuentra concentrado en un área verde única al poniente del tejido, en contra de una distribución equilibrada en toda el área de estudio, formando una infraestructura verde continua y que sirva al sistema urbano en conjunto.

Para los tejidos intermedio y periférico, las mediciones arrojan la inexistencia de espacio público de estancia a pesar de contar con grandes extensiones de tejido sin utilizar, de carácter privado y posiblemente como terrenos destinados a fines especulativos.



El tejido central a pesar de contar con un buen promedio de espacio público, este se encuentra concentrado en la zona poniente del territorio en la Colina del Templo del Calvario.



El tejido intermedio (3246) no cuenta con espacios públicos de estancia, a pesar de que cuenta con una gran reserva de espacios sin utilizar, estos son de carácter privado y con fines especulativos.



El tejido periférico (3527) no cuenta con espacios públicos de estancia, a pesar de que cuenta con una gran reserva de espacios sin utilizar, estos son de carácter privado y pertenecen a las reservas territoriales para la expansión de la industria.

Fuente: elaboración propia con información recabada en sitio y con imágenes de Google EARTH, 2016

15.- Proximidad a redes de transporte público

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Para medir la cantidad de población con cobertura simultánea a las redes de transporte público, se consideraron cuatro opciones: autobús urbano, metro o BRT, tranvía o trolebús y acceso a la red ciclista.

Es necesario dejar claro que la ciudad de Toluca no cuenta con redes de metro o BRT ni con tranvía o trolebús, así mismo, se cuenta con una incipiente red ciclista²², dejando únicamente como medio de transporte público al autobús urbano y tomando en cuenta el radio de acción de 300 metros para cada parada de autobús.

Recordemos que uno de los beneficios del uso eficiente de los tejidos urbanos, es la posibilidad de lograr una densidad suficiente que haga costeable la incorporación de

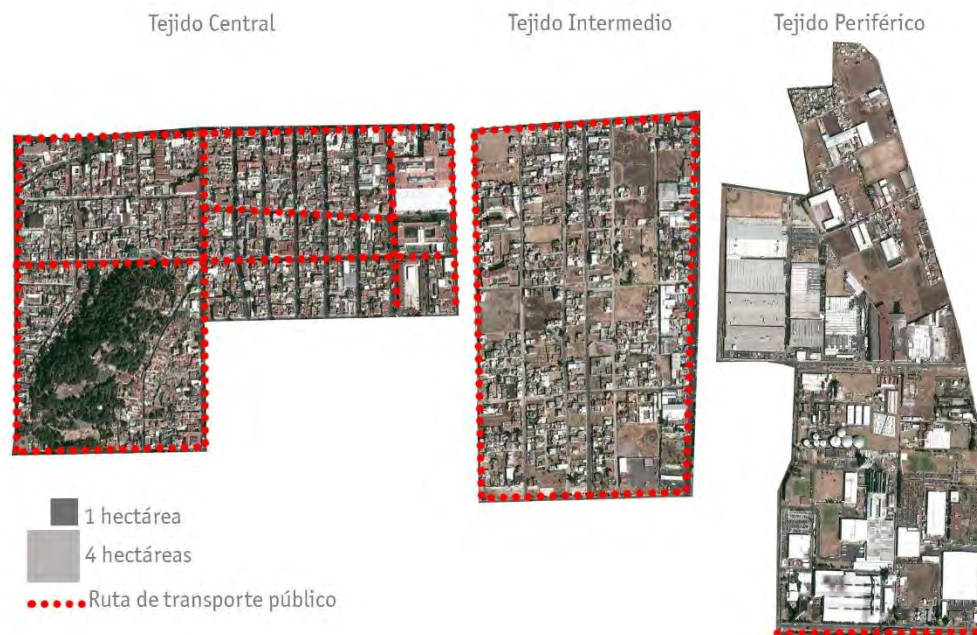
²² A finales del año 2015 se implementó en la ciudad de Toluca, la denominada ECOZONA, la cual contempla una vía ciclista en el centro histórico de la ciudad, así como la limitación, inicialmente en fase de prueba, a la circulación de vehículos motorizados dentro del perímetro de esta zona.

nuevos medios de transporte público como son el BRT o transporte eléctrico (trolebús) o la red ciclista, los cuales permiten el uso de tecnologías menos contaminantes para el medio ambiente, lo cual como se observó con los indicadores de densidad de vivienda y habitantes, aún no se logra.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

El tejido central tiene el 100% de cobertura de acuerdo a la proximidad únicamente a la red de autobuses urbanos. Los tejidos intermedio y periférico, tienen una cobertura del 50% de la población con una proximidad adecuada a la red de autobuses urbanos.

Por lo tanto, además de la inadecuada proximidad al único servicio de transporte del sistema urbano en los tejidos intermedio y periférico, la ciudad no cuenta, en gran medida a causa de la dispersión del tejido urbano, con una infraestructura de transporte alternativo al automóvil o que complemente al servicio de autobuses urbanos.



16.- Dotación de plazas de estacionamiento localizadas fuera de las vialidades.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Para la medición de este indicador no se tienen reportes oficiales de la demanda de plazas de estacionamiento por parte de la población, tampoco existe un reporte de la cantidad de plazas de estacionamiento dentro de establecimientos públicos o privados con los que cuenta la ciudad.

La evaluación visual arrojó como resultado una intensa utilización de las vialidades del tejido central para estacionar vehículos, debido a la densidad de comercios y servicios establecidos en el tejido. Mientras que, en los tejidos intermedio y periférico, la utilización de las vialidades para estacionamiento es mínima, debido a la baja densidad de ocupación de los tejidos, lo que permite que la demanda de estacionamientos pueda ser cubierta al interior de los predios, liberando las vialidades.

Sin embargo, es necesario que se considere la realización de estudios de la demanda de estacionamiento con el fin de generar lineamientos para el establecimiento de la cantidad necesaria de estacionamientos al interior de los predios con miras a un aumento en la intensidad de uso y densidad de los tejidos, sin reducir la cantidad de espacio público a causa de la invasión de las vialidades por parte del automóvil.



Las vialidades del tejido central (0487) son utilizadas para estacionar vehículos pertenecientes a los usuarios de los diversos servicios y comercios que existen en el territorio.



La baja densidad de habitantes y viviendas en el territorio del tejido intermedio (3246), permite que las vialidades se encuentren libres, ya que la demanda de plazas de estacionamiento es cubierta al interior de los predios.



La demanda de plazas de estacionamiento en el tejido periférico es cubierta al interior de los predios, sin embargo, existen vialidades ocupadas por los remolques que dan servicios a las industrias presentes en el territorio.

Fuente: elaboración propia con información recabada en sitio y con imágenes de Google EARTH, 2016

17.- Espacio verde por habitante

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Recordemos que la Organización Mundial de la Salud establece como parámetro óptimo entre 9 y 14 metros cuadrados de superficie verde por habitante. Siguiendo esta recomendación, se realizó la medición en los tejidos seleccionados, para ello se dividió la superficie total de espacio verde al interior de la AGEB entre la cantidad de habitantes.

Se consideran espacios verdes, todos aquellos espacios públicos con una superficie mínima de 500 metros cuadrados y con más del 50% de área permeable.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios únicamente en el tejido central, donde se obtuvo un promedio de 14 metros cuadrados de superficie verde por habitante, la cual se encuentra concentrada en la zona poniente del tejido y no repartida de forma equitativa en toda la superficie de estudio.

Para las AGEB (tejido) intermedia y periférica los resultados fueron en ambos casos cero metros cuadrados de superficie verde por habitante, ya que no cuentan con territorio público destinado para este fin al interior de su delimitación.

18.- Proximidad simultánea a espacios verdes.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

La proximidad a espacios verdes analiza el porcentaje de la población con acceso simultáneo a cuatro tipos de espacios verdes según su superficie: (1) espacio verde mayor a 500 m², (2) mayor a 5000 m², (3) mayor a una hectárea y (4) mayor a 10 hectáreas. Los espacios y las distancias de acceso consideradas son: Espacios de 500m² a una distancia de 200 m, espacios de 5000 m² a una distancia de 750 m, espacios de una hectárea a 2 km, y espacios de 1^o hectáreas a 4 km. (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2009)

La recomendación de este trabajo para una óptima proximidad simultánea a espacios verdes es de mínimo el 100% de la población con cobertura a 3 de los 4 tipos de espacio verde.

A pesar de haber obtenido una medición por encima de las recomendaciones de la OMS para el indicador de espacio verde por habitante, la AGEB central no cuenta con una óptima proximidad simultánea a espacios verdes, ya que únicamente cuenta con un tipo de espacio verde el cual no tiene una distancia óptima de acceso de 750 metros para el 100 por ciento de la población.

Las AGEB intermedia y periférica, al no contar con espacios verdes de ningún tipo arrojaron un dato igual a cero.

19.- Permeabilidad del suelo

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Para medir el porcentaje de suelo funcionalmente significativo para el desarrollo de vida vegetal y retención de aguas de lluvia para recarga de los mantos acuíferos, se dividió la superficie no construida entre la superficie total del tejido urbano de estudio.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Tejido central 50% de área permeable, tejido intermedio 50% de área permeable y tejido periférico 0% de área permeable.

En este sentido, es necesario hacer notar que los resultados a pesar de ser satisfactorios en dos de los tres tejidos analizados, en el tejido central, el área permeable se encuentra concentrada en la zona poniente del tejido y no distribuida en toda la superficie, mientras que, en el tejido intermedio, el resultado fue favorable debido a la baja densidad de construcción lo cual deja grandes extensiones sin intervención y totalmente desaprovechadas. Mención aparte requiere el tejido periférico, el cual, debido a su uso industrial, se encuentra totalmente construido y no cuenta con áreas permeables, con el daño consecuente al correcto flujo del ciclo natural del agua y la inexistencia de vegetación en el tejido.



EJE / E3 COMPLEJIDAD

20. Diversidad de unidades económicas

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Para medir la diversidad de unidades económicas, es decir, usos distintos al residencial, en un tejido urbano, se utiliza una fórmula logarítmica que arroja un resultado que se compara con el objetivo mínimo de 4 bits de información²³, que ofrece la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.

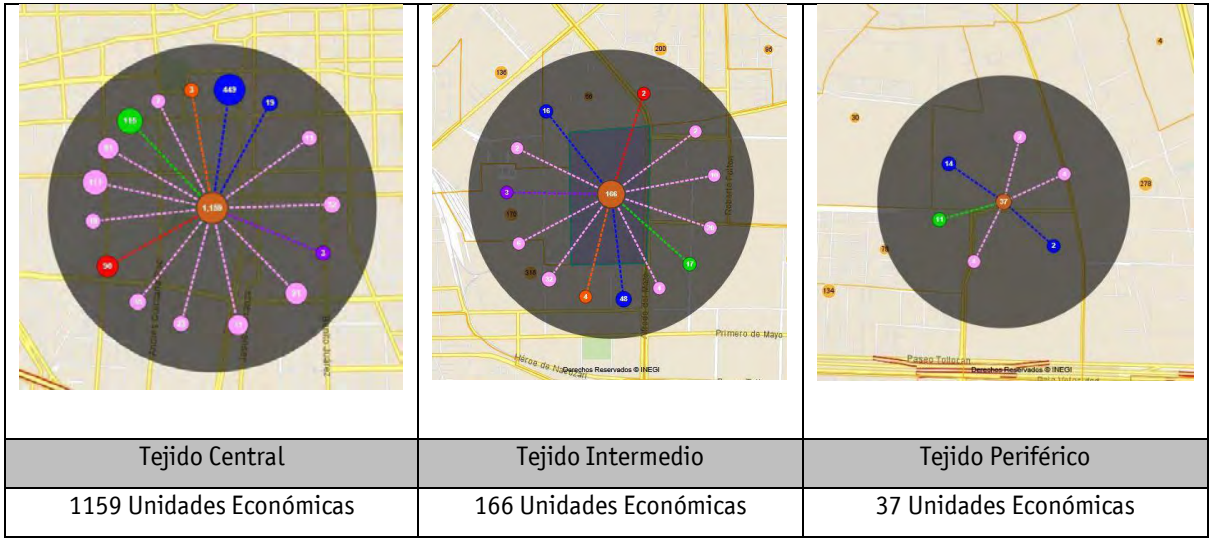
Los resultados obtenidos fueron: AGEB central e intermedia 1.72 bits, AGEB periférica 1.56 bits.

La AGEB central, a pesar de contar con una gran cantidad de unidades económicas, la mayoría se trata de comercio al por menor, en lo que respecta al tejido intermedio se concentra el uso habitacional, mientras que en el tejido periférico existe únicamente el uso industrial. Esta tendencia mono funcional fomenta la fragmentación de los tejidos, horarios operativos con largos periodos de baja utilidad (tejidos altamente utilizados por la mañana y tarde, tejidos dormitorio y tejidos desolados por las noches, respectivamente) y una alta cantidad de desplazamientos al interior de la ciudad.

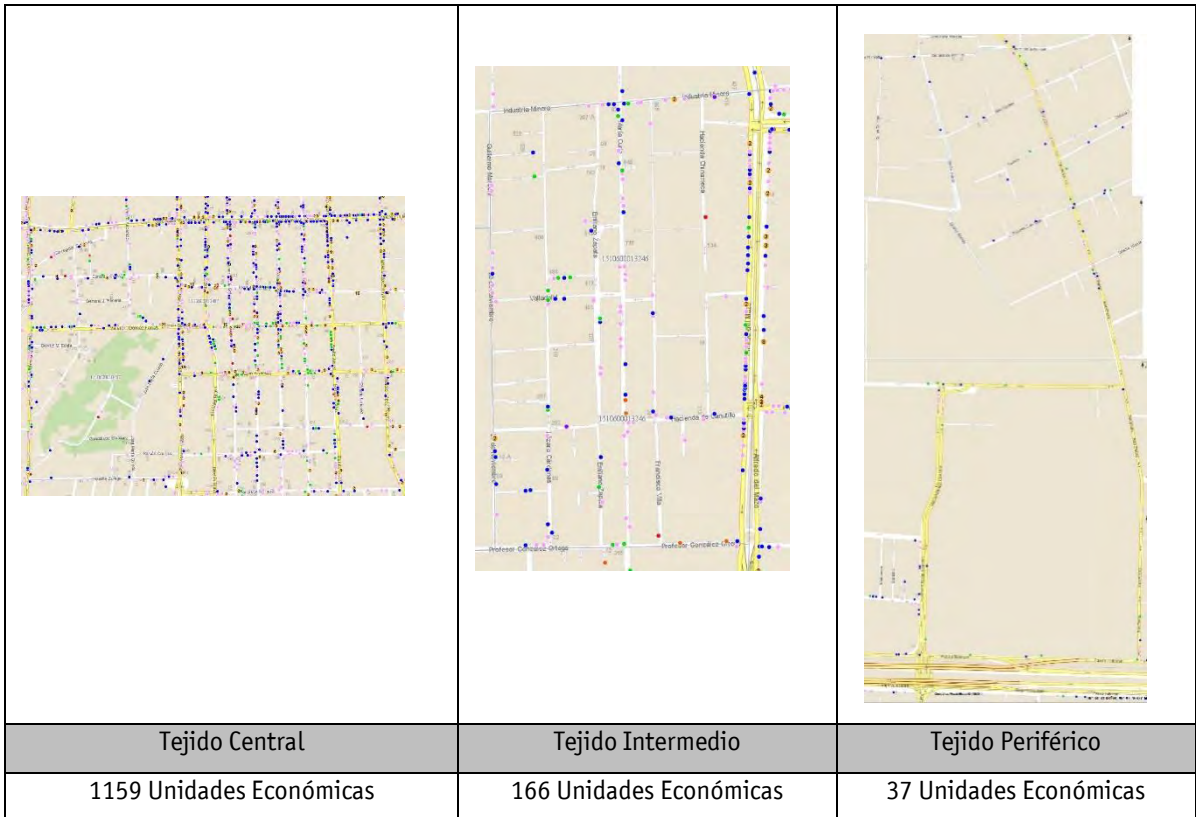
Estos resultados muestran una baja diversidad de usos en los tejidos analizados, lo cual nos sugiere la necesidad de promover usos más variados, de tal forma que se logre la mixticidad necesaria para que los tejidos urbanos se complejicen evitando caer en la mono funcionalidad.

A continuación, se presenta un par de tablas elaboradas con la información e imágenes obtenidas desde el INEGI a través de los Censos Económicos de 2010 y el DENU (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas), en ellas se presenta primero el total de unidades económicas en cada tejido, posteriormente se presenta la distribución de las unidades económicas en el territorio del tejido de estudio.

²³ Grado de información organizada en un área determinada. Permite identificar la diversidad y mixticidad de usos y funciones urbanas concentradas en un territorio.



Fuente: elaboración propia con información de INEGI y DENUE 2010



Fuente: elaboración propia con información de INEGI y DENUE 2010

21.- Autocontención laboral.

Nivel de análisis: MUNICIPIO

Para promover el empleo en el mismo municipio de residencia con el fin de reducir la movilidad a grandes distancias para trasladarse desde la residencia al empleo, es necesario aumentar la autocontención laboral.

Este indicador se midió a nivel municipal ya que es la manera en la que el INEGI ofrece los datos económicos desde los cuales se obtiene el porcentaje de población ocupada en cada municipio.

Los datos obtenidos del Sistema de Cuentas Nacionales de México SCNM-INEGI, acerca de la población ocupada empleada en el municipio nos indican que un 66.5% del total de población ocupada en el municipio de Toluca trabajan en el mismo municipio, el 33.5% restante se tienen que desplazar a municipio colindantes o incluso más lejanos. Este desplazamiento influye directamente en la calidad de vida de los habitantes, al destinar varias horas al día en dirigirse a su empleo y regresar a casa, además de que estos largos desplazamientos obligados, tienen impactos directos en la calidad ambiental, tras el uso de transportes contaminantes.

22.- Equilibrio entre la actividad y la residencia.

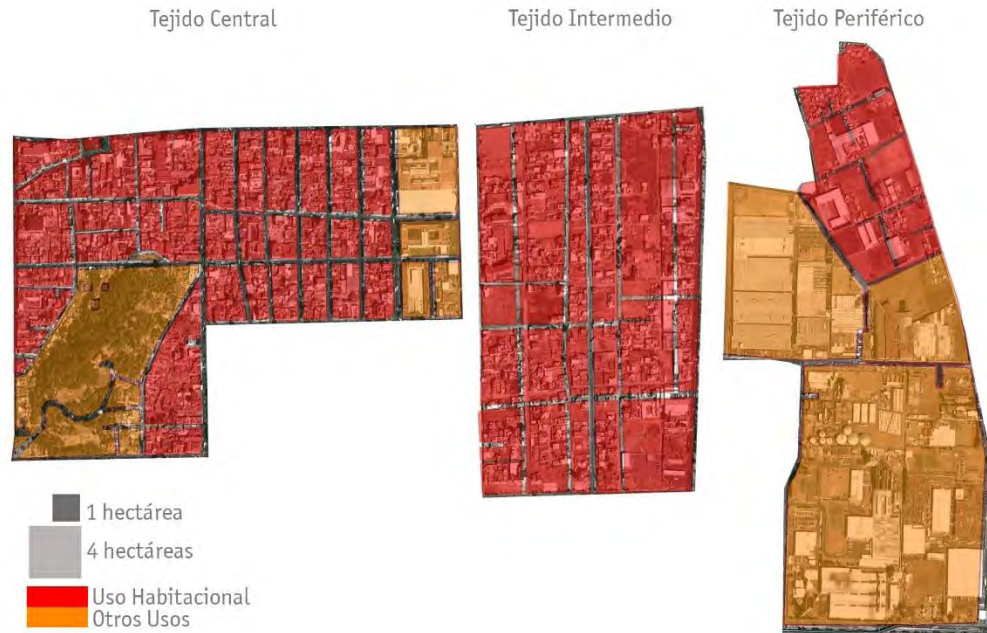
Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Para medir este indicador se obtiene la relación entre la superficie construida no residencial y la superficie construida total.

Se recomienda que más del 20% y menos 40% de la superficie se destine para usos diferentes al residencial, en este sentido los resultados fueron los siguientes:

Tejido central 15%, tejido intermedio 5%, tejido periférico 80%.

Con estos resultados encontramos que únicamente el tejido central se acerca al objetivo de complejidad recomendado, ya que su ubicación promueve usos diferentes a la vivienda, pero aun en un porcentaje por debajo de la recomendación mínima del 20%. Sin embargo, los tejidos restantes priorizan por un lado el uso residencial en el tejido intermedio, y el uso industrial en el tejido periférico.



23.- Proximidad a actividades comerciales de uso cotidiano.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

La medición de este indicador toma como referencia un radio de acción de 300 m de distancia, correspondientes a un desplazamiento a pie de 5 minutos, para llegar a las actividades comerciales de uso cotidiano (panadería, recaudería, carnicería, pescadería, abarrotes, periódicos, farmacia). Cabe mencionar que este indicador no deberá incluir los supermercados como actividad comercial de cercanía, ya que, en su lugar, busca promover el comercio diversificado y a nivel local.

Tomando en cuenta estas consideraciones técnicas de cálculo, se obtuvieron los siguientes resultados: en el tejido central el 60% de la población tiene acceso a pie a por lo menos 6 de las actividades comerciales de uso cotidiano, el tejido intermedio únicamente el 10% de la población tiene acceso a pie, ya que los comercios se encuentran concentrados en la periferia de la AGEB, respondiendo a las vialidades principales, por último, en el tejido intermedio, existe una dotación muy básica de actividades comerciales debido a la vocación únicamente industrial del tejido.

24.- Equipamientos básicos.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

De acuerdo a los planos publicados en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca el 19 de diciembre de 2013, el 7,3% del total del territorio urbano se dispone para equipamiento. Dentro de este universo, se consideran los equipamientos bajo una clasificación de servicio local y regional.

Dentro de los límites del tejido central se encuentran los siguientes equipamientos:

Educación y cultura, nivel local: 3 predios

Educación y cultura, nivel regional: 1 predio

Recreación, nivel local: 1 predio

Recreación, nivel regional: 1 predio

Comercio, nivel regional: 3 predios

Salud y asistencia, nivel local: 1 predio

Los tejidos intermedio y periférico no cuentan con predios destinados para equipamiento, sin embargo, en los límites del tejido intermedio se encuentran un par de predios destinados para el siguiente equipamiento: educación y cultura a nivel local: 1 y salud y asistencia a nivel regional: 1



El equipamiento existente en el tejido central corresponde a la categoría de Educación y Cultura a nivel regional y local, sobre estas líneas el edificio que alberga el Museo de José María Morelos y Pavón



Fuente: elaboración propia con información recabada en sitio y con imágenes de Google EARTH, 2016

25.- Proximidad simultánea a equipamientos básicos.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

El equipamiento básico se encuentra concentrado en la zona central del tejido urbano de la ciudad de Toluca, siendo mucho más disperso a medida que los tejidos se acercan a la periferia. La mayoría de los equipamientos a nivel regional se encuentran en la zona central.

De esta forma el tejido central es el que cuenta con una dotación de servicios óptima, pero el tejido intermedio ya no cuenta con equipamientos al interior de sus límites, y los más cercanos, que únicamente son una secundaria y un hospital materno, no cumplen con los radios de servicio propuestos por SEDESOL.

Por lo tanto, cualquier proyecto que contemple un aumento en la eficiencia del uso del suelo, tendrá que integrar el equipamiento necesario para la población, considerando tanto el número de habitantes como el radio de servicio para cada uno de los predios destinados para este uso, con el objetivo de reducir los desplazamientos en automóvil particular, en beneficio de desplazamientos en transporte público o preferentemente a pie o en bicicleta.

26.- Actividades y equipamientos densos en conocimiento.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Se refiere al porcentaje de actividades densas en conocimiento con respecto del número total de unidades económicas. Este tipo de actividades se pueden clasificar en:

- Actividades relacionadas con el sector de las tecnologías de la información y comunicaciones
- Actividades productivas de servicios avanzados
- Centros de investigación, culturales y de creación artística a nivel superior.

De esta manera, se seleccionaron del total de unidades económicas, aquellas que correspondieran con esta clasificación y se obtuvo el porcentaje con respecto al total de unidades económicas por cada tipo de tejido, recordando que el porcentaje sugerido es de más del 15%, el cual a su vez se recomienda que esté presente en más del 50% de los tejidos.

En el tejido central, el 6.26% de las unidades económicas corresponden a aquellas clasificadas como densas en conocimiento, para el ejido intermedio, el 3.61%, mientras que, en el tejido periférico, no existe ninguna actividad de este tipo, quedándose con el 0%.

27.- Corredores verdes urbanos.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Se trata del porcentaje de tramos viales calificados como corredores verdes urbanos por su funcionalidad de conectar espacios verdes, en relación con los metros lineales totales de vialidad en el tejido analizado.

En este sentido, ningún tejido cuenta con vialidades que correspondan a las características necesarias para ser considerados como corredores verdes urbanos.

28.- Cubiertas verdes

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Se refiere a la implementación de cubiertas verdes en las nuevas edificaciones, así como al tratamiento vegetal en las cubiertas de los edificios existentes en los tejidos. Como referencia se toma el porcentaje de área libre que la legislación particular para cada tejido solicite, este mismo porcentaje deberá ser implementado en cubiertas verdes.

El uso de cubiertas verdes en nuestras sociedades es aún un tema que inicia su desarrollo y se ha implementado más como una moda que como una solución seria y consciente para mitigar el impacto de la degradación de suelos naturales en los tejidos urbanos, además de que no existe ninguna legislación o normatividad al respecto.

En ninguno de los tejidos analizados existe la implementación de cubiertas verdes, por lo tanto, el resultado para los tres tejidos es de 0%.

Se vuelve necesaria, entonces, la incorporación en la legislación de una normatividad para futuras construcciones, así como un fomento a la incorporación de estas tecnologías en los edificios existentes a través de estímulos fiscales.

29.- Reserva de espacios para la distribución de mercancías

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Como parte de una planeación desde un enfoque sistémico, los tejidos deberán contar con áreas destinadas a la distribución de mercancías, con el objetivo de hacer más eficientes los flujos de materiales, materias primas y demás recursos que los tejidos urbanos requieran.

El indicador únicamente mide en una primera etapa la existencia o no de espacios destinados para la distribución de mercancías, en una segunda etapa mediría la interconexión de estos con las redes de distribución.

En este sentido únicamente el tejido periférico, gracias a su vocación industrial cuenta con este tipo de infraestructura, sin embargo, no tienen una correcta interconexión con las redes de distribución hacia la ciudad, debido en gran medida a la fragmentación de los tejidos, causada por la red vial y por la especialización de funciones en los tejidos.

Los tejidos centrales e intermedio no cuentan con espacios destinados a la distribución de mercancías.

30.- Reserva de espacio para la infraestructura de servicios.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Este indicador está directamente relacionado con el anterior, ya que busca medir la existencia y la eficiencia de una red de espacios destinados para los servicios requeridos por los tejidos urbanos. En una primera medición, se busca la existencia de espacios destinados para los servicios, mientras que un análisis más profundo buscará la implementación de una correcta red de interconexión de estos servicios con la

infraestructura verde y las vialidades con el fin de hacer más eficiente la accesibilidad de estos espacios para los habitantes.

Únicamente el tejido central tiene espacios destinados para los servicios, sin embargo, estos no se encuentran conectados con el fin de conformar una red. Los tejidos intermedio y periférico, no cuentan con espacios destinados para el uso e implementación de servicios, debido a su carácter monofuncional de residencia e industria, respectivamente.

31.- Vivienda productiva

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

En México, la vivienda productiva no es objeto de políticas públicas. El Programa Nacional de Vivienda 2014-2018, por ejemplo, no la menciona en ninguna de sus partes no obstante su evidente presencia en la dinámica urbana.

Por lo tanto, se consideran para este trabajo de investigación, las viviendas que cuenten con computadora y acceso a internet, considerándolas como herramientas para permitir el desarrollo de la vivienda productiva.

En el tejido central, 514 de 1300 viviendas cuentan con internet (39.5%), en el tejido intermedio 147 de 569 viviendas (25.8%), y en el tejido periférico sólo 16 de 236 viviendas (6.7%) cuentan con estas herramientas.

32.- Producción de energías renovables

Nivel de análisis: MUNICIPIO y AGEB (tejido)

A nivel nacional existe una falta de compromiso por la incorporación de energías renovables en la búsqueda de una independencia de los combustibles fósiles. El estado de México y, por lo tanto, el municipio de Toluca no cuenta con programas que incorporen o por lo menos fomenten el uso de energías renovables. Es por esto que en los tejidos analizados no existe producción de energías que sean amables con el medio ambiente, siendo totalmente dependientes de la producción de energía a partir de combustibles fósiles, con las consecuencias al medio ambiente que esto tiene.

El resultado en los tres tejidos analizados para la producción de energías renovables, es por lo tanto 0%.

33.- Producción local de alimentos básicos.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Los tejidos analizados carecen de áreas destinadas para la producción de alimentos básicos. En los tres tejidos analizados es evidente, aunque en el central un poco menos, el carácter monofuncional -comercio-gobierno, residencial, industria- respectivamente. En ninguno de los tres tejidos analizados y en general en el área urbanizada del municipio de Toluca, se producen alimentos de manera local, exigiendo al metabolismo urbano un alto grado de gasto de energía en el transporte de alimentos desde las áreas rurales tanto al interior del municipio como desde otros municipios al interior del Estado de México o incluso desde otros estados de la República.

El resultado en los tres tejidos analizados para la producción local de alimentos, es por lo tanto 0%.

EJE TRANSVERSAL / E4 HABITABILIDAD

Ámbito H1: Vivienda

34.- Vivienda particular habitada

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

A nivel de AGEB es posible obtener los datos sobre la cantidad de viviendas habitadas en un tejido seleccionado, con esta información se obtuvo el porcentaje de vivienda habitada con relación al total de viviendas en los tejidos de estudio. Como parte de las recomendaciones de este trabajo de investigación, se tiene como objetivo mínimo el 90% de viviendas habitadas en un tejido urbano, con el fin de lograr que una correcta habitabilidad, al reducir al mínimo la cantidad de viviendas desocupadas, logrando una densidad de habitación que permita la implementación de servicios e infraestructura urbana.

En el tejido central, de un total de 1300 viviendas, el 82% se encuentran habitadas. El tejido intermedio cuenta con un total de 569 viviendas de las cuales el 83% se encuentran habitadas, mientras que, para el tejido periférico, de las 236 viviendas registradas, el 80% se encuentran habitadas.

35.- Parque de vivienda vacante

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Del mismo modo que el indicador precedente, es posible obtener los datos acerca de la cantidad de viviendas desocupadas en un tejido seleccionado. Este indicador solo nos muestra la cantidad de viviendas que no se encuentran habitadas, sin embargo, no es su objetivo especificar cuáles de estas viviendas desocupadas se encuentran abandonadas o disponibles para ser habitadas, ni las condiciones particulares de habitabilidad que tienen. El reducir al mínimo la cantidad de vivienda desocupada, reduce la cantidad de áreas abandonadas y susceptibles de generar una actividad reducida que fomentaría la desconfianza en la población, así como un abandono paulatino de los espacios públicos abiertos.

El tejido central tiene un parque de vivienda vacante del 18% del total de viviendas, el tejido intermedio 17% y el tejido periférico el 20%.

36.- Viviendas con toma eléctrica

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

El contar con toma eléctrica es uno de los requisitos fundamentales para la habitabilidad, por lo tanto, el objetivo óptimo será tener un 100% de las viviendas con este servicio básico. Para efectos de este trabajo de investigación y con el fin de ofrecer una evaluación comparativa, se ha establecido como un objetivo mínimo el 95% de las viviendas con toma de energía eléctrica registrada.

En el tejido central el 80% de las viviendas tienen toma eléctrica registrada (1046 de 1300 viviendas), el tejido intermedio cuenta con 85% de viviendas con toma eléctrica registrada (483 de 569 viviendas), mientras que en el tejido periférico solo el 76% de las viviendas tienen toma eléctrica registrada (179 de 236 viviendas).

37.- Viviendas con drenaje

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

El contar con drenaje conectado a la red municipal, es otro de los factores básicos de habitabilidad para las viviendas en cualquier tejido urbano, en este caso y en la búsqueda de aspectos a mejorar para hacer más eficiente un tejido a reciclar, es necesario saber en qué medida está cubierta la necesidad de drenaje. Utilizaremos nuevamente los objetivos mínimos y óptimos de 95% y 100% respectivamente, para nuestra evaluación.

El tejido central tiene cubierto el 80% de la demanda de drenaje (1046 de 1300 viviendas), el tejido intermedio el 85% (485 de 569 viviendas), y el tejido periférico el 77% (181 de 236 viviendas).

38.- Viviendas con toma de agua

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

El servicio de agua potable desde la red municipal es el tercer servicio básico para contar con una habitabilidad mínima en un tejido urbano, en este sentido también consideramos para la evaluación los objetivos mínimos y óptimos de cobertura de agua potable en 95% y 100% respectivamente.

El tejido central tiene cubierto el 80% de la demanda de drenaje (1042 de 1300 viviendas), el tejido intermedio el 83% (471 de 569 viviendas), y el tejido periférico solo el 55% (129 de 236 viviendas).

Ámbito H2: Espacio Público

39.- Accesibilidad de vialidades

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

La accesibilidad de las vialidades se mide en función de su impacto en la movilidad peatonal. El criterio de evaluación se basa en dos requerimientos básicos de accesibilidad para las personas con movilidad reducida: el indicador pondera la accesibilidad de los tramos de la calle en función de la anchura de las banquetas y la pendiente del trazo, asumiendo que ambos atributos pueden limitar los desplazamientos de personas con movilidad reducida.

Los objetivos mínimos y óptimos son los siguientes: 90% de los tramos de calle con accesibilidad suficiente y el 90% de los tramos de calle con accesibilidad óptima. Las dimensiones mínimas de accesibilidad son: un ancho mayor o igual a 2.5 metros, pendiente longitudinal no mayor a 6% y transversal no mayor a 2%. Las dimensiones óptimas son un ancho mayor o igual a 3.7 metros y una pendiente longitudinal de 6% y transversal de 2%.

El INEGI cuenta con un mapeo de las vialidades que cuentan con rampas para permitir una correcta accesibilidad a las personas con movilidad reducida, sin embargo, no cuenta con una medición de las dimensiones de las banquetas, por lo tanto, y basándonos únicamente en los datos públicos ofrecidos por este instituto, obtuvimos el porcentaje de vialidades que tienen cuentan con rampas de acceso hacia las banquetas. Es necesario que un proyecto de reciclamiento urbano, considere entonces la transformación de las vialidades peatonales y de las banquetas, considerando las dimensiones optimas tanto en ancho como en pendiente para permitir una correcta accesibilidad a toda la población.

Los resultados fueron los siguientes: en el tejido central, el 40% de las banquetas tienen rampas, en los tejidos intermedio y periférico, solo el 15% de las banquetas cuentan con rampas que faciliten la accesibilidad al peatón y a personas con movilidad reducida.



A pesar de que el 40% de las banquetas cuentan con rampas, la accesibilidad en el tejido central se ve limitada debido al trazo incorrecto de las mismas y a diversos obstáculos, como postes, casetas telefónicas, o señalamientos diversos que se encuentran sobre las banquetas.



La accesibilidad en el tejido intermedio es muy deficiente, debido a que no existe una cobertura superior al 20% de banquetas en el tejido, además de que las existentes no cuentan con un trazo ni con rampas que las hagan accesibles.



La accesibilidad en el tejido periférico es muy reducida ya que no se cuenta con banquetas o guarniciones que puedan ser utilizadas por los peatones, además de que solo las vialidades principales se encuentran pavimentadas.

Fuente: elaboración propia con información recabada en sitio y con imágenes de Google EARTH, 2016

40.- Espacio vial destinado al peatón

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Se trata del porcentaje de espacio de calle destinado al peatón con relación al ancho total de la vialidad, debería estar entre el siguiente rango: 60% mínimo suficiente y el 75% deseable en al menos el 50% de los tramos de calle, para permitir la configuración de una red peatonal sin contacto con el vehículo motorizado.

En los tejidos central e intermedio, se tienen banquetas de entre 1.5 y 2 metros de ancho en vialidades de entre 10 y 12 metros, obteniendo un resultado promedio del 20% de la vialidad destinada al peatón, mientras que en el tejido periférico el resultado se reduce al 10% ya que las vialidades aumentan en dimensiones, pero mantienen un promedio de 1,5 metros de ancho para las banquetas.



El espacio vial destinado al peatón en el tejido central es suficiente en las vialidades principales, aunque en gran medida se ve obstaculizado por la presencia de elementos de mobiliario urbano que cortan la continuidad del espacio vial. En las vialidades secundarias, el espacio destinado al peatón se ve reducido por la disminución en las cotas de las banquetas y por la prioridad que se da al vehículo automotor.



A pesar de ser un tejido en proceso de consolidación, el espacio vial destinado al peatón no es suficiente, ya que las banquetas existentes, no cumplen con las dimensiones de trazo mínimas, además de que se ven obstaculizadas por vegetación y por elementos de mobiliario urbano.



El tejido periférico es un claro ejemplo de la negación de la existencia del peatón en nuestras ciudades, no existen banquetas y las vialidades son invadidas por los remolques que dan servicio a la industria establecida en el tejido.

Fuente: elaboración propia con información recabada en sitio y con imágenes de Google EARTH, 2016

Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno

Los siguientes indicadores se midieron a nivel de Zona Metropolitana ya que tienen que ver con elementos de implicación a una mayor escala que la del tejido urbano muestra, en este sentido, se entiende que tienen una influencia directa en la conformación de los tejidos urbanos en su conjunto y, por lo tanto, también en los tejidos urbanos particulares (AGEB). Así mismo, los indicadores que se presentan a continuación tendrían un mayor impacto en la medida en que se fomente su eficiencia a nivel conjunto, es decir como Zona Metropolitana y eventualmente a nivel estatal y federal.

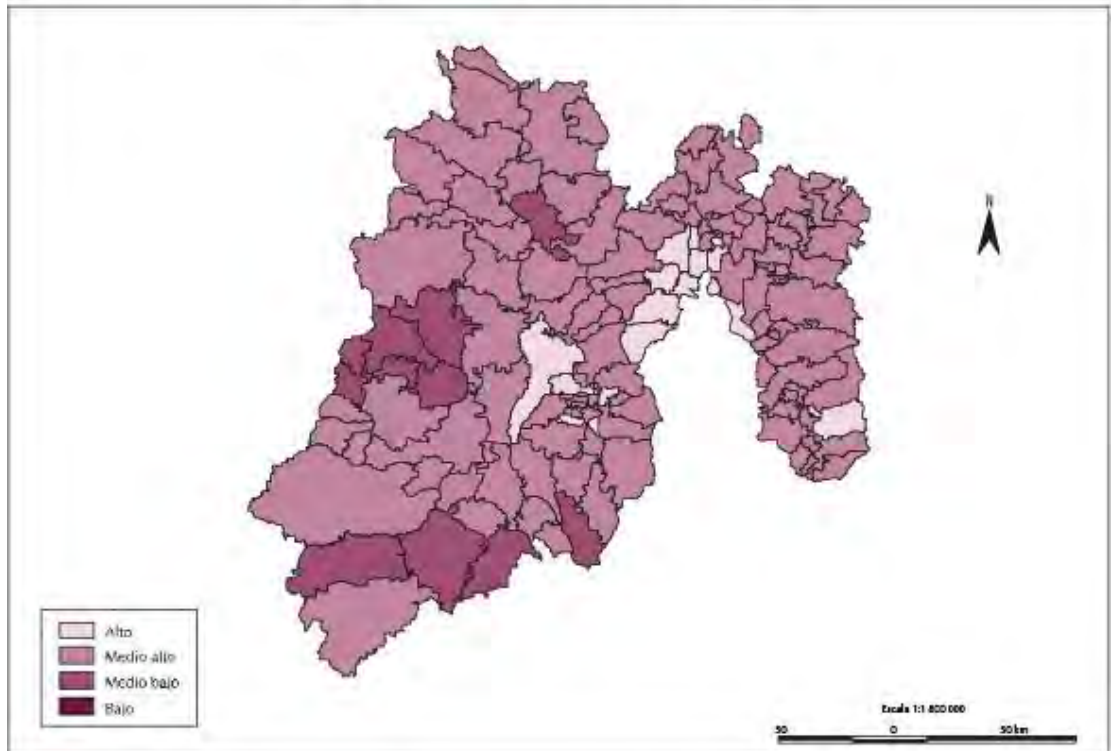
41.- Índice de desarrollo humano

Nivel de análisis: ZONA METROPOLITANA

El índice de desarrollo humano para el municipio de Toluca es de 0.849, considerado por la SEDESOL como un índice ALTO, sin embargo, este dato al ser un promedio municipal, no refleja las zonas con un menor índice de desarrollo ni las diferencias entre los tejidos

seleccionados, los cuales como se verá en el indicador número 45 correspondiente al grado de marginación, tienen importantes diferencias en cuanto a desarrollo se refiere.

Estado de México: índice de desarrollo humano municipal, 2000



Fuente: CONAPO con resultados del Censo General de Población 2000

42.- Participación social en los procesos urbanos

Nivel de análisis: ZONA METROPOLITANA

Como resultado para este indicador encontramos que la participación social en los procesos urbanos es Parcial, ya que a pesar de que la normatividad vigente para los procesos de transformación urbana, menciona que es necesaria la participación ciudadana en la toma de decisiones acerca de los cambios en los tejidos urbanos, esta legislación se queda como un requerimiento que no siempre es observado y que en casos en los que se observa, únicamente cumple con las exigencias de sectores muy particulares y reducidos de la sociedad. Además, debemos anotar que los procesos de transformación urbana no son sujetos de concursos públicos ni son evaluados por la sociedad, sino por representantes elegidos desde el gobierno en turno y que responden a intereses ajenos al beneficio de la población.

43.- Instrumentos de gestión de los procesos urbanos a través del gobierno local

Nivel de análisis: ZONA METROPOLITANA

El municipio de Toluca cuenta con un Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN), el cual se encarga de regular, proponer y coordinar los procesos relacionados con la planeación urbana de los territorios del municipio de Toluca. Sin embargo, las acciones tomadas por los gobiernos locales solo consideran las observaciones del IMPLAN como recomendaciones que no siempre llegan a plasmarse en la realidad de los proyectos urbanos.

44.- Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos

Nivel de análisis: ZONA METROPOLITANA

A pesar de la existencia del Instituto Municipal de Planeación para el municipio de Toluca, no existe un instrumento que regule las acciones a nivel regional, ya que la metropolización del territorio requiere que las acciones deban ser coordinadas entre las autoridades de los diversos municipios que conforman la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, además de enfrentarse a intereses correspondientes a diversos partidos políticos y a los tiempos establecidos en los periodos de gobierno.

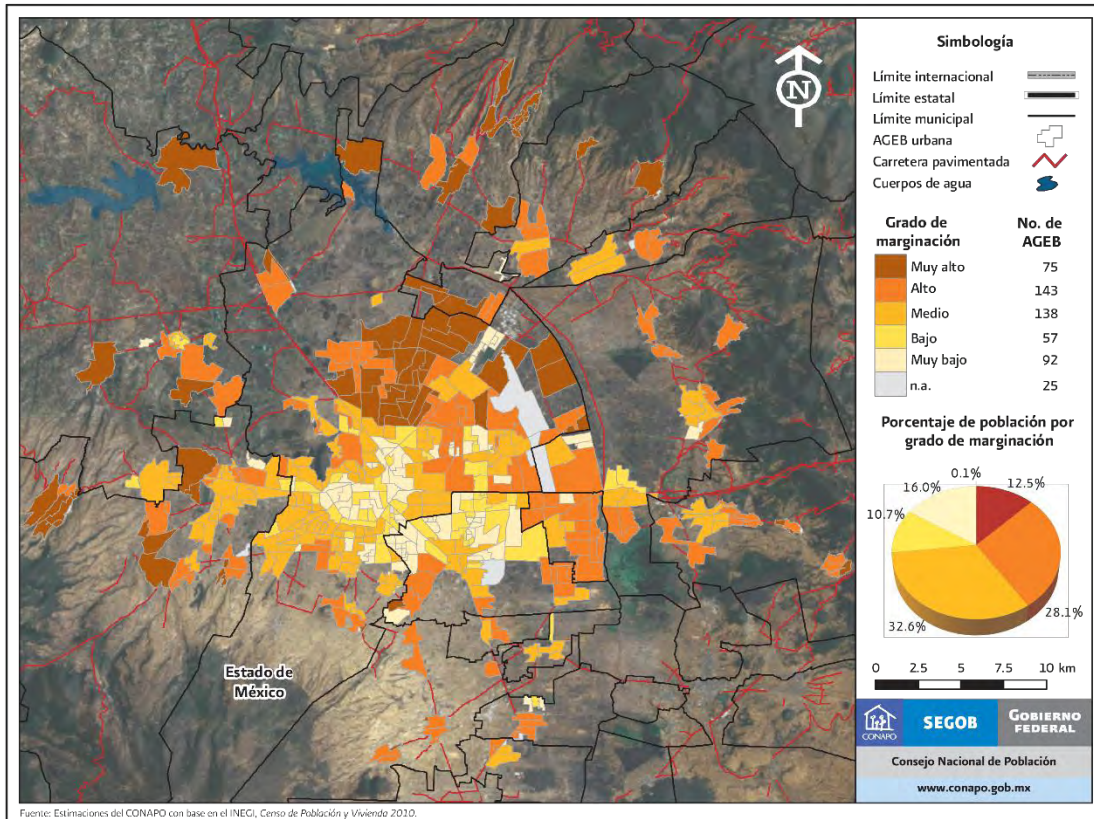
45.- Grado de marginación.

Nivel de análisis: AGEB (tejido)

Este indicador, a pesar de formar parte del ámbito de cohesión social, participación y gobierno, los cuales son medidos a nivel de Zona Metropolitana, se tienen datos a nivel de cada tejido urbano (AGEB). Esto resulta importante ya que nos muestra las diferencias en el grado de marginación con respecto a cada sector de la mancha urbana. Mostrando que a medida que la urbanización se aleja del núcleo urbano se tienen un mayor grado de marginación.

El Consejo Nacional de Población en su reporte de 2010, asigna a la Zona Metropolitana de Toluca un bajo grado de marginación, además, presenta un mapa desagregado en AGEB, donde encontramos que el tejido central tiene un bajo grado de marginación, el tejido intermedio cuenta con un grado de marginación medio, y por último el tejido periférico tiene un alto grado de marginación.

Zona Metropolitana de Toluca: Grado de marginación urbana por AGEB, 2010



Fuente:
CONAPO/SEGOB
2012

5.3.1 CUADRO DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS TEJIDOS EXISTENTES.

Indicador	Nivel de análisis	Objetivo mínimo	Objetivo deseable	Resultado Actual							
EJE TRANSVERSAL E1 METABOLISMO URBANO											
Ámbito M1: Entrada de energía y recursos											
1	Consumo energético total por habitante al año	MUNICIPIO	5000 kWh/hab al año	Menos de 5000 kWh/hab al año	36,000 kWh/hab al año						
	Consumo energético por sector	MUNICIPIO			PETAJOULES						
	A) Consumo energético sector transporte	MUNICIPIO			29.01						
	B) Consumo energético sector industrial	MUNICIPIO			17.32						
	C) Consumo energético sector residencial	MUNICIPIO			9.76						
	D) Consumo energético sector comercial	MUNICIPIO			1.66						
	E) Consumo energético sector público	MUNICIPIO			0.37						
	Consumo total de agua	ZM			114.5 MILLONES DE M3/AÑO						
2	Consumo de agua per capita	ZM	200 lpd	menos de 120 lpd	170 lpd						
3	Autoproducción energética	ZM	25%	50%	0						
Ámbito M2: Transformación											
	Consumo de energía para la producción de insumos de la construcción	MUNICIPIO			4.38						
	A) Industria básica del acero	MUNICIPIO			2.14						
	B) Industria de la producción de cemento	MUNICIPIO			1.53						
	C) Industria de la producción de vidrio	MUNICIPIO			0.56						
	Consumo de energía para la industria de la construcción	MUNICIPIO			0.15						
Ámbito M3: Salida de desechos											
	Generación de residuos	MUNICIPIO									
	A) Volumen de basura total recolectada	MUNICIPIO			310,000 TON						
4	B) Volumen de basura recolectada per capita	MUNICIPIO	menos de 1.5 kg/hab/día	menos de 1.35 kg/hab/día	1.04						
5	C) Disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios	MUNICIPIO	80%	100%	100%						
6	Emisiones de gases de efecto invernadero	MUNICIPIO	menos de 5 tCO2 eq./hab al año			6.33					
Ámbito M4: Reciclamiento de recursos											
7	Volumen de basura reciclada	ZM	25%	más del 50%	1%						
8	Volumen de aguas residuales tratadas	ZM	40%	más del 60%	4%						
					CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL	CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL	
					PROPUESTA			REAL			
Eje E2 COMPACIDAD					AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547	AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547	
9	Densidad de habitantes	AGEB	260 HAB/HA	350 HAB/HA	350	260	260	60	51	6	
10	Densidad de viviendas	AGEB	más de 75 viv/ha	MÁS DE 100 viv/ha	100	75	75	22.4	13.9	1.74	
11	Intensidad máxima de construcción	AGEB	5	5	5			N/A	N/A	N/A	
12	Compacidad absoluta	AGEB	más de 5 m en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más de 5 m en más del 75% de la superficie de suelo urbano residencial	5			1.8	0.5	0	
13	Compacidad corregida		10-50 metros en más del 50% de la superficie del suelo urbano residencial	10-50 metros en más del 75% de la superficie del suelo urbano residencial	10-50 metros en más del 75% de la superficie del suelo urbano residencial			37.25	0	0	
14	Espacio de estancia por habitante	AGEB	más de 10 m2/hab	más de 20 m2/hab	20	30	20	14.06	0	0	
15	Proximidad a redes de transporte público	AGEB	más del 80% de la población con cobertura simultánea a 3 de las 4 redes consideradas	100% de la población con cobertura simultánea a 3 de las 4 redes consideradas	100% de la población con cobertura simultánea a 3 de las 4 redes consideradas			100%/1	50%/1	50%/1	
16	Dotación de plazas de estacionamiento para vehículos fuera de las vialidades	AGEB	más del 80% de la demanda	más del 90% de la demanda	más del 80% de la demanda			50%	100%	100%	
17	Espacio verde por habitante	AGEB	más de 10m2 por habitante	más de 12m2 por habitante		30	20	14.06	0	0	
18	Proximidad simultanea a espacios verdes	AGEB	100% de la población con cobertura a un mínimo de 3 categorías de espacio verde	100% de la población con cobertura a las 4 categorías de espacio verde	100% de la población con cobertura a las 4 categorías de espacio verde			0			
19	Permeabilidad del suelo	AGEB	más del 20%		Mínimo el 30%			8.30%	50%	40%	

					CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL	CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL
					PROPUESTA			REAL		
Eje E3 COMPLEJIDAD					AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547	AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547
20	Diversidad de unidades económicas	AGEB	más de 5 bits de información en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más de 5 bits de información en más del 80% de la superficie de suelo urbano residencial	5			1.72	1.72	1.56
21	Autocontención laboral	MUNICIPIO	50%	75%	75%			66.50%		
22	Equilibrio entre la actividad y la residencia	AGEB	entre 20 y 40% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	entre 20 y 40% en más del 80% de la superficie de suelo urbano residencial	entre 20 y 40% en más del 80% de la superficie de suelo urbano residencial			15%	5%	80%
23	Proximidad a actividades comerciales de usos cotidiano	AGEB	más del 75% de población con cobertura simultánea a 6 o más actividades distintas de uso cotidiano	100% de población con cobertura simultánea a las 8 actividades de uso cotidiano	más del 75% de población con cobertura simultánea a 6 o más actividades distintas de uso cotidiano			60%	20%	10%
24	Dotación de equipamientos básicos	AGEB	más del 75%	100%	100%			100%	0%	0%
25	Proximidad simultánea a equipamientos básicos	AGEB	más del 75%	100%	100%			100%	20%	0%
26	Actividades y equipamientos densos en conocimiento	AGEB	más del 15% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más del 20% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más del 20% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial			6.21%	3.61%	0%
27	Corredores verdes urbanos	AGEB	más de 5% de corredores verdes urbanos	más de 10% de corredores verdes	más de 10% de corredores verdes urbanos			0	0	0
28	Cubiertas verdes	AGEB	más del 10% de la superficie en cubierta disponible	más del 10% de la superficie en cubierta disponible	más del 10% de la superficie en cubierta disponible			0	0	0
29	Reserva de espacios para la distribución de mercancías	AGEB	SÍ	SÍ	SÍ			NO	NO	SI
30	Reserva de espacio para la infraestructura de servicios	AGEB	SÍ	SÍ	SÍ			SI	NO	NO
31	Vivienda productiva	AGEB	más de 25%	más de 35%	más de 35%			39.50%	25.80%	6.70%
32	Producción de energías renovables	AGEB	25%	50%	50%			0	0	0
33	Producción local de alimentos básicos	AGEB	SÍ	SÍ	SÍ			NO		
EJE E4 HABITABILIDAD					CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL	CENTRAL	INTERMEDIA	INDUSTRIAL
Ámbito H1: Vivienda					PROPUESTA			REAL		
					AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547	AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547
34	Vivienda particular habitada	AGEB	90%	95%	95%			82	83	80
35	Parque de vivienda vacante	AGEB	10%	5%	5%			18	17	20
36	Viviendas con toma eléctrica	AGEB	95%	100%	100%			80	85	76
37	Viviendas con drenaje	AGEB	95%	100%	100%			80	85	77
38	Viviendas con toma de agua	AGEB	95%	100%	100%			80	83	55
Ámbito H2: Espacio público					PROPUESTA			REAL		
39	Accesibilidad de vialidades	AGEB	más de 90% de tramos de calle con accesibilidad suficiente	más de 90% de tramos de calle con accesibilidad óptima	más de 90% de tramos de calle con accesibilidad óptima			40%	15%	15%
40	Espacio vial destinado al peatón	AGEB	más del 60% del espacio vial destinado al peatón en más del 50% de los tramos de calle	más del 60% del espacio vial destinado al peatón en más del 75% de los tramos de calle	más del 60% del espacio vial destinado al peatón en más del 75% de los tramos de calle			20%	20%	10%
Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno					PROPUESTA			REAL		
41	Índice de desarrollo humano	ZM	ALTO		MÍNIMO 0.849 / ALTO			0.849 / ALTO		
42	Participación social en los procesos urbanos	ZM	SÍ	SÍ	SÍ			PARCIAL		
43	Instrumentos de gestión transversal de los procesos urbanos a través del gobierno local	ZM	SÍ	SÍ						
44	Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos	ZM	SÍ	SÍ						
45	Grado de Marginación	ZM	Bajo	Muy Bajo	BAJO			Bajo	Medio	Alto

5.4.-RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL ECOSISTEMA URBANO Y DE LOS TEJIDOS MUESTRA.

Recordemos que la idea de este trabajo es analizar al sistema urbano desde la perspectiva de su metabolismo, considerando los flujos que recorren y se distribuyen en su territorio. Además, tomamos en cuenta que todo lo que se encuentra en el territorio del sistema urbano, se encuentra en constante movimiento, cambiando sus condiciones, no es estático, ni rígido.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados de la evaluación de los diferentes ámbitos de estudio correspondientes a cada tejido y una interpretación de los resultados obtenidos, de esta manera podremos tener una visión más completa acerca de las condiciones en cada uno de ellos, para posteriormente llevar a cabo una comparación de resultados entre los tejidos y definir cuál de ellos tiene un metabolismo más eficiente. Lo anterior se llevará a cabo a través de la evaluación de los resultados, asignando un valor numérico a cada uno para proceder a la producción de un índice de eficiencia para cada tejido en el siguiente apartado.

Tejido central (AGEB 0487)		
Indicador	Resultado	Interpretación
Metabolismo Urbano		
1. Consumo energético total por habitante al año	36,174 kWh/año/persona	El crecimiento económico está ligado con la producción de bienes y servicios, los cuales requieren un alto consumo energético, su producción depende de recursos no renovables y emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero.
2. Consumo de agua per cápita	170 litros por persona al día	El consumo de agua se encuentra dentro de los rangos propuestos en este trabajo, sin embargo, existe una quinta parte de la población que no cuenta con el servicio, lo cual debemos tomar en cuenta para considerar que probablemente este dato sea más alto en la realidad, ya que el promedio de consumo toma en cuenta al total de la población y no al total de la población que cuenta con el servicio.
3. Autoproducción energética	0 (cero)	La producción de energía en el sistema, depende de recursos y procesos que se explotan y llevan a cabo fuera del territorio, afectando las capacidades de otros sistemas urbanos al requerir energía (y generar desechos) para su traslado hasta el punto de consumo.
4. Volumen de basura recolectada per cápita	1.04 kg/hab./día	el indicador muestra un volumen dentro de los rangos propuestos, pero como se verá en el indicador siguiente, no existe un proceso de reciclaje ni de aprovechamiento de los desechos sólidos.
5. Disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios	100%	Los desechos son trasladados fuera del territorio del sistema urbano, donde contaminan otros ecosistemas que eventualmente serán necesarios para el funcionamiento de la ciudad. Además, la capacidad de producción energética de los rellenos sanitarios no es integrada al metabolismo para su aprovechamiento.
6. Emisión de gases de efecto invernadero	6,33 Tg Co2 Eq.	El alto consumo energético está directamente relacionado con la emisión de gases de efecto invernadero debido a la utilización de combustibles fósiles en el proceso.
7. Volumen de basura reciclada	1%	Se fomenta la acumulación de residuos, los cuales son trasladados fuera del territorio del sistema urbano, donde contaminan recursos que eventualmente serán necesarios para la ciudad. El metabolismo se desgasta y cada vez requiere más recursos y energía para su funcionamiento.

8. Volumen de aguas residuales tratadas	4%	Se fomenta la sobre explotación de los mantos acuíferos en lugar de promover la reutilización y recirculación del recurso hídrico. Este hecho aumenta los gastos energéticos y económicos, con el aumento de desechos sólidos y gaseosos nocivos para el ambiente, relacionados con el proceso de dotación de agua.
Compacidad		
9. Densidad de habitantes	60 hab/ha	La densidad de habitantes aún podría multiplicarse por 2.7 para alcanzar el número de habitantes por hectárea que el PMDU Toluca establece como máximo, mientras que, con respecto a los rangos de compacidad recomendados por este trabajo, representa una sexta parte. En cuanto a población, el tejido tiene una baja eficiencia.
10. Densidad de viviendas	22 viv/ha	El PMDU Toluca, establece como norma de densidad de viviendas máxima para el tejido central, 40 viviendas por hectárea. El dato obtenido a través del INEGI para este tejido específico es apenas de la mitad, dejando aún muy por debajo el uso eficiente del tejido en lo que respecta a la densidad de viviendas.
11. Intensidad máxima de construcción	2.1 veces	De acuerdo a la normatividad aplicable al tejido central, este podrá tener en promedio una altura de 2 y 3 niveles, considerando un 20% de área libre. Siendo apenas el 50% de la altura recomendable en promedio para una ciudad compacta, la cual se establece entre 5 y 6 niveles con un 30% de área libre (Pedersen, 2009).
12. Compacidad absoluta	1.8	Teniendo como objetivo una compacidad absoluta de 5, la densidad de viviendas tendría que multiplicarse 2.7 veces como ya se estableció en el indicador correspondiente.
13. Compacidad corregida	37 m	La compacidad corregida tiene un valor favorable gracias a la gran extensión de área verde al poniente del tejido.
14. Espacio público de estancia por habitante	14.02 m ²	El espacio público de estancia se encuentra concentrado al poniente del tejido, pero la cantidad de espacios públicos distribuidos en el territorio, aun es deficiente.
15. Proximidad a redes de transporte público	100% cobertura de autobús urbano	Una ciudad compacta y eficiente, promueve una red de transportes multimodales. Toluca únicamente cuenta con redes de transporte conformadas por autobuses urbanos,

		limitando las capacidades de desplazamiento de los habitantes.
16. Dotación de plazas de estacionamiento fuera de vialidades	50%	Los automóviles invaden las vialidades para estacionarse, ya sea por la insuficiente dotación de lugares de estacionamiento en el tejido o bien por el alto costo de los estacionamientos públicos y el carácter privado del resto.
17. Espacio verde por habitante	14 m ²	El resultado se encuentra en niveles favorables de acuerdo a las recomendaciones de la OMS.
18. Proximidad simultánea a espacios verdes	100% a un tipo de espacio verde	El tipo de espacio verde corresponde solo a uno de los tipos clasificados por Rueda (2009). El tejido carece de variedad de espacios verdes distribuidos en su territorio.
19. Permeabilidad del suelo	50%	El tejido cuenta con suficiente territorio apto para permitir la recirculación del agua a través de la filtración. El tejido fomenta la recuperación de los mantos acuíferos.
Complejidad		
20. Diversidad de unidades económicas	1.72 bits	El tejido central a pesar de contar con una gran cantidad de unidades económicas, estas son principalmente relacionadas con el comercio al por menor. Es necesaria lograr una mayor diversidad de unidades económicas a través de un aumento en la cantidad y diversidad de habitantes del tejido.
21. Autocontención laboral	66.5%	El crecimiento expansivo de la ciudad, aleja del centro del municipio a sus habitantes, acercándolos a los municipios colindantes, fomentando la búsqueda de fuentes de trabajo en otros municipios. Las fuentes laborales al interior del municipio no son suficientes.
22. Equilibrio entre la actividad y la residencia	15%	Es necesario aumentar el área destinada a usos diferentes al residencial, lo cual será más urgente al promover la densificación del tejido.
23. Proximidad a actividades comerciales de usos cotidianos	60%	Casi la mitad de la población no tiene buena accesibilidad a las actividades comerciales de uso cotidiano debido a la concentración de estas en las vialidades principales del tejido.
24. Equipamientos básicos	100%	Se cuenta con una dotación suficiente de equipamientos tanto de alcance regional como local a nivel de radio de servicio y de población, pero si se pretende re-densificar, el equipamiento se verá rebasado a nivel de

		población a la que puede servir, a pesar de que su radio de servicio siga siendo correcto.
25. Proximidad simultánea a equipamientos básicos	100%	Las dimensiones del territorio y la ubicación de equipamiento al interior de sus límites, permiten considerar como satisfactoria la proximidad, ya que permite a la población llegar a ellos a pie o en bicicleta.
26. Actividades y equipamientos densos en conocimiento	6.26%	El tejido se encuentra en un proceso de inserción de actividades y equipamientos densos en conocimiento, sin embargo, apenas cuenta con una tercera parte del porcentaje sugerido. Su ubicación central responde más a usos administrativos y de gobierno, promoviendo una dinámica monofuncional.
27. Corredores verdes urbanos	0%	No existe conexión de la infraestructura verde que se encuentra al interior del tejido con la del resto del sistema urbano, lo cual limita su accesibilidad.
28. Cubiertas verdes	0%	El tejido no devuelve al suelo parte del territorio utilizado para la construcción, por lo tanto, no existe captación de agua pluvial ni los beneficios del tratamiento al aire por parte de la vegetación.
29. Reserva de espacios para la distribución de mercancías	SI	El tejido podrá distribuir mercancías al interior de su territorio, reduciendo desplazamientos motorizados y el gasto energético relacionado con ello.
30. Reserva de espacios para la infraestructura y servicios	SI	El tejido cuenta con infraestructura y servicios básicos, sin embargo, es necesario un análisis más profundo de su funcionamiento para garantizar el servicio a mediano y largo plazo.
31. Vivienda productiva		
32. Producción de energías renovables	0%	El tejido depende exclusivamente de la energía producida en otros territorios, con el gasto energético y de recursos no renovables que eso conlleva.
33. Producción local de alimentos	0%	El tejido depende exclusivamente de los alimentos producidos en otros territorios, con el gasto energético que su transportación requiere.
Habitabilidad		
Ámbito H1: Vivienda		
34. Vivienda particular habitada	82%	Existe un proceso de abandono del tejido para usos habitacionales, que puede verse agravado por la expansión territorial de la urbanización, donde la lejanía y la falta de

		servicios y equipamientos son disfrazadas por bajos costos de las viviendas.
35. Parque de vivienda vacante	18%	Un alto porcentaje de vivienda vacante podría deberse a malas condiciones de las viviendas o a un alto costo a causa de su ubicación central.
36. Viviendas con toma eléctrica	80%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de electricidad, afectando gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono
37. Viviendas con drenaje	80%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de drenaje, afectando gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono
38. Viviendas con toma de agua	80%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de agua, afectando gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono
Ámbito H2: Espacio Público		
39. Accesibilidad de vialidades	40%	Más de la mitad de las vialidades no permite una correcta accesibilidad para la población de la tercera edad o con alguna discapacidad. Además de que dificulta el uso del espacio público para los peatones, promoviendo su eventual descuido y abandono.
40. Espacio vial destinado al peatón	20%	El automóvil es el protagonista del espacio público, invadiendo cuatro quintas partes de este, si además agregamos la baja accesibilidad de las banquetas en la mayor parte de los tejidos urbanos, el espacio vial destinado al peatón se ve reducido a niveles mínimos.
Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno		
41. Índice de desarrollo humano	0.849	A pesar de contar con un IDH mayor al promedio nacional, en parte debido a que se trata de una ciudad capital y por lo tanto cuenta con servicios e infraestructura suficientes, el índice no refleja la desigualdad de las condiciones en los diversos tejidos, ya que los beneficios no se encuentran distribuidos en el territorio ni cuentan con una correcta accesibilidad.
42. Participación social en los procesos urbanos	PARCIAL	La normatividad establece la necesidad (mas no la exigencia) de la participación social en los procesos de transformación de la ciudad, sin embargo, esta participación no se ve

		reflejada de manera contundente en la realidad. Probablemente se deba a la desconfianza y eventual indiferencia de la población hacia los gobiernos.
43. Instrumentos de gestión de los procesos urbanos a través del gobierno local	PARCIAL	La existencia del Instituto Municipal de Planeación de Toluca, es principio un instrumento que permite la gestión de los procesos urbanos, sin embargo, sus resultados se ven condicionados por los diversos periodos de gobierno, así como por los diversos actores políticos. Es recomendable que se trabaje por la autonomía de este tipo de instrumentos, con el fin de evitar su manipulación.
44. Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos	PARCIAL	La condición metropolitana y de conurbación del territorio, dificultan la planeación en conjunto de los procesos urbanos, los cuales se ven agravados por las diferencias políticas de sus gobernantes y la transición y cambios que se suceden con cada cambio de gobierno.
45. Grado de marginación	BAJO	Las condiciones de dotación suficiente de servicios e infraestructura básica, ubicación central y proximidad a comercios y unidades económicas, promueven el bajo grado de marginación.

Fuente:
Elaboración propia

Tejido intermedio (AGEB 3246)		
Indicador	Resultado	Interpretación
Metabolismo Urbano		
1. Consumo energético total por habitante al año	36,174 kWh/año/persona	El crecimiento económico está ligado con la producción de bienes y servicios, los cuales requieren un alto consumo energético, su producción depende de recursos no renovables y emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero.
2. Consumo de agua per cápita	170 litros por persona al día	El consumo de agua se encuentra dentro de los rangos propuestos en este trabajo, sin embargo, existe una quinta parte de la población que no cuenta con el servicio, lo cual debemos tomar en cuenta para considerar que probablemente este dato sea más alto en la realidad, ya que el promedio de consumo toma en cuenta al total de la población y no al total de la población que cuenta con el servicio.
3. Autoproducción energética	0 (cero)	La producción de energía en el sistema, depende de recursos y procesos que se explotan y llevan a cabo fuera del territorio, afectando las capacidades de otros sistemas urbanos al requerir energía (y generar desechos) para su traslado hasta el punto de consumo.
4. Volumen de basura recolectada per cápita	1.04 kg/hab./día	el indicador muestra un volumen dentro de los rangos propuestos, pero como se verá en el indicador siguiente, no existe un proceso de reciclaje ni de aprovechamiento de los desechos sólidos.
5. Disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios	100%	Los desechos son trasladados fuera del territorio del sistema urbano, donde contaminan otros ecosistemas que eventualmente serán necesarios para el funcionamiento de la ciudad. Además, la capacidad de producción energética de los rellenos sanitarios no es integrada al metabolismo para su aprovechamiento.
6. Emisión de gases de efecto invernadero	6,33 Tg Co2 Eq.	El alto consumo energético está directamente relacionado con la emisión de gases de efecto invernadero debido a la utilización de combustibles fósiles en el proceso.
7. Volumen de basura reciclada	1%	Se fomenta la acumulación de residuos, los cuales son trasladados fuera del territorio del sistema urbano, donde contaminan recursos que eventualmente serán necesarios para la ciudad. El metabolismo se desgasta y cada vez requiere más recursos y energía para su funcionamiento.

8. Volumen de aguas residuales tratadas	4%	Se fomenta la sobre explotación de los mantos acuíferos en lugar de promover la reutilización y recirculación del recurso hídrico. Este hecho aumenta los gastos energéticos y económicos, con el aumento de desechos sólidos y gaseosos nocivos para el ambiente, relacionados con el proceso de dotación de agua.
Compacidad		
9. Densidad de habitantes	51 hab/ha	La densidad de habitantes aún podría multiplicarse por 4 para alcanzar el número de habitantes por hectárea que el PMDU de Toluca establece como máximo para este tejido.
10. Densidad de viviendas	14 viv/ha	El PMDU Toluca, establece como norma de densidad de viviendas máxima para el tejido central, 50 viviendas por hectárea. El dato obtenido a través del INEGI para este tejido específico es 3.5 veces menor, dejando aún muy por debajo el uso eficiente del tejido en lo que respecta a la densidad de viviendas.
11. Intensidad máxima de construcción	2.1 veces	De acuerdo a la normatividad aplicable al tejido central, este podrá tener en promedio una altura de 2 y 3 niveles, considerando un 20% de área libre. Siendo apenas el 50% de la altura recomendable en promedio para una ciudad compacta, la cual se establece entre 5 y 6 niveles con un 30% de área libre (Pedersen, 2009).
12. Compacidad absoluta	0.5 m	Teniendo como objetivo una compacidad absoluta de 5, la densidad de viviendas tendría que multiplicarse 3.5 veces como ya se estableció en el indicador correspondiente.
13. Compacidad corregida	0 m	No existe espacio público de estancia en este tejido, dejando el valor de compacidad corregida en cero.
14. Espacio público de estancia por habitante	0 m ²	No existe espacio público de estancia en el tejido, provocando un abandono e indiferencia de los espacios abiertos existentes, los cuales son únicamente vialidades.
15. Proximidad a redes de transporte público	50% cobertura de autobús urbano	Solo la mitad de la población tiene una correcta proximidad a la red de autobuses urbanos. Las capacidades de desplazamiento de los habitantes en medios de transporte diferentes al automóvil privado son limitadas
16. Dotación de plazas de estacionamiento fuera de vialidades	90%	La baja densidad de viviendas y de habitantes, permite que por el momento se tenga cubierta la demanda de estacionamiento para los vehículos, sin embargo, eventualmente esta situación

		podría cambiar, invadiendo el espacio público.
17. Espacio verde por habitante	0 m2	Existe una carencia total de espacio verde público a pesar de la baja densidad de población y construcción en el tejido.
18. Proximidad simultánea a espacios verdes	0%	Los espacios verdes se encuentran a distancias que no permiten ser recorridas a pie o en bicicleta, además de la falta de continuidad y conexión de la infraestructura verde de la ciudad.
19. Permeabilidad del suelo	50%	Los niveles bajos de densidad de construcción permiten contar con un alto porcentaje de suelo permeable, pero esta disponibilidad se perderá una vez densificado el tejido, ya que no contempla espacios públicos verdes ni de estancia.
Complejidad		
20. Diversidad de unidades económicas	1.72 bits	Es necesaria lograr una mayor diversidad de unidades económicas a través de un aumento en la cantidad y diversidad de habitantes del tejido
21. Autocontención laboral	66.5%	El crecimiento expansivo de la ciudad, aleja del centro del municipio a sus habitantes, acercándolos a los municipios colindantes, fomentando la búsqueda de fuentes de trabajo en otros municipios. Las fuentes laborales al interior del municipio no son suficientes.
22. Equilibrio entre la actividad y la residencia	5%	El tejido tiene una vocación principalmente habitacional. Un tejido monofuncional no permite su adaptación a las condiciones cambiantes del sistema urbano, volviéndolo ineficiente.
23. Proximidad a actividades comerciales de usos cotidianos	10%	Solo una décima parte de la población tiene buena accesibilidad a las actividades comerciales de uso cotidiano debido a la concentración de estas en las vialidades principales del tejido, las cuales se encuentran en su periferia.
24. Equipamientos básicos	0%	Los equipamientos se encuentran a distancias que no permiten una correcta proximidad, además de que la accesibilidad de las vías no es la adecuada. Una eventual densificación del tejido, aumentará la necesidad de una correcta dotación de equipamientos.
25. Proximidad simultánea a equipamientos básicos	10%	Solo la población del costado norte del tejido tiene una correcta proximidad a un equipamiento de salud y a uno de educación secundaria.
26. Actividades y equipamientos densos en conocimiento	3.61%	La condición casi monofuncional del tejido, deja fuera el establecimiento de actividades y equipamientos densos en conocimiento,

		disminuyendo la capacidad de adaptación del tejido a los nuevos usos.
27. Corredores verdes urbanos	0%	No existe conexión con la infraestructura verde del sistema urbano, limitando su accesibilidad y proximidad.
28. Cubiertas verdes	0%	El tejido no devuelve al suelo parte del territorio utilizado para la construcción, por lo tanto, no existe captación de agua pluvial ni los beneficios del tratamiento al aire por parte de la vegetación.
29. Reserva de espacios para la distribución de mercancías	NO	La condición monofuncional del tejido, deja fuera el establecimiento de espacios para distribución de mercancías, disminuyendo la capacidad de adaptación del tejido a los nuevos usos.
30. Reserva de espacios para la infraestructura y servicios	NO	La condición monofuncional del tejido, deja fuera el establecimiento de espacios para infraestructura y servicios, disminuyendo la capacidad de adaptación del tejido a los nuevos usos.
31. Vivienda productiva		
32. Producción de energías renovables	0%	El tejido depende exclusivamente de la energía producida en otros territorios, con el gasto energético y de recursos no renovables que eso conlleva.
33. Producción local de alimentos	0%	El tejido depende exclusivamente de los alimentos producidos en otros territorios, con el gasto energético que su transportación requiere.
Habitabilidad		
Ámbito H1: Vivienda		
34. Vivienda particular habitada	83%	Existe un proceso de abandono del tejido para usos habitacionales, que puede verse agravado por la expansión territorial de la urbanización, donde la lejanía y la falta de servicios y equipamientos son disfrazadas por bajos costos de las viviendas.
35. Parque de vivienda vacante	17%	Un alto porcentaje de vivienda vacante podría deberse a malas condiciones de las viviendas o a un alto costo a causa de su ubicación central.
36. Viviendas con toma eléctrica	85%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de electricidad, afectando gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono
37. Viviendas con drenaje	85%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de drenaje, afectando

		gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono
38. Viviendas con toma de agua	83%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de agua, afectando gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono
Ámbito H2: Espacio Público		
39. Accesibilidad de vialidades	15%	El 85% de las vialidades no permite una correcta accesibilidad para la población de la tercera edad o con alguna discapacidad. Además de que dificulta el uso del espacio público para los peatones, promoviendo su eventual descuido y abandono.
40. Espacio vial destinado al peatón	20%	El automóvil es el protagonista del espacio público, invadiendo cuatro quintas partes de este, si además agregamos la baja accesibilidad de las banquetas en la mayor parte de los tejidos urbanos, el espacio vial destinado al peatón se ve reducido a niveles que lo hacen inhabitable.
Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno		
41. Índice de desarrollo humano	0.849	A pesar de contar con un IDH mayor al promedio nacional, en parte debido a que se trata de una ciudad capital y por lo tanto cuenta con servicios e infraestructura suficientes, el índice no refleja la desigualdad de las condiciones en los diversos tejidos, ya que los beneficios no se encuentran distribuidos en el territorio ni cuentan con una correcta accesibilidad.
42. Participación social en los procesos urbanos	PARCIAL	La normatividad establece la necesidad (mas no la exigencia) de la participación social en los procesos de transformación de la ciudad, sin embargo, esta participación no se ve reflejada de manera contundente en la realidad. Probablemente se deba a la desconfianza y eventual indiferencia de la población hacia los gobiernos.
43. Instrumentos de gestión de los procesos urbanos a través del gobierno local	PARCIAL	La existencia del Instituto Municipal de Planeación de Toluca, es principio un instrumento que permite la gestión de los procesos urbanos, sin embargo, sus resultados se ven condicionados por los diversos periodos de gobierno, así como por los diversos actores políticos. Es recomendable que se trabaje por la

		autonomía de este tipo de instrumentos, con el fin de evitar su manipulación.
44. Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos	PARCIAL	La condición metropolitana y de conurbación del territorio, dificultan la planeación en conjunto de los procesos urbanos, los cuales se ven agravados por las diferencias políticas de sus gobernantes y la transición y cambios que se suceden con cada cambio de gobierno.
45. Grado de marginación	MEDIO	Las condiciones de dotación suficiente de servicios e infraestructura básica, ubicación central y proximidad a comercios y unidades económicas, promueven el bajo grado de marginación.

Fuente:
Elaboración propia

Tejido periférico (AGEB 3547)		
Indicador	Resultado	Interpretación
Metabolismo Urbano		
1. Consumo energético total por habitante al año	36,174 kWh/año/persona	El crecimiento económico está ligado con la producción de bienes y servicios, los cuales requieren un alto consumo energético, su producción depende de recursos no renovables y emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero.
2. Consumo de agua per cápita	170 litros por persona al día	El consumo de agua se encuentra dentro de los rangos propuestos en este trabajo, sin embargo, existe una quinta parte de la población que no cuenta con el servicio, lo cual debemos tomar en cuenta para considerar que probablemente este dato sea más alto en la realidad, ya que el promedio de consumo toma en cuenta al total de la población y no al total de la población que cuenta con el servicio.
3. Autoproducción energética	0 (cero)	La producción de energía en el sistema, depende de recursos y procesos que se explotan y llevan a cabo fuera del territorio, afectando las capacidades de otros sistemas urbanos al requerir energía (y generar desechos) para su traslado hasta el punto de consumo.
4. Volumen de basura recolectada per cápita	1.04 kg/hab./día	el indicador muestra un volumen dentro de los rangos propuestos, pero como se verá en el indicador siguiente, no existe un proceso de reciclaje ni de aprovechamiento de los desechos sólidos.
5. Disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios	100%	Los desechos son trasladados fuera del territorio del sistema urbano, donde contaminan otros ecosistemas que eventualmente serán necesarios para el funcionamiento de la ciudad. Además, la capacidad de producción energética de los rellenos sanitarios no es integrada al metabolismo para su aprovechamiento.
6. Emisión de gases de efecto invernadero	6,33 Tg Co ₂ Eq.	El alto consumo energético está directamente relacionado con la emisión de gases de efecto invernadero debido a la utilización de combustibles fósiles en el proceso.
7. Volumen de basura reciclada	1%	Se fomenta la acumulación de residuos, los cuales son trasladados fuera del territorio del sistema urbano, donde contaminan recursos que eventualmente serán necesarios para la ciudad. El metabolismo se desgasta y cada vez requiere más recursos y energía para su funcionamiento.

8. Volumen de aguas residuales tratadas	4%	Se fomenta la sobre explotación de los mantos acuíferos en lugar de promover la reutilización y recirculación del recurso hídrico. Este hecho aumenta los gastos energéticos y económicos, con el aumento de desechos sólidos y gaseosos nocivos para el ambiente, relacionados con el proceso de dotación de agua.
Compacidad		
9. Densidad de habitantes	6 hab/ha	La densidad de habitantes aún podría multiplicarse por 16 para alcanzar el número de habitantes por hectárea que el PMDU Toluca establece como máximo, mientras que, con respecto a los rangos de compacidad recomendados por este trabajo, representa cuarenta veces menos. En cuanto a población, el tejido tiene una baja eficiencia.
10. Densidad de viviendas	2 viv/ha	El PMDU Toluca, establece como norma de densidad de viviendas máxima para el tejido periférico, 24 viviendas por hectárea. El dato obtenido a través del INEGI para este tejido específico es doce veces menor, dejando aún muy por debajo el uso eficiente del tejido en lo que respecta a la densidad de viviendas.
11. Intensidad máxima de construcción	1.8 veces	De acuerdo a la normatividad aplicable al tejido central, este podrá tener en promedio una altura de 2 y 3 niveles, considerando un 20% de área libre. Siendo apenas el 50% de la altura recomendable en promedio para una ciudad compacta, la cual se establece entre 5 y 6 niveles con un 30% de área libre (Pedersen, 2009).
12. Compacidad absoluta	0 m	Teniendo como objetivo una compacidad absoluta de 5, la densidad de viviendas tendría que multiplicarse 3.5 veces como ya se estableció en el indicador correspondiente.
13. Compacidad corregida	0 m	No existe espacio público de estancia en este tejido, dejando el valor de compacidad corregida en cero.
14. Espacio público de estancia por habitante	0 m ²	No existe espacio público de estancia en el tejido, provocando un abandono e indiferencia de los espacios abiertos existentes, los cuales son únicamente vialidades utilizadas por la industria.
15. Proximidad a redes de transporte público	50% cobertura de autobús urbano	Solo la mitad de la población tiene una correcta proximidad a la red de autobuses urbanos. Las capacidades de desplazamiento de los habitantes en medios de transporte diferentes al automóvil privado son limitadas

16. Dotación de plazas de estacionamiento fuera de vialidades	75%	La baja densidad de viviendas y de habitantes, permite que por el momento se tenga cubierta la demanda de estacionamiento para los vehículos, sin embargo, eventualmente esta situación podría cambiar, invadiendo el espacio público.
17. Espacio verde por habitante	0 m ²	Existe una carencia total de espacio verde público debido a su carácter monofuncional
18. Proximidad simultánea a espacios verdes	0%	Los espacios verdes se encuentran a distancias que no permiten ser recorridas a pie o en bicicleta, además de la falta de continuidad y conexión de la infraestructura verde de la ciudad.
19. Permeabilidad del suelo	0%	No existe posibilidad de filtración del agua pluvial en el tejido debido a la utilización total del suelo por los espacios industriales.
Complejidad		
20. Diversidad de unidades económicas	1.56 bits	Es necesaria lograr una mayor diversidad de unidades económicas a través de un aumento en la cantidad y diversidad de habitantes del tejido, con el fin de revertir la condición de mono funcionalidad.
21. Autocontención laboral	66.5%	El crecimiento expansivo de la ciudad, aleja del centro del municipio a sus habitantes, acercándolos a los municipios colindantes, fomentando la búsqueda de fuentes de trabajo en otros municipios. Las fuentes laborales al interior del municipio no son suficientes.
22. Equilibrio entre la actividad y la residencia	80%	El tejido tiene una vocación totalmente industrial. Un tejido monofuncional no permite su adaptación a las condiciones cambiantes del sistema urbano, volviéndolo ineficiente.
23. Proximidad a actividades comerciales de usos cotidianos	5%	La mayoría de la población tiene una mala accesibilidad a las actividades comerciales de uso cotidiano debido a la concentración de estas en solo el sector norte del tejido.
24. Equipamientos básicos	0%	Los equipamientos se encuentran a distancias que no permiten una correcta proximidad, además de que la accesibilidad de las vías no es la adecuada. Una eventual densificación del tejido, aumentará la necesidad de una correcta dotación de equipamientos.
25. Proximidad simultánea a equipamientos básicos	0%	Solo la población del costado norte del tejido tiene una correcta proximidad a un equipamiento de salud y a uno de educación secundaria.
26. Actividades y equipamientos densos en conocimiento	0%	La condición monofuncional del tejido, deja fuera el establecimiento de actividades y equipamientos densos en conocimiento,

		disminuyendo la capacidad de adaptación del tejido a los nuevos usos.
27. Corredores verdes urbanos	0%	No existe conexión con la infraestructura verde del sistema urbano, limitando su accesibilidad y proximidad.
28. Cubiertas verdes	0%	El tejido no devuelve al suelo parte del territorio utilizado para la construcción, por lo tanto, no existe captación de agua pluvial ni los beneficios del tratamiento al aire por parte de la vegetación.
29. Reserva de espacios para la distribución de mercancías	100%	A pesar de la condición monofuncional del tejido, se permite el establecimiento de espacios para distribución de mercancías, aumentando la capacidad de adaptación del tejido a los nuevos usos.
30. Reserva de espacios para la infraestructura y servicios	0%	A pesar de la condición monofuncional del tejido, permite el establecimiento de espacios para infraestructura y servicios, aumentando la capacidad de adaptación del tejido a los nuevos usos.
31. Vivienda productiva		
32. Producción de energías renovables	0%	El tejido depende exclusivamente de la energía producida en otros territorios, con el gasto energético y de recursos no renovables que eso conlleva.
33. Producción local de alimentos	0%	El tejido depende exclusivamente de los alimentos producidos en otros territorios, con el gasto energético que su transportación requiere.
Habitabilidad		
Ámbito H1: Vivienda		
34. Vivienda particular habitada	80%	Existe un proceso de abandono del tejido para usos habitacionales, que puede verse agravado por la expansión territorial de la urbanización, donde la lejanía y la falta de servicios y equipamientos son disfrazadas por bajos costos de las viviendas.
35. Parque de vivienda vacante	20%	Un alto porcentaje de vivienda vacante podría deberse a malas condiciones de las viviendas o a un alto costo a causa de su ubicación central.
36. Viviendas con toma eléctrica	76%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de electricidad, afectando gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono
37. Viviendas con drenaje	77%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de drenaje, afectando gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono

38. Viviendas con toma de agua	55%	Una quinta parte de las viviendas no cuenta con servicio básico de agua, afectando gravemente sus condiciones de habitabilidad y promoviendo su abandono
Ámbito H2: Espacio Público		
39. Accesibilidad de vialidades	15%	El 85% de las vialidades no permite una correcta accesibilidad para la población de la tercera edad o con alguna discapacidad. Además de que dificulta el uso del espacio público para los peatones, promoviendo su eventual descuido y abandono.
40. Espacio vial destinado al peatón	10%	El automóvil es el protagonista del espacio público, invadiendo casi la totalidad de este, si además agregamos la baja accesibilidad de las banquetas en la mayor parte de los tejidos urbanos, el espacio vial destinado al peatón se ve reducido a niveles inhabitables.
Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno		
41. Índice de desarrollo humano	0.849	A pesar de contar con un IDH mayor al promedio nacional, en parte debido a que se trata de una ciudad capital y por lo tanto cuenta con servicios e infraestructura suficientes, el índice no refleja la desigualdad de las condiciones en los diversos tejidos, ya que los beneficios no se encuentran distribuidos en el territorio ni cuentan con una correcta accesibilidad.
42. Participación social en los procesos urbanos	PARCIAL	La normatividad establece la necesidad (mas no la exigencia) de la participación social en los procesos de transformación de la ciudad, sin embargo, esta participación no se ve reflejada de manera contundente en la realidad. Probablemente se deba a la desconfianza y eventual indiferencia de la población hacia los gobiernos.
43. Instrumentos de gestión de los procesos urbanos a través del gobierno local	PARCIAL	La existencia del Instituto Municipal de Planeación de Toluca, es principio un instrumento que permite la gestión de los procesos urbanos, sin embargo, sus resultados se ven condicionados por los diversos periodos de gobierno, así como por los diversos actores políticos. Es recomendable que se trabaje por la autonomía de este tipo de instrumentos, con el fin de evitar su manipulación.

44. Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos	PARCIAL	La condición metropolitana y de conurbación del territorio, dificultan la planeación en conjunto de los procesos urbanos, los cuales se ven agravados por las diferencias políticas de sus gobernantes y la transición y cambios que se suceden con cada cambio de gobierno.
45. Grado de marginación	ALTO	Las condiciones de dotación suficiente de servicios e infraestructura básica, ubicación central y proximidad a comercios y unidades económicas, promueven el bajo grado de marginación.

Fuente:
Elaboración propia

De manera general, podemos apreciar que el sistema urbano de la ciudad de Toluca es poco eficiente y, por lo tanto, poco sostenible con respecto a las recomendaciones de instituciones y agencias internacionales. Esto lo pudimos confirmar a través del análisis de las características de los tejidos seleccionados, dentro de las categorías de estudio - Metabolismo Urbano, Compacidad, Complejidad y Habitabilidad-.

Comenzando con la categoría del **Metabolismo Urbano**, podemos observar que el sistema urbano estudiado presenta dos características que lo alejan de la eficiencia metabólica deseada para considerarse como sostenible. Por un lado, se trata de la relación directa entre el crecimiento económico y el consumo de recursos y energía, reflejada en el alto consumo energético y su correspondiente emisión de gases de efecto invernadero, por otro lado, la linealidad del consumo de recursos, reflejada directamente en la falta de cierre de ciclos de los residuos sólidos, poco o nulo aprovechamiento de los residuos para generación de energía y el mínimo aprovechamiento de las aguas residuales y pluviales.

En lo que respecta a la **Compacidad**, podemos observar un bajo aprovechamiento del suelo en los tres tejidos analizados, hecho que se ve agravado a medida que los tejidos se alejan de la centralidad. Las densidades de habitantes y de viviendas se encuentran hasta 16 y 12 veces, respectivamente, por debajo de la normatividad de la ciudad, la cual, dicho sea de paso, es aún menor que los niveles de densidad propuestos en este trabajo a partir de la bibliografía consultada, desperdiciando el potencial de aprovechamiento de los tejidos urbanos consolidados de la ciudad, en favor de la expansión de la mancha urbana a través de urbanizaciones carentes de conectividad, servicios y equipamientos básicos.

Contrario a lo que se puede pensar, una baja compacidad no se ve reflejada en una mayor cantidad de espacio público de estancia o de espacios verdes, ya que como se observó con las mediciones hechas a los tejidos muestra, existe una carencia importante de este tipo de espacios. Por un lado, mientras en el tejido central se cuenta con una gran extensión de área verde que para efectos del indicador arroja un buen resultado, los tejidos intermedio y periférico, que cuentan con las menores densidades y niveles de compacidad muy bajos, no cuentan con espacios públicos de estancia ni espacios verdes. Esta carencia tiene consecuencias tanto sociales como ambientales, ya que no se cuenta con espacios que permitan a los habitantes relacionarse, conocerse y compartir el espacio público, además de que no existen tejidos que favorezcan la filtración del agua de lluvia ni el desarrollo de vegetación.

Una baja compacidad tiene un efecto negativo en la posibilidad de dotar correctamente a los tejidos y a sus habitantes de redes de transporte eficientes, ya que entre más dispersa

se encuentra la vivienda y sus habitantes, se vuelve más complejo lograr que las redes de transporte se encuentren cerca de los usuarios, además de que no se cuenta con una población suficiente para hacer costeaable la operación de redes de transporte alternativo y/o multimodal. Prueba de ello es el hecho de que el transporte público de la ciudad de Toluca se encuentre únicamente cubierto por una red ineficaz de autobuses urbanos, que promueven en la población una dependencia cada vez mayor del transporte particular (automóvil), con la consecuente contaminación y congestión vial.

Como consecuencia del bajo aprovechamiento del uso del suelo, podemos observar que la **complejidad** se ve disminuida, incluso en los tejidos centrales. Dentro de los objetivos primordiales de promover una complejidad alta, se encuentra, primero, evitar la mono funcionalidad de los tejidos urbanos, promoviendo una diversidad de usos que acompañen al uso habitacional, sin olvidar las dotaciones básicas de servicios y equipamientos, y segundo, promover la autocontención laboral, con el fin de ofrecer a los habitantes de un sistema urbano determinado, las fuentes de trabajo que requieran, y de esta manera evitar los traslados obligados hacia fuentes de trabajo ubicadas en municipios o territorios distantes.

En los tejidos analizados, podemos observar que cuentan con una baja diversidad de unidades económicas. En este sentido es importante mencionar que no basta con una gran cantidad de unidades económicas dentro del territorio de un tejido (como es el caso de la muestra central), sino que ese número deberá estar integrado por una alta diversidad de funciones y actividades que se lleven a cabo en ellas. Por lo tanto, no existe una relación directa entre el número de unidades económicas y la complejidad, sino que esta última depende de la diversidad de las primeras. Sirva de ejemplo, que el tejido central y el intermedio obtuvieron la misma cantidad de bits de información (1.72 bits) a pesar de que en el tejido intermedio existe una décima parte de unidades económicas con respecto al tejido central. El indicador número 22 del sistema, se refiere al equilibrio entre la actividad y la residencia, cuyo objetivo es medir que porcentaje de suelo en un tejido se utiliza para usos distintos al habitacional. En este sentido, los resultados fueron aceptables para el tejido central donde se concentran usos distintos al habitacional, pero que, como se mencionó en líneas anteriores, carecen de diversidad, mientras que, para los tejidos intermedio y periférico, confirmamos el carácter monofuncional del suelo, habitacional e industrial, respectivamente.

En cuanto a la autocontención laboral, el dato obtenido para el municipio de Toluca a través del Sistema de Cuentas Nacionales de México, arroja que el 66.5% de la población residente en el municipio, tiene su empleo dentro del territorio del municipio, mientras que

el resto, una tercera parte de la población ocupada, tienen que trasladarse a otros municipios. Este dato debe tomarse con prudencia, ya que, para su cálculo, se consideran únicamente los habitantes que tienen un trabajo formal, dejando fuera de la medición a la población cuya fuente de empleo tiene sustento en el mercado informal.

La complejidad, al estar relacionada con la compacidad del tejido, tiene consecuencias en la proximidad de los habitantes hacia los equipamientos y servicios, en este sentido los indicadores arrojaron una proximidad aceptable a equipamientos y servicios en el tejido central, a pesar de su concentración en las vialidades principales, mientras que, para los tejidos intermedio y periférico, la proximidad se encuentra por debajo de los rangos establecidos por este trabajo.

Recordemos que, desde la perspectiva de este trabajo, la ciudad es considerada como un sistema abierto que tienen una relación directa con su entorno, además de que se encuentra conformada por diversos subsistemas con funciones específicas, pero interrelacionadas. Para explicar esto y apoyándonos en Contin y Ortiz (2009), consideramos la existencia de dos redes de infraestructura básicas, primero, la infraestructura gris, formada por todos aquellos sistemas que permiten el abastecimiento de servicios básicos y por el conjunto de equipamientos necesarios para la población del sistema urbano, y segundo, la infraestructura verde, la cual se conforma por una red de espacios públicos de estancia y espacios verdes, que se interconecta con las vialidades, aunque idealmente las vialidades tendrían que formar parte de esta red, y que permea en todo el territorio, permitiendo el desplazamiento de los flujos que alimentan las funciones del sistema urbano. En este respecto, los resultados son semejantes para los tres tejidos, ya que su influencia tiene un alcance global en el sistema urbano. Solo el tejido central tiene una proximidad adecuada a los equipamientos básicos, pero los tejidos intermedio y periférico no tienen una correcta proximidad a ellos, debido a su lejanía con respecto a la centralidad urbana, este hecho además se ve acentuado, como ya se mencionó en líneas anteriores, por la falta de un sistema eficiente de transporte multimodal que acerque a la población a los equipamientos, pero sobre todo por la carencia de una concepción sistémica que permita la articulación de los equipamientos como parte de la infraestructura gris de la ciudad. Respecto a la infraestructura verde, los resultados son comunes para los tres tejidos. Los espacios públicos de estancia, los espacios verdes y las vialidades no se encuentran interconectadas formando un sistema, esta condición puede ser observada a partir de la ausencia total de corredores verdes urbanos que comuniquen a las grandes superficies verdes con los espacios públicos de estancia, ofreciendo una alternativa para fomentar el uso de medios de transporte distintos al automóvil particular, principalmente aquellos que no sean contaminantes. Otra capa que

conforma a la infraestructura verde es la que corresponde a las cubiertas verdes, las cuales, como se observa en el indicador número 28, son inexistentes en los tres tejidos analizados. En resumen, las redes de infraestructura gris y verde, se encuentran fragmentadas, obstaculizando los flujos que por ellas deben trasladarse y, en consecuencia, contribuyen a la baja eficiencia del metabolismo de la ciudad.

Un tejido compacto y complejo, ayudará a la sostenibilidad del sistema urbano, a través de la producción local de energía y alimentos para su uso y consumo dentro del territorio que lo conforma. Los indicadores que nos ofrecen información acerca de esta condición (32 y 33), arrojaron resultados desfavorables, ya que en ninguno de los tres tejidos se produce ni energía ni alimentos básicos de forma local, aumentando así la dependencia de los tejidos y por lo tanto del sistema, de fuentes de energía y alimentos ubicadas a grandes distancias, con las consecuencias económicas y ambientales que suponen su producción y transporte.

Por último, en lo que respecta a la categoría de la **Habitabilidad**, para el ámbito de vivienda se obtuvieron resultados semejantes en los tejidos central e intermedio, donde entre el 15 y 20 por ciento de las viviendas no cuentan con los servicios básicos de electricidad, agua y drenaje, lo cual podemos interpretar como la razón por la cual un porcentaje similar de viviendas se encuentran desocupadas. Mientras que, en el tejido periférico, el porcentaje de viviendas que no cuentan con servicios básicos es mayor al porcentaje de viviendas desocupadas, lo cual sugiere que existen viviendas habitadas que no cuentan con los servicios básicos, condición que disminuye la calidad de vida en estas viviendas, trayendo consecuencias en la habitabilidad del tejido.

Con respecto al ámbito del espacio público, la accesibilidad de las vialidades es muy deficiente, ya que en ninguno de los tres tejidos existe un nivel suficiente de accesibilidad para el peatón, siendo los casos más graves, los correspondientes a los tejidos intermedio y periférico, donde solo el 15% de las vialidades cuentan con rampas que permitan una correcta accesibilidad, esto sin tomar en cuenta que en muchos casos las rampas no se realizaron con el trazo correcto para su adecuada utilización. Sobre el espacio vial destinado al peatón, las mediciones confirman la prevalencia del automóvil sobre el peatón, ya que encontramos que, en los tejidos central e intermedio, el automóvil ocupa el 80% del espacio vial, dato que se acentúa en el tejido periférico, donde el peatón solo ocupa el 10% de la superficie destinada para las vialidades. Estas condiciones de inequidad y de total supremacía del automóvil sobre el peatón, obstaculizan el fomento de la utilización del espacio público y de las vialidades por parte de la población para recorrerlas a pie o en bicicleta.

La cohesión social, participación y gobierno es el tercer ámbito de estudio de la habitabilidad en este trabajo, y podemos notar tres elementos importantes a ser analizados a través de los indicadores seleccionados. Primero, el índice de Desarrollo Humano, el cual a nivel municipal tiene un valor de 0.849, por encima del promedio nacional, gracias a que la ciudad cuenta con equipamiento y servicios correspondientes a su condición de ciudad capital del estado de México, sin embargo, al cruzar este dato con el segundo elemento, el Grado de Marginación, podemos observar que los beneficios no se encuentran distribuidos de manera homogénea en el sistema urbano, ya que este indicador arroja resultados ascendentes a medida que los tejidos se alejan de la centralidad del sistema, de esta forma encontramos que el tejido central tiene un bajo grado de marginación, el tejido intermedio tiene un grado medio de marginación, mientras que en el tejido periférico, el grado de marginación registra niveles altos. Las líneas anteriores muestran que los beneficios de la condición urbana se ven reducidos a medida que la ubicación se aleja de la centralidad, debido a la falta de servicios y equipamientos básicos.

Por último, el tercer elemento es la efectividad de la participación en la planeación y gestión de los procesos urbanos, es decir, de la influencia directa que tiene la población en la toma de decisiones y en el control de los procesos que dan forma y que mantienen en constante actividad al sistema urbano.

En este sentido los indicadores pretenden medir la participación de la población en los procesos urbanos a través de instrumentos de gestión coordinados con el gobierno local y con una trascendencia que no se encuentre limitada por periodos políticos o de gobierno. En este respecto, encontramos que a pesar de que en las normatividades correspondientes se establece que es indispensable la participación social en cualquier proceso que tenga que ver con la transformación y gestión de las ciudades, en la realidad la participación no es efectiva y no responde a los intereses de la mayoría de la población, sino a las lógicas de mercado. Además, es necesario mencionar que los procesos de transformación urbana se ven limitados en tiempo y en espacio debido a la falta de coordinación entre los diversos gobiernos municipales que anteponen en sus intereses y sus tiempos políticos (de periodo de gobierno) a los procesos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema urbano, que en ciudades como Toluca, con una condición metropolitana, tiene un efecto que incide en un conjunto de territorios que pertenecen a distintos municipios, lo que dificulta su articulación, coordinación y ejecución en tiempo y forma.

Por lo tanto, consideramos que, en el ámbito de la cohesión social, participación y gobierno, la habitabilidad puede ser considerada como un logro parcial, ya que no basta con legislar al respecto, sino que es necesario que estas leyes y las condiciones establecidas en ellas, sean cumplidas y además monitoreadas por instituciones provenientes de la sociedad y que tengan una autonomía territorial, temporal y partidista.

5.5.- EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS TEJIDOS MUESTRA

Después de analizar las categorías en las cuales se ha organizado esta investigación, a través de los indicadores seleccionados y de proceder a la medición de estos últimos en los tres tejidos (AGEB) elegidos, es necesario proporcionar a las mediciones una escala de evaluación que permita obtener una imagen (índice) de valor para determinar dónde se encuentra el tejido y el sistema urbano dentro del recorrido hacia un proceso sostenible.

Para esto se toma en cuenta a los ejes transversales (categorías) del Metabolismo Urbano y Habitabilidad como dependientes de los valores de las categorías de Compacidad y Complejidad, es decir, las categorías transversales y sus condiciones resultantes, son producto de las características y mediciones realizadas en las categorías independientes (Compacidad y Complejidad). Es por esto que la ponderación asignada a las categorías son las siguientes: Metabolismo Urbano y habitabilidad (20%), Compacidad y Complejidad (30%)

Ahora bien, a los indicadores se les asigna una evaluación con respecto al objetivo deseable que se ofrece en el sistema de indicadores, donde este corresponde a la máxima calificación en una escala del 0 al 10, donde 10 significa que la medición del indicador corresponde con el objetivo deseable. Cada categoría, tiene un puntaje máximo a obtener, la cual corresponde con el número de indicadores que contiene cada eje (categoría). Esta suma de puntos por categoría, será transformada en una calificación con respecto a la ponderación de cada una, la suma de las calificaciones obtenidas por categoría, será la calificación del tejido con respecto al objetivo de sostenibilidad y eficiencia de uso, nuevamente en una escala de 0 a 10, donde 10 es el objetivo deseable de eficiencia.

Categoría	Ponderación	Puntaje Máximo
Metabolismo Urbano	20%	80 puntos
Compacidad	30%	110 puntos
Complejidad	30%	140 puntos
Habitabilidad	20%	120 puntos

Fuente:
Elaboración propia

A continuación, presentamos la tabla que condensa los indicadores del sistema en sus cuatro categorías (ejes), los rangos mínimo y deseable, y las mediciones hechas a los tres tejidos seleccionados, y se ofrece una nota con respecto a la ponderación dada, estas notas se suman para obtener la evaluación de la eficiencia de los tejidos analizados.

El total de puntos a obtener para considerar la eficiencia del tejido analizado como alta, son 450, que corresponderían a una evaluación de 10.

Los resultados (notas) finales de eficiencia podrán quedar en uno de los siguientes rangos y equivalencias:

Nota obtenida	Eficiencia
0 a 2.5	Muy baja
2.6 a 5	Baja
5.1 a 7.5	Media
7.6 a 10	Alta

Fuente:
Elaboración propia

Como resultado de este proceso de evaluación, el índice de eficiencia de los tejidos analizados es de: 5.19 para el tejido central (AGEB 0487), 3.68 para el tejido intermedio (AGEB 3246) y 3.35 para el tejido periférico (AGEB 3547). Con base en los rangos mencionados en el cuadro anterior, podemos concluir que la eficiencia de los tres tejidos es Baja y que además el índice se reduce a medida que el tejido se acerca a la periferia. (Ver tabla de Evaluación de Eficiencia de Tejido

5.5.1 CUADRO EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TEJIDOS

	Indicador	Nivel de análisis	Objetivo mínimo	Objetivo deseable	Resultado Actual	EVALUACIÓN
EJE TRANSVERSAL E1 METABOLISMO URBANO						
Ámbito M1: Entrada de energía y recursos						
1	Consumo energético total por habitante al año	MUNICIPIO	5000 kWh/hab al año	Menos de 5000 kWh/hab al año	36,000 kWh/hab al año	2
	Consumo energético por sector	MUNICIPIO			PETAJOULES	
	A) Consumo energético sector transporte	MUNICIPIO			29.01	
	B) Consumo energético sector industrial	MUNICIPIO			17.32	
	C) Consumo energético sector residencial	MUNICIPIO			9.76	
	D) Consumo energético sector comercial	MUNICIPIO			1.66	
	E) Consumo energético sector público	MUNICIPIO			0.37	
	Consumo total de agua	ZM			114.5 MILLONES DE M3/AÑO	
2	Consumo de agua per capita	ZM	200 lpd	menos de 120 lpd	170 lpd	10
3	Autoproducción energética	ZM	25%	50%	0	0
Ámbito M2: Transformación						
	Consumo de energía para la producción de insumos de la construcción	MUNICIPIO			4.38	
	A) Industria básica del acero	MUNICIPIO			2.14	
	B) Industria de la producción de cemento	MUNICIPIO			1.53	
	C) Industria de la producción de vidrio	MUNICIPIO			0.56	
	Consumo de energía para la industria de la construcción	MUNICIPIO			0.15	
Ámbito M3: Salida de desechos						
	Generación de residuos	MUNICIPIO				
	A) Volumen de basura total recolectada	MUNICIPIO			310,000 TON	
4	B) Volumen de basura recolectada per capita	MUNICIPIO	menos de 1.5 kg/hab/día	menos de 1.35 kg/hab/día	1.04	10
5	C) Disposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios	MUNICIPIO	80%	100%	100%	10
6	Emisiones de gases de efecto invernadero	MUNICIPIO	menos de 5 tCO2 eq./hab al año		6.33	8
Ámbito M4: Reciclamiento de recursos						
7	Volumen de basura reciclada	ZM	25%	más del 50%	1%	0
8	Volumen de aguas residuales tratadas	ZM	40%	más del 60%	4%	0
Total de puntos (sobre 80)						40
						20%

	Eje E2 COMPACIDAD	Nivel de análisis	Objetivo mínimo	Objetivo deseable	MEDICIÓN			EVALUACIÓN		
					AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547	AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547
9	Densidad de habitantes	AGEB	260 HAB/HA	350 HAB/HA	60	51	6	1.7	1.5	0.2
10	Densidad de viviendas	AGEB	más de 75 viv/ha	MÁS DE 100 viv/ha	22.4	13.9	1.74	2.2	1.4	0.2
11	Intensidad máxima de construcción	AGEB	5	5	2.1	2.1	1.8	4.2	4.2	3.6
12	Compacidad absoluta	AGEB	más de 5 m en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más de 5 m en más del 75% de la superficie de suelo urbano residencial	1.8	0.5	0	3.6	1	0
13	Compacidad corregida		10-50 metros en más del 50% de la superficie del suelo urbano residencial	10-50 metros en más del 75% de la superficie del suelo urbano residencial	37.25	0	0	7.5	0	0
14	Espacio de estancia por habitante	AGEB	más de 10 m2/hab	más de 20 m2/hab	14.06	0	0	7	0	0
15	Proximidad a redes de transporte público	AGEB	más del 80% de la población con cobertura simultánea a 3 de las 4 redes consideradas	100% de la población con cobertura simultánea a 3 de las 4 redes consideradas	100%/1	50%/1	50%/1	3.5	1.8	1.8
16	Dotación de plazas de estacionamiento para vehículos fuera de las vialidades	AGEB	más del 80% de la demanda	más del 90% de la demanda	50%	100%	100%	5	10	10
17	Espacio verde por habitante	AGEB	más de 10m2 por habitante	más de 12m2 por habitante	14.06	0	0	10	0	0
18	Proximidad simultanea a espacios verdes	AGEB	100% de la población con cobertura a un mínimo de 3 categorías de espacio verde	100% de la población con cobertura a las 4 categorías de espacio verde	0			0	0	0
19	Permeabilidad del suelo	AGEB	más del 20%		8.30%	50%	40%	4.2	10	10
Total de puntos (sobre 110)								48.9	29.9	25.8
										30%

Eje E3 COMPLEJIDAD											
20	Diversidad de unidades económicas	AGEB	más de 5 bits de información en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más de 5 bits de información en más del 80% de la superficie de suelo urbano residencial	1.72	1.72	1.56	3.4	3.4	3.1	
21	Autocontención laboral	MUNICIPIO	50%	75%	66.50%			8.9	8.9	8.9	
22	Equilibrio entre la actividad y la residencia	AGEB	más del 20% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más del 20% en más del 80% de la superficie de suelo urbano residencial	15%	5%	80%	7.5	2.5	0	
23	Proximidad a actividades comerciales de usos cotidiano	AGEB	más del 75% de población con cobertura simultánea a 6 o más actividades distintas de uso cotidiano	100% de población con cobertura simultánea a las 8 actividades de uso cotidiano	60%	20%	10%	8	2.6	1.3	
24	Dotación de equipamientos básicos	AGEB	más del 75%	100%	100%	0%	0%	10	0	0	
25	Proximidad simultánea a equipamientos básicos	AGEB	más del 75%	100%	100%	20%	0%	10	2.5	0	
26	Actividades y equipamientos densos en conocimiento	AGEB	más del 15% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	más del 20% en más del 50% de la superficie de suelo urbano residencial	6.21%	3.61%	0%	4.1	2.4	0	
27	Corredores verdes urbanos	AGEB	más de 5% de corredores verdes urbanos	más de 10% de corredores verdes urbanos	0	0	0	0	0	0	
28	Cubiertas verdes	AGEB	más del 10% de la superficie en cubierta disponible		0	0	0	0	0	0	
29	Reserva de espacios para la distribución de mercancías	AGEB	SÍ		NO	NO	SI	0	0	10	
30	Reserva de espacio para la infraestructura de servicios	AGEB	SÍ		SI	NO	NO	10	0	0	
31	Vivienda productiva	AGEB	más de 25%	más de 35%				10	7.5	2	
32	Producción de energías renovables	AGEB	25%	50%	0	0	0	0	0	0	
33	Producción local de alimentos básicos	AGEB	SÍ		NO			0	0	0	
Total de puntos (sobre 140)								71.9	29.8	25.3	30%

EJE E4 HABITABILIDAD											
Ámbito H1: Vivienda											
34	Vivienda particular habitada	AGEB	90%	95%	82	83	80	8.6	8.7	8.4	
35	Parque de vivienda vacante	AGEB	10%	5%	18	17	20	8.2	8.3	8	
36	Viviendas con toma eléctrica	AGEB	95%	100%	80	85	76	8.0	8.5	7.6	
37	Viviendas con drenaje	AGEB	95%	100%	80	85	77	8.0	8.5	7.7	
38	Viviendas con toma de agua	AGEB	95%	100%	80	83	55	8.0	8.3	5.5	
Ámbito H2: Espacio público											
39	Accesibilidad de vialidades	AGEB	más de 90% de tramos de calle con accesibilidad suficiente	más de 90% de tramos de calle con accesibilidad óptima	40%	15%	15%	4.4	1.6	1.6	
40	Espacio vial destinado al peatón	AGEB	más del 60% del espacio vial destinado al peatón en más del 50% de los tramos de calle	más del 60% del espacio vial destinado al peatón en más del 75% de los tramos de calle	20%	20%	10%	3.4	3.4	1.7	
Ámbito H3: Cohesión social, participación y gobierno											
41	Índice de desarrollo humano	ZM	ALTO		0.849 / ALTO			10.0	10.0	10.0	
42	Participación social en los procesos urbanos	ZM	SÍ	SÍ	PARCIAL			5.0	5.0	5.0	
43	Instrumentos de gestión transversal de los procesos urbanos a través del gobierno local	ZM	SÍ	SÍ				5.0	5.0	5.0	
44	Instrumentos de gestión territorial y temporal de los procesos urbanos	ZM	SÍ	SÍ				5.0	5.0	5.0	
45	Grado de Marginación	AGEB	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	10.0	5.0	2.5	
Total de puntos (sobre 120)								83.6	77.3	68.0	20%

	AGEB 0487	AGEB 3246	AGEB 3547
	CENTRAL	INTERMEDIA	PERIFERICA
EVALUACIÓN	5.29	3.45	3.38

CAPÍTULO 6

RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO URBANO EN PROYECTOS DE RECICLAMIENTO DE TEJIDOS

El presente apartado, tiene como finalidad ofrecer una serie de recomendaciones y lineamientos a incluir en la estrategia de mejoramiento de la eficiencia en el uso de recursos y energía de los ecosistemas urbanos. Para esto proponemos como criterio fundamental, el reciclamiento de tejidos existentes y la recuperación de suelos en desuso al interior del territorio consolidado de la ciudad, frente a las nuevas urbanizaciones que promueven la explotación de territorios naturales que son los sistemas de soporte de las ciudades.

Es indispensable que la intervención en el ecosistema urbano esté precedida por un diagnóstico de los hábitos y las características de la población, con el objetivo de diseñar y ajustar las intervenciones a la realidad particular de cada caso. En este sentido, los indicadores de los ámbitos de metabolismo urbano y habitabilidad, ofrecen una base de inicio para diagnosticar las condiciones generales de la ciudad.

Las intervenciones puntuales serán parte de un plan estratégico que contemple una reestructuración de la infraestructura gris y verde, a partir de los principios de continuidad, agregación y proximidad (Ver apartado 2.3) a nivel ecosistema urbano, con el fin de garantizar el funcionamiento de los tejidos como un subsistema integrado al resto de elementos que componen la ciudad. Este punto es indispensable, ya que el funcionamiento de los tejidos no puede ser independiente del resto de tejidos o subsistemas, ya que perdería la función básica de la ciudad, que es la interacción e intercambio de flujos con los demás tejidos del ecosistema para la transformación de recursos y energía en bienes y servicios.

Posteriormente, se recomienda un análisis de las condiciones actuales de cada tejido, con el método aquí presentado, aprovechando los indicadores para identificar los aspectos de mayor urgencia a mejorar y que guiarán el proceso de toma de decisiones y de establecimiento de prioridades para el proyecto de reciclamiento urbano. Es indispensable que desde el inicio del análisis se tenga como objetivo que el mejoramiento de las condiciones de los tejidos, no promueva la expulsión de la población residente en ellos, esto se propone a través de controles normativos que eviten el alza significativa en los costos del suelo tras su reciclamiento, por lo menos para los habitantes originales, así

como para una porción de nueva población. Esto promoverá una diversidad de población necesaria para la implementación de las normas y criterios de compacidad y complejidad que se han propuesto en el modelo, y cuyas recomendaciones y lineamientos se desarrollan más adelante en este mismo apartado.

Tras el análisis de las condiciones de los tejidos existentes y la evaluación de su eficiencia, se propone realizar los proyectos de reciclamiento urbano, tomando en cuenta los aspectos que más se tienen que mejorar en el tejido y en lo que respecta con su articulación e integración al ecosistema urbano. Las diversas fases del diseño podrán ser analizadas con el modelo de indicadores a fin de obtener un acercamiento a las condiciones que cada propuesta generaría en el tejido. Con esto se podrá tener una información más clara y completa como base para la toma de decisiones, así como para realizar los ajustes necesarios, no solo a nivel proyecto, sino en lo que respecta a la estrategia utilizada para su desarrollo, priorizando el aumento en la eficiencia de los procesos.

Es conveniente establecer que el presente trabajo no pretende ofrecer concepciones previas sobre el diseño formal de los tejidos ni de los ecosistemas urbanos en los ámbitos urbano-arquitectónicos, sino de ofrecer los criterios básicos de estructuración de los tejidos, para que los diversos procesos llevados a cabo en la ciudad a través del entorno construido, puedan realizarse de forma más eficiente y con ello mejorar la habitabilidad y el metabolismo de las ciudades.

El reciclamiento de tejidos urbanos tiene un impacto directo en beneficio del metabolismo de la ciudad, porque reduce las entradas de recursos y energía a través del aprovechamiento de los recursos latentes en el ecosistema urbano, los cuales son parte del patrimonio construido y que al permanecer subutilizados reducen la eficiencia de las ciudades. Además, si el reciclamiento de tejidos se da como resultado de un proceso que contemple la implementación de criterios y principios de compacidad y complejidad, se logrará una mejoría en la habitabilidad del ecosistema, ya que recordemos que estos principios tienen como objetivo aumentar la interacción e intercambio entre la población a través de la dotación de las condiciones óptimas para la producción de información y mercancías para la satisfacción de las necesidades humanas.

A) METABOLISMO URBANO: *Como se estableció al inicio de este trabajo, todos los ecosistemas urbanos tienen un metabolismo propio, el cual, es susceptible de mejora a través de intervenciones que aumenten su grado eficiencia. Esto se logrará, primero, a través del aumento en la producción utilizando la misma cantidad de energía, pero el siguiente paso será producir más, con menos energía y con la consecuente reducción en los residuos producto de la transformación de recursos. El aprovechamiento de los recursos y energía concentrada en el patrimonio construido de las ciudades, reducirá la necesidad de importación de más recursos y permitirá el cierre de los ciclos de materiales ya presentes en el sistema. Se buscará promover que los flujos metabólicos sean en mayor medida dependientes de los recursos locales. Se buscará la reducción de las entradas de productos, así como la salda de residuos, a través de la promoción de un metabolismo circular al interior de los tejidos, tanto a escala ecosistema urbano, localidad y AGEB. Esto se logrará a través del autoabastecimiento y el reciclaje de residuos. Estas acciones, deberán ser contempladas durante la transformación del tejido y durante el uso cotidiano del mismo.*

- **Consumo energético:** la estrategia es fomentar el ahorro y la eficiencia energética. Ahorrar implica la promoción de una transición hacia el uso de energías renovables, minimizando el uso de combustibles fósiles, mientras que la eficiencia implica maximizar la prestación de un servicio con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar la captación de energías renovables a nivel local (localidad, barrio o AGEB), con el objetivo de reducir los gastos y las pérdidas energéticas relacionadas con el transporte de la energía desde lugares alejados de los sistemas urbanos.

Las reducciones en el consumo energético también pueden verse beneficiadas a través de una transición hacia el uso de materiales locales, ya que, desde su extracción y transformación, hasta el uso y disposición final, forman parte de la huella ecológica de las edificaciones y por lo tanto de la población. De esta forma, si los materiales son aprovechados al máximo a través del reciclamiento, y además se establecen beneficios fiscales por el uso de materiales y técnicas de construcción locales, se podrá tener un impacto que beneficie en la eficiencia energética del sistema urbano.

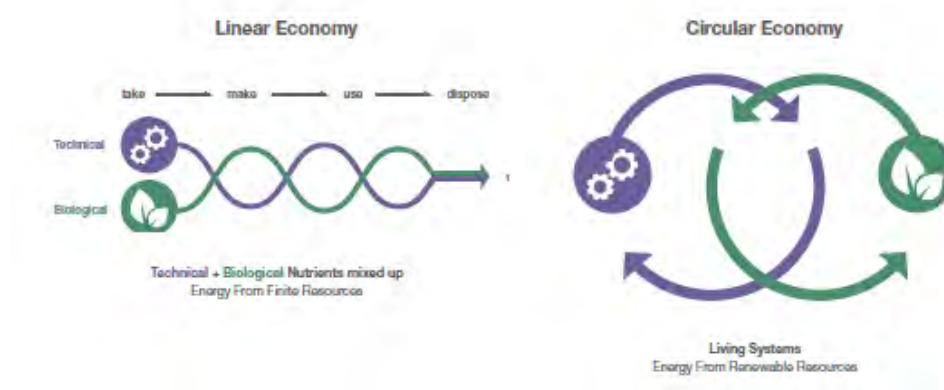
En lo referente con la morfología de las construcciones, la volumetría se orientará de forma que se maximice la eficiencia energética, adecuada al clima local, favoreciendo así una correcta ventilación en climas cálidos y un mejor

asoleamiento para climas fríos, reduciendo la necesidad de la utilización de artefactos dependientes de consumo energético para su funcionamiento.

El aprovechamiento de la mayor cantidad de fuentes de energía renovables, es indispensable para una transición hacia una diversidad en las fuentes de energía que son utilizadas en las ciudades, tal es el caso del aprovechamiento del biogás, el cual es producido por la transformación natural de los desechos en los rellenos sanitarios para la generación de energía. En los casos en que los rellenos sanitarios se encuentren a grandes distancias de los ecosistemas urbanos, se recomienda ponderar los beneficios de la utilización de la energía por el propio ecosistema contra los beneficios económicos de ofrecerlo en venta a otras ciudades.

- **Consumo de agua:** se recomienda optimización de la demanda de agua de uso urbano a partir de la aplicación de medidas de ahorro y la sustitución de una parte de la demanda total por aguas pluviales y/o grises. En este sentido es necesario que las medidas y transformaciones en la infraestructura vayan acompañadas por campañas de promoción de mejores hábitos de consumo.
- **Recuperación de aguas residuales y pluviales:** La captación de las aguas pluviales, tiene un gran potencial en la reducción de la demanda que las ciudades hacen de los mantos freáticos o cuerpos de agua ubicados a grandes distancias de su lugar de consumo final. Los cambios necesarios para un consumo más eficiente del agua en los tejidos urbanos radican en la optimización de las redes de captación y distribución, a partir de canalizaciones separadas (aguas grises y aguas negras) y que permitan la recirculación del recurso para el aprovechamiento de aguas residuales en usos urbanos y para su reinserción a los mantos acuíferos, ya sea mediante sistemas activos o sistemas pasivos de filtración a través de la recuperación de la permeabilidad natural del suelo.
- **Reciclaje de residuos sólidos:** es necesario fomentar nuevos modelos de recolección de residuos sólidos, así como el cierre de los ciclos de la materia con beneficios económicos para los tejidos y sus habitantes. Estos nuevos modelos de recolección deberán ser promovidos, gestionados y llevados a cabo a nivel local, reduciendo así los costos y gastos energéticos del traslado a grandes distancias o por lo menos, reduciendo al mínimo los volúmenes de residuos que requieran estos traslados. El tratamiento de residuos sólidos, para su posterior

reciclaje se puede llevar a cabo de manera local, ofreciendo nuevas fuentes de empleo, además de que los beneficios económicos producto de esta actividad pueden ser reinvertidos en el mejoramiento del proceso, así como para obras de mantenimiento del tejido. Sobre este tema es importante profundizar sobre el concepto de Economía Circular¹, ya que ofrece las bases para promover un aprovechamiento de los procesos de reciclaje con beneficios económicos para los involucrados en el proceso y como alternativa a la economía lineal.



Fuente: ARUP (2016)

En lo que respecta al ámbito arquitectónico es recomendable promover la utilización de materiales de construcción que puedan ser fácilmente reciclables y que las edificaciones se desarrollen a partir de sistemas constructivos reversibles y reutilizables. Sin duda esta afirmación puede parecer parte de un futuro lejano, sin embargo, los avances actuales en las tecnologías constructivas permiten que cada vez sea más costeaible la implementación de este tipo de técnicas (Rogers, 2000).

¹ La economía circular promueve el mantenimiento de los materiales, componentes, productos y activos en su máxima utilidad y valor por más tiempo. En contraste con la el modelo lineal “toma, haz, usa, desecha” de la producción y el consumo. Los materiales deberán ser diseñados y producidos para ser más durables, reparados, reformados, y reusados, con el fin de minimizar el uso de recursos y así eliminar los residuos y la contaminación (ARUP, 2016)

B) COMPACIDAD: *optar por el reciclamiento de los tejidos en lugar de la creación de nuevas urbanizaciones, responde directamente a la búsqueda de una ciudad más compacta que promueva la cercanía y la continuidad de los elementos que conforman el ecosistema urbano. En este sentido, el criterio de compacidad se vuelve fundamental para proceder a las recomendaciones para el diseño urbano, pero es necesario desarrollar parámetros y rangos que establezcan las densidades y superficies óptimas que mejoren las condiciones de habitabilidad en los tejidos a intervenir.*

- **Densidad:** posiblemente se trata del indicador que más temor causa, debido a las relaciones directas de las altas densidades con el hacinamiento y los conflictos sociales, o como se vio en el desarrollo de este trabajo, la relación de las bajas densidades con la segregación espacial, el alejamiento y desarticulación de las viviendas con los servicios y equipamientos. Sin embargo, la densidad es el indicador cuyo ajuste puede impactar en el mayor número de los indicadores restantes, para bien o para mal. Es por esto que se recomienda que las densidades recomendadas sean establecidas para cada tejido como resultado de un estudio profundo del resto de los indicadores.

Se priorizará la vivienda colectiva, sin embargo, es necesario mostrar que vivienda colectiva no es únicamente altas torres con densidades elevadas y espacios habitables mínimos, sino que existe todo un repertorio de tipologías genéricas en mediana altura que pueden ofrecer alojamiento a densidades recomendables para lograr tejidos compactos y eficientes.

Ofrecer tipologías genéricas alternativas en mediana altura (entre 5 y 6 niveles construidos) y con espacios públicos al interior de los predios y articulados con las vialidades y los corredores verdes, permitirá que los tejidos se densifiquen hasta llegar a unos niveles de compacidad que sean compatibles con los requerimientos de espacio público de estancia necesarios

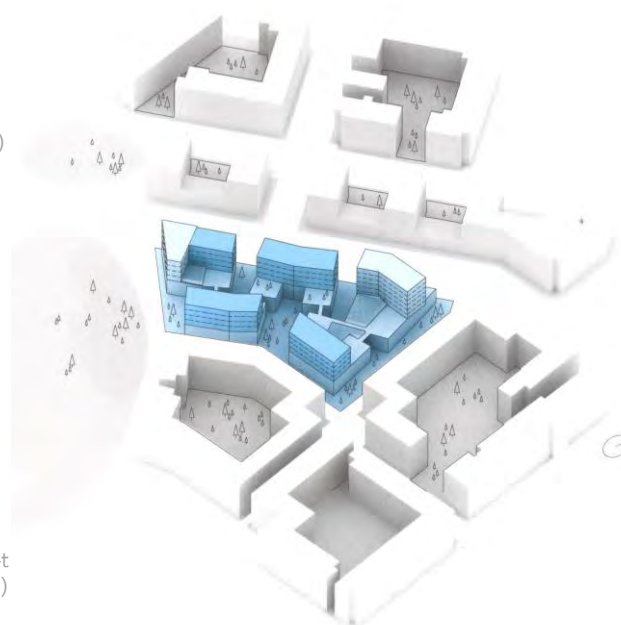


Imagen. Fuente: a+t research group (2015)

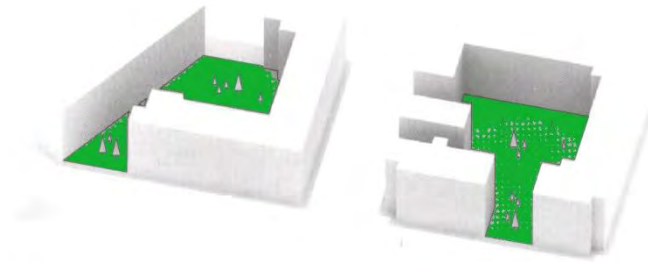
Para equilibrar los valores de densidad con una compacidad adecuada, Se recomienda la inclusión de espacios vacíos, abiertos y preferentemente verdes y arborizados al interior de los predios, de por lo menos el 50% de su superficie, aumentando el FAR² a niveles de entre de 300% y 500% (resultando en una intensidad máxima de construcción con valor de 5), con el objetivo de mantener un número razonable de viviendas y habitantes, acompañado de suficiente espacio abierto.

Por lo menos 50% de Espacio público de estancia al interior de las manzanas, favoreciendo alturas medias de entre 5 y 6 niveles construidos.

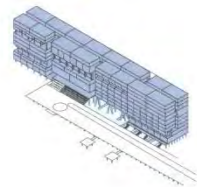
FAR= 300-500%

Intensidad Máxima de Construcción= 5

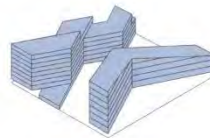
Fuente: a+t Research Group (2015)



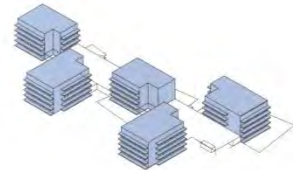
A continuación, se muestran las tipologías genéricas más adecuadas para que los nuevos desarrollos en tejidos reciclados permitan densidades adecuadas al modelo de ciudad compacta y habitable.



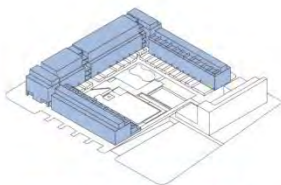
TABLETA HÍBRIDA
SILODAM
MVRDV
AMSTERDAM (THE NETHERLANDS) 2002



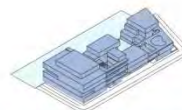
TABLETAS DOBLADAS
VM HOUSING
BIG_ID5 (PLOT)
COPENHAGEN (DENMARK) 2005



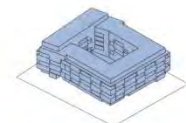
EDIFICIOS PUNTALES
HEGIANWAND HOUSING
EM2N
ZURICH (SWITZERLAND) 2003



BLOQUE URBANO HÍBRIDO
IROKO HOUSING
HAWORTH TOMPKINS
LONDON (UNITED KINGDOM) 2002



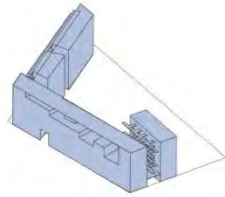
BLOQUE URBANO ABIERTO
BLOCK 65B IJBURG
MORIKO KIRA
AMSTERDAM (THE NETHERLANDS) 2010



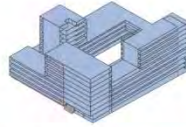
BLOQUE URBANO
NORDLYSET
C.F. MOLLER
COPENHAGEN (DENMARK) 2006

Fuente: elaboración propia sobre esquemas de a+t Research Group (2015)

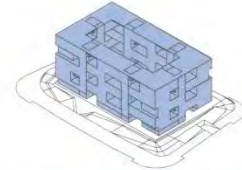
² Floor Area Ratio o Intensidad Máxima de Construcción (Ver indicador # 11)



TABLETA DOBLADA
THE SERPENT
DOMUS
COPENHAGEN (DENMARK) 2006

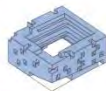


BLOQUE URBANO ESCULPIDO
CARRE BUILDING
OMA
BREDA (THE NETHERLANDS) 2002

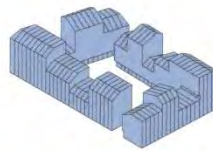


BLOQUE URBANO PERFORADO
GELSIA
MVRDV, BLANCA LLEÓ
MADRID (SPAIN) 2009

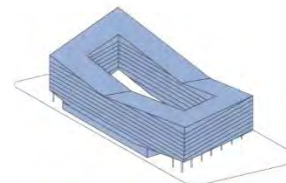
Fuente: elaboración propia sobre esquemas de a+t Research Group (2015)



BLOQUE URBANO ESCULPIDO
INAKASA
ALEXIS LÓPEZ, XAVIER DÍAZ
LAS PALMAS (SPAIN) 2005



BLOQUE URBANO ESCULPIDO
ZIGZAG
VINAZZ
MIERES (SPAIN) 2010



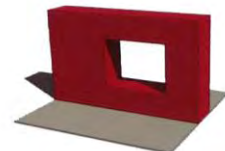
BLOQUE URBANO ESCULPIDO
THE WHALE
DE ARCHITECTEN CIE, FRITS VAN DONGEN
AMSTERDAM (THE NETHERLANDS) 2000

Las tipologías presentadas representan una muestra básica de las posibilidades que permiten los esquemas presentados por Pedersen (2010), a recordar, Conglomerado y Super Bloque, las cuales como principio ofrecen una mayor compacidad a la vez que no suponen construcciones de gran altura, por lo que permiten que exista un equilibrio entre la densidad y el espacio público de estancia al interior y alrededor de las edificaciones. Además de que la escala intermedia, no dificulta la relación e interacción social.

Tipologías genéricas presentadas en Sustainable Compact City de Poul Baek Pedersen

CONLGMERADO Y SUPER BLOQUE

Fuente: Pedersen (2010)

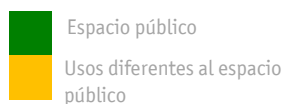


La estrategia será contener en mayor medida el consumo de suelo, por lo tanto, el reciclaje de los suelos ya urbanizados es básico, sin embargo, no es suficiente. Para ello se propone una huella constructiva reducida, aumentando el FAR (Intensidad Máxima de Construcción) y la superficie libre de construcción dentro del predio. Desarrollar a detalle los rangos propuestos del FAR. La estrategia inicial para definir la densidad óptima de un tejido es tomar como valor mínimo la densidad máxima establecida para ese tejido, ponderándolo con los demás indicadores y sobre todo con los criterios de compactidad, complejidad y habitabilidad aquí propuestos, así como permitir que las densidades de habitantes queden en un rango entre 260 y 350 habitantes por hectárea como lo recomienda este trabajo. La densidad de viviendas, será variable y será producto de la relación entre la propuesta de densidad de habitantes y el promedio de ocupación de cada sistema urbano.

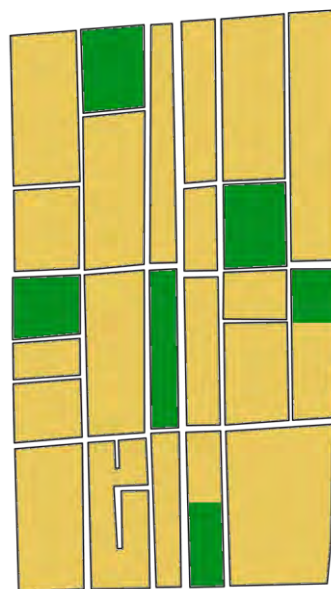
- **Compacidad:** La carga de un edificio y sus materiales y procesos de construcción en la huella ecológica, es en menor medida relevante, comparado con la carga de los desplazamientos generados por la dispersión o los hábitos de transporte privado-individual de sus habitantes, por lo tanto, se vuelve necesario fomentar patrones de proximidad vivienda-empleo. Vivir y trabajar dentro de un radio de desplazamiento que pueda ser recorrido en transporte público, en bicicleta o a pie, ofrecerá beneficios fiscales o hipotecarios a la población. Para esto se requiere que exista en los tejidos, repartida de manera homogénea, una gran diversidad de tipos de viviendas, destinadas a diversos sectores de la población (Ver apartado de Habitabilidad).

La compacidad absoluta, idealmente, estará dentro de un rango de 5 y 6 m en más del 75% de la superficie destinada para usos habitacionales. Esta deberá resultar en una compacidad corregida que permita un espacio de estancia por habitante de entre 10 y 20 m².

Se buscará que los predios destinados a usos diferentes al espacio público, cuenten con una compacidad absoluta de entre 5 y 6 m. Este dato deberá ser logrado en por lo menos el 75 % de la superficie destinada para usos habitacionales.

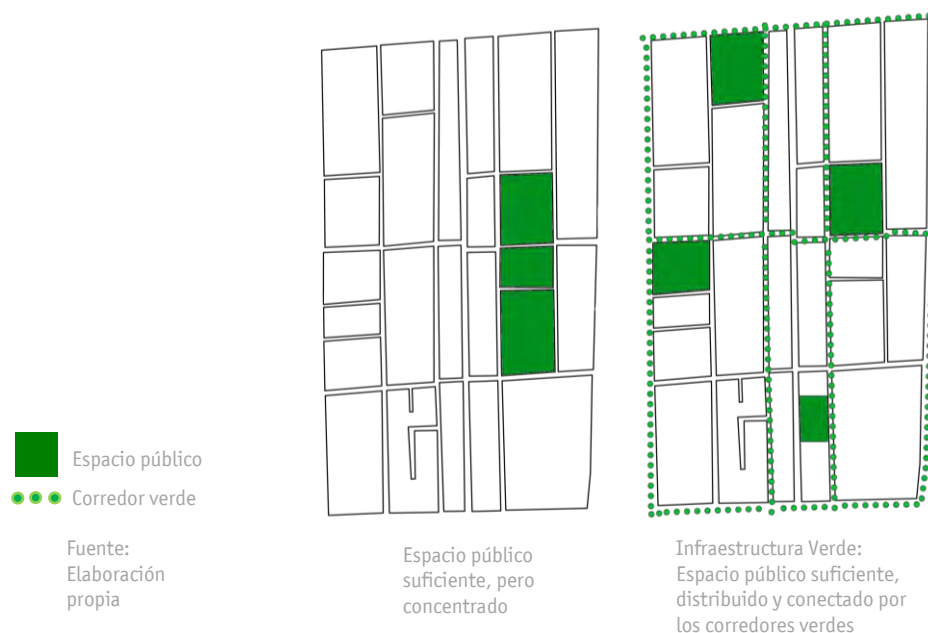


Fuente:
Elaboración propia



- **Espacio de estancia:** Es aquel que, por su características morfológicas y funcionales, permite la interacción entre personas (Rueda, 2012) Se recomienda que los distintos grados de densidad y compacidad sean relacionados con la cantidad de espacios de estancia, de tal forma que se ofrezca a la población, áreas que permitan la interacción y el intercambio visual entre vecinos, para fomentar una mayor cohesión social.

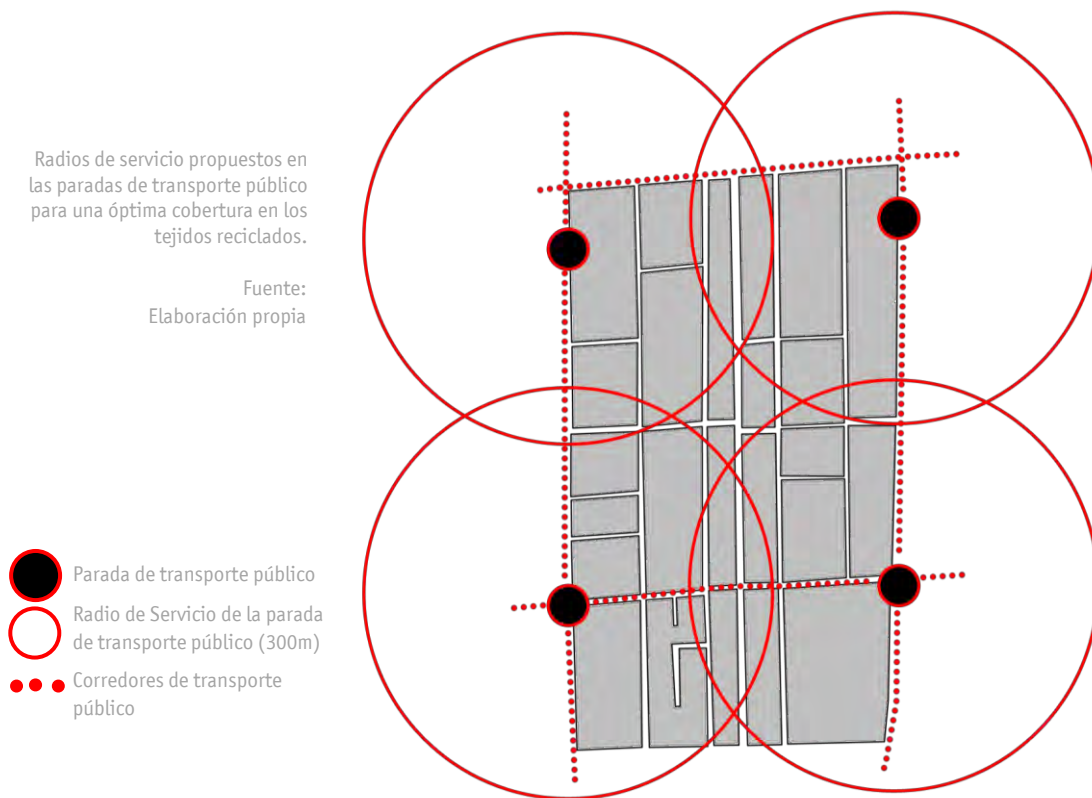
Es necesario establecer que obtener un dato suficiente de superficie de espacio de estancia por habitante no es suficiente para asegurar su funcionamiento, ya que estos espacios, además, deberán considerar los criterios de continuidad, proximidad y accesibilidad. En este sentido, los espacios de estancia se considerarán parte de la infraestructura verde de la ciudad y se recomienda evitar la concentración de grandes superficies de espacios verdes desarticulados de las vialidades, favoreciendo en su lugar, una repartición homogénea en los tejidos, utilizando diferentes superficies y condiciones, articuladas a los corredores verdes urbanos, así como a los demás componentes del espacio público, las distancias de separación recomendadas para este tipo de espacios son; 400m entre espacios de estancia mayores a 100m² y 1500m de distancia entre espacios de estancia o verdes de más de 5000m². El rango deseable para mantener la compacidad del tejido oscila entre los 10 y 20 m² por habitante.



- **Redes de transporte público:** como se mencionó al inicio de este apartado, las intervenciones puntuales en tejidos con el fin de promover su reciclamiento serán parte de una estrategia integral de mejoramiento en la eficiencia de los ecosistemas urbanos, en este sentido, la planeación del transporte público forma parte de esta estrategia y será resultado de un diagnóstico que priorice una distribución homogénea de las rutas, con el fin de evitar la segregación resultante en los tejidos que carecen de servicio de transporte público. Su funcionamiento estará relacionado con las densidades y criterios de compacidad que permitan la

implementación de transporte público, es decir, lograr una concentración de población que haga factible económicamente nuevos medios de transporte. La calidad del transporte público y la eficiencia de sus tiempos de recorrido, son los dos factores fundamentales a tomar en cuenta para que sea una alternativa viable al transporte particular privado. Es indispensable el diseño de las redes de transporte como un elemento articulado a la infraestructura verde y las demás vialidades, de tal forma que se potencialice el alcance de las rutas de transporte a través de la combinación con medios de transporte no motorizados.

Entre las recomendaciones para la implementación de rutas de transporte que sea accesibles y que se encuentren a una distancia adecuada para promover su utilización frente al transporte privado, es necesario que las paradas de transporte no rebasen un radio de servicio de 300m, es decir, una separación máxima entre paradas y vialidades destinadas al transporte de 600m.



- **Espacios verdes en red / infraestructura verde:** los espacios verdes son parte fundamental de la infraestructura verde y del subsistema urbano del espacio público, por lo cual es recomendable que se conciba bajo los principios de continuidad y proximidad. Para esto las recomendaciones son, por un lado, la

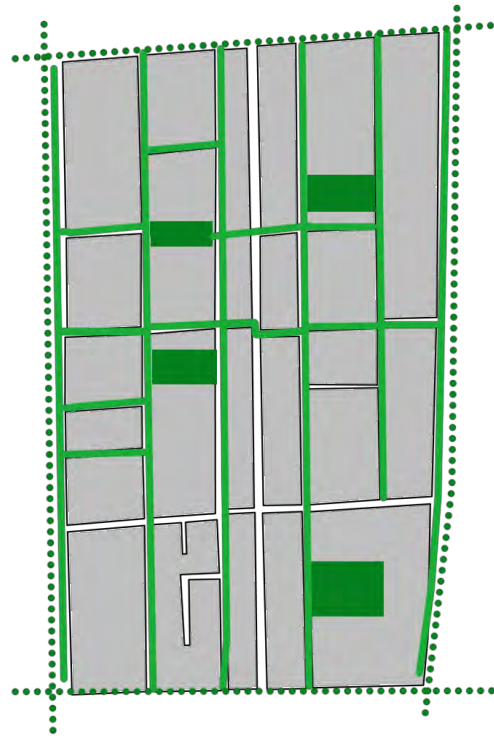
articulación de los diversos espacios verdes a través de los corredores verdes urbanos, con el fin de ofrecer una alternativa de desplazamiento no motorizado sobre la ciudad, por otro, una proximidad no mayor a 200m de distancia hacia un espacio verde mayor a 100m² o 750m a un espacio verde mayor de 5000m². Estos radios de servicio, son recomendables también para los espacios públicos de estancia, con el fin de distribuirlos de manera homogénea en el tejido y en el sistema urbano.

La reserva de espacios permeables del 30% del área de cada predio o su equivalente en el conjunto del tejido, deberá en la mayor parte de los casos tener una conexión directa con los corredores verdes urbanos, es decir, deberá considerarse parte de la infraestructura verde, siguiendo los principios de continuidad y accesibilidad.

La eficiencia de la infraestructura verde dependerá del grado de conectividad existente entre los elementos que la conforman. Por lo tanto, los espacios públicos deberán estar conectados a través de los corredores verdes a nivel tejido, y estos a su vez con las grandes áreas verdes del sistema urbano a través de su integración con los corredores verdes a nivel sistema urbano.

Fuente:
Elaboración propia

- Espacio público
- Corredores verdes a nivel sistema urbano
- Corredores verdes a nivel tejido

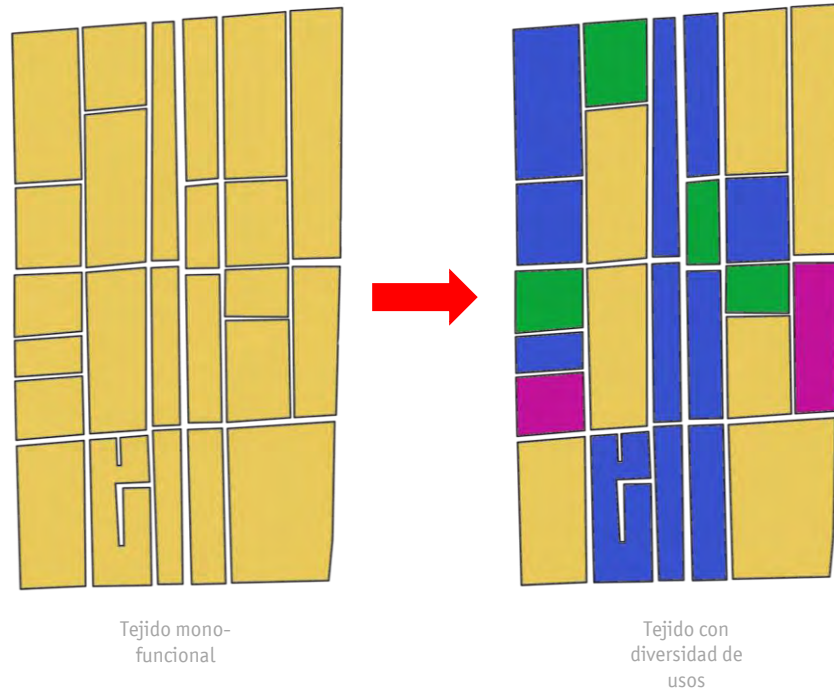


C) COMPLEJIDAD: la cercanía de los elementos en un ecosistema urbano (compacidad), acompañado por los espacios que permitan la interacción de las personas y las actividades que en ellos se desarrollan, producirán un aumento en la información³ generada en los tejidos. Esto se verá reflejado en el aumento de la complejidad de la organización espacial y funcional de los tejidos recuperados, siendo este, un factor indispensable para que los tejidos tengan unas condiciones óptimas de adaptabilidad y flexibilidad que el paso del tiempo y las nuevas demandas de la población requieran.

- **Diversidad + hibridación:** se promoverá la superación de los preceptos del movimiento moderno en los cuales se priorizaba la repetición y zonificación, ya que estos son promotores de segregación social y espacial. En su lugar, se deberá fomentar la reutilización de los tejidos existentes en la ciudad a través de desarrollos que incluyan vivienda con diversidad de dimensiones, precios y opciones de tenencia (Renta o venta), pero, además, es necesario que las edificaciones permitan la integración de otros usos distintos a la vivienda, de esta forma se reducirán los espacios mono funcionales.

Transición desde un tejido mono funcional, o primordialmente destinado al uso habitacional, hacia aquel que permita una diversidad de usos y funciones. Además de promover la diversificación en los tamaños de los predios al interior de las manzanas.

Fuente: Elaboración propia



³ La información se entiende como el producto surgido de las interacciones entre las diversas personas y unidades económicas de un tejido. Puede incluir productos manufacturados o de carácter intangible pero que impactan directamente en el aumento de la organización de los elementos que conforman al tejido (habitantes, flujos, edificaciones, etc.)

- **Actividad + residencia:** dentro de la superficie de los tejidos a intervenir, se deberá contar con un porcentaje destinado a usos diferentes al habitacional, y al comercial, ya que este último puede también promover una vocación monofuncional en el tejido. Por lo tanto, se recomienda que el 25% del volumen edificable destinado para usos distintos a la vivienda, sin priorizar al comercio, sino permitir la integración de usos productivos (industria ligera, no contaminante o vivienda productiva) o terciarios con las limitaciones y compatibilidades de usos que apliquen en cada caso.

Además de promover la existencia de espacio público de estancia distribuido de forma homogénea en el tejido, se deberá promover la transición hacia nuevos usos además del habitacional, con el fin de integrar usos productivos y de generación de empleos al interior de los tejidos reciclados.

Fuente: Elaboración propia

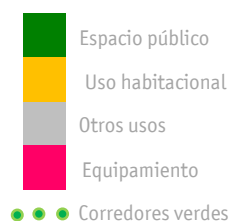


- **Equipamientos:** uno de los mayores atractivos de la vida urbana es la existencia de equipamientos, esto es también uno de los promotores de la mayor cantidad de desplazamientos diarios en las ciudades. Por lo tanto, la ubicación de los equipamientos, impactara de forma directa en la movilidad al interior de los sistemas urbanos. En este sentido se vuelve necesaria una dotación de equipamientos distribuida de manera homogénea en los tejidos, con el fin de reducir la movilidad motorizada y que idealmente se pueda llegar a ellos por medio del transporte público o en medios no motorizados. Promover que los equipamientos sean lugares de encuentro social, donde se fomente la interacción de diversos sectores de la población. Para esto se recomienda que los equipamientos se encuentren articulados con el espacio público de estancia y estos a su vez con la infraestructura verde en red, con el fin de generar una continuidad en las circulaciones desde y hacia los equipamientos. Un primer

paso hacia un equipamiento eficiente, es la dotación a partir de la normatividad existente, ya que como se observó en esta investigación, la dotación es insuficiente y se encuentra concentrada en nodos que no siempre son accesibles para la mayoría de la población.

La articulación de los espacios destinados al equipamiento con los espacios públicos y los corredores verdes, permitirán aumentar el grado de accesibilidad de la población hacia los equipamientos, promoviendo también la apropiación de estos sitios como lugares de encuentro y reunión para la población.

Fuente: Elaboración propia



- **Proximidad a actividades comerciales de uso cotidiano.** La congregación de un número suficiente de personas y actividades para que un tejido pueda ser considerado como compacto y complejo, demandará la implementación de las actividades comerciales de usos cotidiano dentro de un radio de servicio que pueda ser recorrido a pie o en bicicleta. Para esto se recomienda que los comercios de proximidad o de uso cotidiano, como son panadería, recaudería, carnicería, abarrotes y farmacia, sean considerados dentro de las manzanas, permitiendo llegar a ellas a través del aprovechamiento del espacio público, el cual cuente con las condiciones de accesibilidad, seguridad y habitabilidad necesarias. En este sentido se recomienda que este tipo de actividades puedan ser consideradas como parte del fomento de la vivienda productiva, con el objetivo de la promoción de beneficios en las economías locales, acompañados por la producción de mercancías de forma local, lo cual tendrá un impacto directo en los recorridos necesarios para su servicio, pero también será un elemento que impacte de forma positiva en la economía de los habitantes del tejido.

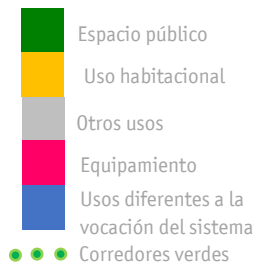
- **Equipamientos y promoción de usos diferentes a la vocación del territorio de estudio:** Un sistema que basa su economía en una actividad o en actividades relacionadas con un único sector, tiene más riesgo de sufrir crisis si estas actividades tienen alguna reducción en su productividad. Pero un tejido que diversifica las actividades que en él se desarrollan tienen mejores herramientas para recuperarse de los cambios en las dinámicas económicas y de producción.

Con el objetivo de ofrecer alternativas de actividad a los tejidos reciclados, se propone que los proyectos de reciclamiento, contemplen la introducción de usos diferentes a la vocación del territorio de estudio, a nivel ecosistema urbano, es decir, dotarlos de infraestructura y usos que les permitan estar preparados para un eventual declive en las actividades fundamentales del sistema, por ejemplo, un proceso de desindustrialización, salida de inversiones, etc.

Se recomienda que un valor mínimo de 10% de la superficie total del tejido a nivel AGEBA o localidad, sea destinado a usos diferentes a la vocación del sistema, por ejemplo, usos terciarios o relacionados con tecnologías de la información, innovación, educativos, etc.

La integración de los equipamientos, espacio público de estancia, uso habitacional y nuevos usos diferentes a los de la vocación del sistema, promoverán que los tejidos puedan transformarse desde tejidos mono funcionales hacia tejidos diversos que puedan recibir nuevos usos y adaptarse a diversos sectores de la población.

Fuente: Elaboración propia



- **Corredores verdes / infraestructura verde:** los corredores verdes son el articulador principal de la infraestructura verde que concentra los espacios públicos de estancia y las áreas verdes de la ciudad. Para esto se recomienda que por lo menos el 10% de las vialidades de la ciudad cuenten con las características que los categoricen como corredores verdes, estas son: priorizar a peatones y ciclistas, arborización y vegetación en su superficie, atravesar los tejidos urbanos y permitir la continuidad de la vegetación a través del ecosistema urbano.
- **Espacios de distribución y servicios:** como parte de la mejora en la eficiencia en los flujos que recorren los ecosistemas urbanos, se propone una reestructuración de la distribución de mercancías a través de la asignación de espacios específicos para carga y descarga de mercancías, los cuales deberán estar articulados con las vialidades principales y a la vez distribuirse hacia corredores secundarios con un menor tráfico motorizado. Esto con el fin de reducir los desplazamientos y limitar las vialidades que los vehículos repartidores transitan, además de la reorganización de los horarios de distribución, durante horarios de menor afluencia vehicular y peatonal.
- **Producción de energías renovables.** Los tejidos deberán considerar redes de espacios destinados a la producción de energías renovables, preferentemente como parte de una red que ofrezca servicio al ecosistema urbano. En este sentido, los primeros pasos se pueden dar a través de la implementación de celdas solares o molinos de viento en las nuevas edificaciones o por AGEBA, los cuales pueden eventualmente ser interconectados con otros puntos de producción energética hasta lograr una red homogénea de este tipo de sistemas.
- **Producción local de alimentos básicos:** otro de los usos de la infraestructura verde y/o de los espacios permeables en cada predio es la producción de alimentos básicos para consumo al interior de los barrios, promoviendo la reducción de traslados de mercancías desde las áreas de producción. Así mismo, este tipo de objetivos deberán ser conseguidos a través del apoyo para el fomento de la vivienda productiva, donde se puede generar una producción de alimentos básicos para consumo local y que impactara positivamente en la economía de las familias.

D) HABITABILIDAD: *se refiere a las condiciones que resultan de una correcta implementación de los criterios de compacidad y complejidad. Estos criterios deberán ser estructurados a partir de un análisis de las condiciones sociales y económicas de la población, con el fin de identificar la diversidad existente y a partir de ello, promover una mayor diversificación con el fin de lograr una integración óptima que contrarreste las condiciones de segregación social y espacial de los ecosistemas urbanos. Además de la diversidad, es necesario que los elementos físicos que conforman al ecosistema urbano, tengan una correcta accesibilidad que permita que los habitantes puedan hacer uso de ellos, en beneficio de un desarrollo personal y eventualmente colectivo. Se trata de devolver la ciudad a los ciudadanos, con todos los derechos y obligaciones que ello implica, reduciendo la supremacía del automóvil en las consideraciones de diseño urbano, pero también y en mayor medida, se trata de que la ciudad sea resultado de la toma de decisiones por parte de los habitantes y no solo de las dinámicas de mercado con fines exclusivamente enfocados en el aumento de los beneficios económicos de los inversionistas.*

- **Diversidad de unidades de vivienda:** se recomienda la reutilización del parque habitacional abandonado, diversificar el régimen de tenencia (renta y venta). Para el caso de nuevas construcciones se priorizará la vivienda colectiva con diversos programas habitacionales, es decir, viviendas de diversos tamaños, flexibles y adaptables a las diferentes formas de habitar.
- **Integración de diversos sectores de la sociedad:** promover la diversidad de tipos de vivienda, lo cual se verá reflejado en diversidad de precios, dimensiones y características, evitando los desarrollos homogéneos en favor de los que van dirigidos a diversos mercados dentro de un tejido específico.
- **Accesibilidad del espacio público:** para que la interacción pueda darse en el espacio público, este deberá contar con condiciones básicas de accesibilidad, es decir que los habitantes puedan hacer uso de él. Como espacio público se considerarán los espacios abiertos de estancia y las vialidades. Mínimo el 90% del espacio con accesibilidad óptima. A continuación, se presentan esquemas con el dimensionamiento adecuado para la accesibilidad universal.

- **Espacio vial destinado al peatón:** no se cuentan como espacios peatonales los espacios divisores de las vialidades, de menos de 3 metros de ancho, se excluyen también los espacios con suelo verde permeable, ya que no son espacios aptos para el tránsito peatonal. Tampoco se consideran espacios peatonales las áreas destinadas para estacionamiento de vehículos. Se cuentan como espacios públicos peatonales, las plazas y las calles. Por último, la recomendación es que el 75% del espacio vial sea destinado para el peatón, en por lo menos el 50% de los tramos de calle.
- **Adaptabilidad del entorno construido:** en este sentido es recomendable que se promueva la participación de los ciudadanos en la adaptación y transformación de los espacios, en mayor medida en el ámbito privado y en menor medida en el espacio público. Primero a través de tipologías de vivienda que cuenten con la posibilidad de ser adaptados a los cambios en las configuraciones familiares y las necesidades productivas de cada familia, segundo a través de espacios públicos que sean susceptibles de ser modificados por la comunidad con el objetivo de ser aprovechados para la convivencia y actividades colectivas de producción.

CONCLUSIONES

Los tejidos urbanos requieren mantenimiento y mejora constante, para evitar que caigan en situaciones de deterioro grave que deriven en su abandono y problemas sociales. Es importante promover una concientización de que los tejidos son parte del patrimonio de la ciudad y que son en gran medida resultado del trabajo conjunto de la población. Sin embargo, la sociedad actual está acostumbrada a desechar los recursos y los productos de su trabajo, y en este sentido, la ciudad corre esa misma suerte. Se vuelve necesario, entonces, promover un mantenimiento preventivo, que evite el declive de los tejidos urbanos, recuperando su eficiencia y utilidad, además de adaptarlos a las nuevas necesidades de la sociedad, volviéndolos cada vez más flexibles y aptos para recibir nuevos usos.

La complejidad y el alcance de la problemática que plantea el aprovechamiento de los recursos de nuestras ciudades, nos llevó a buscar un diálogo con otras disciplinas con el objetivo de complementar conocimientos, apoyados en los principios del pensamiento complejo, ya que uno de los aspectos de mayor relevancia en el enfoque complejo radica en el enriquecimiento derivado de conjuntar visiones desde dos o más puntos de vista (disciplinas) distintos, sean estos tan diversos como arquitectura-urbanismo, ecología, economía o incluso física. Esta idea multidisciplinaria a pesar de no ser nueva, ha venido desarrollándose en nuestro campo desde hace poco tiempo con resultados diversos. Pero estamos convencidos de que una disciplina es la suma de los errores y aciertos de todos los que trabajan por su consolidación y, por lo tanto, sirva este trabajo como una aportación mínima a este objetivo.

Consideramos que conjuntar las disciplinas urbano-arquitectónica y la ecología, ha beneficiado en el entendimiento de los procesos que se llevan a cabo en las ciudades, ya que nos ayuda a superar la idea de que nuestra disciplina debería enfocarse únicamente en la forma del entorno construido y nos permite un acercamiento a las dinámicas que promueven las transformaciones de los sistemas urbanos.

De la metáfora ecológica, rescatamos la idea de entenderá la ciudad como un sistema abierto, que depende de su relación con el contexto, que a su vez son otros sistemas abiertos con los que intercambia información y de los que depende su mantenimiento en el tiempo. Además, los flujos que se derivan de estos intercambios, son los que conforman el metabolismo de las ciudades, esta segunda idea es la que complementa nuestro

enfoque ecológico en la búsqueda de una mejora en la eficiencia de nuestro entorno construido, que hemos denominado en este trabajo, el ecosistema urbano (Acebillo, 2013; Beatley, 2000; Newman, 2008; Rueda, 2002).

Ningún sistema urbano es igual a otro, sin embargo, lo importante es identificar los elementos que pueden ser comparados y considerados como similares en cualquier caso de estudio, en este sentido, el trabajo ha permitido identificar ámbitos abstractos en los que se puede descomponer un ecosistema urbano con el fin de ser estudiado y comparado con otros ejemplos⁴.

El metabolismo como metáfora, ofrece un marco de trabajo en el cual se pueden desarrollar diversas líneas de investigación acerca del funcionamiento de nuestros ecosistemas urbanos, los cuales cada vez más complejos, demandan nuevas formas de ser estudiados. La metáfora es útil, principalmente porque permite ver a las ciudades como un conjunto de flujos de recursos, los cuales pueden ser idealmente separados para su análisis puntual, pero son las interacciones entre flujos y su estudio lo que nos acerca al entendimiento de las dinámicas que dan forma a los ecosistemas urbanos. Esto con el objetivo de establecer lineamientos que permitan intervenir en las ciudades para lograr que sus estructuras sean más eficientes y por lo tanto más sostenibles de forma integral⁵.

Las ciudades nunca han sido sistemas autosuficientes, siempre han necesitado de su entorno, y como resultado de esto, son dependientes y vulnerables a los cambios en el contexto y en los flujos que de esta interacción derivan. Sin embargo, en esta infinita serie de interacciones, el papel que juega la población es fundamental para definir las dinámicas que darán forma a los flujos de recursos, en palabras de Ferrao y Fernández (2013), *el mundo urbano es la red acumulada e interrelacionada de intereses mutuos entre los individuos y sus instituciones*. En este sentido, las ciudades deberían ser el reflejo de las decisiones tomadas por la población y para satisfacer sus intereses y los de sus instituciones. Pero la realidad difiere de esta idea, ya que el trabajo aquí presentado demuestra lo alejado que nuestras ciudades se encuentran de ser sistemas que satisfagan las necesidades y deseos de la población en general, siendo únicamente sistemas de producción que atienden a los deseos e intereses de sectores muy reducidos

⁴ En este trabajo se utilizaron las categorías de Metabolismo urbano, habitabilidad, compacidad y complejidad, las cuales son determinadas por estructuras físicas y flujos que están presentes en cualquier ciudad y por lo tanto pueden ser estudiadas sin limitaciones relacionadas con la ubicación del sistema de estudio.

⁵ Sostenibilidad económica, social y ambiental en un equilibrio en el que ninguna debe ser priorizada sobre las demás.

de población, con objetivos muy específicos destinados al aumento de beneficios económicos, en detrimento de los demás ámbitos de la vida urbana.

Es a partir de esta última idea en que surge la reflexión acerca de lo que entendemos por sostenibilidad urbana, ya que el constante uso de la palabra sostenibilidad como maquillaje de diversos discursos tanto políticos como económicos ha diluido la importancia del concepto y ha permitido que su mala interpretación permee en los ámbitos urbano y arquitectónico. Así, este trabajo ha ofrecido una idea general de los principios originarios del concepto de sostenibilidad con el objetivo de devolver el sentido transformador y concientizador de la palabra. Entender la sostenibilidad como un estado de equilibrio, pero no de ausencia de cambios, es fundamental para dotar a nuestras ciudades de las bases que abran la puerta a las transformaciones que permitan ofrecer a toda la población las oportunidades de desarrollar sus capacidades tanto profesionales como personales, pero también de lograr un cumplimiento de sus deseos como individuos y como colectividad. Así la sostenibilidad depende de la conjunción de los factores derivados de promover un desarrollo equilibrado de los ámbitos social, económico y ambiental⁶ y no solo de la promoción de un desarrollo económico que (en teoría) eventualmente derivará en el desarrollo de los demás ámbitos.

El discurso de la ciudad sostenible necesita tomar la cuestión energética como punto clave. Para esto debemos dejar de considerar a la energía como un recurso infinito, por lo cual es necesario reducir los consumos de energía, además de acelerar la transición hacia combustibles renovables y no contaminantes. Para esto los encargados de dar forma a las ciudades deberán asumir la importancia de su lugar en el engranaje que mueve a los ecosistemas urbanos, con el fin de realizar propuestas que permita una transición más acelerada, pero sobre todo más eficaz, pues las ciudades son el principal consumidor de recursos a nivel global y de ellas depende una reducción significativa de los procesos contaminantes.

La transición deberá ser un proceso en el cual se permita la participación de todos los miembros de la sociedad, así mismo se vuelve necesaria una adaptación de las instituciones encargadas de gestionar las transformaciones urbanas hacia un funcionamiento participativo, pero sobre todo más interesado en el beneficio colectivo. Ya que como hemos observado, las instituciones encargadas de gestionar el funcionamiento

⁶ Algunos autores como Maycotte (2012) consideran que el ámbito cultural sería un cuarto ámbito a incluir en el equilibrio necesario para lograr la sostenibilidad integral, sin embargo, nosotros consideramos el aspecto cultural como parte fundamental de la sociedad.

de las ciudades, no siempre tienen como objetivo el beneficio de la población, sino el crecimiento económico a costa de todo.

La sustentabilidad no se puede lograr cuando el crecimiento de las ciudades, disfrazado de desarrollo, se fundamenta en la explotación de recursos que cada día están más cerca de terminarse, o cuando el término está enfocado a un beneficio económico o productivo, como es el caso de la promoción de la competitividad⁷ en las ciudades, el cual es un término enfocado en el crecimiento económico a través de la atracción de fuertes inversiones de capitales internacionales con beneficios fiscales y regulatorios que terminan por afectar de forma directa a la población.

En lo que respecta con las condiciones estructurales y morfológicas, podemos concluir que el metabolismo de las ciudades contemporáneas es poco eficiente, ya que carece de elementos que permitan el desarrollo de redes de infraestructura gris y verde continuas, como principio básico de eficiencia de un sistema, además de que los flujos de información, recursos y población, se ven obstaculizados por las distancias cada vez mayores que tienen que recorrer en una estructura urbana dispersa., que promueven la segregación espacial y social, a través de mecanismos derivados de intereses económicos y políticos.

El metabolismo y la habitabilidad se ven impactados de forma negativa por la dispersión y segregación espacial de los tejidos urbanos, así como por la creciente especialización de los tejidos en favor de usos monofuncionales, es decir, la reducción en la compacidad y complejidad, respectivamente, de los tejidos. Por lo tanto, para revertir esta situación, el reciclamiento urbano no debe ser entendido como una acción correctiva sino preventiva que permita a los tejidos, funcionar de forma más eficiente y proveer de más beneficios al sistema.

El metabolismo urbano como marco teórico de referencia para analizar las ciudades contemporáneas, contiene todos los elementos para conformar un punto de partida hacia una nueva manera de transformar nuestros ecosistemas urbanos a partir de la búsqueda de un aumento en la eficiencia en el consumo de recursos. Esta idea nos conducirá al

⁷ De acuerdo con el Banco Mundial (2015), una ciudad competitiva es aquella que facilita a las firmas e industrias, la creación de empleos, aumento de la productividad y el aumento en los ingresos de la población a través del tiempo. Una definición concentrada en el aumento de los beneficios económicos y no en un equilibrio de desarrollo integral que contemple los ámbitos social y ambiental.

reciclamiento de tejidos urbanos como una estrategia de intervención que promueva el aprovechamiento de todos los recursos que ya se encuentran presentes en las ciudades, pero, además, promoverá una mejoría en las infraestructuras que soportan los diversos flujos que recorren las ciudades a través de mayores inversiones fundamentadas en el aumento de las demandas de la población.

El reciclamiento urbano, no representa la solución absoluta de los problemas de los ecosistemas urbanos contemporáneos, sin embargo, consideramos que el aprovechamiento de los tejidos existentes, es un gran apoyo en la reducción del consumo de recursos y energía. Primero porque nos permitirá reducir en gran medida la energía utilizada en la producción y entrada de nuevos materiales de construcción a las ciudades y, segundo, porque la transformación de los tejidos existentes, representa una oportunidad para volverlos más eficientes, mejorando su infraestructura e integrándolos con el sistema urbano.

El presente trabajo ha mostrado que las problemáticas no son exclusivas de los tejidos localizados en la periferia de la mancha urbana, sino que también se presentan en los tejidos centrales, los cuales han perdido población, principalmente por el encarecimiento de su suelo en comparación con los suelos urbanos de reciente creación (dispersos y alejados), promoviendo la expulsión de la población hacia la periferia o hacia tejidos intermedios. Así mismo, esta reducción en la población promueve una menor inversión en infraestructura en los tejidos centrales, los cuales eventualmente son abandonados, desaprovechando los recursos latentes en el tejido, con la consecuente reducción en la eficiencia metabólica de las ciudades, o bien, son transformados en tejidos monofuncionales con vocación terciaria, lo cual reduce las horas de actividad en los tejidos, pasando a ser áreas desoladas durante las noches y fines de semana.

La falta de uso del espacio público, derivada de la poca habitabilidad de este, no permite que la población pueda interactuar y promover relaciones sociales. Esto reduce la posibilidad de generar una conciencia común acerca de las condiciones de los tejidos y sistemas urbanos, acentuando la falta de interés sobre los temas urbanos, la gente no es consciente del poder que tiene para mejorar las condiciones de su entorno.

En este trabajo se ha mostrado la posibilidad de trasladar experiencias desarrolladas en otras latitudes hacia el entendimiento de problemáticas particulares de nuestro país, a través de una "importación" de principios y de metodologías, más que de proyectos concretos. Esto nos permitirá, difundir y compartir los resultados, avances y propuestas de mejoramiento de las condiciones del funcionamiento de nuestros ecosistemas urbanos

con el mayor número de personas interesadas en esta cuestión, de tal forma que la comunicación se pueda llevar a cabo sin obstáculos derivados de la ubicación de los casos de estudio, pues las bases y principios se pueden generalizar, pero serán las condiciones particulares del caso de estudio las que darán forma a la metodología, de tal manera que se puede asegurar la correcta aplicación en diversos ecosistemas.

El uso de un sistema de indicadores es de gran importancia ya que permite mostrar de manera objetiva la situación en la que se encuentran los tejidos y por lo tanto nos permite acercarnos a una idea de las condiciones del ecosistema urbano en su totalidad. Esto se da a través de la información recabada, la cual se transforma en mediciones que pueden posteriormente ser comparadas, estableciendo así un lenguaje común sobre el cual realizar comparaciones de elementos que de otra forma podrían ser sujeto de análisis subjetivos. Estas mediciones, permiten establecer puntos de intervención, con el fin de mejorar aspectos específicos, que eventualmente, mejorarán el sistema urbano en su totalidad.

Además, un sistema de indicadores, tiene la bondad de ser sujeto de modificaciones y adecuaciones, de acuerdo al tejido que se quiera estudiar, sin embargo, ofrece una base sobre la cual es posible iniciar una medición de las características de cualquier tejido urbano.

El proceso de investigación utilizado en este trabajo, que toma como base el sistema de indicadores desarrollado a partir de la interpretación y adaptación de tres sistemas de indicadores aplicados en latitudes europeas y la información susceptible de ser recabada en nuestro caso de estudio, ha permitido obtener una imagen objetiva de la situación de nuestros sistemas urbanos. Así mismo ha favorecido la comparación y la correlación entre diversas variables que impactan directamente en los ámbitos de estudio de este trabajo (metabolismo urbano, habitabilidad, compacidad y complejidad), por lo que consideramos que uno de los mayores aportes ha sido ofrecer una imagen objetiva de aspectos que de otra manera podrían ser sujetos de interpretaciones personales y subjetivas.

Por ejemplo, la relación entre la densidad y la habitabilidad, donde encontramos que la densificación no tiene que ser entendida como una agresión a la habitabilidad de los tejidos, ya que como comprobamos, una baja densidad de viviendas, puede ir acompañada de un bajo nivel de habitabilidad ya que en ello impactan otros factores como son la proximidad y la accesibilidad de los elementos que permiten a los habitantes cumplir deseos y satisfacer sus necesidades. Así mismo una alta densidad puede proveer

las condiciones de población que permitan, o mejor dicho obliguen, a las autoridades correspondientes, a dotar de servicios y equipamientos suficientes y adecuados, ya que en este sentido podemos agregar que las autoridades y los gobiernos se escudan por un lado en la irregularidad de los tejidos de las periferias y en la responsabilidad de los desarrolladores de conjuntos habitacionales (aislados y en la periferia), para no cumplir con las dotaciones de servicios, además de los altos costos de extender la infraestructura hasta estos sitios.

El estudio también nos llevó a una reflexión acerca del papel de la normatividad en el desarrollo de nuestras ciudades. Por un lado, encontramos que la normatividad es muy escasa en los aspectos que tienen relación con los ámbitos analizados, y en los casos en que existe, esta no es observada.

Los actuales instrumentos normativos, acompañados por la cada vez mayor desregulación en los mercados de vivienda, que son el principal promotor del crecimiento de las ciudades, han permitido la desintegración de los sistemas urbanos, a través de la falta de control del crecimiento de las ciudades, aprobando conjuntos habitacionales de alta densidad, pero sin los equipamientos adecuados⁸, los cuales promueven un crecimiento especulativo a su alrededor, desarticulado de la ciudad, y accesible únicamente por transporte particular. Lo cual nos lleva a la propuesta de controlar los crecimientos urbanos periféricos, condicionándolos al cumplimiento de las normativas de densidad e intensidad máxima de construcción en los tejidos consolidados, es decir, permitir el crecimiento y las nuevas urbanizaciones por lo menos hasta que las densidades máximas en los tejidos consolidados lleguen al 75% de los niveles establecidos por la normatividad.

Por supuesto este tipo de medidas debe ir acompañada de las modificaciones en las normativas relacionadas y con una serie de incentivos fiscales y económicos que hagan más atractivo en términos económicos el favorecimiento de la utilización de los suelos centrales y consolidados de nuestras ciudades. Por ejemplo, a través de normas que ofrezcan beneficios fiscales a quienes recalifiquen el patrimonio desocupado y gravando la construcción de nuevos tejidos.

Así mismo el mejoramiento de las condiciones de los tejidos centrales y su densificación, deberá ir de la mano con controles normativos y económicos que eviten el alza significativa

⁸ En este sentido es recomendable la lectura y análisis de la tesis doctoral de Elvira Maycotte, titulada Espacios abiertos y calidad de vida en conjuntos habitacionales organizados en condominio. (2010)

de los costos del suelo tras su mejoramiento, por lo menos para los residentes originales del tejido y para un porcentaje de nueva población.

En lo que respecta al espacio público, el trabajo nos ha llevado a reflexionar sobre la importancia que este tiene en el funcionamiento de los ámbitos que componen a los sistemas urbanos. Dado su papel como articulador de los componentes físicos y los flujos de la ciudad, se requiere especial atención en la potencialización de los beneficios que tiene el uso constante de los espacios abiertos.

El espacio abierto tiene la capacidad de impactar en la habitabilidad urbana, así como de funcionar como una extensión del ambiente privado. Las ciudades deberían promover el acercamiento y la interacción entre sus habitantes, deberían ser lugares que nos ayuden a comprender al otro, sin embargo, actualmente, los sistemas urbanos promueven una diferenciación cada vez mayor, en la búsqueda de la individualización. Los barrios deberán ser los elementos que articulan el conjunto urbano, asumiendo y aceptando que forman parte de un sistema más grande del cual depende su correcto funcionamiento, en lugar de considerarse como tejidos que pueden tener un funcionamiento autónomo.

El mismo énfasis es necesario en el aprovechamiento de los equipamientos como elementos promotores de cohesión social, los cuales a través de su articulación por medio del espacio público y una correcta infraestructura verde y vial, permitirán una correcta accesibilidad a todo tipo de personas, con el fin de fomentar el intercambio, el conocimiento y la comunidad.

Consideramos necesaria la organización de los diversos sectores de gobierno con el fin de una correcta implementación de políticas que permitan transformaciones urbanas que beneficien a la mayoría de la población, en el corto y largo plazo. Las políticas actuales se concentran en un beneficio a corto plazo, visible y de fácil difusión a través de los medios de comunicación masiva, en lugar de proyectos integrales a largo plazo, que, si bien no serán utilizados como promesas de campaña política, sí tendrán un impacto benéfico en la mayoría en la población. Como sabemos que esto no se podrá lograr en el corto plazo, la propuesta radica en la generación de instrumentos y organizaciones independientes de los gobiernos, pero con una constitución legal y su aceptación como agentes de decisión, conformados por habitantes pertenecientes a diversos sectores y ámbitos de la sociedad, cuyos proyectos y propuestas no dependan de temporalidades de gobierno ni de limitantes territoriales, sino que favorezcan la realización de proyectos integrales a nivel regional y que conciben a los sistemas urbanos fuera de los límites territoriales de municipios o localidades.

Si bien consideramos que existen avances al respecto, creemos que aún falta una integración más estrecha con la sociedad hacia la que se dirigen estos proyectos, además de que hay una escasa difusión de la existencia de este tipo de organismos y sobre todo que la corrupción también logra llegar hasta este tipo de instancias, obstaculizando el cumplimiento de lo que en inicio es una buena intención.

Por último, no solo se trata de aplicar medidas de diseño urbano al reciclamiento de los tejidos, sino también se necesita un monitoreo continuo de los avances, para poder ubicar los aspectos a mejorar. En este sentido debemos aprovechar las herramientas desarrolladas en los ámbitos académicos, a través de una integración con los gobiernos locales, con el fin de lograr una retroalimentación y enriquecimiento de la información recabada por las investigaciones, pero sobre todo que los resultados obtenidos puedan ser vaciados en la transformación exitosa y equilibrada de nuestros sistemas urbanos.

LIMITACIONES

Es evidente que existe una falta de información acerca de las condiciones metabólicas de las ciudades latinoamericanas, a pesar de que existen ya numerosos análisis en este respecto sobre todo para la ciudad capital colombiana de Bogotá y para Cali (Camargo, 2008; Díaz, 2011; Escobar, 2006; Quiroga, 2007), los análisis resultantes relacionan poco o nada el metabolismo con el ámbito construido de las ciudades, lo cual reduce la atención de los arquitectos y urbanistas (con perspectivas poco amplias) en este tipo de trabajos.

Los indicadores seleccionados no siempre pudieron ser medidos, a pesar de la gran importancia que podrían tener para el estudio, por lo tanto, es necesario que se promueva el enriquecimiento de los datos acerca de nuestras ciudades, con el fin de ofrecer indicadores más completos que puedan ser utilizados en los trabajos que así lo requieran. Mejorar la información estadística del ámbito urbano permitirá la utilización de nuevas variables y relaciones que nos ayuden a entender e intervenir en el mejoramiento de la eficiencia urbana.

Aceptamos que, para diversos indicadores, los datos utilizados puedan no ser exactos, o que aparentemente estén lejos de la realidad, sin embargo, son válidos como una primera aproximación que en una eventual profundización de este trabajo puedan ser medidos de forma más completa y real.

Los sistemas de indicadores no solo nos permiten saber la situación en la que se encuentra un tejido determinado, sino que deberán ser aprovechados para evaluar constantemente los cambios en las condiciones de funcionamiento, esto con el objetivo de identificar factores que provoquen cambios en el tejido, los cuales deberán a su vez ser estudiados para revertir cambios negativos o promover mejoras en los tejidos. En este sentido quisiéramos acentuar como limitación a este trabajo, el olvido en el suelen caer las investigaciones académicas o la falta de interés de los demás encargados de transformar las ciudades en el aprovechamiento de este tipo de recursos.

Estamos acostumbrados a concebir los proyectos urbano-arquitectónicos como un producto terminado y que solo puede ser observado como una imagen final de un proceso muchas veces desconocido. Esto limita la aceptación del valor que tienen los trabajos académicos que muestran la proyecto como un proceso, el cual es adaptable y que

requiere de la participación de muchos componentes en su conformación, pero sobre todo que se trata de un proyecto siempre perfectible.

Lograr un ecosistema urbano más eficiente no es trabajo fácil, ni tampoco es responsabilidad de un sector reducido de la población, por lo tanto, se vuelve necesaria la difusión de las posibilidades de intervención de los diversos sectores de la sociedad en el mejoramiento de las condiciones de nuestro entorno construido. A través de acciones individuales y colectivas que impacten de forma adecuada en la transformación de nuestros hábitos y educación cívica.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN RESULTANTES

Consideramos que ningún trabajo de investigación, por lo menos en el ámbito urbano, puede ser concluyente en su totalidad, ya que la naturaleza cambiante de la realidad de nuestras ciudades, hace que mientras escribimos estas palabras, las situaciones puedan no contar las mismas características que tenían durante la realización de la investigación. Sin embargo, en esta condición radica el interés constante e infinito en la observación de las dinámicas urbanas, las cuales, día tras día se complejizan, añadiendo líneas de investigación. Es por esto que a continuación enlistamos una serie de propuestas derivadas de este trabajo, que podrán complementar y enriquecer lo vaciado aquí, pero que, sobre todo, promoverán (en mayor o menor medida) que los ecosistemas urbanos sean un mejor lugar para vivir.

- La adaptación y aplicación de la metodología en otras ciudades, con el fin de medir las diferentes implicaciones de cada uno de los ámbitos urbanos en ciudades con diferencias en aspectos como la escala, el clima, ubicación con respecto a otros núcleos urbanos, etc.
- La revisión de los indicadores y su adaptabilidad a las condiciones de diversos países latinoamericanos.
- Es indispensable promover un mayor acceso a la información sobre las características de nuestras ciudades, a través de bases de datos cada vez más complejas, las cuales idealmente deberían ser organizadas por la población y enriquecidas a través del aprovechamiento de las nuevas formas de comunicación y organización de datos.

- El análisis y evaluación de proyectos de reciclamiento urbano a través de esta metodología, con el fin de ofrecer una idea previa de los impactos que la intervención pueda tener en el funcionamiento de los tejidos.
- El análisis de los tejidos abandonados o en proceso de abandono, con el fin de ubicar aspectos a mejorar para revertir esta situación, y promover su reinserción al funcionamiento del ecosistema urbano.
- La adaptación de este procedimiento de análisis a los conjuntos habitacionales cerrados, a través de una adecuación de los indicadores pertinentes, ya que no podemos ignorar que este tipo de urbanizaciones es uno de los que más se desarrollan en la actualidad en nuestras ciudades, por lo tanto, una mejora en la implementación de este tipo de crecimientos de la ciudad, tendría que tener un impacto en beneficio del sistema.
- Un estudio comparativo de la evaluación de la eficiencia de tejidos centrales, intermedios y periféricos en distintas ciudades, con el fin de profundizar en el conocimiento de las condiciones particulares y la eventual intervención en el mejoramiento a partir de experiencias exitosas en otras ubicaciones.
- La presentación de los resultados obtenidos en este trabajo a través de una traducción en términos económicos y financieros, con el objetivo de acercar la problemática a sectores de la población que así lo requieran o que puedan estar interesados. Se recomienda la profundización en el concepto de economía circular.
- Un análisis más profundo de la normatividad, así como de la eficiencia en su aplicación, con el fin de mostrar, por un lado, la obsolescencia de ciertas normas, y la no observación del resto de las reglas establecidas para las transformaciones urbanas.
- Un estudio de las viviendas desocupadas en los tejidos centrales e intermedios, que tenga como objetivo su reinserción al mercado inmobiliario, ya sea como objetivo de renta o de venta⁹

⁹ Un ejemplo en este sentido ha sido desarrollado por el gobierno vasco, con base en tomar en renta a precios de mercado viviendas desocupadas, o escasamente utilizadas, y realquilarlas a precios subvencionados a personas necesitadas (esta política de vivienda social se ha revelado más inmediata, más barata económicamente y menos dañina ecológicamente que la de comprar suelo y construir viviendas nuevas) (Rueda, 2012)

BIBLIOGRAFÍA

- ACEBILLO, J. et al. (2012), *A New Urban Metabolism*, iCUP Accademia di Architettura, Mendrisio, Suiza.
- ALBERTI M. (2008), *Advances in urban ecology: Integrating humans and ecological processes in urban*. Springer-Verlag NY
- ALBERTI M. *Ecological resilience in urban ecosystems*, *Urban ecosystems* #7 241-265
- ALBERTI, M. (2005), *The effect of urban patterns on ecosystems functions*, *International Regional Science Review* #28
- ALCALÁ Pallini, L. (2007). *Dimensiones urbanas del problema habitacional. El caso de la ciudad de Resistencia, Argentina*. *Boletín del Instituto de la vivienda INVI*, 22(59), 35-68.
- ALEXANDER, Christopher (1965). *A city is not a tree*, *Architectural Forum*, n.1 vol.122, Berkeley, California, disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n40/acale.es.html>
- APONTE Páez, Freddy Alexis (2007), *La sustentabilidad urbana en las ciudades*, *Boletim Goiano de geografia, Goias*. V. 27 n.2, págs. 11-33
- ARUP (2016), *The circular economy in the built environment*, Londres. Disponible en www.arup.com
- ASCHER, François, (2004), *Los Nuevos Principios del Urbanismo*, Alianza Editorial, Madrid.
- BACCINI, P, (2012), *Metabolism of the anthroposphere* GF21 B33
- BANCO MUNDIAL, (2015), *Competitive cities for jobs and growth*, Washington.
- BANCO MUNDIAL. (2009). *World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography*. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- BAZÁN, Lucía y Margarita Estrada, (1999), *Apuntes para leer los espacios urbanos: una propuesta antropológica*. Cuicuilco Vol. 6 N. 15, México
- BEATLEY, T. (1995). *Planning and sustainability: The elements of a new (improved?) paradigm*. *Journal of Planning Literature* 9 (4):383-95.
- BEATLEY, T. (2000). *Green urbanism: Learning from European cities*. Washington, DC: Island.
- BOONE, Christopher (2013), *Social dynamics and Sustainable Urban Design*, pp: 47-61 en *Resilience in Ecology and Urban Design*, Springer, Nueva York
- BREHENY, M., ed. (1992). *Sustainable development and urban form*. London: Pion.
- BREHENY, M., I. Gordon, and S. Archer. (1998). *Building densities and sustainable cities*. Project Outline 5, Engineering and Physical Sciences Research Council Sustainable Cities Programme, Swindon, UK.

- BRUNNER, Baccini, (1994), Industrial Metabolism at the regional and local level, 163-193
- BURTON, E. (2000). The compact city: Just or just compact? A preliminary analysis. *Urban Studies* 37 (11): 1969-2001.
- CACCIARI, M. (2009), La Ciudad, Ed. Gustavo Gili, Barcelona
- CAMARGO Ponce de León (2008), Germán- Ciudad ecosistema, introducción a la ecología urbana, universidad Piloto de Colombia, Bogotá
- CARMONA, Marisa, 'LA CIUDAD EN RED' Y 'LA CIUDAD COMPACTA' Dos discursos recurrentes en ordenamiento territorial en busca de la sustentabilidad en el Randstad Holandés
- CARREÑO, Fermín (2010), La sustentabilidad urbana en la metrópoli de Toluca. Tesis para obtener el grado de doctor en Urbanismo. UNAM
- CARRILLO González, Graciela (Coord.) (2013), La ecología industrial en México, UAM-Xochimilco, México D.F.
- CASTRO, Marcos y Enrique Salvo Tierra (coord.) (2001), *Bases para un Sistema de Indicadores de Medio Ambiente Urbano en Andalucía*, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina). (2007). *Panorama social de América Latina 2007*. Santiago de Chile: CEPAL.
- CLARK, Michael (2005) The compact city: European ideal, global city fix or myth? GBER Vol. 4 No. 3 pp 1- 10
- COLMENARES, Wagner, (2015), Generación y manejo de gases en sitios de disposición final, http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/relleno_sanitar_o
- CONAPO Consejo Nacional de Población (2012), Índice de Marginalidad por Localidad 2010, México
- CUENYA, Beatriz, (2011), Grandes Proyectos y sus impactos en la centralidad urbana. *Cad. Metrop. Sao Paulo*, v. 13, n. 25, pp. 185-212
- DANTZIG, G., and T. Saaty. (1973). *Compact city: A plan for a livable urban environment*. San Francisco: W. H. Freeman.
- DE LOMNITZ, Larissa (1975), Cómo sobreviven los marginados, Ed. Siglo XXI, Ciudad de México
- DE WOLFE, Ivor (1970), *Civilia*
- DÍAZ Álvarez Cristian Julián. (2011). *Metabolismo de la ciudad de Bogotá: una herramienta para el análisis de sostenibilidad ambiental urbana*. Bogotá D.C., Colombia.: Universidad Nacional de Colombia.
- DÍAZ Álvarez, Cristian Julián (2014). «Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades.» *Interdisciplina* 2, núm. 2 (2014): p. 51–70.

- ELKIN, Timothy (1991), *Reviving the City Intensification of the use of space in the city*.
- ELMQVIST, Barnet, Wilkinson, *Exploring urban sustainability / resilient sustainable cities*
- ELMQVIST, (2011) *Urban ecology: patterns processes*, Oxford University Press
- ESCOBAR, Luis (2006), *Indicadores sintéticos de calidad ambiental: un modelo general para grandes zonas urbanas*, Revista EURE Vol. XXXII, No. 96, pp: 73-98. Santiago de Chile.
- EZQUIAGA Domínguez, José María, *Transformaciones Urbanas Sostenibles*, UIMP – Universidad Internacional Menéndez Pelayo
- FALUDI, A. & Hamnet, S. (1975), *The Study of Comparative Planning*, Centre for Environmental Studies, London, conference paper 13.
- FARR, Douglas, *Sustainable urbanism urban design with Nature*.
- FERNÁNDEZ, Aurora et al (2015), *¿Why Density ?*, a+t architecture publishers, Vitoria-Gasteiz, España.
- FERNÁNDEZ, Durán, Ramón, (1993) *Los espacios metropolitanos, máxima expresión de la conflictividad social*. En *La explosión del desorden*, Madrid, Editorial Fundamentos, 1ª parte Cap. 4
- FERRAO, Paul y John Fernández (2013), *Sustainable Urban Metabolism*, MIT Press
- FONT, Llop y Vilanova (1999) *Bibliografía en Gaja I Díaz 2005*
- FREY, Hildebran (1999), *Designing the city: towards a more sustainable urban form*, Spon Press, Londres.
- FROSCHE, RA, Gallopoulos NE (1989) *Strategies for manufacturing*. Sci Am 261:144–152
- GAJA i Díaz, Fernando (2005) *Revolución Informacional, Crisis Ecológica y Urbanismo*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia
- GALSTER, George (2001), *Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept*. Housing Policy Debate, Vol. 12, Issue 4
- GARCÍA Vázquez, Carlos (2004), *Ciudad hojaldre. Visiones urbanas del siglo XXI*, Gustavo Gili
- GEMEENTE ROTTERDAM, IABR (2014), *Urban Metabolism, sustainable development of Rotterdam*, Municipalidad de Rotterdam
- GOLLEY, FB (1993) *A history of the ecosystem concept in ecology: more than the sum of the parts*. Yale University Press, New Haven
- GUZMÁN Ramírez, Alejandro (2006), *Una visión urbano-arquitectónica sobre la ciudad*. Universidad Iberoamericana, Ciudad de México.
- HANDY, S., and D. Niemeier. (1997). *Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives*. *Environment and Planning A* 29:1175-94.

- HANDY, S., M. Boarnet, R. Ewing, and R. Killingsworth. (2002). How the built environment affects physical activity: Views from urban planning. *American Journal of Preventative Medicine* 23 (2S): 64-73.
- IGLESIAS Piña, David, Costos económicos por la generación de residuos sólidos en el municipio de Toluca, México. En: *Equilibrio Económico*, Año VIII, Vol. 3, No. 2, pp.131-148, (2007)
- IMCO (2012) Instituto mexicano de la competitividad, *Competitividad en las ciudades*. Informe sobre el desarrollo humano 2015, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Nueva York, 2015
- JACOBS, J. (1961). *The death and life of great American cities*. New York: Vintage.
- JENKS, M., and R. Burgess, eds. (2000). *Compact cities: Sustainable urban forms for developing countries*. London: E. & F.N. Spon.
- JENKS, M., K. Williams, and B. Burton, eds. (1996). *The compact city: A sustainable urban form?* London: Chapman and Hall.
- JENKS, Michael (2000), *Compact cities: sustainable urban forms for developing countries*, Spon Press, London.
- JORDÁN, Ricardo y Simioni Daniela (2003). *Gestión Urbana para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe*. CEPAL, Santiago de Chile.
- KUNZ-Bolaños, Ignacio (2009), *Procesos Actuales de Reestructuración urbana en la zona metropolitana de la ciudad de Querétaro*. Observatorio Urbano Metropolitano de Querétaro, SEDESOL,
- LEDEC, G., and R. Goodland. (1985). Carrying capacity, population growth, and sustainable development. In *Rapid population growth and human carrying capacity: Two perspectives*, edited K.Mahar. Washington, DC: World Bank.
- LLEWELYN-DAVIES (2000), *Urban design compendium*, English Partnerships, The National Regeneration Agency, Londres
- LYNCH, Kevin (1984), *Good City Form*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts
- LYNCH, Kevin (2005), *Echar a perder, un análisis del deterioro*, GG, Barcelona
- MAX-NEEF, Manfred A. *Desarrollo a Escala Humana, conceptos aplicaciones y algunas reflexiones*. Segunda edición, Uruguay Nordan comunidad. 1998
- MAYCOTTE Panza, Elvira. (2010) *Espacios abiertos y calidad de vida en conjuntos habitacionales organizados en condominio: el caso de la vivienda de tipo económico en Ciudad Juárez, Chihuahua, México*. INFONAVIT, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales,
- MERCADO, A. (2016), *Vivienda productiva, resiliencia urbana y bienestar social en el centro de México. El caso de Toluca, Estado de México*. UAM-X, UNAM, México

- MERCADO, A., (2009), *La vivienda híbrida. Transformación de la matriz tecnológica de la vivienda pública en México 1989-2006* (Tesis de doctorado), México, Universidad Autónoma Metropolitana/División de Ciencias Sociales y Humanidades.
- MERCADO, Ángel (2014), *Servicios habitacionales y resiliencia urbana*. UAM-X/CYAD, México
- MONTANER y Muxi (2008) *Arquitectura y Política*, Gustavo Gili, Barcelona.
- MORENO Olmos, Silvia Haydeé, *La habitabilidad urbana como condición de calidad de vida*, Palapa, vol. III, núm. II, julio-diciembre, 2008, pp. 47-54 Universidad de Colima México
- NACIONES UNIDAS (2015), *Convención Marco sobre el Cambio Climático*, FCCC/CP/2015/L.9
- NACIONES UNIDAS (2016), *Mexico City declaration for Habitat III, Financing Urban Development: The Millennium Challenge*, UN-Habitat
- NEUMAN, Michael (2005), *The Compact City Fallacy*, *Journal of Planning Education and Research* 25:11-26, Association of Collegiate Schools of Planning
- NEWMAN P. (1999). *Sustainability and cities: extending the metabolism model*. *Landscape and Urban Planning*. No. 44. Stockholm, Sweden. Elsevier.
- NEWMAN, P., and J. Kenworthy. (1998). *Gasoline consumption and cities: A comparison of U.S. cities with a global survey*. *Journal of the American Planning Association* 55 (1): 24-37.
- NEWMAN, Peter y Jennings Isabella, (2008). *Cities as sustainable ecosystems*, Island Press, Washington.
- NEWMAN, Peter, Isabella Jennings (2008) *Cities as sustainable ecosystems*, Island Press, Washington
- NEWMAN, Peter. (2009), *Resilient cities: responding to peak oil and climate change*
- NEWMAN. (1999). *Sustainability and cities: Overcoming automobile dependence*. Washington, DC: Island.
- NIEMELA, Jari (2011), *Urban ecology, patterns, processes and applications*, Oxford University Press
- O'TOOLE, Randal (2009), *The myth of the compact city. Compact development is not the way to reduce carbon dioxide emissions*. Policy Analysis, Cato Institute, Washington
- PEDERSEN, Poul Baek (2010), *Sustainable compact city*, Arkitektskolen Forlag.
- PICKETT, S.T.A, M.L. Cadenasso (2013), *Ecology of the city as a bridge to urban design*, pp: 7-28 en *Resilience in Ecology and Urban Design*, Springer, Nueva York

- PICKETT, S.T.A, M.L. Cadenasso (2013b), *Three tides: the development and state of the art of Urban Ecological science*, pp: 29-46 en *Resilience in Ecology and Urban Design*, Springer, Nueva York
- PORTNEY, Kent. (2001). *Taking Sustainability Seriously*, American Political Science Association. San Francisco.
- PROGRAMA HABITAT. (2007). Reglas de operación del Programa Hábitat para el ejercicio fiscal 2008, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2007. México, D.F.: Programa Hábitat.
- QUIROGA, Rayén (2007), *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. División de Estadística y Proyecciones Económicas, Naciones Unidas – CEPAL. Santiago de Chile
- RUEDA, S (1995), *Ecología Urbana*, Editorial Beta
- RUEDA, S (2002). *Barcelona, ciutat mediterrània, compacta i complexa. Una visió de futur més sostenible*, Ed. Ayuntamiento de Barcelona
- RUEDA, S., Cormenzana, B, (2008). *Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de Sevilla*.
- RUEDA, Salvador, et al.,(2012) *Libro verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, Madrid
- SABATINI, F. (2005). "La segregación social del espacio en América Latina." Washington, D.C.: BID.
- SALVADOR Palomo, Pedro J., *La Planificación Verde en las Ciudades*, GG, Barcelona, 2003
- SEDESOL (2012), *Expansión de las ciudades en México 1980-2010*
- SER Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group, (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Tucson. Society for Ecological Restoration International.
- SER-Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group, (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Tucson. Society for Ecological Restoration International.
- SOJA, Edward (2000), *Postmetropolis. Critical Studies of Cities and Regions*, Blackwell, Oxford.
- SONG, Y., and G.-J. Knaap. (2004). Measuring urban form: Is Portland winning the war on sprawl? *Journal of the American Planning Association* 70 (2): 210-25.
- STIGLITZ, Joseph (2010). *EL malestar de la globalización*, Ed. Taurus

- The Resilience Alliance, Urban Resilience, CSIRO, Australia — Arizona State University, USA — Stockholm University, Sweden
- UN-HABITAT. (2007). *Global Report on Human Settlements*. Malta: UN-Hábitat.
- UN-HABITAT, (2009) *Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements*
- UN-Hábitat. (2003). *Slums of the World: The Face of Urban Poverty In the New Millenium*
Nairobi: UN-Hábitat.
- VALE, Lawrence, (2005), *The resilient city*, NYU Press
- VALLADARES, Reyna, et al. *Elementos de la habitabilidad urbana*, Universidad de Colima, México,
- WILLIAMS, K., E. Burton, and M. Jenks, eds. (2000). *Achieving sustainable urban form*. London: E. & F.N. Spon.
- WOLMAN, Abel, (1965), *The Metabolism of cities*
- WU, Jianguo (2013), *Ecological resilience as a foundation of urban design and sustainability*, pp: 211-229 en *Resilience in Ecology and Urban Design*, Springer, Nueva York