

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO
SUSTENTABLE



La accesibilidad espacial de la ruta exprés del sistema de transporte público: como una herramienta para la planeación del transporte urbano sustentable en la ciudad de Mexicali, Baja California

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Planeación y Desarrollo Sustentable

PRESENTA

**ALONSO ISRAEL HAROS
VERDUGO**

Directora de Tesis

DRA. ELVA ALICIA CORONA ZAMBRANO

Agradecimientos

En primera instancia quiero agradecer a la UABC por el apoyo institucional y administrativo para la realización de mis estudios de Maestría

A la Facultad de Arquitectura y Diseño, particularmente al personal docente y administrativo del programa

A CONACYT por haberme otorgado el apoyo económico, sin el cual hubiera sido prácticamente imposible cumplir con la meta.

A la planta docente del posgrado de maestría y doctorado en planeación y desarrollo sustentable: a mi tutora la Dra. Elva Alicia Corona Zambrano, sin su sabia guía y consejo no hubiera podido completar este reto; la Dra. Rosa Imelda Rojas Candelas, el Dr. Guillermo Álvarez, el Dr. Osvaldo Leyva, el Dr. Cesar Peña, en fin. Todo el personal docente y administrativo del programa, miembros asistentes a los coloquios y a mis compañeros.

Ya desde un punto de vista personal quiero agradecer primeramente a Dios por la oportunidad que me dio en estar con vida, gozar y tener la oportunidad prepararme para ser un hombre de bien, así como la salud y bendiciones que me da y por toda la gente maravillosa que he tenido el honor y privilegio de tener a lo largo de mi vida.

En temas personales quiero agradecer a mi madre Andrea Verdugo Bátiz por ser parte de mi inspiración y educarme de la forma que lo has hecho, te amo con todo mi corazón. A mi padre Rubén Alonso Haros López, mi amigo, mi líder y me siento orgulloso de poderme llamar tu hijo. A mis hermanos María Andrea, Rubén Alán y Alberto. También, quiero agradecer a una de mis mejores amigas María Feliciano Bátiz Galaviz siempre estarás en mi corazón mi vieja hermosa. De igual forma quiero agradecer las familias Valdez Verdugo, Verdugo Ruiz, Domínguez Verdugo, Garzón Santillán, a mi tía Beatriz Verdugo Bátiz, la familia Alvarado Ayala y las familias Vázquez Aros, Haros Curiel, Del Prado Haros. Si he olvidado a alguien, de antemano quiero pedirles disculpas.

Otro apoyo muy importante han sido mis amigos, ustedes son mis hermanos sin compartir la sangre; pero sepan que también sin ustedes, yo no podría ser el hombre que soy. David Alejandro Becerril Varela, Denisse Zamudio Navidad muchas gracias por su guía y aliento. Alejandro Díaz Chicatti, Diana Fernanda Reyes Perea, Armando Javier Alexander Valdez, Rommy Pasos Razo, Paulina Lugo Martínez, Ricardo Montoya Osuna, José Eduardo Perezchica Vega, Marco Antonio Pérez Escalera. Todos y cada uno de ustedes me han ayudado a seguir adelante en las buenas y en las adversidades. Sepan que estaré muy agradecido con ustedes siempre.

Índice

Introducción

1. Marco de referencia	1
1.2 Transporte urbano sustentable	
1.2.1 Transporte urbano sustentable, lineamientos y conceptos	
1.2.2 Medios de transporte y sus características	
1.3 Movilidad urbana sustentable	
1.3.1 Principios de la movilidad urbana sustentable y sus problemas	
1.4 Accesibilidad	
1.5 Centralidad	
1.6 Conectividad	
1.7 Distintas perspectivas teóricas respecto al estudio de la accesibilidad en los centros urbanos, casos de estudio.	
1.7.1 Modelo político estratégico	
1.7.2 Modelo de análisis de SIG, análisis de redes e infraestructura de transporte y centralidad	
1.7.3 Modelo de impacto de políticas de transporte y la accesibilidad económica a los sistemas de transporte	
1.7.4 Modelo de accesibilidad peatonal a la red de transporte público por autobús mediante SIG	
1.7.5 Método de Grafos y SIG	
2. Aproximación metodológica	25
2.1 Método empleado	
2.2 Operacionalización de la metodología	
2.3 Conceptos claves	
2.4 Herramientas a emplear para la aplicación del estudio	
2.5 Descripción del sitio	
2.6 Fuentes de información	
3. Caso de estudio	37
3.1 Movilidad y transporte	
4. Aplicación, análisis, resultados y conclusiones	43
4.1 Aplicación, análisis y resultados del NODO A	
4.1.1 Mediciones de conectividad o cohesión de la red del NODO vial A	
4.1.2 Medidas de accesibilidad y centralidad del NODO vial A	
4.2 Aplicación, análisis y resultados del NODO B	
4.2.1 Mediciones de conectividad o cohesión de la red del NODO vial B	
4.2.2 Medidas de accesibilidad y centralidad del NODO vial B	
4.3 Aplicación, análisis y resultados del NODO C	
4.3.1 Mediciones de conectividad o cohesión de la red del NODO vial C	
4.3.2 Medidas de accesibilidad y centralidad del NODO vial C	
4.4 Análisis comparativo de nodos viales A, B y C por condiciones de conectividad y accesibilidad	
4.4.1 Análisis comparativo de los nodos viales A, B y C por conectividad	
4.4.2 Análisis comparativo de los nodos viales A, B y C por accesibilidad	

4.5 Análisis comparativo de los nodos viales C y propuesta de nodo vial C por condiciones de conectividad y accesibilidad.

Conclusiones y sugerencias

80

Bibliografía

Anexos

- Matriz de conectividad 1 del nodo vial A
- Matriz de conectividad 2 del nodo vial B
- Matriz de conectividad 3 del nodo vial C
- Matriz de accesibilidad 4 del nodo vial A
- Matriz de accesibilidad 5 del nodo vial B
- Matriz de accesibilidad 6 del nodo vial C
- Matriz de conectividad 7 propuesta en nodo vial C
- Matriz de accesibilidad 8 propuesta en nodo vial C

Índice de tablas

- Tabla 1. Clasificación de vialidades y respectivos derechos de vía
- Tabla 2: Perspectiva teórica entorno a la accesibilidad y movilidad
- Tabla 3: Medidas globales de conexión del nodo vial A
- Tabla 4: Identificación de nodos y número de conexiones en la red del nodo vial A
- Tabla 5: Medidas globales de accesibilidad del nodo vial A
- Tabla 6: Medidas globales de conexión del nodo vial B
- Tabla 7 Identificación de nodos y número de conexiones en nodo vial B
- Tabla 8: Medidas globales de accesibilidad del nodo vial B
- Tabla 9: Medidas globales de conexión del nodo vial C
- Tabla 10: Identificación de nodos y número de conexiones en la red del nodo vial C
- Tabla 11: Medidas globales de accesibilidad del nodo vial C
- Tabla 12: Medidas globales de conectividad en los nodos viales A, B y C
- Tabla 13: Comparativa del IAM y el índice de dispersión G en los nodos viales A, B y C
- Tabla 14: Medidas globales en la propuesta del nodo vial C y lecturas actuales del nodo vial C
- Tabla 15: Medidas globales en la propuesta del nodo vial C y lecturas actuales del nodo vial C
- Tabla 16: Comparativa del IAM y el índice de dispersión G en los nodos viales C y propuesta de C

Índice de figuras

- Figura 1. Diagrama de operacionalización de conceptos
- Figura 2. Península de Baja California
- Figura 3. Vialidades o ejes troncales

Figura 4. Uso de suelo en nodo vial A
Figura 5. Uso de suelo en nodo vial B
Figura 6. Uso de suelo en nodo vial C
Figura 7: Grafo del nodo vial A
Figura 8: Suma de conexiones en nodo vial A
Figura 9: Numero asociado en nodo vial A
Figura 10: Número de Shimbels en nodo vial A
Figura 11: Índice de accesibilidad media en nodo vial A
Figura 12: Grafo del nodo vial B
Figura 13: Suma de conexiones en nodo vial B
Figura 14: Número asociado en nodo vial B
Figura 15: Número de Shimbels en nodo vial B
Figura 16: Índice de accesibilidad media en nodo vial B
Figura 17: Grafo del nodo vial C
Figura 18: Suma de conexiones en nodo vial C
Figura 19: Número asociado en nodo vial C
Figura 20: Número de Shimbels en nodo vial C
Figura 21: Índice de accesibilidad media en nodo vial
Figura 22: Grafo propuesto en nodo vial C
Figura 23: Suma de conexiones en nodo vial C
Figura 24: Índice de accesibilidad media calculado para la propuesta del nodo vial C

Resumen

La movilidad y accesibilidad son factores determinantes para el desplazamiento y acceso a los servicios y bienes que se ofertan en la ciudad, en este sentido el enfoque de la planeación del transporte urbano bajo un análisis de movimientos dentro de las redes viales es primordial ya que puede indicar relaciones o impedimentos para que se desarrollen ciertos procesos sociales en un espacio urbano. En este contexto el objetivo del presente trabajo es identificar la relación que guarda la planeación respecto al transporte público y movilidad urbana sustentable en la ciudad de Mexicali, Baja California, las condiciones de accesibilidad espacial así como la conectividad con la que opera la red de transporte público en la ciudad. Los objetos de estudio para la investigación son tres nodos viales que se encuentran ubicados a lo largo de la ruta exprés del sistema de transporte público por autobús de la ciudad Mexicali. El enfoque teórico metodológico empleado es la aplicación del método de grafos (Cardozo, Gómez y Parras; 2009). Los datos necesarios para la construcción de la base de información y la aplicación del estudio fue obtenida a través del Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali y del Plan Maestro de Vialidad y Transporte, la actualización del año 2011. Finalmente las herramientas empleadas para llevar a cabo el estudio que se emplearon son la paquetería de office: el programa Excel 2010, Word 2010; por otro lado para la elaboración de esquemas gráficos y representación del Sistema de Información Geográfica se optó por el uso de Google Earth, Autocad 2012 y Map Info 2010.

Introducción

El sector del transporte es un eje primordial que contribuye al desarrollo y la competitividad de los centros urbanos, así mismo es necesario mencionar que a este sector se encuentran relacionados otros fenómenos como la concentración de población, crecimiento demográfico acelerado, procesos de expansión territorial desordenada, entre otros que innegablemente impactan la calidad de vida de sus habitantes (Satterthwaite, 2001).

Actualmente, el tema de sustentabilidad juega un papel muy importante en el desarrollo y proceso de planeación de las ciudades, buscando entre otras cosas, considerar los impactos producidos en el medio ambiente, el ahorro de recursos económicos y la preocupación por aumentar los niveles de calidad de vida en la sociedad. Se debe hacer la aclaración que no todos los procesos de planeación urbana están vinculados con la sustentabilidad, pero sin duda alguna sería lo ideal para obtener resultados favorables. Por esta razón, es necesario innovar en los procesos de planeación sobre todo en aquellos donde se sigue trabajando con técnicas no efectivas, ambiguas y obsoletas, para incorporar nuevas variables, como la aplicación de nuevas técnicas, estrategias y tácticas.

El transporte y los temas asociados a éste como la movilidad y accesibilidad son aspectos que están siendo tratados en las principales agendas internacionales. En el contexto internacional se ha reconocido que la problemática del sector transporte es un factor que impide el desarrollo sustentable de los centros urbanos; la idea anterior se establece con base en que la Agencia Internacional de Energía (AIE) declara en 2007 que la demanda mundial de recursos energéticos del sector del transporte fue alrededor del 30%, donde el 95% del recurso empleado fue petróleo; de tal modo la disponibilidad del recurso para un futuro se ve comprometida con los respectivos riesgos e impactos ambientales asociados al consumo excesivo de dichos recursos (AIE, 2007). En la perspectiva de orden social se aprecian condiciones de segregación e injusticia debido a que no toda la población tiene acceso a algún medio de transporte, por otro lado, en materia de salud pública a nivel internacional la Organización Mundial de la Salud reporta que en 2011 cerca de 1.17 millones de personas mueren y cerca de 10 millones de personas resultan heridas por accidentes de tránsito.

En salud pública, la Organización Mundial de la Salud (OMS) sostiene que la contaminación ambiental urbana ligada al transporte provocó en el 2011 cerca de 1.3 millones de muertes a nivel mundial, es decir, la proporción de muertes relacionadas con la contaminación del medio ambiente urbano es mayor que las muertes provocadas por accidentes de tránsito. Finalmente en el enfoque económico el sector del transporte presenta condiciones que impiden el desarrollo competitivo de los centros urbanos debido a que fenómenos como la congestión vial aumentan los tiempos para el traslado de bienes y personas y los accidentes viales y las enfermedades ligadas a la contaminación ambiental provocada por el transporte reduce la productividad de la población (OMS, 2011).

Particularmente a nivel nacional en materia de transporte público, se destacan una serie de problemas con relación a temas de accesibilidad y movilidad. Se tiene una baja accesibilidad a los sistemas de transporte públicos, los cuales cuentan con una operación y gestión deficiente, lo que genera una oferta poco atractiva para los ciudadanos; además del aumento explosivo de los índices de motorización, una estructuración y articulación deficiente de los sistemas de transporte público así como la falta de mantenimiento a las redes viales. Lo anterior aunado en materia de políticas y gestión pública a la falta de coordinación e integración de políticas de movilidad, transporte y accesibilidad por los niveles municipal, estatal y federal, lo que dificulta unificar criterios generales en los esquemas de planeación y desarrollo urbano local (Lupano y Sánchez; 2009).

Planteamiento del problema

Dentro de la problemática a nivel general en el marco del sector transporte se aprecian fenómenos tales como la contaminación atmosférica, la disponibilidad comprometida de los recursos energéticos, problemas de salud relacionados a los derivados de la transformación de la energía en el transporte. Dentro de las actividades relacionadas a la planeación urbana que impactan en el medio urbano, en especial en el área del sector transporte es innegable observar tendencias en los centros urbanos tales como crecimiento demográfico sostenido y acelerado, expansión territorial, esquemas de diseño urbano carentes de articulación con el tejido urbano, segregación espacial, incremento en el parque vehicular, inversión y preferencias hacia el transporte privado motorizado; embotellamientos, accidentes vehiculares, por mencionar algunos de ellos.

Esta problemática compromete la permanencia de la especie humana en una condición de desarrollo sustentable y a la sustentabilidad actual en los centros urbanos a lo largo de todo el mundo. La ciudad de Mexicali, Baja California, no es ajena a dichas problemáticas; al contrario muchos de los fenómenos antes mencionados se perciben y han sido objeto de estudio. Sin embargo existe un aspecto que no se menciona el cual es la accesibilidad espacial en las redes de transporte, esta condición nos permite conocer el funcionamiento así como la cobertura con la que cuenta una red de transporte público, lo cual, para el caso de Mexicali, es cuestión que no ha sido abordada por lo que resulta necesaria su evaluación, ya que, con la evaluación de funcionamiento de una red pueden hacerse ajustes necesarios que permitan mejorar la estructura de la red misma y lograr impactos en funcionamiento, eficiencia y acercarse a un servicio de calidad que permita revertir la tendencia a los desplazamientos por medio de vehículos privados motorizados.

Preguntas de investigación

A partir de la problemática antes expuesta, se evidencia la necesidad de contar con herramientas para la planeación del transporte urbano sustentable, en particular del transporte urbano público así como la relación que sostiene en materia de movilidad y accesibilidad por lo que se plantean las siguientes preguntas de investigación del trabajo:

General:

¿Qué relación guarda la planeación respecto al transporte público y movilidad urbana sustentable en la ciudad de Mexicali, Baja California?

Particulares:

¿Cómo se puede medir la conectividad en los nodos (A) (B) y (C) de la ruta expés, parte de la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali, Baja California?

¿Cómo se puede medir la accesibilidad espacial en los nodos (A) (B) y (C) de la ruta expés, parte de la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali, Baja California?

Objetivos de la investigación

Para responder a las anteriores preguntas de la investigación el trabajo tiene los siguientes objetivos:

General:

Identificar la relación que guarda la planeación respecto al transporte público y movilidad urbana sustentable en la ciudad de Mexicali, Baja California.

Particulares:

Identificar las herramientas de la planeación del sector transporte y realizar una medición de la conectividad en los nodos (A) (B) y (C) de la ruta exprés parte de la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali, Baja California.

Identificar las herramientas de la planeación del sector transporte y realizar una medición de la accesibilidad espacial en los nodos (A) (B) y (C) de la ruta exprés parte de la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali, Baja California.

El presente estudio busca establecer una base de evaluación a través de la accesibilidad espacial y la conectividad de la red de transporte por autobús de la ciudad de Mexicali, Baja California; el objetivo presentado busca contribuir con la visión actual que se tiene del modelo de movilidad y transporte desde el punto de vista del funcionamiento de la red, la relación que guarda con el espacio urbano y la evaluación de la calidad del diseño de la red bajo la idea de la accesibilidad y conectividad.

Justificación

La importancia del presente trabajo radica en el argumento que el mismo Ayuntamiento, al igual que las distintas fuentes de información consultadas destacan la necesidad de contar con una mayor gama de herramientas que permitan contemplar la problemática del transporte asociada con la movilidad urbana bajo distintos enfoques, como en el caso particular del presente trabajo, una herramienta que mida y explique las condiciones de accesibilidad y conectividad con la que operan actualmente las redes de transporte público por autobús en la ciudad; sin perder de vista que dichas herramientas deben contribuir al desarrollo sustentable.

Por otro lado, los criterios para la selección de los nodos viales se basa en que el eje troncal López Mateos- Corredor industrial Palaco (Ruta exprés) tiene una jerarquía importante dentro la estructura vial de la ciudad, de igual forma, ese eje troncal tiene una serie de nodos que se destacan por contar con una importancia ya que se cruzan con vialidades de jerarquía inferior inmediata con el eje troncal de acuerdo con el XX Ayuntamiento de Mexicali (2011). A su vez se han desarrollado un conjunto de proyectos y obras para brindar un servicio de transporte público por autobús bajo el formato de Bus Rapid Transit (BRT) el cual va a circular dentro por carriles exclusivos. Este conjunto de acciones genera un interés en conocer las condiciones de operación de la red, justo antes de que comience a funcionar dichos proyectos ya que permite contar con una base de datos que antecede a la puesta en marcha de dicho proyecto.

Por lo anterior y congruente con el objetivo de la investigación , el propósito del presente trabajo es conocer las condiciones con las que opera la red de transporte público por autobús; en ese contexto la importancia de dicho estudio es coadyuvar a la generación de indicadores que le permitan a las autoridades municipales:

- a) conocer las condiciones de accesibilidad a los sistemas de transporte,
- b) realizar monitoreos del impacto que puedan generar los procesos de transformación urbana dentro de las áreas delimitadas en el estudio.
- c) conocer el funcionamiento e impacto de la misma ruta en los ciudadanos desde la perspectiva de la planeación urbana.
- d)

Proceso metodológico

El proceso metodológico utilizado en este trabajo, es el siguiente: Se inició la investigación con el análisis bibliográfico en donde se identificaron y revisaron aquellos autores y organismos internacionales que han contribuido tanto en la planeación como en la gestión del transporte sustentable. Se identificaron modelos y estrategias considerados de éxito que se han utilizado en otras ciudades que cuentan con un modelo de movilidad urbana sustentable.

Los objetos de estudio para la investigación son tres nodos viales que se encuentran ubicados a lo largo de la ruta exprés del sistema de transporte público por autobús de la ciudad Mexicali Baja California. El enfoque teórico metodológico empleado es la aplicación del método

de grafos (Cardozo, Gómez y Parras; 2009). Los datos necesarios para la construcción de la base de información y la aplicación del estudio fue obtenida a través del Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali y del Plan Maestro de Vialidad y Transporte, la actualización del año 2011. Finalmente las herramientas empleadas para llevar a cabo el estudio que se emplearon son la paquetería de office: el programa Excel 2010, Word 2010; por otro lado para la elaboración de esquemas gráficos y representación del Sistema de Información Geográfica se optó por el uso de Google Earth, Autocad 2012 y Map Info 2010.

Para finalizar se realizó un ejercicio de simulación en el Nodo vial C para obtener lecturas de condiciones de accesibilidad espacial y conectividad, para demostrar con ello que con mínimas modificaciones se pueden lograr impactos significativos en términos de cobertura y accesibilidad espacial a la red de transporte público, así como en el mejoramiento de las condiciones de operación y eficiencia de la misma red.

1. Marco de referencia

1.2 Transporte urbano sustentable

1.2.1 Lineamientos y conceptos

A continuación se presenta una reflexión de los principios y lineamiento del transporte urbano sustentable: “el transporte urbano sustentable es aquel que brinda servicios e infraestructura para la movilidad de personas y productos, necesarios para el desarrollo económico y social, que ofrecen acceso, seguro, confiable, económico y al alcance de todos, al tiempo que reducen los impactos negativos en la salud y el medio ambiente local y global, en el corto, mediano y largo plazo.” (Carvajal, 2004; p3). En este sentido, otros autores como Guillamón y Hoyos (2005: p.61), enfatizan los aspectos que tienen que ver con el uso de combustibles, señalando que el transporte urbano sostenible es “aquel sistema en el que sin dañar la salud pública ni los ecosistemas, se satisface la necesidad de acceso de acuerdo con el uso de recursos renovables por debajo de su tasa de regeneración y el uso de recursos no renovables por debajo de la tasa de desarrollo de substitutos renovables”; finalmente Steg y Gifford (2005) plantean una aproximación al concepto del transporte urbanos sustentable como aquel que debe mantener un balance en su práctica y ejecución en el presente y futuro de los impactos económicos, ambientales y sociales para mejorar la calidad de vida (p.60).

Los conceptos antes planteados señalan un aspecto que de no considerarlo imposibilita la sustentabilidad misma del transporte urbano, se trata de la accesibilidad, es decir, se requiere superar la fricción que representa la distancia y el tiempo entre los puntos de interés del ciudadano. La importancia de lo anterior desde una óptica social es que superar -las fricciones de tiempo y distancia en las capacidades de desplazamiento de los ciudadanos representan un factor nivelador en términos de igualdad y justicia social, características del transporte urbano sustentable. Así mismo la manera de analizar la sostenibilidad de una red de transporte sustentable consiste en analizar los elementos propios de la red en función de los usuarios y la jerarquía de los distintos sectores urbanos a los que se desplaza la población. En este sentido la planificación de este sector permite conocer la forma de interacción del sistema de transporte con un espacio geográfico, dichas interacciones provocan impacto en el mismo contexto urbano lo

cual lleva a una condición de constante cambio en torno a las necesidades que surgen (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

Otro concepto de que presenta una visión integral es del Centre For Sustainable Transportation de Canadá (1998) quien considera primordial que este sector sea caracterizado por la libertad de movimiento, la salud, la seguridad y la calidad de vida de los ciudadanos de la generación actual y las futuras; además de ser ecológicamente eficiente; y sostener una economía dinámica e integradora que de acceso a todos los servicios y oportunidades, incluyendo a los menos favorecidos.

En este contexto la sustentabilidad en los sistemas de transporte debe ser abordada desde la perspectiva operacional como un sistema que realice un consumo eficiente de recursos, propicie la equidad social con base a su accesibilidad y reduzca el impacto en el medio ambiente. Bajo la perspectiva de los usuarios, dicho sistema debe ser accesible, eficiente y amigable con el ambiente, además de propiciar un escenario que contribuya a la calidad de vida de los habitantes en un centro urbano. Con lo anterior se infiere que se persigue la sustentabilidad del sistema de transporte el cual contribuye al desarrollo sustentable de la región (Carrillo, 2009; Mataix, 2010; Rojas et al, 2005; Satterthwaite, 2001).

Bajo esta perspectiva, y a partir de que al sector transporte es reconocido como uno de los grandes emisores de la contaminación atmosférica de los centros urbanos, la Organización de las Naciones Unidas desde 1992 ha emitido algunas recomendaciones hacia este sector, tendientes a la necesidad de presentar un enfoque basado en los principios del desarrollo sustentable, cuyas características se basen en impulsar otros medios de transporte, como la movilización a pie y por medio de bicicletas; lo anterior supone una reducción en las necesidades de transporte. Además de considerar otros aspectos relacionados al desarrollo sustentable como la seguridad pública dentro del transporte, la accesibilidad y equidad y teniendo como prioridad reducir y controlar las emisiones del sector transporte en la atmosfera (ONU,1992).

Por lo anterior, dentro de este panorama los enfoques antes presentados contribuyen a establecer la relación que guarda el transporte y la sustentabilidad, por un lado se encuentra la perspectiva de los ciudadanos quienes buscan satisfacer las necesidades de desplazamiento bajo condiciones seguras y accesibles; por otro lado los medios de transporte quienes buscan hacer

uso eficiente de los recursos y causar el menor impacto al medio ambiente; finalmente un transporte sustentable representa una condición de ventaja competitiva para los centros urbanos contribuyendo a reducir la dependencia del uso del automóvil privado y disminuir y controlar las emisiones de contaminantes hacia la atmosfera de los centros urbanos y contribuir con ello a la calidad de vida de los habitantes. (Suárez y Verano, s/a).

1.2.2 Medios de transporte urbano y sus características

Modalidades de transporte

Los medios de transporte motorizados son aquellos que funcionan por medio de un motor de combustión interna, las ventajas de dichos medios son la rapidez y cuentan con capacidad de transportar altos volúmenes de personas; por otro lado los medios motorizados por energía eléctrica igualmente representan una opción de transporte para grandes cantidades de personas, pero cabe mencionar que se ve afectada la velocidad de traslado. Contrario a lo anterior los transportes no motorizados forman parte de los modos de transporte más sencillos como la bicicleta y la circulación peatonal (Pimentel, 2011).

Las distintas modalidades que se pueden ofrecer en los centros urbanos pueden ser clasificadas con base al nivel de privacidad que se da en el uso del mismo transporte. Por ejemplo, el transporte por alquiler proporciona a cualquier persona que pague una tarifa con el fin de satisfacer la necesidad de movilidad dentro de la ciudad, el servicio es proporcionado por un chofer; éste servicio es conocido como los taxis libres; lo que distingue esta modalidad del transporte público es que no cuentan con rutas pre establecidas ni horario fijo. Otra categoría la ocupa el transporte privado el cual se apoya en el uso de vehículos operados por los usuarios, los cuales transitan por vialidades construidas, proporcionadas y mantenidas por el Estado; dentro de esta modalidad se encuentra el transporte a pie, silla de ruedas, bicicleta, motocicleta y el automóvil. Finalmente el transporte público son aquellos sistemas que operan bajo rutas y horarios predeterminados a los cuales cualquier persona tiene acceso a cambio del pago de una cuota previamente establecida (Molinero y Sánchez, 2005).

Componentes de un sistema de transporte

Una red de transporte está compuesta por distintos elementos: el aspecto físico constituido por vehículos y los diferentes modos de transporte, infraestructura vial, equipamiento y el

conjunto de rutas. Por otro lado los costos que representan la inversión de capital para implementar el sistema de transporte, compra de vehículos, construcción y mantenimiento de vialidades así como los costos que representan para los usuarios y la sociedad en general (Sánchez y Molinero, 2005).

En cuanto a la infraestructura de los sistemas de transporte, la vialidad es un factor primordial que operan bajo ciertos derechos y restricciones; por ejemplo el derecho de vía se le conoce a la proporción de vialidad o superficie de rodamiento que se proporciona para que circulen las unidades de transporte (incluye al peatón). Dentro de este derecho se subdivide en tres clases (Ver tabla 1), la clase A, es la vialidad que comúnmente conocemos maneja una separación longitudinal y vertical lo cual permite aislar interferencias entre vehículos y peatones; la clase B, son las destinadas al transporte público básicamente de autobuses o lo conocidos como trolebuses y que se encuentran separadas por guarniciones/o barreras; y la clase C que se emplea en donde opera el servicio de Metro o tren subterráneo, y se caracteriza por emplear una separación longitudinal y vertical para aislar interferencias entre vehículos y peatones (Molinero y Sánchez, 2005).

Tabla 1. Clasificación de vialidades y respectivos derechos de vía

Clase	Características	Ejemplos de uso
A	Maneja una separación longitudinal y vertical lo cual permite aislar interferencias entre vehículos y peatones.	las autopistas elevadas (para transporte privado), el metro elevado o bien el subterráneo en el caso del transporte público
B	Son las destinadas al transporte público y son separadas por medio de guarniciones y/o barreras	Líneas de autobús público separados con carril de circulación exclusivo.
C	Son las vialidades con las que cuentan las ciudades en las cuales se comparte el uso del transporte público	Vialidades comunes en la ciudad, banquetas, calles y avenidas.

Fuente: Elaboración propia con base en Molinero y Sánchez, 2005

Operación de las rutas

Dentro del transporte público se plantean las distintas maneras de operación con base en los tipos de ruta, tiempos de operación y tipos de operación. Las rutas urbanas son las que operan dentro de la ciudad y las rutas regionales las que se encargan de conectar distintos sectores de un área metropolitana; los tipos de operación se refiere a servicios locales los cuales hacen uso extensivo de todas las paradas a lo largo de una ruta, las paradas alternas que se basan en la demanda de los usuarios hacen las paradas necesarias para agilizar el servicio y por último el servicio expreso que busca optimizar los tiempos de traslado con base a reducción de paradas en su ruta. Los tiempos de operación se clasifican en horario regular, horario pico que son las rutas que presentan mayor demanda con rutas generalmente radiales del centro histórico a las zonas residenciales generalmente empleados en días hábiles y finalmente los servicios especiales que son contratados previo servicio exclusivo por ejemplo: maquiladoras, escolares o turísticos (Sánchez y Molinero, 2005).

Medios de transporte urbano motorizado

Los distintos medios de transporte urbano motorizado. El primer ejemplo es el tren metro; funciona con energía eléctrica, el derecho de vía es de clase A, lo que supone un confinamiento y circulación exclusiva en una vialidad; su ventajas es que permite una alta densidad de transporte de pasajeros, permite establecer horarios puntuales de arribo y mejora la eficiencia en la movilidad urbana; la desventaja es que es el medio más caro de transporte ya que representa una inversión en edificación de la vialidad, embarcadero, así como las unidades de transporte. Por otro lado el LRT (Light Rail Train) es una alternativa menos costosa al metro debido a que la capacidad de los vagones es menor y sirve de enlace para las líneas metro y de autobús, es decir, es un punto intermedio entre las dos modalidades presentadas y es amigable con el ambiente debido a que no hace emisiones de gas ya que es propulsado por energía eléctrica igual que el sistema metro. Finalmente el BRT o (Bus Rapid Transit) es un medio motorizado de transporte que consiste en un autobús que circula en un carril exclusivo y representa una opción de traslado de una gran cantidad de pasajeros y una de las características particulares de esta modalidad es que se le conoce como un metro de superficie, este medio necesita de obras de infraestructura que agilice el abordaje y descenso de pasajeros y maneras eficientes de pago con la finalidad de mejorar la calidad del servicio (Mataix,2010).

Finalmente los medios de transporte no motorizados privados como la circulación peatonal y en bicicleta representan una opción amigable con el medio ambiente, se reconoce que las dificultades que se dan para promover dichas modalidades se encuentran en el marco de la seguridad para los habitantes, los esquemas urbanos dispersos y la falta de articulación y conectividad con otros medios de transporte dejan aisladas estas opciones de transporte en las ciudades. Las áreas de oportunidades para incentivar el uso de dichos espacios son esquemas urbanos compactos, la creación de condiciones de proximidad, articular las distintas ofertas de transporte que les permitan a los ciudadanos realizar viajes cortos en condiciones de seguridad y comodidad, así como mejorar la calidad de la infraestructura destinada a dichos modos de transporte (Mataix,2010).

1.3 Movilidad urbana sustentable

Desde hace unos décadas la movilidad en los centros urbanos se ha vuelto un requerimiento indispensable para la población, ya que posibilita las capacidades de desplazamiento así como las condiciones accesibles a los servicios y bienes que se ofertan en la ciudad (Lizárraga, 2009). Cabe mencionar que los enfoques de estudios del transporte urbano bajo un análisis de movimientos dentro de las redes de transporte tienen un papel importante en esta materia mucha importancia, ya que puede indicar relaciones o impedimentos para que se desarrollen ciertos procesos sociales en un espacio urbano; es con base a lo anterior que a mediados de los setenta surge el concepto de la movilidad, que surge a partir de las limitantes teóricas que representa el mismo estudio del transporte en el supuesto que el transporte estudia los desplazamientos, infraestructura y funcionamiento de las redes de transporte y la movilidad centra su atención en el estudio del ciudadano y las relaciones que se dan respecto al entorno urbano y las capacidades de desplazamiento (Rey y Cardozo, 2009). Complementario a lo anterior Jans (2009) se refiere a la movilidad urbana se da solo si el ciudadano hace uso de los distintos sistemas de transporte colectivo compuesto por autobuses, microbuses, taxis y sistema de metro. Por lo tanto el concepto de la movilidad habla de capacidad de desplazamiento en un entorno urbano, es decir, las opciones relacionadas a los medios e infraestructura de transporte y la facilidad con la que la población hace uso de ellas para realizar sus actividades diarias.

Por lo anterior, la movilidad urbana se entiende como la capacidad de los individuos para realizar los viajes necesarios que le permitan cumplir con sus actividades diarias dentro de los centros urbanos (Jans, 2009; Mataix, 2010). El concepto sitúa al ciudadano en un escenario urbano en el cual las necesidades de desplazamiento buscan ser resueltas por las distintas infraestructuras, equipamiento y medios de transporte que se ofertan en el centro urbano (Jans, 2009; Mataix, 2010). En este sentido y en el contexto de la sustentabilidad Rey y Cardozo (2009) plantean que la movilidad urbana sustentable es el conjunto de movimientos necesarios del ciudadano para realizar sus actividades diarias dentro de la ciudad; en reconocimiento de los efectos que realizan las personas dentro del territorio y la necesidad de mantener la base de recursos de la ciudad para las generaciones futuras (Rey y Cardozo, 2009).

También en este sentido Lizárraga (2009) señala que la movilidad urbana sustentable está en función del sistemas de transporte y patrones de desplazamiento, los cuales son capaces de cubrir necesidades de los ciudadanos, tanto económicas, sociales y ambientales de una manera eficiente y equitativa con la finalidad de evitar impactos negativos al medio ambiente así como las consecuencias que conlleva.

Con base en lo anterior encontramos que la movilidad urbana sustentable comprende las interacciones del individuo en un contexto urbano el cual cuenta con particularidades físicas, operativas, de planeación y de gestión. En consecuencia dichos factores moldean y permiten establecer condiciones de transporte, por otro lado, la misma ciudad genera oferta una serie de bienes y servicios tales como salud, educación, trabajo, ocio, comercio los cuales en relación con las necesidades del ciudadano de estos servicios generan la necesidad de desplazamiento, por lo que la medida de cuan sustentable es la movilidad urbana está en función de que las necesidades de desplazamiento y los medios de transporte dentro de la ciudad realicen una gestión eficiente de recursos y genere el menor impacto ambiental; por otro lado la perspectiva social de la movilidad busca brindar oportunidad de desplazamiento en un marco de equidad y accesibilidad; finalmente la eficiencia con la que se dan los desplazamientos en la ciudad ayudarán a contribuir a la competitividad económica y productividad en la ciudad. En este contexto dentro de la movilidad se otros aspectos que son afines y necesarios para los estudio propios de la movilidad tales como la accesibilidad, conectividad o cohesión y centralidad. Dichos conceptos contribuyen

a la realización de estudios concisos y focalizados basados en conceptos que ayudan a construir el panorama teórico de la movilidad (Jans, 2009; Lizárraga, 2009; Mataix, 2010; Rey y Cardozo, 2009; Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

1.3.1 Principios de la movilidad urbana sustentable y sus problemas

De acuerdo con Lizárraga (2009) existe una asociación entre la movilidad urbana sustentable y la gestión del suelo urbano, es decir, la relación entre la gestión del suelo, los proyectos y obras de diseño urbano y arquitectónico guardan una relación que condiciona la existencia o no de una movilidad urbana sustentable. Es por eso que la conexión entre las necesidades de desplazamiento en el suelo urbano y la eficiencia con la que se da respuesta a dichas necesidades dentro de la ciudad debe manejar unos principios básicos los cuales son: la promoción de medios de transporte públicos cómodos, accesibles y eficientes así como reducir la dependencia en el uso del medio de transporte privado motorizado con la finalidad de reducir los impactos ambientales.

Los problemas urbano espaciales relacionados a la movilidad son esquemas urbanos dispersos, crecimiento acelerado y de baja densidad, la concentración de usos de suelo y la separación entre las zonas habitacionales y de trabajo lo cual ha generado un incremento en la demanda de transporte y a su vez en mayores distancias a recorrer; congestión vial, incremento en los índices de motorización y mayor dependencia del automóvil como medio para movilizarse dentro de la ciudad. Bajo la óptica del diseño urbano dentro de las ciudades existen espacios irregulares que operan con las problemáticas mencionadas y generan lugares inaccesibles los cuales origina un funcionamiento deficiente. Las condiciones de los espacios urbanos son de aislamiento ya que no cuentan con servicios e infraestructuras básicas lo cual se traduce en impactos directos a grupos sociales desprotegidos. En base a lo planteado anteriormente se puntualiza que las zonas marginadas de la ciudad se hacen cada vez más pobres debido a la falta de acceso al crecimiento personal y económico; de igual manera no cuentan con acceso a un sistema de transporte colectivo seguro, limpio y de bajo costo. Lo que les hace pensar que la única manera de estar comunicado es por medio del auto particular (Carrillo, 2009). Las

problemáticas señaladas anteriormente no son ajenas a las condiciones en las que se da la movilidad urbana en la ciudad de Mexicali, al contrario, tienen muchas similitudes.

En respuesta a la problemática se ha buscado mejorar las condiciones de movilidad y accesibilidad en los centros urbanos en un contexto internacional mediante el desarrollo de legislación, políticas, programas y proyectos encaminados a la gestión territorial inteligente, es decir, se busca contar con sectores urbanos con usos de suelo mixto, rescate de sectores abandonados de la ciudad así como la redensificación del espacio urbano; brindar sistemas de transporte públicos masivos, accesibles, cómodos y seguros; reducir la distancia entre el trabajo y la casa, de igual manera un crecimiento urbano inteligente con calidad de equipamiento e infraestructura (Colmenares,2007; Carrillo,2009; Jans, 2009; Mataix, 2010; Satterthwaite, 2001).

Por igual los objetivos y principios de la movilidad sustentable buscan mantener una relación con la planeación urbana ya que dentro de su esquema de gestión, planeación y diseño urbano se deben brindar espacios urbanos compactos, que oferten condiciones de proximidad a los bienes, servicios y actividades sociales diarias. Lo anterior plantea un nuevo enfoque respecto a los modelos de movilidad convencionales en los que el resolver las problemáticas de movilidad en los centros urbanos es aumentar la capacidad de las redes urbanas de transporte, es decir, el enfoque convencional promueve la dependencia del automóvil como medio principal de transporte. El enfoque mencionado ha provocado una serie de impactos en los centros urbanos tanto en el aspecto social, económico y ambiental ya que los modelos convencionales son precursores de la insostenibilidad de los centros urbanos ya que comprometen la permanencia de dichas capacidades tanto en el presente como en el futuro. Por otro lado dentro de las tareas necesarias a realizar por los actores públicos se encuentra desarrollar los marcos legales y políticas que impulsen una movilidad sostenible, brindar ordenamientos jurídicos y reforzar a las instituciones para el transporte y movilidad, invertir en ingeniería de tránsito, planeación, gestión, operacionalización, fiscalización, monitoreo de las propuestas, consenso entre los actores sociales involucrados en la toma de decisiones de inversión y evaluación de los proyectos integrados a la dinámica urbana (Carrillo,2009; Echebarría y Moralejo, 2002; Lupano y Sanchez, 2009; Jans, 2009; Mataix, 2010; Newman, 2001; Torres, 2008).

En resumen, la ciudad pasa a contar con una serie de requerimientos los cuales de ser atendidos suponen un acercamiento significativo a las condiciones de movilidad urbana sustentable. Una característica que contribuye a que se dé la movilidad urbana sustentable es un crecimiento inteligente dentro de la ciudad el cual busca aprovechar todos los espacios disponibles en el suelo urbano, generar ciudades compactas de alta densidad de población y la diversificación de los usos de suelo lo que genera centralidades alternas y alivian la saturación en esquemas de concentración de sectores urbanos especializados. Otra estrategia es el desarrollo de modelos de movilidad multimodales, es decir, que el ciudadano haga uso de distintos medios de transporte los cuales le permitan llegar a su destino. En congruencia con la idea anterior, la conectividad es un rasgo particular en el cual las nuevas centralidades en las ciudades deben ser articuladas por medio de redes inteligentes de transporte que sean eficientes, accesibles y amigables con el ambiente. Por lo tanto la movilidad urbana sustentable debe regirse bajo los sistemas de patrones capaces de brindar los medios y oportunidades de cubrir las necesidades económicas, ambientales y sociales de la sociedad de una manera eficiente y equitativa. Bajo el enfoque social dentro de un modelo de movilidad urbana sustentable se busca que las personas cuenten con la capacidad de escoger entre distintas formas de desplazamiento que más se ajuste a sus necesidades, se desplacen con facilidad y poder acceder sin restricciones importantes a los servicios y oportunidades dentro de la ciudad (Carrillo, 2009; Echebarría y Moralejo, 2002; Lupano y Sanchez, 2009; Jans, 2009; Mataix, 2010; Newman, 2001; Torres, 2008).

La relación entre la movilidad urbana y la accesibilidad en ocasiones tiende a confundirse debido a que los límites teóricos que se manejan entre ambos conceptos dan margen a distintas interpretaciones. Si bien es conocido que la movilidad urbana hace referencia a las estrategias de los ciudadanos, así como la manera en que utilizan la infraestructura urbana y medios de transporte para satisfacer sus necesidades de desplazamiento en su vida diaria, en el caso de la accesibilidad se le conoce como la facilidad y hasta cierto punto la comodidad con la que las personas llevan a cabo dichas estrategias para satisfacer sus necesidades de desplazamiento dentro de la ciudad. Es decir, existe diferenciación entre los dos conceptos, por un lado la movilidad se refiere a los modos y el uso de medios de transporte por parte de los ciudadanos para poder realizar sus actividades diarias, la accesibilidad por otro lado, se plantea en términos cualitativos para los ciudadanos, es decir, facilidad y comodidad de desplazamiento en la ciudad en función del juicio que la persona hace a la infraestructura urbana y los medios de transporte

disponibles. En resumen la importancia de la accesibilidad radica en que lo que evalúa la accesibilidad, en términos cualitativos desde la perspectiva del ciudadano respecto al funcionamiento de la infraestructura urbana, medios de transporte, la movilidad en sí misma y de una manera más indirecta la planeación y gestión del suelo urbano (Ortiz y Garnica, 2008).

Con el fin de profundizar en el concepto de la accesibilidad se precisa la abstracción de dos puntos separados por un entorno o espacio urbano en el cual se presentan obstáculos y distintos factores que presentan oposición al desplazamiento y la articulación de dichos puntos representa una meta; por lo que el conjunto de conexiones y medios por los cuales se articulan dichos espacios forma parte de una primera aproximación al concepto de la accesibilidad. La idea anterior contribuye a tener una base sobre el concepto de accesibilidad la cual es vista como la facilidad con la cual se desplazan los ciudadanos dentro las redes urbanas (Escobar y García, 2012; Loyola y Alborno, 2009). En relación a la accesibilidad Dragu, Stefanica y Burciu (2011) entienden el concepto de la accesibilidad dentro del transporte como la facilidad y comodidad con la que un individuo se desplaza de un punto de origen a su destino final; por otro lado la relación con las redes, la accesibilidad y movilidad se encuentran con un factor de impedancia, es decir, una oposición al flujo la cual puede ser representada como las deficiencias de las redes en términos de conectividad, cercanía, comodidad o por costo económico para el usuario. Por lo tanto, el concepto de accesibilidad es visto como la manera en que los usuarios perciben el funcionamiento de los medios de transporte motorizados y no motorizados, la facilidad con la que se accede a los servicios de transporte público que se ofertan en los centros urbanos; así como la calidad en términos de desplazamiento en el espacio urbano.

En complemento el concepto de la accesibilidad urbana hace alusión a la posibilidad de la población a acceder a los beneficios que se brindan dentro de los centros urbanos, sin verse afectados por ningún obstáculo de tipo de deficiencia en la infraestructura o por capacidad del individuo. En un sentido político-social la ciudad accesible está relacionada con la población dentro de un contexto urbano el cual brinda bajo la idea de la igualdad la capacidad de una convivencia social, mientras que los equipamientos, servicios y bienes se encuentren al alcance de toda la población. De tal manera se puede contemplar como un concepto implícito dentro del desarrollo sustentable en los centros urbanos, a medida que se cuenten con espacios para la vida humana justa, que incluya a todos los ciudadanos y no existan prácticas de discriminación; lo

anterior permita comprender que la facilidad de acceso a dichos beneficios fomenta la armonía social (Garnica y Ortiz, 2008; Santos y Rivas, 2008).

Las redes de transporte al igual que los medios de transporte, equipamiento e infraestructura forman parte de los modelos de movilidad en los centros urbanos y la operacionalización eficiente de estos elementos constituye un factor que facilita las condiciones de movilidad y accesibilidad en las ciudades. En complemento una de las características destacadas de la accesibilidad en relación a los medios de transporte es la homogeneidad, la cual argumenta que los modelos de movilidad son constituidos por distintos medios de transporte los cuales deben brindar una oferta uniforme en términos de comodidad y facilidad para acceder a dichos servicios. Donde los rasgos particulares del territorio urbano pueden representar una influencia influya negativa con respecto al funcionamiento, cobertura y tiempos de viaje. Generalmente las características en las que se presenta la homogeneidad en términos de accesibilidad a los sistemas de transporte son afectadas por la densidad de población, jerarquía del espacio urbano respecto a las centralidades urbanas y el desarrollo de infraestructura con el que cuenta el espacio urbano. Lo anteriormente presentado explica hasta cierto punto que los métodos y estrategias empleadas para resolver los problemas de movilidad dentro de las ciudades se encuentran ligados en su mayoría al análisis y mejoramiento de las redes de transporte, sin embargo el estudio propio de la accesibilidad permite ampliar el grado de eficiencia con las que dichas redes operan, desde la perspectiva cualitativa para el ciudadano (Dragu, Stefanica y Burciu, 2011; Garnica y Ortiz, 2008).

A continuación se presentan distintos tipos de accesibilidad, por un lado la accesibilidad absoluta es aquella en el que un grupo de medidas que ayuda a brindar información sobre costos de transporte asociada a cada nodo de la ciudad en relación con los demás; mientras que la relativa hace referencia a la velocidad y los tiempos reales de los recorridos (Loyola y Albornoz, 2009). Por otro lado Oviedo y Bocarejo (2011) relacionan a la accesibilidad dentro de los sistemas de transporte a los siguientes enfoques: la accesibilidad real se basa en potencial de acceso a las condiciones de oferta y demanda relacionadas a los habitantes de cada zona; mientras que la accesibilidad teórica se concentra en las actividades que realiza la población de un sector urbano determinado con base a las condiciones de tiempo y recursos disponibles y

finalmente la accesibilidad declarada se basa en una cantidad mínima de recursos monetarios destinados al transporte.

La accesibilidad y su relación con los sistemas de transporte tienen un componente particular; el ciudadano, que contribuye a la comprensión más completa de este sector, y es la oferta y demanda de trabajo, los costos económicos de los medios de transporte, así como la proximidad a las infraestructuras de transporte público que se puede ofertar en un sector de la ciudad. Por lo que el análisis de la accesibilidad contribuye a medir el impacto que la infraestructura de transporte público hace en el espacio urbano y las relaciones con las actividades socio económicas que se dan dentro del mismo así como las perspectivas de los ciudadanos.

1.5 Centralidad

El concepto de centralidad surge como un derivado en primera instancia de la movilidad urbana, a su vez se desprende el concepto de accesibilidad; de acuerdo con Gutiérrez y Rearte (2010) la centralidad es el lugar en el que se concentran actividades con un valor mayor de crecimiento, inversiones y población de mayores ingresos; las centralidades para efectos de análisis urbanos se le conocen también como nodos urbanos los cuales ejercen una capacidad de organización en los aspectos funcionales, territoriales y sociales. La centralidad representa un punto de encuentro en el que se dan tres tipos de condiciones; el de espacio geográfico en un contexto urbano-regional, como puntos de interés social y la aglomeración. Las centralidades en los asentamientos urbanos no surgen como obra de la casualidad, estas se dan en función de procesos socio territoriales los cuales cuentan con un origen, es decir, una conciencia histórica, la oportunidad de concretar los procesos sociales y la importancia que tiene la culminación y logros para alcanzar intereses sociales en común (Cardozo, Gómez y Parras 2009).

1.6 Conectividad

La conectividad es un concepto que se refiere a la comunicación que existe entre los nodos presentes en una red ya sea de comunicaciones, transporte, etc. Por lo que la condición de conectividad hace referencia a cuan estrecho y eficiente es la relación entre los nodos (Cardozo, Gómez y Parras, 2009). Por otro lado para Isaurralde y Cardozo (2010) interpretan a la conectividad como el grado de comunicación recíproca que existe entre los vértices que

componen una red; a su vez la interconexión da una idea de la eficiencia con la que funciona. Una visión complementaria la brinda Santos y De las Rivas (2008) quienes comprenden a la conectividad como una condición directamente relacionada con los enlaces que se encuentran presentes entre los distintos puntos geográficos de la ciudad; por lo que la conectividad se centra en estudiar a las condiciones de enlace o conexión presentes en las redes. Lo anterior visto en la perspectiva de la movilidad y las redes de transporte explica a la conectividad como una condición de enlace y comunicación mutua entre los distintos nodos urbanos o viales como elementos parte de una red de transporte urbano.

1.7 Distintas perspectivas teóricas respecto al estudio de la accesibilidad en los centros urbanos.

La contribución a la sustentabilidad puede ser vista desde varios enfoques, por ejemplo: en la perspectiva de la ciudad los procesos de planeación que cuenten con indicadores claros permite tomar decisiones democráticamente y mejorar las condiciones de igualdad de la población, igualmente se pueden establecer estrategias para mejorar el desarrollo económico y la competitividad económica tanto de los ciudadanos así como de la ciudad (Cardozo, Gómez y Parras, 2009). Tras una revisión de distintos artículos, se puede ver una serie de intenciones o políticas, metodologías y procedimientos para obtener una serie de indicadores, de igual manera algunos de los casos se basan en el empleo de SIG como herramientas para establecer índices en un contexto espacial. Los enfoques presentados buscan responder a preguntas planteadas en materia de planeación urbana, sin embargo, se reconoce la existencia de distintos enfoques así como metodologías, pero existe una condición en la que las metodologías operacionalizan los distintos conceptos en una serie de pasos; sin embargo, las diferenciaciones entre conceptos y teorías en ocasiones llevan a una confusión de términos; por lo que es recomendable manejar información de forma clara y explícita (Ortiz y Garnica, 2008). Los conceptos de accesibilidad se encuentran relacionados en términos económicos de costos por desplazamiento y el acceso a infraestructuras de transporte, mientras que la accesibilidad espacial se encuentra delimitada en la función de la proximidad que experimentan los ciudadanos entorno a los nodos, centros y subcentros urbanos que generan una concentración de actividades económicas, servicios, etc. (Oviedo y Bocarejo, 2011). Para contar con una visión más amplia.

Los siguientes apartados explican los enfoques teóricos y metodológicos de los distintos modelos de análisis en materia de movilidad, transporte y accesibilidad a nivel nacional e internacional (Ver tabla 2).

Tabla 2. Perspectiva teórica entorno a la accesibilidad y movilidad

Autor y año	Vega (2012)	Wang, Xu, Fang, Xu y Qi (2011)	Oviedo y Bocarejo (2011)	Loyola y Alborno (2009)	Ortiz y Garnica (2008)	Cardozo, Gómez y Parras (2009)
Título del trabajo	Using place Rank to measure sustainable accessibility	The study on county accessibility in China: Characteristics and effects on population agglomeration	Desarrollo de una metodología de estimación de accesibilidad como herramienta de evaluación de políticas de transporte para países en desarrollo: estudio de caso de Bogotá	Flujo, movilidad y niveles de accesibilidad en el centro de Chillan año 2007. Propuesta de mejoramiento mediante SIG	La accesibilidad espacial en la definición de territorios inteligentes	Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica aplicados al transporte público de pasajeros en Resistencia (Argentina)
Observables	Accesibilidad sustentable, accesibilidad física	Accesibilidad regional	Accesibilidad real, accesibilidad teórica y accesibilidad declarada	Accesibilidad absoluta, accesibilidad relativa y análisis de rutas	Niveles de servicio de infraestructura, accesibilidad peatonal	Cohesión o conectividad Accesibilidad y centralidad
Tecnología empleada	SIG, Excel y formulas estadísticas	SIG, Estadística, comparación con censo del gobierno	Formulas estadísticas	Formulas estadísticas y SIG	SIG, Mindwalk	SIG y Excel
Que piensan los autores respecto al tema	El indicador de accesibilidad sustentable se basa en los principios de planeación de ciudades compactas, tiempos de	Los principios de la sustentabilidad regional se basa en las condiciones de accesibilidad y articulación por medio de redes	El conocimiento de los observables presentados permiten conocer las condiciones de accesibilidad económica y física de las	El mejoramiento de las condiciones de accesibilidad facilitan las condiciones de movilidad en la ciudad y	Por medio del conocimiento de condiciones de accesibilidad se pueden desarrollar los proyectos pertinentes que mejoren la	Por medio de los indicadores presentados se busca establecer las condiciones de funcionamiento de una red de transporte como

	viaje corto, manejo eficiente de recursos.	de transporte eficientes	personas dentro de los sectores urbanos y contribuyen a un entorno más equitativo	contribuyen a la sustentabilidad, al igual que le permite tomar decisiones basados en información actual	calidad de funcionamiento del suelo urbano y así aspirar a una condición de territorios inteligentes	una herramienta para la planeación urbana
Metodología empleada	Modelo gravitacional	Modelo gravitacional	Consulta en censos apoyados en formulas estadísticas	Desarrollo de SIG en el cual se vacía la información capturada de censos y cálculo de ecuaciones estadísticas	Evaluación de capacidades de cobertura de la red de transporte público mediante SIG	Teoría de grafos para la elaboración de un SIG, así como el cálculo de los observables antes mencionados.

Elaboración propia a partir de Vega (2012), Wang, Xu, Fang, Xu y Qi (2011), Oviedo y Bocarejo (2011), Loyola y Alborno (2009); Ortiz y Garnica (2008) y Cardozo, Gómez y Parras (2009)

1.7.1 Modelo político estratégico

Dentro de los aportes en materia de movilidad y accesibilidad para los centros urbanos la Federación Española de Municipios y Provincias FEMP aborda la materia por medio de la redacción de políticas y líneas de acción que permitan desarrollar indicadores que faciliten el diagnóstico de dichas condiciones en los centros urbanos, sin embargo el abordaje de los conceptos como la accesibilidad en su documento queda plasmado de una manera implícita y por otro lado el análisis de la accesibilidad a la infraestructura de transporte es manejada desde la perspectiva económica, ya que se proponen un desarrollo de las tendencias de demanda, oferta y capacidad adquisitiva de la población; características propias del concepto de la accesibilidad económica al transporte público urbano. Pero cabe mencionar que en materia de un estudio propio de accesibilidad espacial no es incluido en el documento revisado, sin embargo, lo que se puede rescatar es la diversidad de enfoques que abordan las políticas para mejorar las condiciones de movilidad en la ciudad con miras al desarrollo sustentable. (FEMP, 2009).

1.7.2 Modelo de análisis de SIG, análisis de redes e infraestructura de transporte y centralidad

Otra perspectiva para el estudio de la accesibilidad y la centralidad de las distintas ciudades en un contexto regional la presentan Wang, Xu, Fang, Xu y Qi (2011) quienes buscan plasmar información georeferenciada en cartografía, así como desarrollo de matrices de origen- destino,

tiempos de traslado y demanda de movilidad, con la intención de diagnosticar la movilidad regional estudiando a un conjunto de ciudades como una red articulada por carreteras e infraestructura de transporte regional. En materia de conceptos teóricos se aprecia el elemento de la accesibilidad enfocada en un contexto regional, por otro lado a la conectividad se le entiende de la siguiente forma: los centros urbanos vistos como nodos y los arcos que conectan los distintos nodos (ciudades) representan toda la infraestructura de transporte sean carreteras, aeropuertos, puertos marítimos, estaciones de tren, etc. Lo anterior explica que a razón de incrementos de arcos que conectan los distintos nodos la región ha de contar con mayor conectividad y cohesión en su red de transporte. El aporte metodológico de los autores es que ellos se basan en estudios de modelos gravitacionales que representan los distintos nodos (ciudades) de los cuales se componen la región, la atracción así como la demanda de movilidad y desplazamiento que se generan en los mismos.

1.7.3 Modelo de impacto de políticas de transporte y la accesibilidad económica a los sistemas de transporte

Para el caso de Oviedo y Bocarejo (2011), focalizan su atención en la evaluación del impacto en políticas llevadas a cabo en materia del transporte urbano, dentro de esas políticas abarcan proyectos, planes de desarrollo y desarrollo de infraestructura de transporte; sus efectos y la reacción de los ciudadanos a dichas acciones emprendidas para mejorar las condiciones de movilidad. En el artículo se destaca que el objeto central del estudio es el desarrollo de indicadores basados en capacidades económicas de los ciudadanos para desplazarse en la ciudad, fueron desarrollados y calculados a partir de unas muestras con la finalidad de compararlos con los censos demográficos (Oviedo y Bocarejo, 2011).

1.7.4 Modelo de accesibilidad peatonal a la red de transporte público por autobús mediante SIG

Uno de los aportes que comienzan a acercarse al estudio de redes de transporte, en concreto de la accesibilidad busca plantear la revisión del funcionamiento de las redes de transporte y la accesibilidad peatonal mediante la evaluación de las capacidades de las aceras y su interacción pero cabe mencionar que al igual en el caso de estudio que hacen Oviedo y Bocarejo (2011) los

autores proponen hacer un estudio de impacto centrado en indicadores de accesibilidad económica de los usuarios a lo largo de una red de transporte público urbano; lo que distingue el trabajo de Loyola y Albornoz (2009) es la visión bajo un enfoque de estudio de redes de transporte como un elemento funcional y cruzado con aspectos cualitativos en función de la red, mientras que paralelamente se estudia a los usuarios, su interacción con la red así como sus capacidades económicas contextualizadas geográficamente. Una de las herramientas en las que se apoyan es la operacionalización de un Sistema de Información Geográfica (SIG), así como el cálculo de indicadores basados en censos y formulas estadísticas que permite generar un escenario el cual cuenta con la característica de tiempo y espacio. Desde esa perspectiva el papel central de la red de transporte son las unidades de transporte al igual que los tiempos y distancias; así como las capacidades adquisitivas de los ciudadanos (Loyola y Albornoz, 2009).

Falta mencionar que el enfoque del estudio que proponen Oviedo y Bocarejo (2011) busca conocer los rangos de cobertura de los embarcaderos o paradas del autobús y a su vez se hace un estudio de capacidades de las aceras para conocer las condiciones de movilización peatonal de los usuarios y cruzar dicha condición con la capacidad de las aceras para soportar el flujo de peatones; sin embargo el sustento teórico en el desarrollo de esa investigación no cuenta con suficiente argumentación. Por lo tanto, es necesario encontrar un sustento teórico adecuado para contar con una visión más clara de la accesibilidad espacial en las redes de transporte.

1.7.5 Teoría de Grafos y SIG

La presente postura teórica y metodológica para la elaboración del estudio de accesibilidad espacial busca la realización de un análisis de la red de transporte público mediante un enfoque profesional de los geógrafos los cuales desarrollan indicadores y plasman los datos en cartografía. Lo antes dicho facilita el contar con una idea clara de la situación en términos de funcionamiento e impacto en la capacidad de desplazamiento de los usuarios. En el presente caso de estudio se plantea la premisa que el desarrollo de indicadores tales como la accesibilidad espacial, centralidad y conectividad permite conocer de manera más profunda la interacción de los siguientes elementos: red de transporte público urbano, usuarios y el contexto urbano (Isaurralde y Cardozo, 2010; Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

Cabe mencionar que el perfil del estudio realizado por Cardozo, Gómez y Parras (2009) establece la necesidad de realizar una abstracción gráfica de la red de transporte público integrado a un SIG y la justificación teórica de dicho perfil se basa en la teoría de Grafos la cual se centra en la descomposición de la red en nodos y arcos los cuales explican los vínculos y las condiciones de interacción entre los elementos propios de la red. Para complementar lo anterior, la realización de un estudio de la red de transporte para su estudio mediante la teoría de grafos permite conocer a profundidad la composición de una red de transporte, su comportamiento y sus características entorno a su medio geo espacial, es decir, las condiciones de funcionamiento de dicha red en relación directa con las condiciones que brinda el contexto. Por lo tanto el análisis de red propone un abordaje metodológico mediante el estudio de conectividad, accesibilidad y centralidad (Cardozo, Gómez y Parras, 2009; Isaurralde y Cardozo, 2010).

En resumen después de una revisión de los distintos enfoques teóricos y metodológicos para los análisis de accesibilidad, se ha decidido partir del principio teórico que ofrece la aproximación de grafos ya que cuenta con herramientas que permiten la realización de un análisis más exhaustivo y completo. Por otro lado, la generación de indicadores y su integración en un SIG facilita para los interesados la interpretación y manejo de la información de una manera más sencilla, de igual forma se establece un contexto físico y temporal para analizar una red de transporte público urbano. A continuación los autores Cardozo, Gómez y Parras (2009) presentan una serie de argumentos en los que relacionan el tema de la accesibilidad y el sistema de transporte con el desarrollo sustentable.

Facilita el desplazamiento de las personas que no tienen recursos económicos para adquirir un automóvil y cuentan con necesidades de desplazamiento superiores a una distancia caminable, lo anterior busca impulsar una condición de justicia e igualdad en condiciones de movilidad. Los sectores sociales menos favorecidos (ancianos, menores de edad, trabajadores de barrios periféricos) son aquellos que se inclinan por el uso de dicho sistema de transporte público. Lo presentado hace que las acciones en materia de mejoramiento del sistema de transporte público favorecen a la sociedad en materia de cohesión social y espacial. Aunque también es bien sabido que dicho mejoramiento en términos cualitativos del servicio y/ equipamiento en materia de dicho sector en ocasiones representa un costo económico superior a la capacidad de las autoridades encargadas (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

- Agiliza la circulación y reduce la congestión vehicular, lo anterior se basa en el principio de la densidad de ocupación por vehículo. A lo anterior se suma la ausencia de necesidad de estacionamiento, lo que libera el espacio urbano para aparcamiento. Por otro lado, los desplazamientos hechos en la ciudad con mayor eficiencia contribuye a una mejor dinámica de movilidad, así como la gestión del suelo urbano (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).
- En materia de sostenibilidad ambiental, se reduce la contaminación ambiental ya que se reduce el consumo de combustibles no renovables por usuario, de usarse automóvil privado. De igual manera se reduce significativamente la contaminación auditiva y visual (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

Los autores Cardozo, Gómez y Parras (2009) plantean la necesidad de realizar estudios mediante la abstracción grafica de la red misma, cabe señalar que no son los únicos en presentar dicha necesidad; sin embargo, ellos implementan el análisis de dichas redes mediante indicadores como la accesibilidad espacial, conectividad y centralidad; bajo el estudio de dichas condiciones se argumenta que existe un diagnostico centrado en los procesos de movilidad que tienen lugar en un contexto urbano específico. Es por eso, que el enfoque con el que se aborda el estudio de la accesibilidad espacial es brindado desde la perspectiva de los geógrafos debido a que se plantea el desarrollo de indicadores ubicados y geo referenciados en cartografía, así como un desarrollo de matrices que permita comprender el comportamiento de los distintos conceptos como son accesibilidad, centralidad y conectividad en cada nodo, de esta manera se puede tener una idea clara de lo que sucede en cada parte de un sector urbano (Insaurralde y Cardozo, 2010; Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

Antes de hacer mención de los conceptos es necesario que se hable de la teoría en la que se basa el estudio de accesibilidad espacial de una red de transporte y dicha teoría es la Teoría de Grafos la cual está sustentada en la realización de una abstracción de elementos y sus relaciones entre sí, por lo que un grafo se conoce como: “un elemento designado para nombrar un conjunto de puntos unidos entre sí por segmentos, que pueden representar un proceso o relación funcional de cualquier tipo, pero centra su atención en las relaciones topológicas entre sus elementos” (Cardozo, Gómez y Parras, 2009; p.94). Para ampliar la idea anterior se puede inferir que la

Teoría de Grafos mantiene un sentido morfométrico el cual para Toro, Manríquez y Suazo (2010) lo entienden como un estudio basado en medidas lineales y estadísticas que entrega herramientas de análisis numérico y de procesos que ayudan a comprender un cuerpo geométrico. En resumen, el enfoque teórico anteriormente presentado nos permite hacer un abordaje para realizar un estudio de características explicativo- descriptivo y a su vez con un sentido cualitativo. Lo anterior permite hacer un análisis de conectividad, centralidad y accesibilidad por lo tanto permite relacionar las condiciones en las que se dan las interacciones y relaciones entre el transporte, asentamientos y actividades humanas con el territorio en el que se emplazan.

Metodologías empleadas

Las metodologías que emplearon los siguientes autores: Cardozo, Gómez y Parras (2009); Insaurralde y Cardozo (2010). Se respaldan en la Teoría de Grafos como base para el desarrollo de indicadores para medir las condiciones de accesibilidad, cohesión y centralidad; en sus metodologías plantean un enfoque de observación y cálculo de observables en materia de accesibilidad espacial.

Método de Cardozo, Gómez y Parras (2009)

Medidas de Conexión o Cohesión

Otro método para el análisis de la red de transporte público lo presentan Cardozo, Gómez y Parras (2009) el cual se basa de igual forma en la Teoría de Grafos, la argumentación que presentan para la el empleo de su metodología es que tiene por objetivo el desarrollo de un estudio de análisis descriptivo explicativo centrado en las condiciones morfométricas de los sectores de una ciudad; de igual manera se busca contar con un mecanismo de abstracción de la red para poder conocer las relaciones funcionales entre las interacciones de la infraestructura de transporte, asentamientos y actividades humanas en el territorio; todo esto integrado a un SIG como una herramienta de planificación urbana. A continuación se presentan los indicadores que utilizan Cardozo, Gómez y Parras (2009) para el análisis de la red de transporte público basado en la teoría de Grafos.

El concepto de cohesión busca explicar una condición de conexión o comunicación entre dos vértices o más; a su vez trata de interpretar el grado de interconexión en una red y se encarga de estudiar el número de arcos, nodos y conexiones con las que cuenta una red de transporte. Por otro lado los índices de accesibilidad basada en el estudio de una red compuesta por nodos, arcos y vértices busca si existe relación entre los elementos que la componen, es decir, la complejidad o la facilidad con la que está compuesta una red de transporte. Finalmente el concepto de centralidad se encarga de estudiar y jerarquizar los nodos más importantes que conforman una red de transporte y se busca comprender las razones por las cuales dichos nodos representan una fuente de interés (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

El índice Beta de Conexión Máxima: surge al dividir el número de arcos con el número de nodos. Este procedimiento muestra que el aumento de arcos en la red, representa una mayor conectividad entre nodos y se expresa con la siguiente ecuación:

$$\beta = a / n$$

Los valores resultantes extremos del índice presentado están en el rango entre 0 a 3. Valores inferiores a 1 representan una red inconexa, valores de 1 significa que son redes con un único circuito y de 1-3 representan redes complejas.

Para hacer una comparativa del Índice Beta se calcula el Índice Máximo de Beta que se obtiene de la siguiente formula:

$$\text{Máximo de } \beta = n \cdot (n - 1) / 2$$

El valor resultante de la ecuación anteriormente presentada indica la conexión máxima con la que cuenta la red, es decir, representa un ideal de conexión del 100%. Cabe mencionar que es una medida ideal de conectividad y tiende a estar alejada de la realidad de acuerdo con Cardozo, Gómez y Parras (2009).

El Número Ciclomático: brinda el número de circuitos que posee la red. Es calculado restando al total de arcos el número necesario para construir un árbol, teniendo en cuenta que el árbol es igual al número de nodos menos uno. Se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\mu = a - (n - 1)$$

El Numero Ciclomático no nos dice mucho a menos que realicemos una comparativa, para eso se cuenta con el Índice α : el cual indica la complejidad de la red, se obtiene del ratio entre el número ciclomático y el máximo de circuitos en la red, el cual se calcula con la siguiente ecuación: $2 \cdot n - 5$

Cabe mencionar que el máximo de circuitos en red puede ser expresado en porcentaje para su comparación mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha = (\mu / 2 \cdot n - 5) \cdot 100$$

Medidas de accesibilidad y centralidad

Desde la perspectiva teórica que emplean los autores Cardozo, Gómez y Parras (2009) el estudio de la accesibilidad en una red de transporte tiene como objeto el estudio de las condiciones en la facilidad de acceso entre los nodos que componen la red de transporte público y en la medida de la facilidad de acceso con la que cuentan los nodos tienen una mayor jerarquía en la red. Por lo tanto el primer paso para realizar el análisis de accesibilidad de la red de transporte se procede a la construcción de una *Matriz de Conectividad* la cual consiste en hacer una tabla binaria de doble entrada en la que se plasma el número de arcos y nodos en filas y columnas respectivamente; en dicha tabla se ingresa el valor de 1 si el nodo está conectado por un arco o de 0 en caso que no esté conectado. Al sumar los números en sentido horizontal se conocen los nodos mejor y peor conectados.

El siguiente paso es la elaboración de una *Matriz de Accesibilidad Topológica* y surge basada en la *Matriz de Conectividad* en la que se reemplaza los números 0 con la distancia entre los nodos de la red, se expresa por el número de arcos que deben atravesarse para llegar de nodo a nodo por el camino más corto. Con los datos obtenidos se realiza el cálculo de dos medidas: el Numero Asociado (NS) y el Índice de Shimbel, con ello se busca conocer las condiciones de accesibilidad en los nodos de la red. Después de la realización de las matrices correspondientes, se vierten los resultados en cartografía para así integrar la técnica del SIG y contar con una representación gráfica (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

El Número Asociado o de Koning: es la medida a la distancia topológica en número de arcos para alcanzar el nodo más lejano por la ruta más corta. Este número representa la accesibilidad de ese nodo con el más lejano de la red, y representa que en cuanto sea menor el número es mayor su accesibilidad. En la Matriz de Accesibilidad Topológica se le identifica como el número mayor de cada fila (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

Por otro lado el Índice de Shimbel se calcula por medio de la suma de valores de cada fila de la Matriz de Accesibilidad y representa el número de arcos necesario para cruzar de un nodo a los demás por el segmento más corto y resulta ser más accesible el nodo con el índice más bajo. A continuación se expresa la ecuación para obtener el Número de Shimbel (Cardozo, Gómez y Parras; 2009):

$$\text{Shimbel} = \sum d_{xy}$$

En la ecuación vista d representa el número de arcos que separa a los nodos, x e y por el segmento más corto, en caso que los nodos cuenten con el mismo NS, resulta más accesible el de menor índice de Shimbel (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

Lo siguiente en la metodología de Cardozo, Gómez y Parras (2009) es el cálculo del Índice G de Dispersión el cual mide el nivel de accesibilidad para el conjunto de la red, y se obtiene de la suma de todos los Índices de Shimbel del grafo y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice G} = \sum \text{Shimbel}$$

El Índice de Accesibilidad Media (IAM): se encarga de establecer un valor promedio de accesibilidad presente en la red a partir del cociente entre, el Índice G de dispersión y el número de nodos existentes. El IAM permite realizar comparativa entre los diferentes grafos o ver dentro de una misma red de accesibilidad a cada nodo respecto a la media y aquellos que superan el promedio resultan ser los nodos menos accesibles.

$$\text{IAM} = \text{Índice G} / n$$

2. Aproximación metodológica

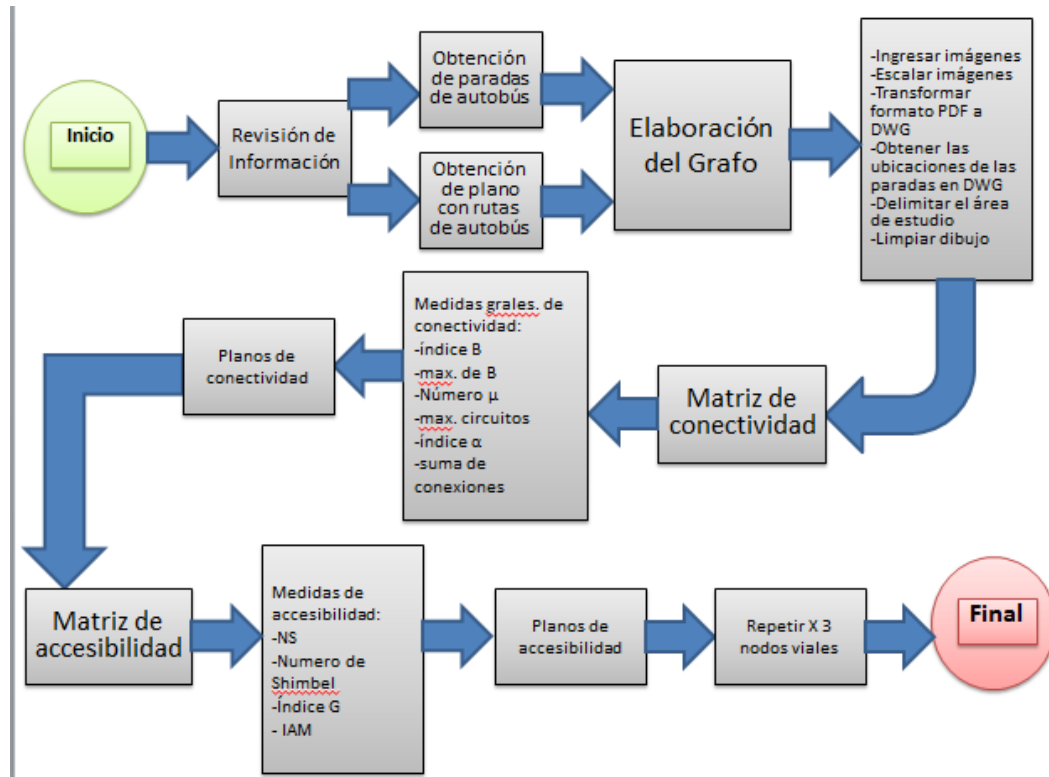
2.1 Método empleado

Para el presente estudio se procede a emplear el Método de Grafos (Cardozo, Gómez y Parras; 2009) ya que permite realizar un análisis de la estructura de la red de transporte urbano de una manera más exhaustiva para conocer su comportamiento en función de su desempeño desde el punto de vista de la planeación; a lo anterior se suma que los indicadores como la accesibilidad espacial y la cohesión o conectividad dentro de un SIG representan una opción para el manejo de información de fenómenos urbanos de una manera sencilla para su comprensión, a su vez representa una herramienta para efectos de la planificación urbana. Es decir, el modelo metodológico seleccionado para el análisis de los nodos viales de la ruta exprés del sistema de transporte público para la ciudad de Mexicali, Baja California es el método presentado por Cardozo, Gómez y Parras (2009) ya que en su propuesta si bien hacen revisión de los mismos conceptos que la propuesta de Insaurralde y Cardozo (2010) el desarrollo de los indicadores es manejado de una forma más práctica para su elaboración, al mismo tiempo que la integración de un SIG para el análisis de los indicadores es una herramienta que permite establecer una condición descriptiva- explicativa óptima.

2.2 Operacionalización de la metodología

En el presente apartado se procede a describir a detalle los pasos y etapas que involucran la aplicación del estudio, las etapas de revisión de información, la valoración de la misma y adaptación para poder aplicar las herramientas de análisis (Ver figura 1).

Figura 1. Diagrama de operacionalización de conceptos



En primera instancia, antes de comenzar a elaborar los grafos se comienza a realizar la revisión de las fuentes de información disponibles. La fuente primaria de información para la realización del presente estudio fue el Plan Maestro de Vialidad y Transporte publicado por el XX Ayuntamiento de Mexicali (2011); en dicho documento se encuentra la información en planos referente a la red de transporte público por autobús y taxis de la ciudad de Mexicali; la cual resulta útil para la aplicación del estudio ya que cuenta con la información referente a las rutas de autobús debido a que en la elaboración del grafo de la red, la ruta de autobús representan los arcos; en complemento a la información anterior, se requiere de la ubicación de paradas de autobús. La información de la ubicación del mobiliario urbano que representan las paradas de autobús se obtuvo a partir de una imagen extraída del mismo plan maestro en el que se muestra en una ilustración la totalidad de las ubicaciones de las paradas de autobús en la ciudad de Mexicali. Cabe hacer la aclaración de que si bien existen distintas modalidades para el transporte

público en la ciudad, el XX Ayuntamiento (2011) plasma únicamente en planimetría la información de la composición de redes de transporte público en autobús y taxis, de esa información disponible se descarta las rutas de taxi y se procede a estudiar únicamente las rutas de autobús que influyen en las respectivas áreas de estudio.

Las imágenes obtenidas son ingresadas en el software de dibujo asistido por computadora Autocad, en el caso del plano de la red de transporte público se realizó una conversión de formato ya que el formato del plano pertenecía a la configuración PDF y se tuvo que convertir al formato DWG para tener una manipulación más precisa de la información y facilitar la elaboración de la planimetría necesaria para la creación de los grafos; por otro lado en el caso de la imagen extraída para señalar las paradas de autobús, no se pudo realizar la conversión a DWG por lo que se sobre escribió en la imagen las ubicaciones de las paradas de autobús, se copia las ubicaciones de las paradas de autobús en la imagen e insertarlas en el área de trabajo en formato DWG. Una vez incluida la información necesaria se realizó una delimitación y limpieza del dibujo en las áreas de estudio compuestas por polígonos de 1.5 km por 1.5 km a partir de las intersecciones de las vialidades que forman los nodos viales. Finalmente se le asigna nomenclatura a cada una de las paradas de autobús, así como a los arcos que conectan para conformar un grafo. El mismo procedimiento se realizó en los 3 nodos viales seleccionados como área de estudio. Los grafos obtenidos fungen como elementos gráficos que permiten la interpretación y cuantificación de elementos para su análisis.

El siguiente paso en la aplicación del estudio corresponde a la creación de archivos en el programa Excel, lo anterior con el objeto de contar con una matriz de conectividad. En dicha matriz se analiza un sólo grafo a la vez, por lo que en el caso del presente trabajo fueron realizadas 3 matrices de conectividad. En dicha matriz se ingresa el número de nodos (paradas de autobús) que tiene el grafo en un renglón así como en la columna; una vez realizada dicha operación se observa el grafo y se asigna un valor de 0 si el nodo no cuenta con una conexión con los nodos en el sentido horizontal, mientras que los nodos que tengan conexión se le asigna un valor de 1. Este procedimiento es repetido hasta completar el análisis de conexión de todos los nodos, una vez terminado se suma en forma horizontal los valores de conexión y se obtienen lecturas de interacción o reciprocidad de conexión entre los nodos, lo que permite identificar a los nodos con mayor número de conexiones, agruparlos en rangos de mayor a menor

conectividad y poder elaborar un plano que muestre la ubicación de los nodos con mayor grado de conectividad en el grafo.

Una vez realizada la matriz de conectividad y el plano de conectividad, se hace un análisis de las medidas generales de conectividad. Este análisis se lleva a cabo mediante el cálculo de indicadores. Primero se calcula el Índice β que sirve para señalar la complejidad de la red y es la relación entre el número de arcos y nodos presentes en el grafo; enseguida se calcula el máximo de β , este último indicador permite conocer el porcentaje de capacidad en términos de conexión con la que trabaja la red contrastado con un valor máximo. Posteriormente se calcula el número ciclomático μ explica la cantidad de circuitos que posee la red y el número ciclomático es comparado con el máximo de circuitos. Finalmente el Índice α es una unidad representativa en porcentaje de eficiencia en términos de conectividad.

Posteriormente se calculan las medidas de accesibilidad. Estas medidas se realizan en el mismo formato de la matriz de conectividad, pero con la variación que en vez de asignarse un valor de 0 se ingresa el valor de la distancia topológica que se requiere recorrer en el grafo por la ruta más corta para llegar de un nodo a otro. Los valores obtenidos son sumados horizontalmente para obtener el Número de Shimbél, el cual indica la distancia total que se debe recorrer para llegar a todos los nodos que se encuentran en el grafo. Dentro de la misma matriz se puede identificar el número asociado, este número corresponde al valor más alto de distancia topológica capturada en cada renglón y permite conocer el valor de distancia a recorrer para llegar del nodo en el que se sitúa al nodo más lejano del grafo. Cabe señalar que para efectos del presente estudio este procedimiento fue aplicado para los 3 grafos estudiados y seleccionados.

Ya obtenidos los indicadores se procede con el número asociado (NS) a separar las lecturas en 3 grupos con rangos de mayor a menor y se expresan gráficamente en el grafo. Lo anterior permite identificar claramente la ubicación de los nodos que deben recorrer mayor distancia para llegar a los nodos que conforman el grafo. Por otro lado el número de Shimbél es la distancia sumada que se debe recorrer situado en un nodo determinado para llegar a todos los nodos que componen el grafo; la organización y presentación de esta información en un plano obedece los mismos principios, es decir, separar las lecturas de Shimbél en 3 grupos o rangos de lectura de mayor a menor, ubicarlos y expresarlos en los nodos correspondientes. Una vez obtenidos esos indicadores, se procede a calcular el índice de dispersión G el cual se obtiene al realizar la

sumatoria vertical de todos los valores obtenidos en el número de Shimbél de cada uno de los nodos parte del grafo; ese indicador permite conocer el valor total de dispersión o distancia total para recorrer todo el grafo partiendo desde todos los nodos y finalmente se calcula el índice de accesibilidad media (IAM) y se obtiene al dividir el índice G sobre el número de nodos presentes en el grafo. Este resultado permite comprar ese número contra el número de Shimbél obtenido en cada nodo y en los casos en que el número de Shimbél sea menor al IAM se le puede tipificar al nodo parte del grafo como un nodo espacialmente accesible. Al contar con las lecturas de los nodos que son espacialmente accesibles y los que no cuentan con esta condición, se separan y señalan en un plano para su análisis.

Una vez realizadas todas las mediciones, se procede a realizar tablas comparativas globales de los distintos grafos que fueron estudiados. En primera instancia se hace una comparativa por índices de conectividad de cada uno de los nodos y finalmente la comparativa de las medidas globales de accesibilidad. Lo anterior permite conocer desde el punto de vista del diseño de la red cuáles de los grafos tienen mejores condiciones de accesibilidad y conectividad.

2.3 Conceptos claves

A continuación se presentan los conceptos claves y las herramientas metodológicas que se han de emplear para la realización del estudio. Resulta necesario explicar los conceptos claves con el fin de evitar cualquier tipo de confusión. Por otro lado las herramientas a emplear deben ser descritas en propósito, función y parámetros de comparación para contar con una visión clara de la finalidad del estudio mismo. Lo anterior tiene por objetivo establecer un panorama previo que permita una fácil comprensión.

2.3.1 Grafo

Para los autores Cardozo, Gómez y Parras (2009, p94) el grafo se le conoce como un término matemático empleado para asignar a un grupo de puntos unidos por sí por segmentos y pueden representar cualquier tipo de relación funcional o topológica entre sus componentes. Por otro lado Kaveh (1997, p2) define a un grafo como un conjunto de elementos llamados nodos y un conjunto de elementos llamados miembros relacionados entre sí. Lo anterior permite inferir que un grafo se le conoce como una representación gráfica de objetos así como las relaciones que mantienen entre ellos.

2.3.2 Árbol

De acuerdo con Kaveh (1997, p6) se le llama a un árbol un grafo el cual no cuenta con un ciclo. Por otro lado, Cardozo, Gómez y Parras (2009, p95) sostienen que un árbol es la suma de todos los arcos presentes en un grafo menos uno. En resumen, el árbol es conocido como un grafo que no cuenta con arcos dirigidos y no tiene un ciclo.

2.3.3 Nodo vial

Los autores Tegiacchi y Cañas (2010) establecen que los nodos son elementos que forman parte de la estructura en un tejido urbano, en los cuales se concentran actividades de distinto tipo y tienen una mayor jerarquía o importancia que los destaca respecto a la ciudad. Por lo tanto, se entiende a un nodo vial como un punto en un contexto urbano que cuenta con jerarquía dentro de la infraestructura de transporte de la ciudad.

2.3.4 Índice de conexión o β

Este índice se dedica a medir el grado de conectividad presente en una red y permite establecer un parámetro que permita realizar medidas de comparación tanto de un mismo grafo o compararlo con la lectura obtenida de otro grafo. El presente indicador se maneja bajo el supuesto que entre mayor número de conexiones existe una mayor condición de cohesión o conectividad, los rangos de los valores están entre el 0 y el 3, por lo que un valor inferior a 1 va a señalar una red inconexa y valores con un valor mínimo de 1 indican una red con un solo circuito; a lo anterior se debe considerar si los rangos se encuentran entre un valor de 1 al 3 representan redes complejas (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.5 Índice máximo de β

Por otro lado el índice máximo de β indica un valor máximo de conexión que puede existir en la red analizada, el resultado de dicho calculo indica un valor que debe ser considerado como un valor ideal de 100%; por lo que el valor obtenido permite realizar una comparativa con el índice de conexión β y así conocer bajo qué porcentaje de capacidad funciona la red. Por lo tanto los parámetros que se establecen es una comparativa en porcentaje en el cual funciona y el ideal calculado, sin embargo el ideal de 100% resulta ser una medida alejada de la realidad, por

lo que la interpretación de dicha comparativa es el contraste de un dato basado en información real y un dato que brinda un panorama ideal (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.6 Numero ciclomático o μ

El número ciclomático es un indicador que permite conocer la cantidad de circuitos con los que cuenta la red y dicho número sirve para realizar una comparativa con el número máximo de circuitos el cual representa una cantidad reflejada en un ideal de 100% y la comparativa dichos datos permite conocer el porcentaje con el que trabaja la red desde la perspectiva de los circuitos presentes en la misma (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.7 Índice α

El índice permite observar la complejidad con la que fue diseñada la red en cuestión, sirve para establecer una comparativa desde el punto de vista del diseño de redes., cabe señalar que no cuenta con rangos de valores dado que sirven para realizar una comparación entre distintas redes (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.8 Matriz de conectividad

La matriz de conectividad es un formato en el cual el concepto de conectividad o comunicación reciproca que existe en una red se expresa por medio del sistema binario, los nodos que se encuentran relacionados directamente reciben el valor de 1 y si los nodos no cuentan con conexión reciben un valor de 0; es decir, si un nodo se encuentra conectado por un arco recibe el valor de 1. Al realizar la suma de dichos valores de 1 en horizontal la suma de dichos valores es el número total de conexiones con las que cuenta en nodo en un grafo. Los parámetros de medición o finalidad de realizar dicha matriz es conocer los nodos que se encuentran mejor y peor conectados de toda una red bajo el supuesto que un nodo con mayor número de conexiones es un nodo con mayor conectividad (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.9 Matriz de accesibilidad

La matriz de accesibilidad tiene como objetivo plasmar las distancias topológicas de los nodos. Primero se toma como base la matriz de conectividad y se sustituye los valores en 0 con la distancia topológica es decir, el número de arcos que recorre para llegar de un nodo a otro por

la ruta más corta. Lo anterior expresa en unidades de distancia los nodos más accesibles desde el posicionamiento en un nodo determinado, por lo que los nodos más accesibles son aquellos con los menores valores de distancia (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.10 Número asociado (NS)

El número asociado se identifica en la matriz de accesibilidad, cada renglón cuenta con una serie de valores de distancia topológica y el número asociado resulta ser el valor de mayor distancia presente en cada nodo. Por lo que el número asociado es la unidad de distancia topológica más que une el nodo en el que se encuentra analizando con el nodo más lejano que compone el grafo. Los parámetros para realizar un análisis es establecer la comparativa de los nodos con los numero asociados más elevados, los que serán los nodos menos accesibles y los nodos con el menor número asociado resultaran ser los nodos más accesibles del grafo (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.11 Número de Shimbél

El número de Shimbél se calcula para conocer las unidades de distancia topológica que se debe recorrer desde un nodo base, para llegar a todos los nodos por lo que se compone el grafo. Se calcula mediante la suma de los valores de distancia topológica presentes en cada nodo de la matriz de accesibilidad, es decir, se suman los valores en cada renglón de la matriz de accesibilidad y los valores resultantes permiten establecer una perspectiva de los nodos con mayor accesibilidad, la cual puede comprenderse mediante la siguiente inferencia: en una matriz de accesibilidad el número de shimbél con un menor valor es inversamente proporcional a la accesibilidad con la que se cuenta en un nodo parte del grafo (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.12 Índice de dispersión G

El índice de dispersión es un valor que se obtiene mediante la suma de todos los números de Shimbél presentes en la matriz de accesibilidad, el índice de dispersión permite conocer la cantidad de recorridos necesarios para recorrer todos los arcos y nodos presentes en un grafo. Sin embargo, la finalidad del cálculo de dicho indicador se emplea como una unidad comparativa para con otros grafos similares. Por sí mismo el valor obtenido no dice mucho, en cambio si se

compara con otros grafos se puede contar con un panorama más completo en cuestiones de distancia a cubrir (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

2.3.13 Índice de accesibilidad media IAM

El índice de accesibilidad media determina un valor promediado de la accesibilidad de toda una red o grafo, se obtiene al dividir el índice de dispersión G entre el número de nodos existentes en el grafo. Caso similar al anterior, el IAM es una herramienta que permite realizar una comparativa entre distintos grafos y así conocer las condiciones de funcionamiento de una red en términos de accesibilidad espacial (Cardozo, Gómez y Parras; 2009).

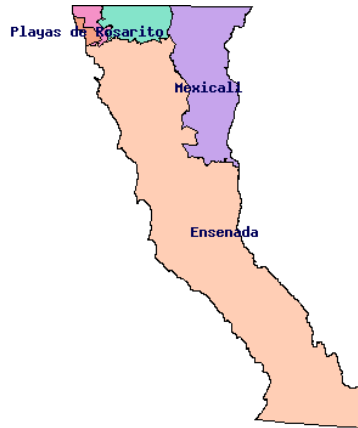
2.4 Herramientas a emplear para la aplicación del estudio

En materia de las herramientas en las que se van a recurrir para la realización del presente estudio se encuentra la paquetería de office: el programa Excel 2010, Word 2010; por otro lado en materia de un software para la elaboración de esquemas gráficos y representación del Sistema de Información Geográfica se opta por el uso de Google Earth, Autocad 2012 y Map Info 2010

2.5 Área del estudio

El estado de Baja California se encuentra al noroeste en la república mexicana, dentro del estado se encuentra el municipio y el centro urbano de Mexicali, Baja California el cual cuenta con una población de 936, 826 personas. Dentro del espectro de actividades económicas que tienen una mayor contribución a la producción en bruto total de la ciudad se encuentra el sector de manufactura con un 46.1%, por otro lado se encuentra el comercio con un 10.9%, le sigue el sector de servicios con un 14.2% y el resto de los sectores contribuye con 28.9% (INEGI, 2012). La ciudad de Mexicali se localiza en la frontera con E.E.U.U. a los 32° 39' de latitud norte y 115° 28' de longitud oeste, y cuenta con una extensión de 20,633.52 has (XVIII Ayuntamiento de Mexicali-IMIP, 2006). Limita al norte con Estados Unidos de Norteamérica, y en la periferia con áreas agrícolas. Por su ubicación geográfica en la frontera internacional y sus características del medio físico natural, Mexicali presenta condiciones diferentes no sólo con el resto del país, sino también con las otras localidades de la entidad misma.

Figura 2. Península de Baja California



Fuente: INEGI, 2012

La ciudad de Mexicali se encuentra asentada en una planicie de suelos aluviales profundos, que en la mayor parte del valle están formados por arenas medianas, limos y aluviones de alta calidad y con mal drenaje, además de suelos arcillosos con menos capacidad de drenaje, con una altitud de los 10 msnm en el noreste, hasta menos del nivel del mar hacia el norte del Río Nuevo (Venegas, 2004). Mantiene una traza de tipo reticular, orientada de Norte-Sur y Este-Oeste. Con una estructura vial conformada por una serie de ejes principales y secundarios que intercomunican a un conjunto de calles y avenidas. Dentro de la traza urbana se distingue la sectorización que de alguna forma definen tanto la vía del ferrocarril, como las vialidades López Mateos, Benito Juárez, Río Nuevo, Lázaro Cárdenas, Carretera Unión entre las más importantes. El Centro Histórico y Centro Cívico y Comercial, localizados entre la parte norte y central de la ciudad (donde nace el Boulevard López Mateos y Río Nuevo respectivamente), conforman lo que se conoce como centro urbano de la ciudad, que albergan las principales actividades comerciales, de servicios y equipamiento urbano. Así mismo el equipamiento comercial ha seguido una tendencia multifocal, atendiendo sectores de la ciudad que se han venido consolidando, presentando un patrón de nodos a lo largo de vialidades primarias y secundarias. Cabe señalar que históricamente, la ciudad ha contado con problemas de articulación debido a la presencia del Río Nuevo, la estación de trenes y la línea fronteriza; estos tres hitos urbano-arquitectónicos son bordes que condicionaron el desarrollo de la traza urbana y en consecuencia la estructura vial de la ciudad. Las consecuencias de dichos bordes urbanos impactan en la actualidad la manera en que funciona y se articula la ciudad, los procesos y desarrollos de

actividades económico sociales, la forma en que se desplaza la ciudadanía en la ciudad. Resulta necesario puntualizar que uno de los impactos más significativos en términos de estructura urbana y vial producto de los bordes anteriormente mencionados es la falta de esquemas permeables que faciliten el flujo de bienes y personas en el espacio urbano, lo cual se traduce en problemas de accesibilidad en la ciudad.

Una de las principales fuentes en las que se apoya el presente estudio y permitieron delimitar la problemática del sector transporte y movilidad en la ciudad de Mexicali es el Plan Maestro de Vialidad y Transporte publicado por el XX Ayuntamiento de Mexicali (2011), en él se vislumbra la necesidad de enfocarse en la instrumentación de políticas y proyectos para mejorar las condiciones de movilidad. Así mismo se identifica como parte de la problemática del transporte y la movilidad y accesibilidad a lo siguiente; el incremento sostenido de capacidades en las rutas troncales y alimentadoras de la estructura vial de la ciudad; la necesidad de mejorar el equipamiento urbano disponible, en materia de pavimentos, aceras y embarcaderos de transporte público.

Con lo anterior se identifica que la idea de la ineficacia con la que se desplazan los ciudadanos por cuestiones de equipamiento urbano y estructura vial; por otro lado, en materia de planeación se reconoce también la necesidad de establecer estudios que permitan conocer el impacto que las políticas generan en el contexto urbano y social y lo imperioso de mejorar las condiciones de fluidez, permeabilidad y accesibilidad.

Así mismo es importante mencionar que dentro de los problemas relacionados con el sector transporte declarados por el XX Ayuntamiento de Mexicali (2011) se encuentran otros en relación a la estructura urbana de los distintos sectores urbanos que componen la ciudad de Mexicali. En términos de diseño urbano se observa una condición de falta de armonía o comunicación entre las distintas formas de traza urbana que componen el tejido urbano de la ciudad. Lo anterior se basa en que los esquemas urbanos incide en un esquema urbano impermeable, es decir, la ausencia de condiciones de continuidad dentro de los desarrollos urbanos proyectados. De igual forma lo anterior viene a impactar en la falta de continuidad de la estructura vial.

Lo planteado permite reconocer que existen problemas de articulación de la red vial de la ciudad en materia de calidad y cobertura del equipamiento e infraestructura disponible, lo cual genera una condición de inaccesibilidad en las distintas jerarquías viales con las que cuenta la ciudad, sean corredores troncales, vialidades alimentadoras y calles tanto secundaria como terciaria.

También otro problema relacionado al sector transporte en la ciudad de Mexicali Baja California es a nivel de planeación, ya que se sigue dando prioridad al aumento de las capacidad de la red vial en vez de diversificar las opciones para desplazarse en la ciudad; el transporte privado sigue siendo la opción de primera mano en Mexicali, parques vehiculares viejos, red de transporte público con baja accesibilidad, falta de coordinación entre los distintos órdenes de gobierno y la población; falta de promoción de sistemas multimodales de transporte.

En resumen, la problemática antes expuesta deja ver que los esquemas de planeación urbana si bien cuentan con los medios para aplicar estudios y obtener información; en materia de accesibilidad se reconoce que no hay estudios e información que ayuden a comprender la relación que guarda el transporte público, la infraestructura y del funcionamiento de la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali, ya que si bien si contemplan en materia de accesibilidad y sustentabilidad esto se queda en el discurso , pero no s e desarrollan herramientas o modelos de contingencia de acuerdo a la información obtenida.

Por lo tanto, uno de los principales problemas es que dentro del contexto de la planeación urbana en la ciudad de Mexicali se detecta la ausencia de una herramienta que permite medir las condiciones de accesibilidad espacial y conectividad con la que funcionan actualmente las redes de transporte público. Lo anterior impide conocer los impactos que ponen que generan dichas líneas de acción respecto a la planeación del sector transporte, mientras que se pone en riesgo la sustentabilidad de la ciudad y la salud de sus habitantes.

Un sector que tiene el potencial de generar impactos favorables para la sustentabilidad en la ciudad de Mexicali es el transporte público que está compuesto por líneas de autobús público de ruta, autobuses privados que dan servicio de transporte a empresas maquiladoras, taxis libres y de ruta. En contexto de una visión general de la problemática del sector transporte y la movilidad dentro de la ciudad se observa el impulso de políticas enfocadas en el mejoramiento de las redes

viales, semaforización, mejora funcional de la red de transporte público y renovación de las unidades de transporte público, mientras que las problemáticas que afectan de fondo las condiciones de movilidad y transporte que se presentan en el entorno urbano son similares a las que se han detectado a nivel internacional y nacional como por ejemplo: dependencia de medios de transporte privados y motorizados, inversión a obras de infraestructura urbana mismas que favorecen la movilización por medios privados motorizados, aumento en las capacidades de las redes de transporte, cabe aclarar que para el presente estudio se ha de enfocar únicamente en el análisis de las redes de transporte público por autobús.

Dentro del análisis de la estructura urbana en la ciudad de Mexicali cuenta con una configuración de distintos usos de suelo entre los cuales destacan los siguientes usos: habitacional, comercio y servicios, industrial, mixto, comercial, infraestructura, servicios y almacenes, equipamiento, áreas verdes. (XX Ayuntamiento de Mexicali, 2011).

2.6 Fuentes de información

Para el desarrollo de la presente investigación la fuente primaria de información la conforma el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali a través del Plan Maestro de Vialidad y Transporte, la actualización del año 2011. Dentro del documento señalado se procederá a hacer consulta y extracción de información de la planimetría, en específico de los planos de las rutas de transporte público por autobús, así como la ubicación de los embarcaderos de las mismas rutas en relación con los nodos viales que forman parte de la ruta exprés.

3. Caso de estudio

3.1 Movilidad y transporte

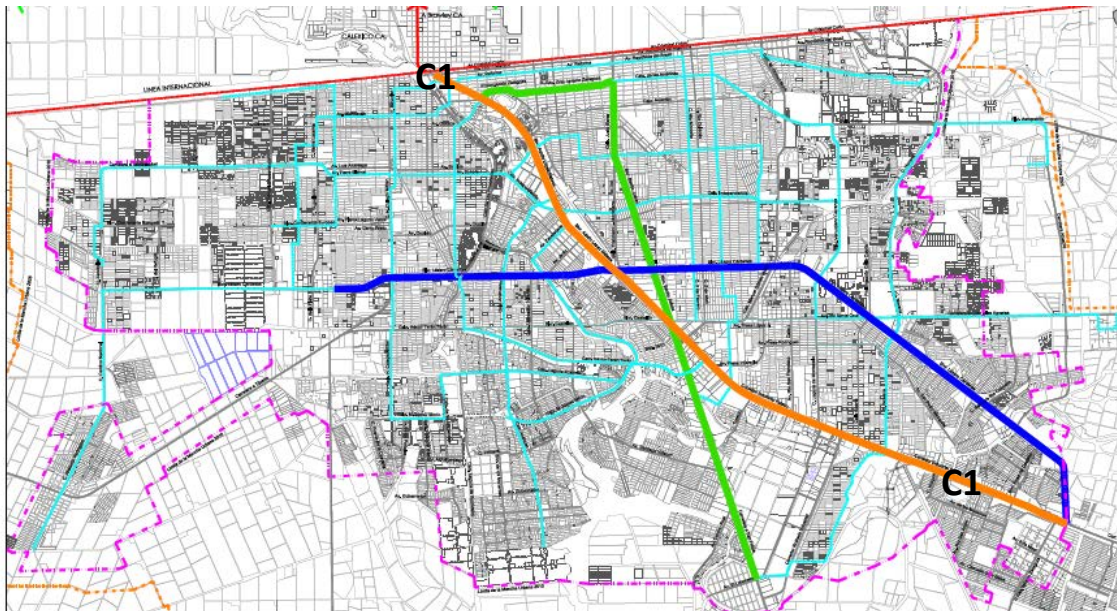
En el municipio de Mexicali en el año 2003 se realizan 1, 815,768 viajes diarios de los cuales 184,768 viajes son efectuados en transporte público por medios de autobús y taxis los cuales representan el 10% de los viajes realizados en la modalidad del transporte público; para el año 2009 se realizan 2, 090, 979 viajes de los cuales solo 186, 046 son hechos en el sistema de transporte público y representan el 9%. Lo anterior contrastado con el 91 % de los viajes realizados por medios de transporte privados pone de manifiesto que las opciones de transporte

público disponibles actualmente en la ciudad no representan una opción atractiva, cómoda y segura para la ciudadanía (XX Ayuntamiento de Mexicali, 2011; p.22).

Los aspectos anteriores en el orden económico se buscan complementar en una perspectiva de las condiciones de la estructura vial disponible en la ciudad de Mexicali, la cual de acuerdo con el XX Ayuntamiento de Mexicali (2011) sostiene que es suficiente, sin embargo señalan que la problemática reside en falta de una jerarquización vial, así como en sistemas de transporte primarios y secundarios, entiéndase por sistemas primarios aquellos que mantienen recorridos sobre vialidades primarias, mientras que los sistemas secundarios tiene rutas que recorren las vialidades secundarias y vienen a articularse con los sistemas de transporte primarios. Por otro lado, la falta de continuidad en la traza vial en ocasiones ocasiona una falta de permeabilidad en la traza vial lo que se traduce en una mayor distancia y tiempo por recorrer así como un mayor consumo de recursos, así como una condición de merma en términos de accesibilidad.

Dentro de la estructura vial, se cuenta con tres corredores troncales el primero es el C1 Blvr. López Materos- Blvr. Gustavo Vildósola (Corredor Palaco); C2 Blvr. Lázaro Cárdenas y C3 Reforma- Justo Sierra- Benito Juárez- Carr. a San Felipe. Para efectos del presente estudio se opta por el C1 (López Mateos- Corredor Palaco). Dicha ruta troncal cuenta con una longitud de 19.40 kilómetros; la jerarquía de dicho corredor es de vialidad primaria al igual que suburbana-regional, ya que forma parte de la red carretera. Está compuesta por 8 nodos viales principales en su recorrido, tiene 1 nodo principal en proyecto, cuenta con 11 nodos secundarios existentes y 3 nodos secundarios en proyecto. En complemento a lo anterior, dentro del documento del plan maestro de vialidad y transporte se destaca la importancia de la adecuación de una ruta exprés y la ubicación de un nodo viales y secundarios son indicadores de la jerarquía a nivel urbano que se tiene a lo largo del corredor.

Figura 3. Vialidades o ejes troncales

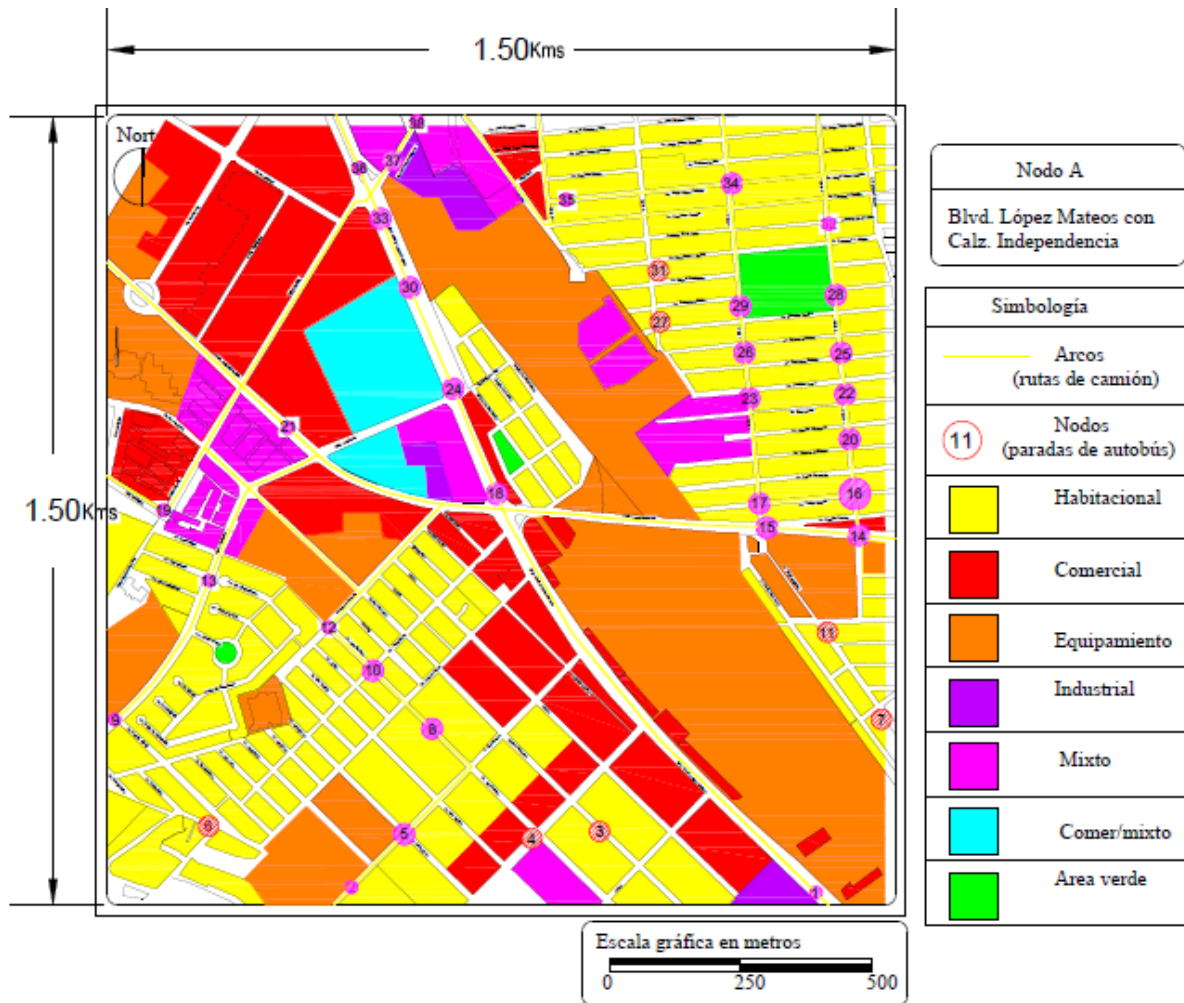


Fuente: XX Ayuntamiento de Mexicali (2011)

A lo largo del C1 (Corredor López Mateos- Palaco) se van a seleccionar los siguientes nodos viales principales con base en XX Ayuntamiento de Mexicali (2011) representado en la Figura 2 con una línea de color naranja:

- Nodo vial A: es el nodo principal actual en la intersección de Blvr. López Mateos con Calz. Independencia.

Figura 4. Uso de suelo en nodo vial A

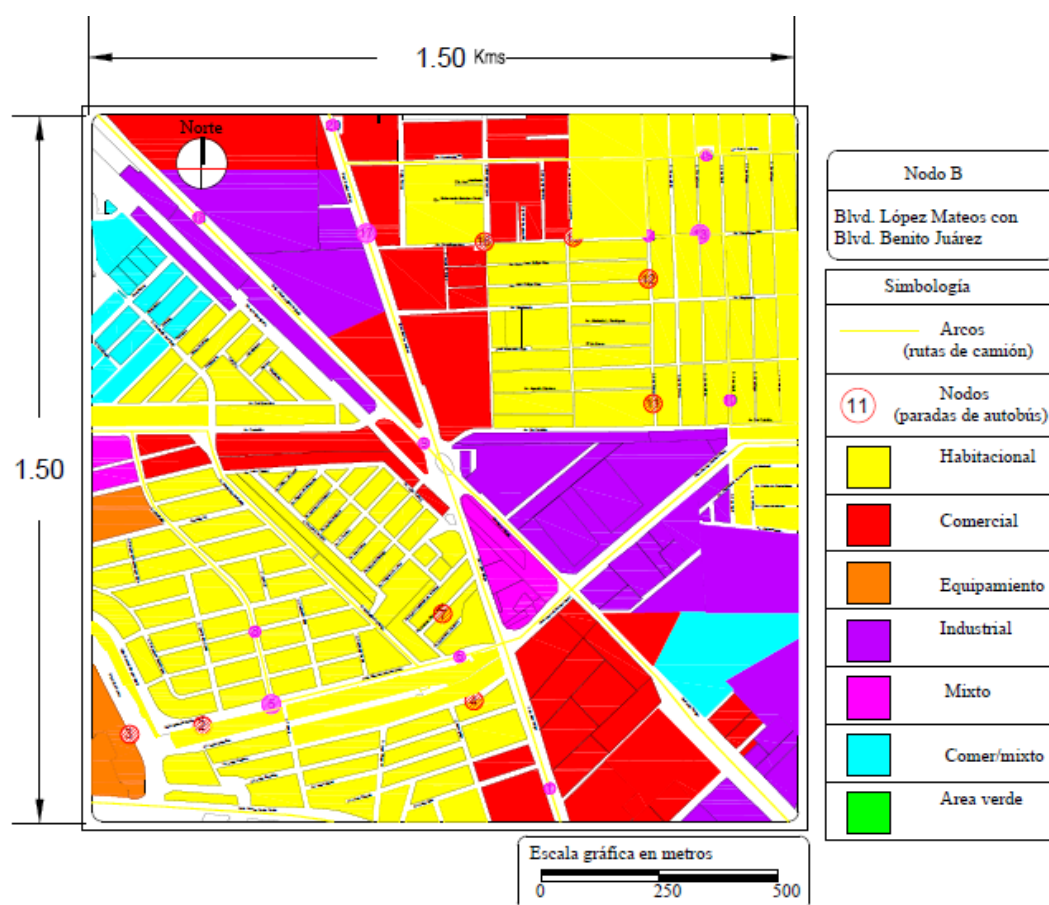


Fuente: Elaboración propia con base en XX Ayuntamiento de Mexicali (2011)

El análisis previo de dicho nodo vial indica que el Blvr. López Mateos mantiene una condición de vialidad primaria, mientras que la Calz. Independencia tiene una jerarquía vial de vialidad alimentadora primaria; dichas vialidades se conectan con vialidades secundarias y terciarias. Dentro de la estructura urbana en las cercanías al Nodo vial A se encuentran actividades de equipamiento como servicios de salud, gobierno, educación e infraestructura. Por otro lado se ven actividades económicas como: servicios, comercio, industria, mixto y finalmente se encuentran también actividades habitacional y áreas verdes. El nodo vial presentado se distribuye la superficie en una área de estudio de 1.5 X1.5 kms lo cual da una superficie de 2.25 kms cuadrados, en esa superficie el uso de suelo habitacional representa un porcentaje de

15.06%, por otro lado en el caso del suelo destinado al comercio cuenta con una superficie de 10.93%, en el área de equipamiento urbano 21.42%; el área destinada al uso industrial representa el 1.2%, por otro lado, el uso de suelo mixto cuenta con 4.8%, el sector de comercios y servicios tiene un 2.62% y finalmente en áreas verdes se cuenta con un 1.02%. Lo anterior indica que en equipamiento urbano es el uso de suelo que abarca la mayor cantidad de superficie disponible; lo anterior puede ser interpretado de la siguiente manera, en ese espacio urbano se concentran hospitales, escuelas, estación de trenes, así como dependencias gubernamentales (XX Ayuntamiento de Mexicali, 2011).

Figura 5. Uso de suelo en nodo vial B



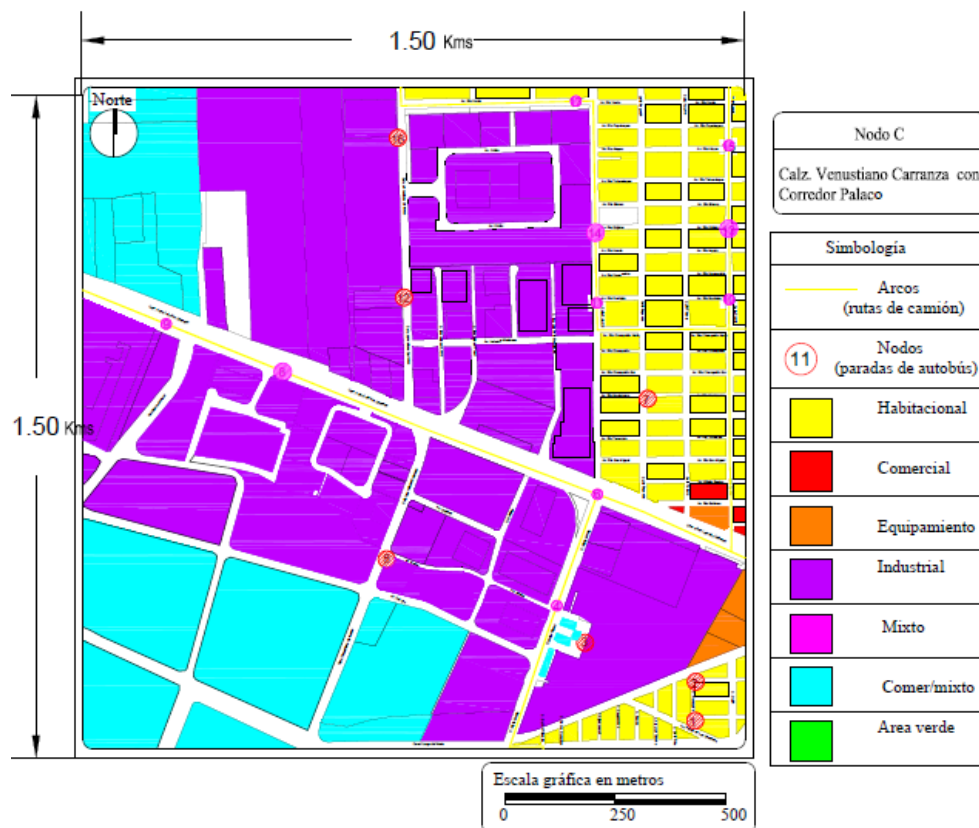
Fuente: Elaboración propia con base en el XX Ayuntamiento de Mexicali (2011)

El análisis del Nodo vial B indica que la condición de jerarquía vial del Blvr. Lopez Mateos mantiene una categoría de vialidad primaria, dicha condición resulta igual para el Blvr. Benito Juárez. Las actividades que se desarrollan en el espacio urbano de acuerdo a los usos de suelo

establecen uso de suelo mixto, comercial, infraestructura, habitacional, industrial, equipamiento, áreas verdes y corredores industriales. La condición del transporte público en dicho nodo vial tiene una influencia de cerca de 10 rutas de transporte público que incluye líneas de taxi y rutas de camión. Los porcentajes en los que se distribuyen los usos de suelo para el nodo vial B son los siguientes: uso de suelo habitacional 47.33% , en el uso de suelo comercial se observa un porcentaje de 18.08%, en el sector de equipamiento urbano se cuenta con una lectura del 1.51%, mientras que en el uso de suelo mixto se tiene una lectura de 1.37%, en el sector de comercio y servicios 4.08%; finalmente en áreas verdes se tiene una lectura de 0% (XX Ayuntamiento de Mexicali, 2011).

- Nodo vial C: es el nodo principal vial ubicado sobre el Corredor Palaco y Calz. Venustiano Carranza.

Figura 6. Uso so de suelo en nodo vial C



Fuente: Elaboración propia con base en el XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

El análisis del Nodo vial C presenta que la vialidad Corredor Palaco tiene una jerarquía vial de primaria, mientras que la Calz. Venustiano Carranza tiene una jerarquía vial primaria por igual. La condición de conectividad e interacción con otras vialidades se mantiene ya que existen tanto vialidades secundarias como Av. Rio San Francisco, C. Topacio, Corredor Robledo Industrial y la Calle Cuarta; todas las vialidades mencionadas tienen una jerarquía vial secundarias. Los usos de suelo observados en dicho nodo principalmente son Industriales, habitacional, comerciales, áreas verdes, infraestructura, mixto y servicios. Con relación a la interacción que guarda el espacio urbano y el nodo respecto al transporte público se aprecian 9 rutas de transporte que influyen en el sitio, sin embargo no hay una ruta que cruce directamente por el nodo vial mencionado. La distribución de los usos de suelo en porcentajes vienen en la siguiente relación: en el uso de suelo habitacional se tiene una lectura de 16.84%, en el uso de suelo comercial se obtuvo una lectura de .022%, en equipamiento urbano se obtiene un 6.66%, en el sector industrial se cuenta con un porcentaje de 52.71%, en el uso de suelo mixto existe un porcentaje de 0%, comercio y servicios tiene una lectura de 20.35% y en área verde una lectura de 0%. (XX Ayuntamiento de Mexicali, 2011).

4. Aplicación del estudio y análisis

Para la realización del presente estudio se requirió de cierta información, por ejemplo la ubicación de las paradas de autobús, de igual manera un plano que contenga las rutas de transporte público por autobús en la ciudad de Mexicali, B.C. Dicha información se encontró disponible en el Plan Maestro de Vialidad y Transporte (XX Ayuntamiento de Mexicali, 2011).

En la siguiente etapa se procedió a elaborar los grafos de los nodos viales Blvr. López Mateos con Calz. Independencia; Blvr. López Mateos con Blvr. Benito Juárez y Corredor Palaco con Calz. Venustiano Carranza. Los nodos viales mencionados anteriormente fueron convertidos en grafos bajo el enfoque propuesto por Cardozo, Gómez y Parras (2009). Uno de los factores que influyeron para su selección es que dichos nodos figuran en los planos de estructura vial de la ciudad de Mexicali B.C. como nodos viales principales debido a su cercanía con sectores urbanos de alta jerarquía los cuales cuentan con usos de suelo como equipamiento, servicios, comercios, industria, etc. Una vez seleccionados los nodos viales, se obtuvo la información de las rutas del transporte público por autobús en el plano de las rutas actuales de camiones y taxis, se depura la información relacionada a rutas de taxis para dejar únicamente la información

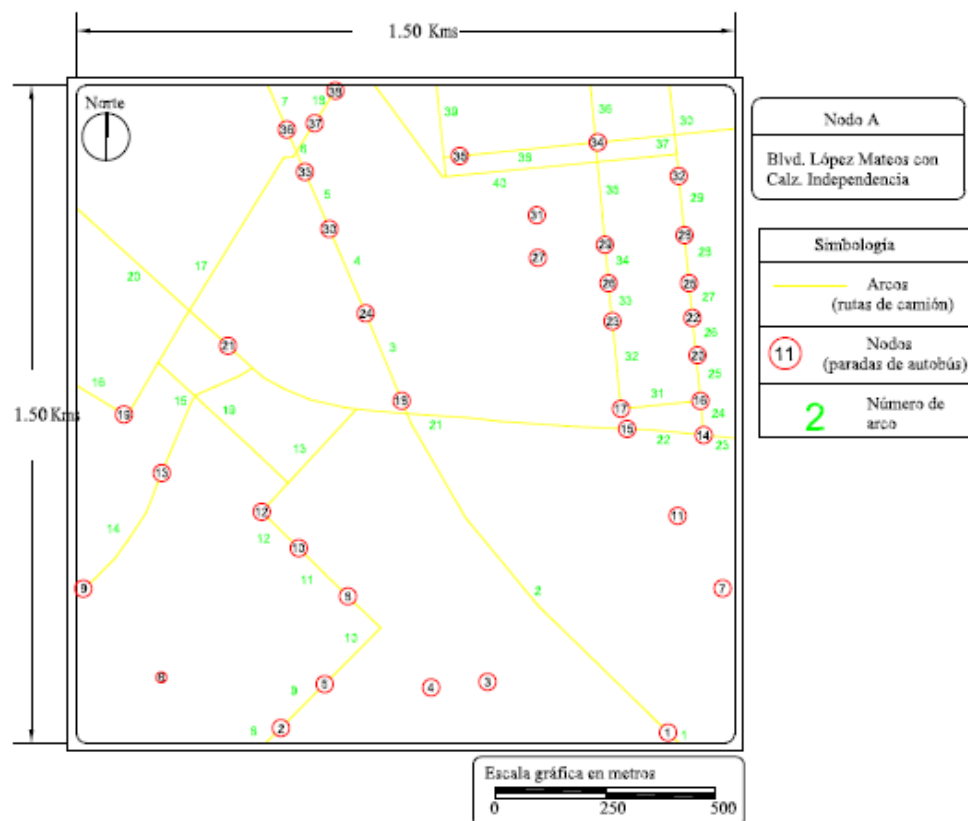
relacionada al transporte público por autobús, dicha información consultada en plano representan arcos, mientras que los nodos con los que se conectan dichos arcos son representados por las paradas de autobús (Cardozo, Gómez y Parras, 2009; XX Ayuntamiento de Mexicali, 2011).

Una vez realizados los grafos, se prosiguió a realizar las matrices para la integración de dicha información en la cartografía, la matriz con la que se inicia es la matriz de conectividad; la cual sirve de base para la elaboración de la matriz de accesibilidad y finalmente se terminan de desarrollar los índices propios de la teoría de grafos (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

4.1 Aplicación, análisis y resultados del nodo vial A Blvr. López Mateos con Calz. Independencia

A continuación se presenta la representación del grafo de la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali Baja California, correspondiente al nodo vial A (Blvr. López Mateos con Calz. Independencia).

Figura 7. Grafo del nodo vial A



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

4.1.1 Mediciones de conectividad o cohesión de la red del nodo vial A

El primer apartado se realiza la medición de la conectividad o cohesión de la red, es decir, el grado de comunicación recíproca que existen entre los nodos que compone el grafo. En la siguiente tabla se indican los valores calculados para cada índice.

Tabla 3. Medidas globales de conexión del nodo vial A

Índice	Valor
Índice β	1.0526
Máximo de β	703
Número ciclomático μ	3
Número máximo de circuitos	66
Índice α	4.54%

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011)

De lo presentado anteriormente se interpreta que el Índice β con un valor de 1.0526 supera el valor establecido de 1 como un mínimo; por lo tanto, el grafo estudiado representa una red compleja. El valor anteriormente planteado Índice β comparado con el Máximo de β que es un valor “ideal” de 100% de conectividad en la red señala que la red funciona en un 0.1497% de conectividad respecto al Máximo de β . Por otro lado el número máximo de circuitos que se calcularon para la red, al cual corresponde el Número ciclomático μ fue de 3 comparado con el número máximo de circuitos de la red, el cual representa un valor ideal del 100%, con los presentes datos se calcula el índice α y presenta que la red trabaja en un 4.54% sobre el valor máximo de circuitos disponibles, lo cual indica una baja capacidad de conectividad en materia de circuitos empleados (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

4.1.2 Medidas de accesibilidad y centralidad del nodo vial A

Después de la elaboración de la matriz de conectividad se obtienen datos como los nodos pertenecientes al grafo con mayor y menor conectividad. El nodo con mayor conectividad del grafo es el nodo 16 con 3 conexiones. Ubicado en Calle J esq con Av. Felipe Martell. Por otro lado los nodos 37, 33, 30, 29, 28, 26, 25, 24, 23, 22, 20, 18, 17, 15, 14, 10, 8 y 5 le siguen con 2 unidades de conexión; posteriormente el nodo 38, 36, 35, 34, 32, 21, 19, 13, 12, 9, 2 y 1 cuentan con solo 1 unidad de conexión; finalmente los nodos 31, 27, 11, 7, 6, 4 y 3 no tienen ningún

valor de conectividad, es decir, no se encuentran conectados a la red de transporte público por autobús de la ciudad (Ver tabla 4).

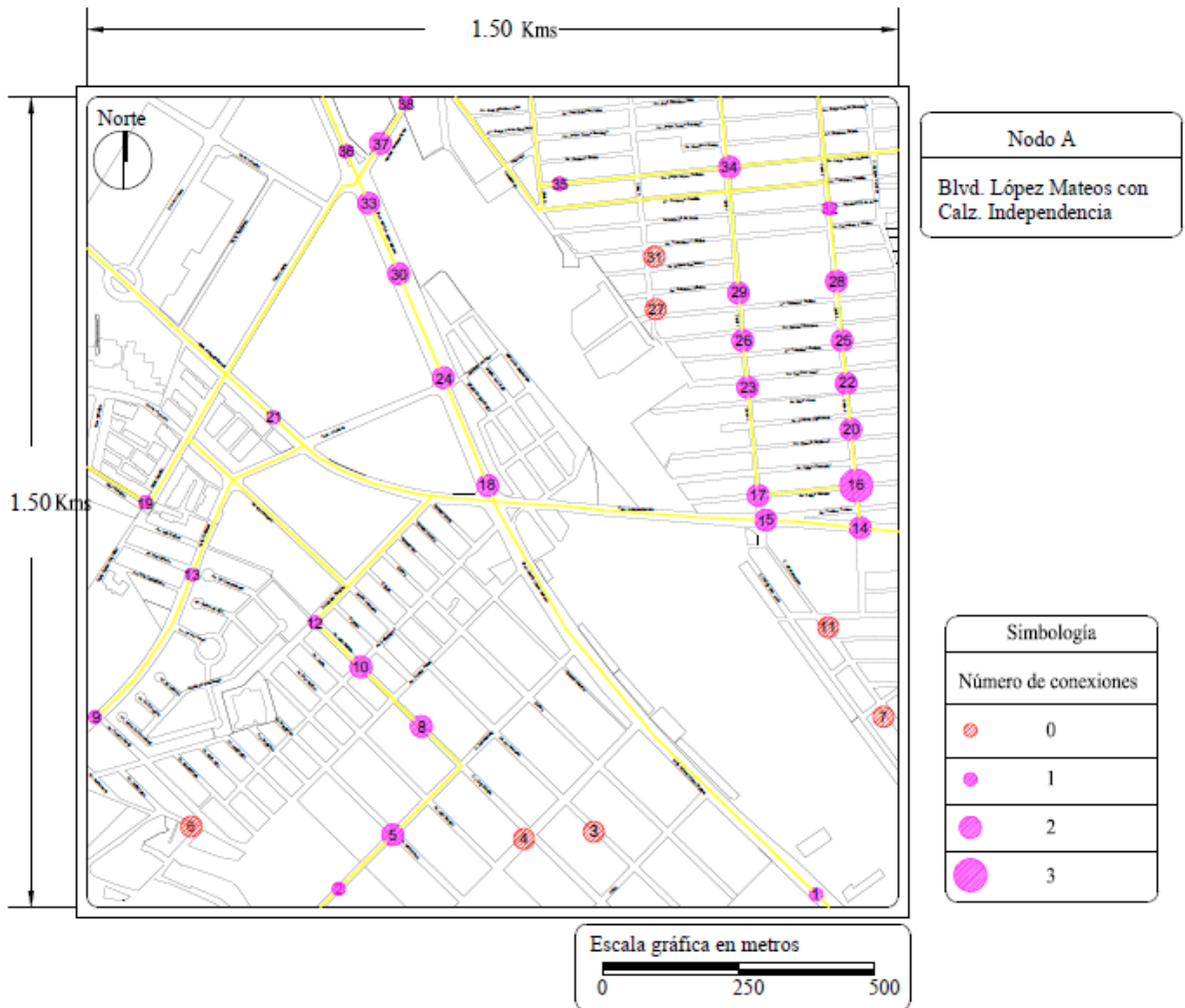
Tabla 4. Identificación de nodos y número de conexiones en la red del nodo vial A

Id. Nodos	Id. Suma
16	3
37	2
33	2
30	2
29	2
28	2
26	2
25	2
24	2
23	2
22	2
20	2
18	2
17	2
15	2
14	2
10	2
8	2
5	2
38	1
36	1
35	1
34	1
32	1
21	1
19	1
13	1
12	1
9	1
2	1
1	1
31	0
27	0

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

A continuación se presenta en el siguiente plano la distribución de las paradas de autobús presentes en la red, los arcos que los conectan así como el número de conexiones expresados gráficamente.

Figura 8. Suma de conexiones en nodo vial A



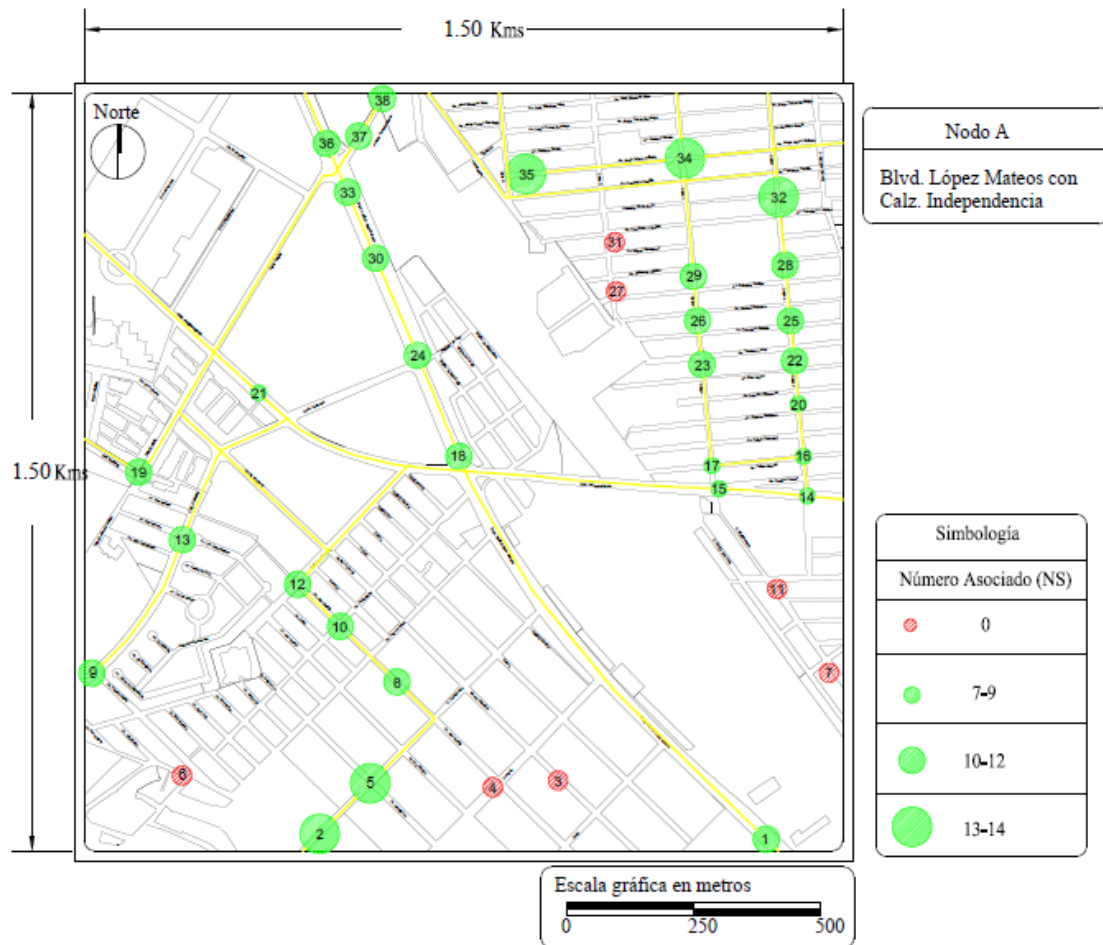
Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la figura presentada se observa que los valores más altos de conectividad están presentes en la red se encuentran en el sector Norte, Noreste de la red, si se toma como un punto de referencia la calzada independencia. Mientras que al suroeste del grafo se encuentran los sectores con menor grado de conectividad.

En materia de análisis de accesibilidad, el numero asociado (NS) arroja información clara en términos de distancias por recorrer dentro del grafo. Por lo que el valor del NS es inversamente proporcional a la accesibilidad topológica dentro de la red o grafo. A continuación

se presenta una figura en la que se ubican los valores del NS calculados (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

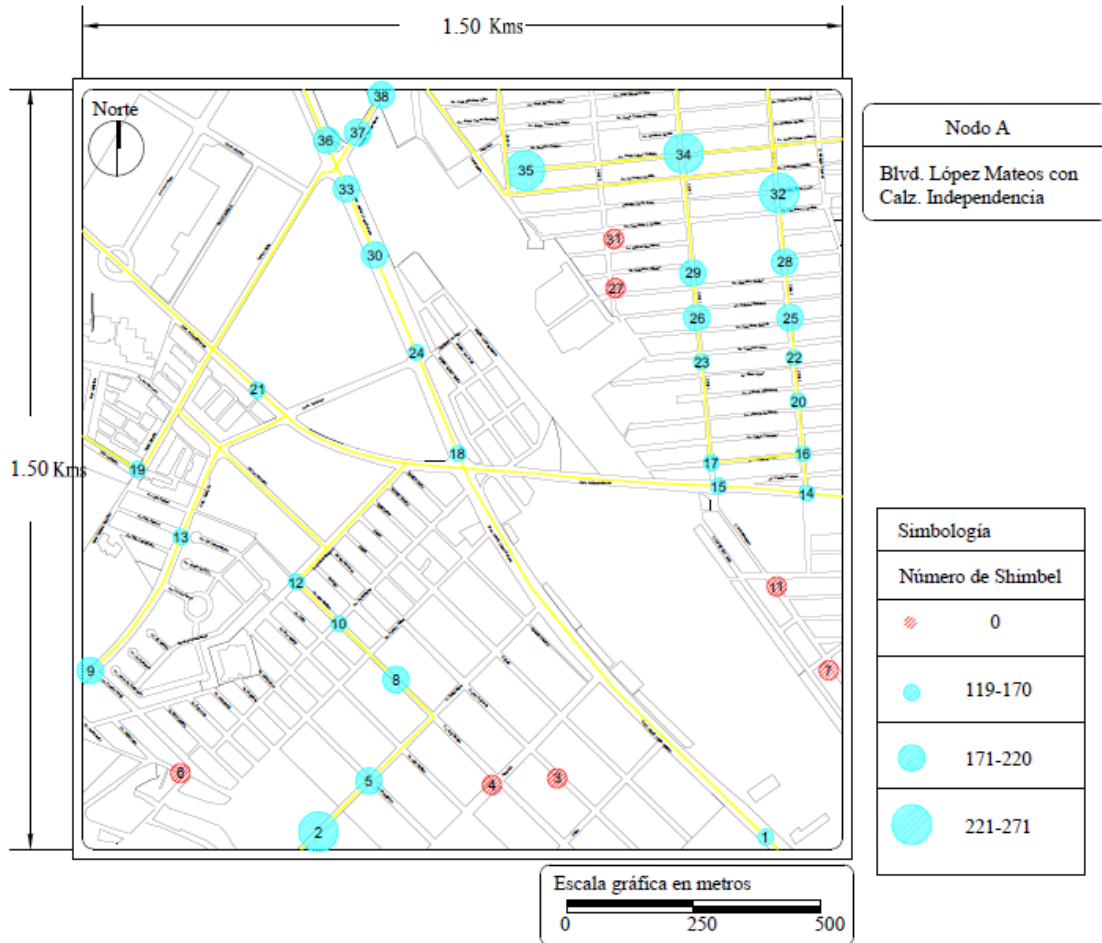
Figura 9. Número asociado en nodo vial A



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Posterior al análisis de la figura, se aprecia que el sector Norte y Noreste del grafo cuentan con las lecturas que dan un mayor grado de accesibilidad. Mientras que en la periferia Noreste, Noroeste y Sur del grafo se encuentran con una lectura menor de accesibilidad. Los nodos que se encuentran dentro del rango del NS de 7-9 son los nodos: 14, 15, 16, 17, 20, 21; el rango de 10-12 se encuentran los nodos: 1, 8, 9, 10, 12, 13, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 33, 36, 37 y 38. Finalmente en el rango de 13-14 se encuentran los nodos: 5, 32 y 35.

Figura 10. Número de Shimbél en nodo vial A



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Como se ha mencionado con anterioridad el número de Shimbél se calcula en la matriz de accesibilidad mediante la suma de los valores de distancia topológica presente en todas las celdas de cada renglón a lo cual se da un valor total por renglón. Dicho valor representa el total de distancia que se debe recorrer partiendo de cierto nodo para tener interacción con todos los nodos de la red, por lo que el valor de accesibilidad es inversamente proporcional al valor del número de Shimbél a razón de que con un número mayor se cuenta con menor accesibilidad (Cardozo, Gómez y Parras, 2009). En el plano realizado del número de Shimbél se aprecia que los valores de accesibilidad están ubicados al Este de la red y al Oeste. Un análisis más específico indica que los nodos dentro del rango del número de Shimbél de 119-170 son los

siguientes: 1,10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 37; por otro lado en el rango de 171- 220 se localizan los nodos: 5, 8, 9, 25,26, 28, 29, 30, 33, 36 y 38; finalmente en el rango de 221-271 se ubican los nodos: 32, 34 y 35.

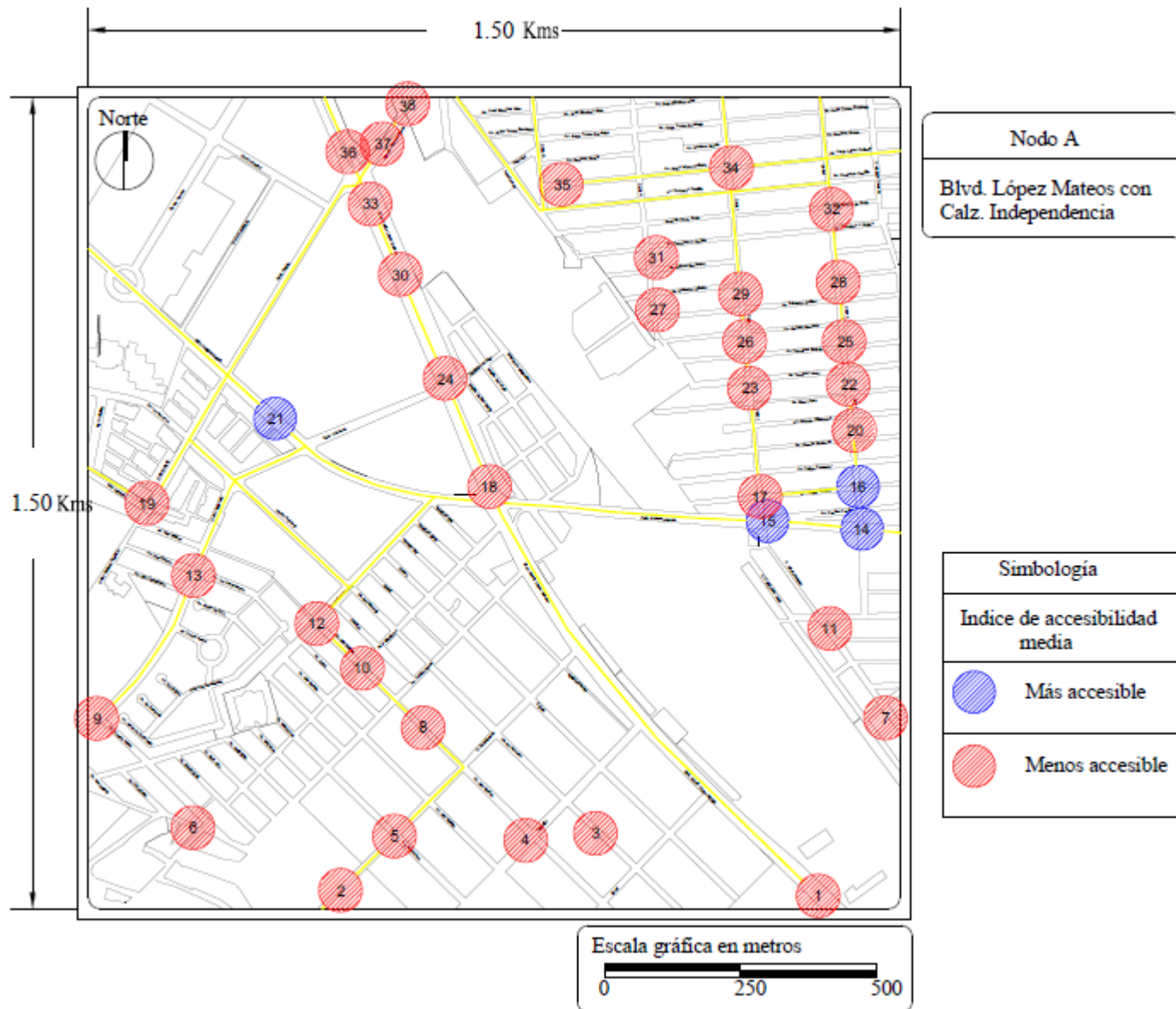
De las medidas anteriores que es el número de Shimbél se puede calcular el índice de dispersión de la red (G), de igual manera que el Índice de Accesibilidad Media (IAM) el cual nos brinda un valor promedio de la red que comparado con el número de Shimbél de cada nodo se puede establecer un diagnóstico de que nodos se encuentran por debajo del valor promedio y cuales están por encima de dicho IAM (Cardozo, Gómez y Parras ,2009). A continuación se presenta la tabla con el Índice G de dispersión y el IAM.

Tabla 5. Medidas globales de accesibilidad del nodo vial A

Índice	Valor
Índice G	5459
IAM	143.66

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y
XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Figura 11. Índice de accesibilidad media en nodo vial A



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la figura presentada se ve que solamente 4 nodos se encuentran por debajo del IAM los nodos 14, 15, 16 y 21 dentro de la red están catalogados como los más accesibles, mientras que el resto cuentan con un valor superior al IAM por lo que son etiquetados como nodos con baja accesibilidad debido a que a razón de un mayor número de Shimbels se cuenta con un mayor de unidades de distancia topológica recorrida para conectar un nodo con el resto de la red. La

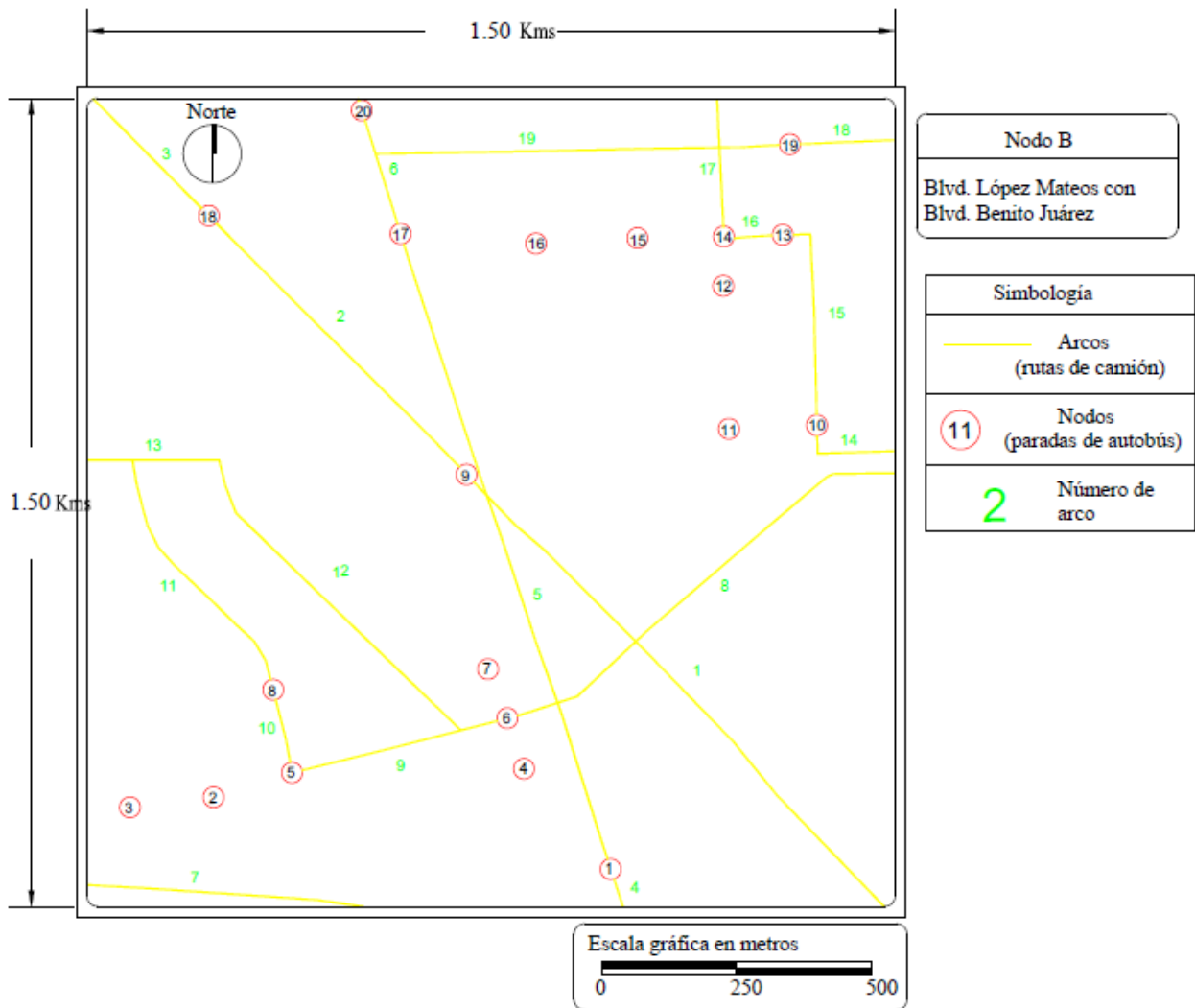
distribución de los nodos más accesibles está dispuesta en el sentido Oeste con un solo nodo el 21 y en orientación Este los nodos 14, 15 y 16.

En resumen después de haber realizado el análisis al nodo A se aprecia que los nodos con un mayor grado de conexión, un NS menor y un Número de Shimbel menor resultan ser los nodos con un mayor grado de accesibilidad. Las características mencionadas con anterioridad las cumplen solamente 4 nodos del grafo correspondiente al nodo vial A y los nodos que cumplen con dichas cualidades son los nodos 14,15, 16 y 21. Lo anterior permite inferir que una red con una mayor conectividad repercute en una red con un mayor grado de complejidad; la cercanía entre nodos expresada por una mayor conectividad debe ser mejorada mediante el aumento de nodos de conexión y a su vez se impacta de manera positiva en la accesibilidad espacial en el mismo grafo (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

4.2 Aplicación, análisis y resultados del nodo vial B Blvd. López Mateos y el Blvd. Benito Juárez.

De misma forma que para el análisis del nodo anterior, primeramente se procede a ilustrar el grafo obtenido del área de estudio propia del nodo vial B (ver figura 11).

Figura 12. Grafo del nodo vial B



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

4.2.1 Mediciones de conectividad o cohesión de la red del nodo vial B

En éste apartado se realiza una medición de la conectividad o cohesión de la red, la comunicación reciproca que se ejerce entre los nodos que componen un grafo. A continuación se presenta una tabla en la que se indican los valores para cada indicador de conectividad.

Tabla 6. Medidas globales de conexión del nodo vial B

Índice	Valor
Índice β	0.95
Máximo de β	190
Número ciclomático μ	0
Número máximo de circuitos	30
Índice α	0%

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la tabla7 se localizan serie de valores tales como el Índice β con valor de 0.95 el cual se encuentra por debajo de 1, lo cual indica que es una red sencilla; mientras que el Máximo de β nos indica la posibilidad de conectividad en un ideal de 100%. Al comparar el Índice β con el Máximo de β se obtiene un porcentaje de 0.5% el cual muestra la capacidad de conectividad con la que funciona actualmente la red. Para el caso del Número ciclomático μ y el Índice α se obtuvo un valor de 0 debido a que tras realizar los cálculos con las ecuaciones pertinentes el número de arcos (19) y el número de nodos (20) al sustituirlos en la formula ($\mu = a - (n - 1)$) arroja como resultado “0”, lo anterior en comparación con el número máximo de circuitos (30) expresa que la estructura del grafo no completa un solo circuito y su porcentaje de capacidad de trabajo al sustituirlo en la fórmula para el cálculo de índice α arroja un valor de 0% (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

4.2.2 Medidas de accesibilidad y centralidad del nodo vial B

En la siguiente tabla se identifican los nodos con los que cuenta el grafo del nodo B, así como el número de conexiones con las que cuenta. Los nodos mejor conectados son los nodos 17, 13 y 5 con 2 conexiones; le siguen los nodos 20, 18, 14, 10, 9, 8, 6 y 1 con una sola conexión; finalmente los nodos 19, 16, 15, 12, 11, 7, 4, 3 y 2 no cuentan con una conexión a la

red de transporte público por autobús lo cual indica que los últimos nodos mantienen una condición de aislamiento (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

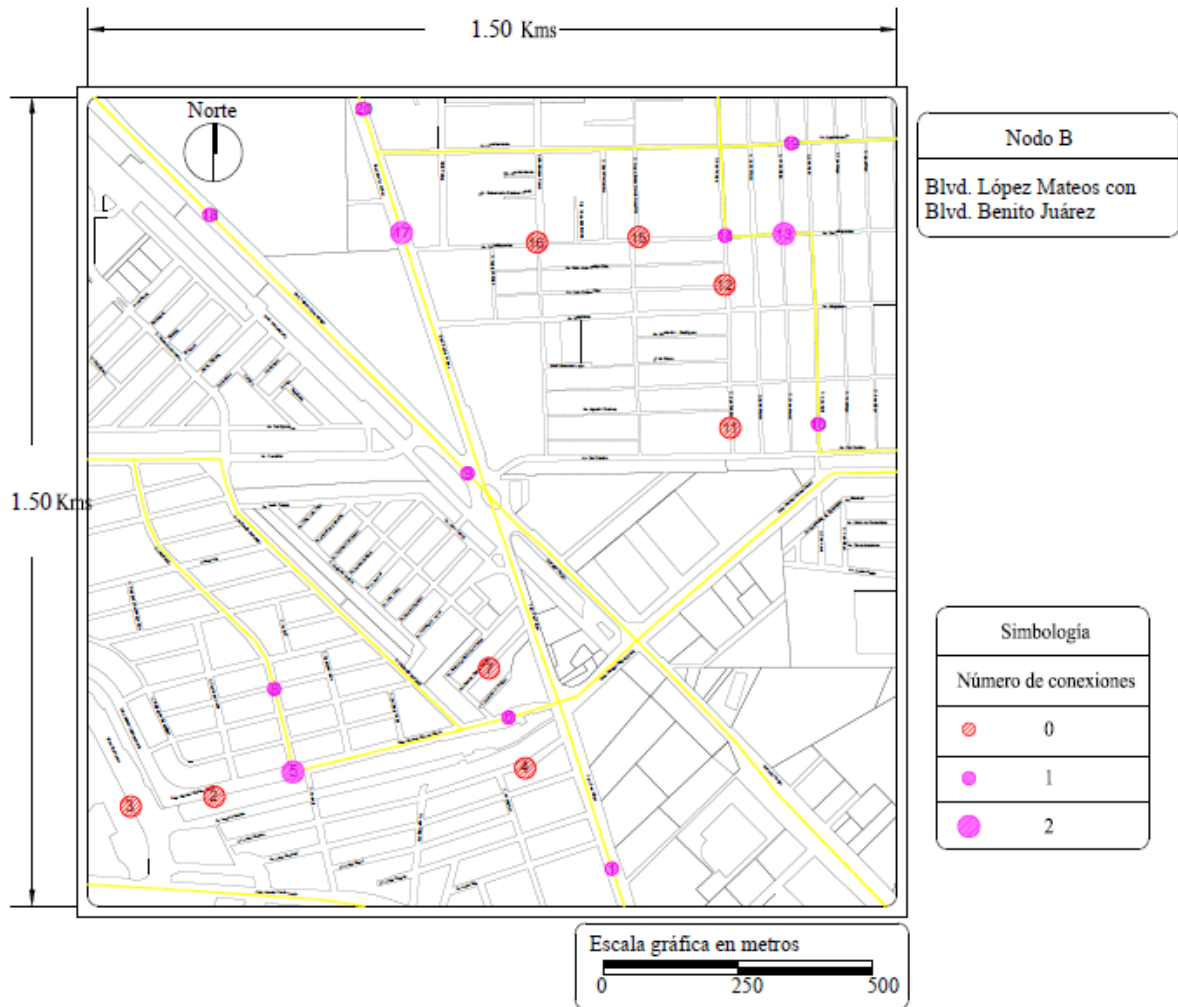
Tabla 7. Identificación de nodos y número de conexiones en nodo vial B

Id. Nodos	Id. Suma
17	2
13	2
5	2
20	1
18	1
14	1
10	1
9	1
8	1
6	1
1	1
19	0
16	0
15	0
12	0
11	0
7	0
4	0
3	0
2	0

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

A continuación en la figura 12 se ilustra la distribución de las paradas de autobús en la red, los arcos que le conectan dentro del contexto urbano.

Figura 13. Suma de conexiones en nodo vial B



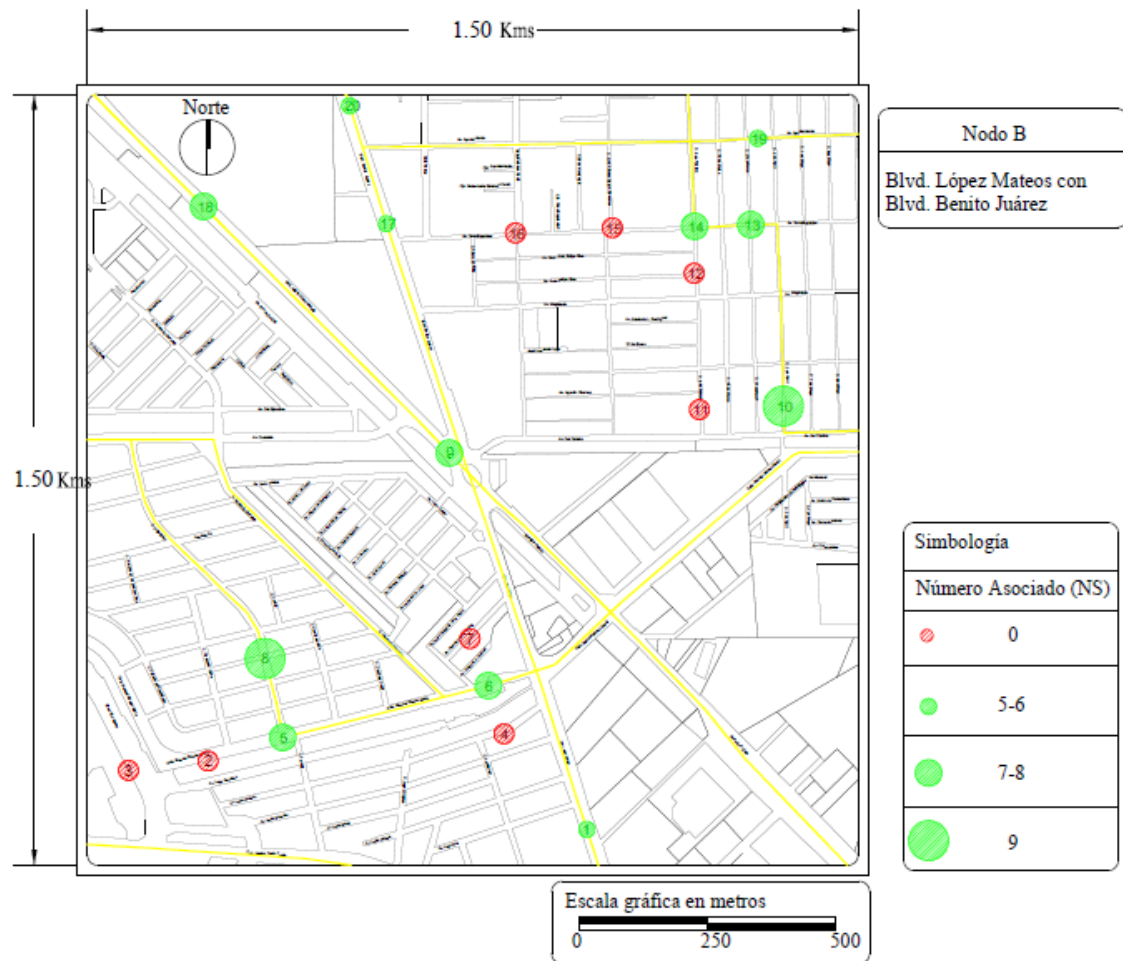
Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

La figura anterior indica los valores más elevados de conectividad referidos a los nodos los cuales están dispuestos en el sentido Este y Noreste y al Suroeste se encuentran algunos nodos conectados, pero con una menor cohesión. En la imagen se aprecia una baja presencia de nodos de conexión y el funcionamiento de la red muestra una condición baja de conectividad.

El análisis de accesibilidad, por medio del número asociado (NS) como se señala brinda un análisis por nodo en el grafo de la distancias máxima que se recorre desde el nodo para comunicarse con el nodo más alejado del grafo. Lo anterior permite hacer la inferencia que a

mayor NS presente en un nodo menor es su grado de accesibilidad en el grafo. La siguiente figura muestra la relación que mantienen los nodos en el grafo en proporción con el NS que se obtuvo en la matriz de accesibilidad (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

Figura 14. Número asociado en nodo vial B



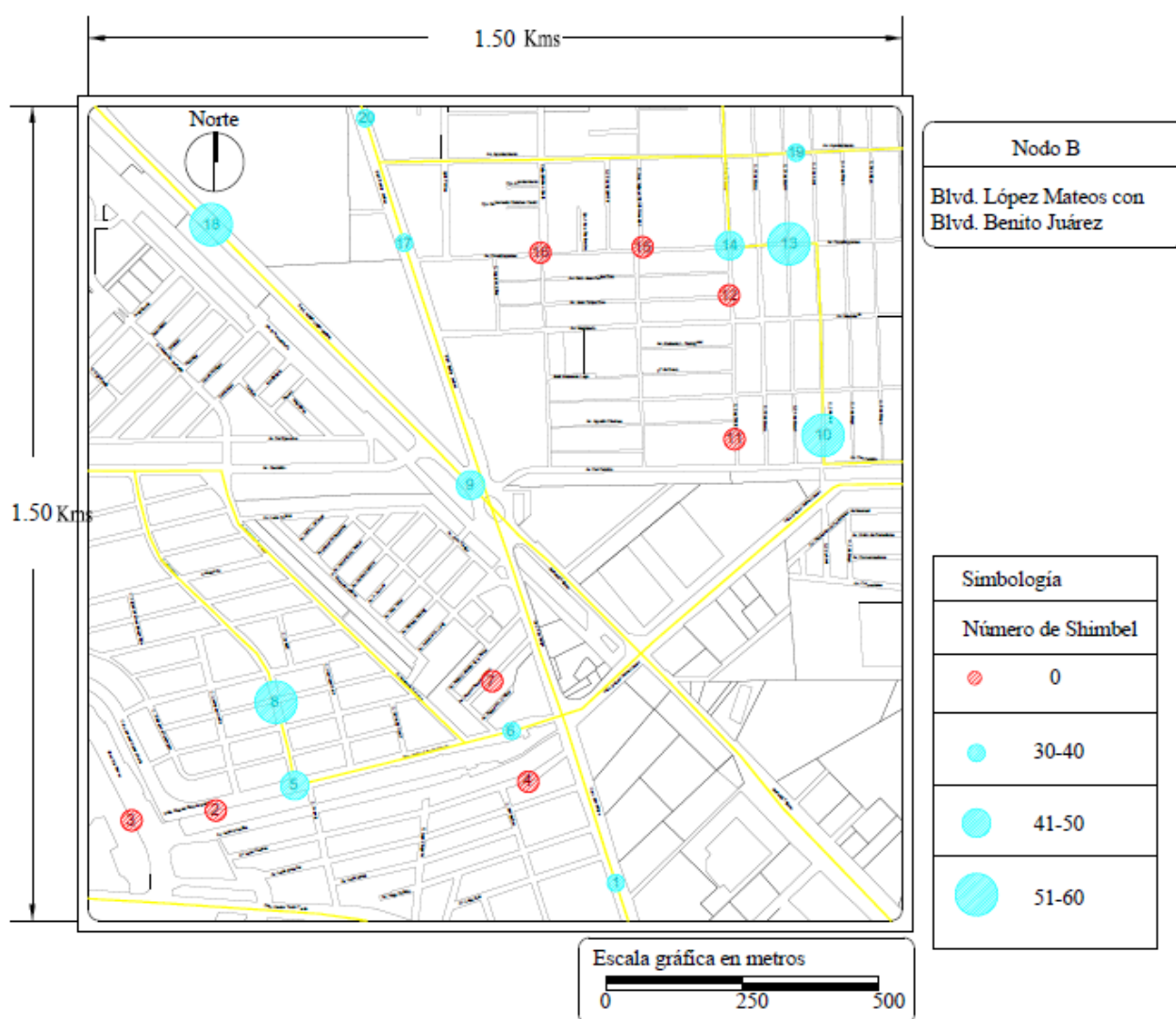
Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

La figura presentada nos indica un comportamiento atípico, debido a que en comparativa con el plano de conectividad los nodos que cuentan con un menor grado de conectividad mantienen una relación baja con el NS sobre todo los nodos 1, 17, 19 y 20; si bien son nodos que se encuentran con una baja conectividad, mantienen un numero asociado bajo lo cual los convierte en nodos espacialmente accesibles. En resumen de lo anterior, el patrón de ubicación

de los nodos accesibles desde el punto de vista del NS se encuentra en el sentido Sur para el nodo 1, en dirección Norte para el nodo 17 y 20 y en el sentido Noreste para el Nodo 19. Los rangos y la relación de nodos se presentan a continuación, el rango NS de 5-6 se encuentran los nodos: 1, 19 y 20; mientras que en el rango de NS 7-8 se ubican los nodos: 5, 6, 9, 13, 14 y 18; finalmente el rango NS de 9 se encuentran los nodos: 8 y 10.

Lo siguiente en el análisis del grafo en materia de accesibilidad es plasmar los datos del número de Shimbel de la matriz de accesibilidad en la cartografía que a continuación se presenta.

Figura 15. Número de Shimbel en nodo vial B



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

El número de Shimbél como se menciona con anterioridad, es obtenido en la matriz de accesibilidad mediante la suma de los valores de la distancia topológica de todas las celdas correspondientes en un renglón de cada nodo. El valor resultante es el total de la distancia que se debe recorrer desde el nodo en cuestión para conectar el nodo con el resto de la red. Por lo tanto, el número de Shimbél al igual que el NS son índices de accesibilidad espacial de los nodos contextualizados en una red; por lo que un número menor es un indicador de un mayor grado de accesibilidad. En el plano presentado se identifican los nodos con un menor número de Shimbél, los nodos 1, 6, 17, 19 y 20 los cuales resultan ser los nodos con mayor accesibilidad espacial, le siguen los nodos 5, 9 y 14 los cuales tienen un valor medio de accesibilidad y finalmente los nodos 8, 10, 13 y 16 que cuentan con el rango más elevado del número de Shimbél e indica un menor grado de accesibilidad espacial. Por último se aprecia que los nodos con mayor accesibilidad se encuentran dispuestos en una orientación Sur, Norte y Noreste (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

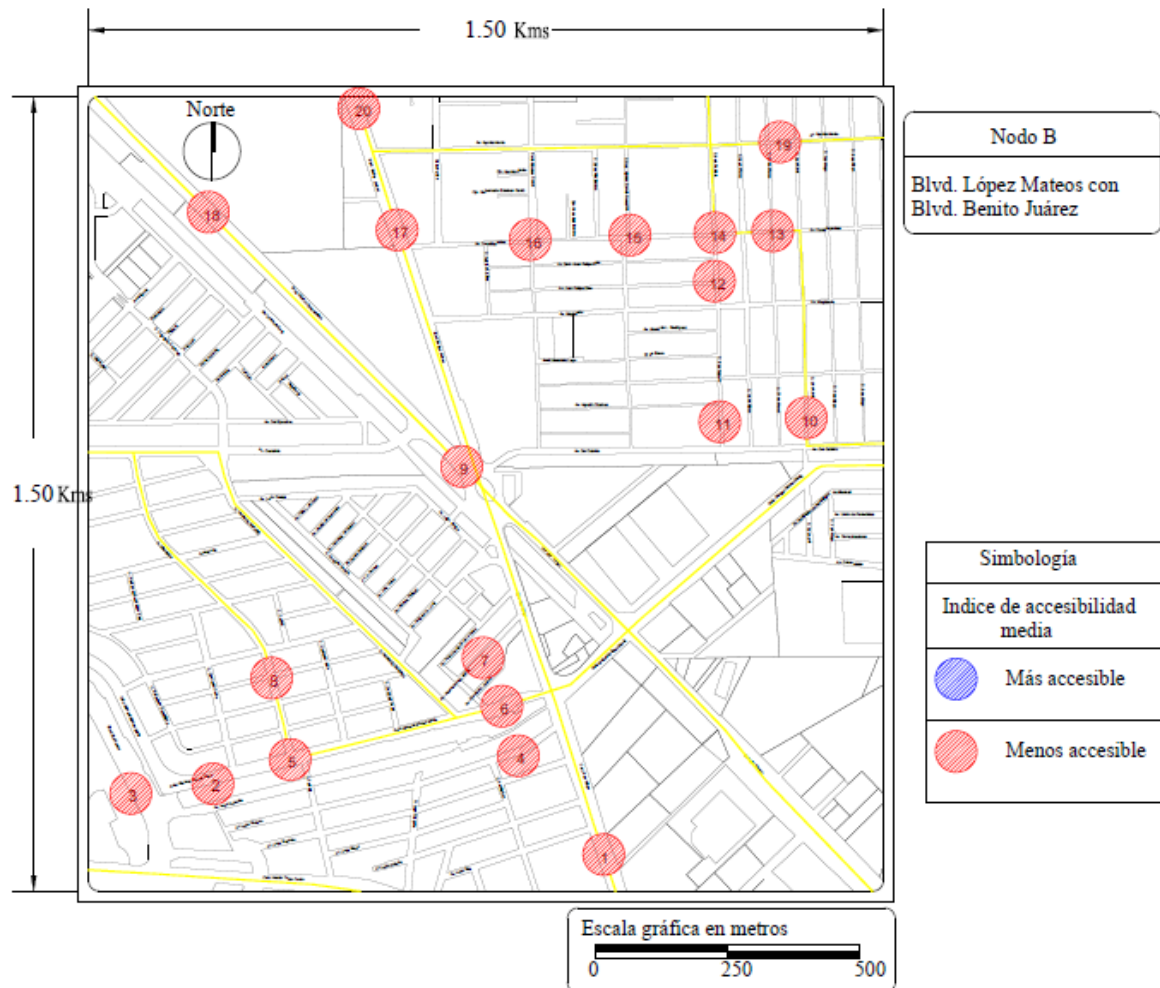
Después de realizar la matriz de accesibilidad se puede calcular el índice de dispersión G de la red, el cual resulta de la sumatoria total de los números de Shimbél del grafo y posteriormente el IAM el cual resulta de la división del índice de dispersión G sobre el número de nodos en el grafo. El IAM permite evaluar cada nodo, respecto a un promedio y así determinar si el nodo es más o menos accesible que el promedio del IAM (Cardozo, Gómez y Parras ,2009). En la siguiente tabla se presentan los índices de dispersión G y el IAM.

Tabla 8. Medidas globales de accesibilidad del nodo vial B

Índice	Valor
Índice G	534
IAM	26.7

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Figura 16. Índice de accesibilidad media en nodo vial B



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

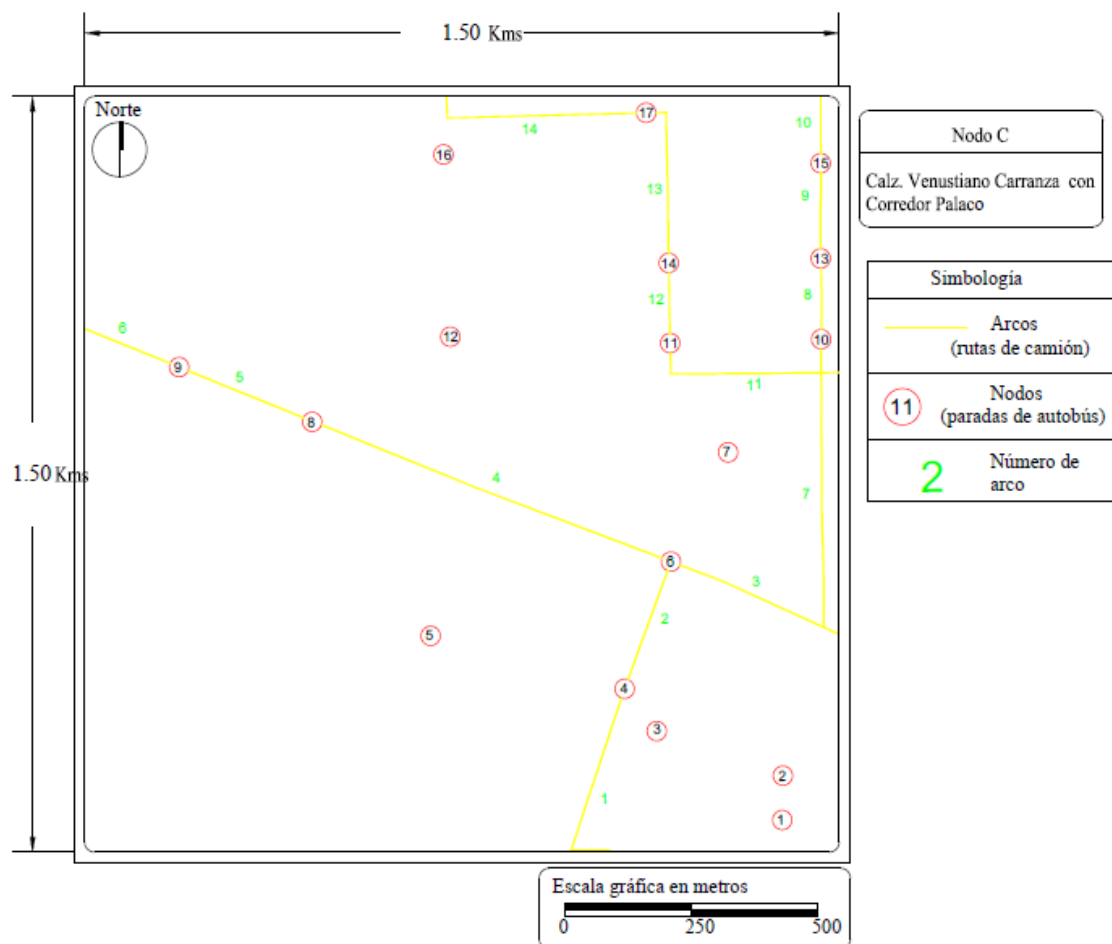
La figura 16 forma parte de una representación gráfica del grafo de la red que fue analizada mediante los números de shimbel de cada nodo en contraste con el IAM de los cuales la totalidad de los nodos superaba el valor promedio del IAM por lo que se encuentran dentro de la categoría de baja accesibilidad. Es decir, la red en su conjunto mantiene unidades de distancia topológicas superiores al IAM, por lo que indica que el grafo en su totalidad mantiene una condición de inaccesibilidad. (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

Para finalizar, el nodo vial B tiene una serie de características que lo hace atípico, en primera instancia se supondría que con una mayor conectividad en los nodos que componen el grafo se tendría una mayor accesibilidad; esa premisa queda descartada en el caso particular del estudio realizado en el presente nodo, ya que los nodos que tienen índices de conectividad bajos obtuvieron las mejores lecturas de accesibilidad. Mientras que en materia de accesibilidad el NS y el número de Shimbel resultaron ser menores, es decir, se obtuvieron lecturas de mayor accesibilidad al Norte, Noreste y Sur de la red; lo anterior va en contra de la premisa en la que se obtendrían índices de mayor accesibilidad al centro de los nodos viales. Finalmente resulta destacada la condición inaccesible que muestra el grafo debido a que ningún nodo que la compone tuvo un valor menor al IAM calculado, es decir, todos los nodos estudiados se encuentran sobre el promedio, lo que indica una condición general de inaccesibilidad espacial (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

4.3 Aplicación, análisis y resultados del nodo vial C Corredor Palaco o Carretera a San Luis con Calz. Venustiano Carranza

El siguiente análisis por realizar es el del nodo vial Corredor Palaco con Calz. Venustiano Carranza. De igual forma que con los nodos viales anteriores, se procede estudiar el grafo obtenido del análisis de la estructura de la red de transporte público por autobús y la ubicación de las áreas de abordaje destinadas.

Figura 17. Grafo del nodo vial C



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011)

4.3.1 Mediciones de conectividad o cohesión de la red del nodo vial C

La información que se presenta a continuación en la tabla 9 está relacionada a la condición de conectividad de la red, es decir el grado de relación que guardan los nodos de los cuales está compuesto el grafo. La siguiente tabla presenta los distintos índices correspondientes en materia de conectividad.

Tabla 9. Medidas globales de conexión del nodo vial C

Índice	Valor
Índice β	0.8235
Máximo de β	136
Número ciclomático μ	-2
Número máximo de circuitos	24
Índice α	-8.3333%

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Los datos recabados de los cálculos presentados en la tabla anterior como el Índice β arroja un valor de 0.8235, valor inferior a 1 lo cual indica una red sencilla. Por otro lado el valor Máximo de β es de 136, dicho valor representa un 100% mientras que el Índice β con un valor de 0.8235 tiene un 0.6055% de conectividad respecto al Máximo de β . Después del cálculo del número ciclomático μ brinda un valor de -2, sin embargo para propósitos de análisis, el número ciclomático μ se refiere al número de circuitos con los que cuenta el grafo en cuestión el valor de dicho valor representa 2 circuitos, mientras que el número máximo de circuitos calculados para la red es de 24 y del cálculo del índice α se obtiene una lectura de 8.33% lo que indica la capacidad de circuitos con la que trabaja actualmente el grafo (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

4.3.2 Medidas de accesibilidad y centralidad del nodo vial C

La tabla 10 contiene la identificación de los nodos que componen el grafo del nodo vial C, así como las conexiones con las que cuenta. Los nodos que cuentan con mayor número de conexiones son los nodos 14, 13, 8 y 6 con 2 conexiones; por otro lado los nodos 17, 15, 11, 10, 9 y 4 tienen una sola conexión y finalmente los nodos 16, 12, 7, 5, 3, 2 y 1 no tienen un valor de conexión.

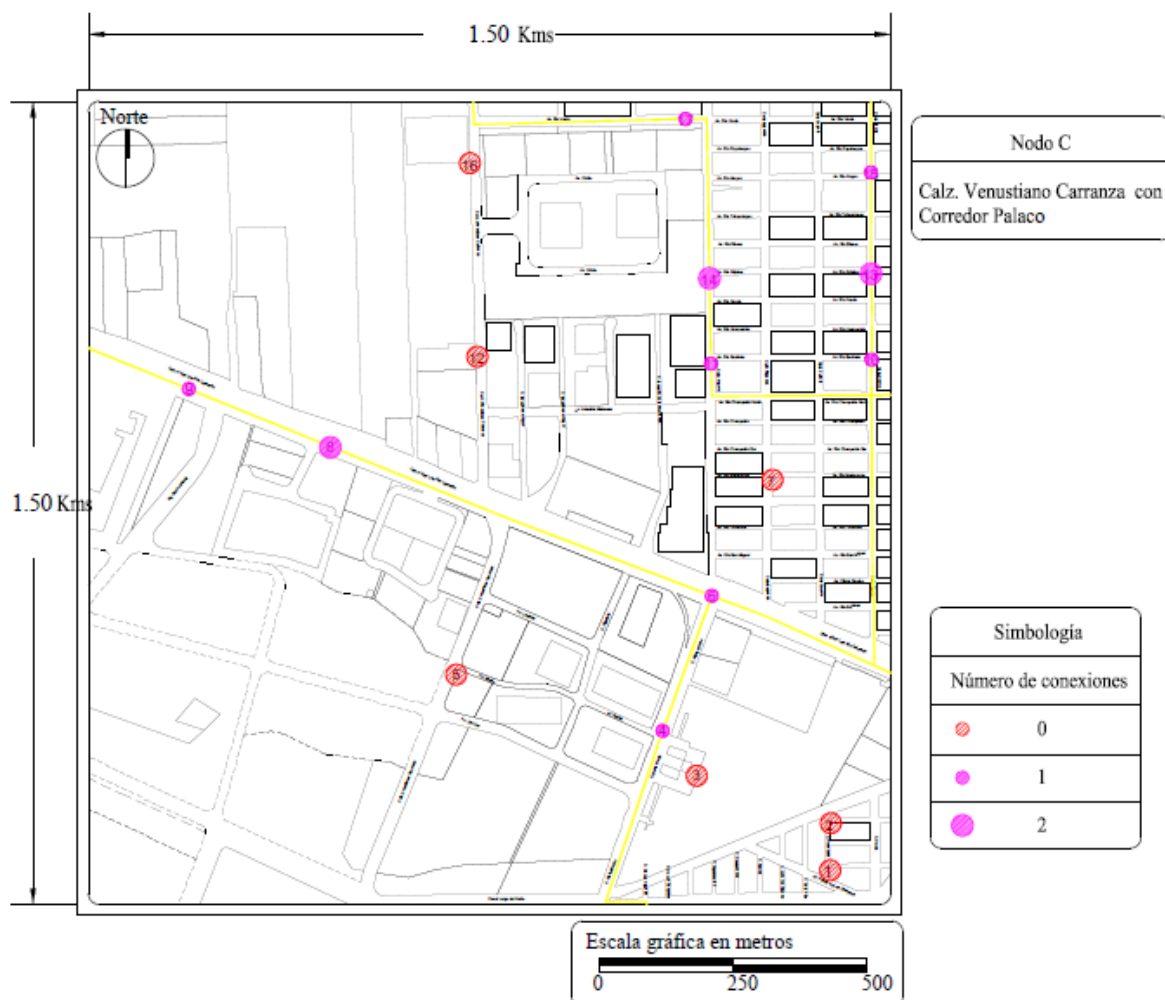
Tabla 10. Identificación de nodos y número de conexiones en la red del nodo vial C

Id. Nodos	Id. Suma
14	2
13	2
8	2
6	2
17	1
15	1
11	1
10	1
9	1
4	1
16	0
12	0
7	0
5	0
3	0
2	0
1	0

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la figura 18 se muestra la distribución de las paradas de autobús en el contexto urbano y una simbología que indica el número de conexiones con los que cuentan.

Figura 18. Suma de conexiones en nodo vial C

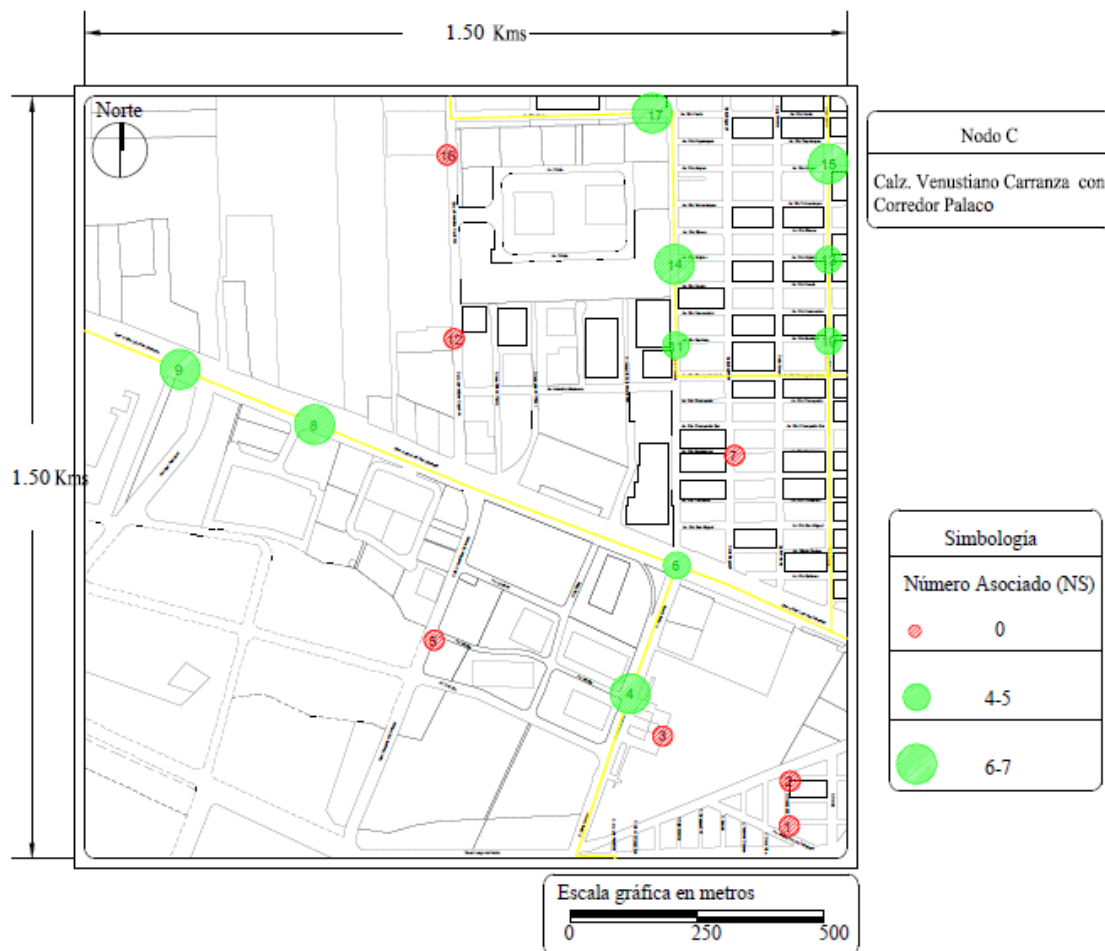


Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la figura 18, se muestra la distribución de los valores mayores de conectividad para los distintos nodos se muestran en el sentido Noreste y Oeste. El resto de la distribución de valores de conectividad mantiene un carácter uniforme con el valor de una conexión, salvo los nodos que se encuentran desconectados de la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali.

Como se ha explicado con anterioridad, después de la realización de la matriz de accesibilidad se obtienen una serie de números o indicadores tales como el NS, el cual señala un valor de distancia máxima expresada en número de arcos recorridos por la ruta más cercana que se ocupan para llegar al nodo más lejano de la red. La siguiente figura (19) plasma gráficamente la distribución del NS en el grafo de la red (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

Figura 19. Número asociado en nodo vial C



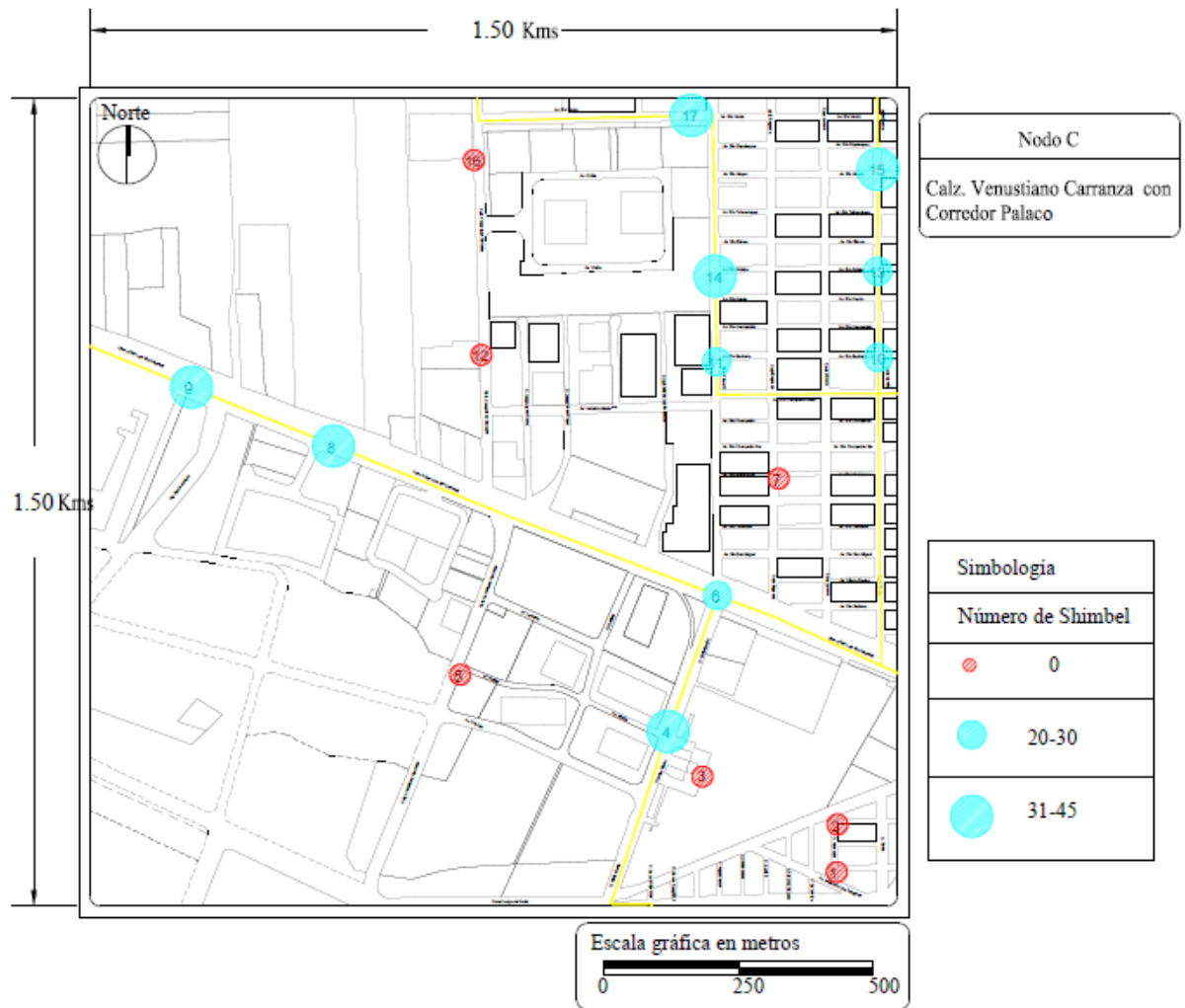
Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

La figura 19 del grafo que se mostró indica que el NS con los menores rangos se encuentra dispuesto en el sentido Este, Noreste; particularmente los nodos 6, 10, 11 y 12 los cuales manejan un rango del NS entre 4-5 de distancias topológicas recorridas para ser conectadas con el nodo más distante del grafo. Por otro lado los nodos 4, 8, 9, 14, 15 y 17 tienen se mantienen

en el rango de 6-7 unidades de distancia topológica y finalmente los nodos 1, 2, 3, 5, 7, 12 y 16 no se encuentran conectados a la red, por lo que tienen una lectura de 0.

En la figura 20 se plasma el número de Shimbel del grafo correspondiente al Nodo vial C, los datos fueron obtenidos de la matriz de accesibilidad.

Figura 20. Número de Shimbel en nodo vial C



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

La figura 20 muestra los numero de Shimbels, mantienen una relación congruente con el NS debido a que la disposición de los índices de los rangos menores que se manejan en el número de Shimbels se encuentran en los nodos 6, 10, 11 y 13 tienen un rango entre 20-30; mientras que los nodos 4, 8, 9, 14, 15 y 17 tienen un rango de 31-45. El último grupo de nodos que se mencionan son los nodos conectados a la red de transporte por autobús menos accesibles y finalmente los nodos 1, 2, 3, 5, 7, 12 y 16 son nodos con una lectura de 0 y son nodos que no se encuentran conectados a la red de transporte por lo que resultan ser nodos inaccesibles (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

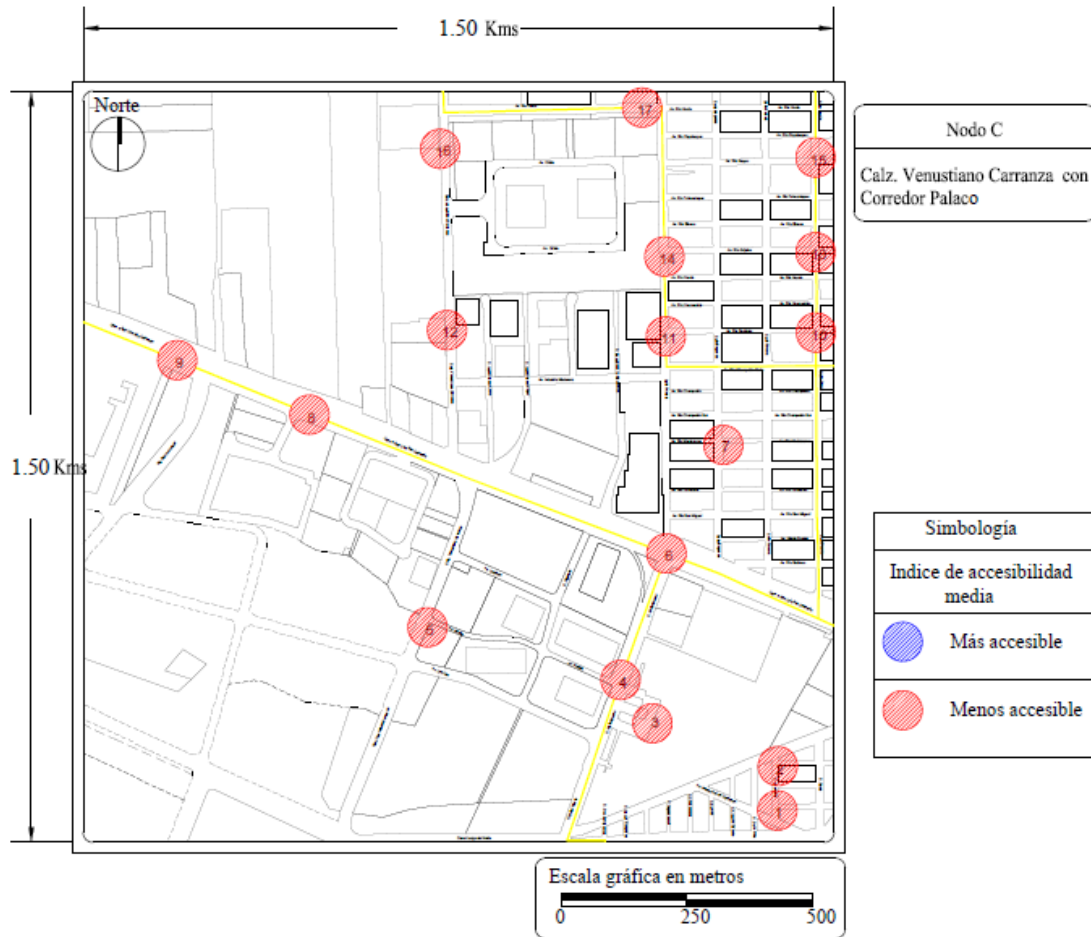
Una vez concluido el análisis de accesibilidad por esos medios, se procede a hacer un análisis global de accesibilidad mediante el cálculo del índice de dispersión G de la red y dicho índice resulta de la sumatoria de todos los números de Shimbels de la red; después se realiza el cálculo del índice de accesibilidad media IAM, el IAM indica el valor de accesibilidad media con el que funciona la red (Cardozo, Gómez y Parras ,2009). En la tabla no 11 se presenta una tabla con los valores calculados del índice de dispersión G y el IAM.

Tabla 11. Medidas globales de accesibilidad del nodo vial C

Índice	Valor
Índice G	324
IAM	19.0588

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Figura 21. Índice de accesibilidad media en nodo vial C



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la figura 21 se presenta el grafo y la comparación que se llevó a cabo de los números de Shimbeld calculados en cada nodo contra el IAM; como se ha explicado con anterioridad el número de Shimbeld mientras menor sea el valor, es más accesible y mientras más elevado sea el número, menos accesible. Una vez aclarado lo anterior el IAM contrastado con los datos de Shimbeld de cada nodo arrojó valores superiores al IAM, lo cual indica que operan sobre el valor medio de accesibilidad y por lo tanto no son accesibles espacialmente, es decir, la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali en la muestra tomada es inaccesible.

Para concluir el análisis nodo vial C mantiene características consistentes en términos de accesibilidad, ya que los indicadores propios de conectividad mantienen relación directa con los nodos con mayor accesibilidad del grafo, es decir, los nodos con mayor número de conexiones

son aquellos que tienen los menores indicadores del NS y el número de Shimbél. A lo anterior se agrega que la distribución de los nodos con un índice mayor de accesibilidad espacial se encuentran dispuestos en el sentido Este y Noreste. Sin embargo la evaluación de accesibilidad de la red mediante el IAM en contraste con el número de Shimbél indicó que toda la red se encuentra por encima del IAM, por lo que espacialmente resulta en su totalidad un grafo espacialmente inaccesible (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

4.4 Análisis comparativo de los nodos viales A, B y C por condiciones de conectividad y accesibilidad.

En el presente apartado se realiza una comparativa de los distintos nodos viales al contrastar los resultados obtenidos en materia de conectividad y accesibilidad. Se presentarán tablas comparativas con los índices de conectividad, los nodos viales con mayor conectividad y los indicadores que componen dicho tipo de medidas así como un análisis de datos medidos en materia de accesibilidad por el índice G y el IAM.

4.4.1 Análisis comparativo de los nodos viales A, B y C por conectividad

A continuación se presenta la tabla 12 para analizar las condiciones de conectividad en comparativa de los tres nodos viales.

Tabla 12. Medidas globales de conectividad en los nodos viales A, B y C

Índice	Valor nodo A	Valor nodo B	Valor nodo C
Índice β	1.0526	0.95	0.8235
Máximo de β	703	190	136
Número ciclomático μ	3	0	-2
Número máximo de circuitos	66	30	24
Índice α	4.54%	0%	8.33%

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los valores del Índice β indican que solamente el nodo vial A mantiene una condición de complejidad en su red, debido a que supera el valor de 1; mientras que los nodos viales B y C representan redes sencillas en rangos de conectividad. Por

otro lado el Máximo de β muestra los numero ideales de circuitos que se pueden obtener en cada grafo analizado, el nodo vial A tiene como un máximo un valor de 703 circuitos, en comparativa con los nodos viales B y C el grafo del nodo vial A muestra que tiene una capacidad de más de cuatro veces de circuitos respecto a los otros nodos viales, por lo que se infiere que existe una mayor capacidad de cohesión en la red de transporte vial existente en el nodo vial A, respecto a los nodos viales B y C. Para efectos de análisis del Número ciclomático μ se observa que el nodo vial A cuenta con 2 circuitos, mientras que el nodo vial B tiene un valor de 0 e indica que la red de transporte público por autobús presente en el nodo vial B no completa un circuito; finalmente el nodo vial C presenta un valor de -2 lo que permite inferir que requiere de mayor numero de arcos y nodos para establecer un circuito conectado. En lo que respecta los máximos de circuitos disponibles en cada nodo vial, el nodo vial A es el que cuenta con una mayor capacidad de ingresar circuitos en su diseño de red con una cantidad de 66 circuitos, mientras que el nodo vial B puede soportar una cantidad de 30 circuitos, mientras que el nodo vial C 24; lo anterior puede ser explicado en medida que una red sea más compleja, puede contar con una mayor capacidad de circuitos, condición que contribuye a la conectividad del grafo. Finalmente en términos de rendimiento entre circuitos en activo en la red y la capacidad de circuitos con la que la red cuenta el nodo vial A tiene una capacidad de 4.54%, el nodo vial B tiene una capacidad de 0% y el nodo vial C tiene una capacidad de aprovechamiento del 8.33%; los datos anteriores desde el punto de vista del diseño de redes presenta al nodo vial C como el que cuenta con una mayor eficiencia en términos de los circuitos en uso y la capacidad de la red (Cardozo, Gómez y Parras ,2009).

4.4.2 Análisis comparativo de los nodos viales A, B y C por accesibilidad

La revisión de los distintos nodos viales por accesibilidad se efectúa mediante un análisis de los IAM de cada uno de los nodos viales, así como el índice de dispersión G. Lo anterior viene acompañado de distintas tablas que permitan conocer la condición de accesibilidad de los distintos nodos que componen el grado de cada nodo vial. A continuación se presentan los índices de accesibilidad media de los nodos viales.

Tabla 13. Comparativa del IAM y el índice de dispersión G en los nodos viales A, B y C

Índice	Valor nodo A	Valor nodo B	Valor nodo C
Índice de dispersión G	5459	534	324
IAM	143.66	26.7	19.058

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la tabla vista con anterioridad se observan los valores del índice G de dispersión y el IAM. Los nodos viales B y C en términos de cantidades de arcos y nodos que componen el grafo son similares, por lo tanto puede establecerse una comparativa entre ellos; en el caso del IAM comparados los dos nodos viales B y C se aprecia que el nodo vial C resulta ser más accesible entre los dos debido a que tiene una menor unidad de distancia topológica promedio por lo que resulta ser más accesible. Para el caso del índice G se observa que el nodo vial C de igual manera es más accesible que el nodo vial B debido a que tiene que recorrer una menor cantidad de arcos para recorrer todos los nodos del grafo, mientras que el nodo vial B se requiere de mayores recorridos. El caso del nodo vial A es particular y no se presta para realizar una comparativa con los otros dos nodos debido a que la configuración tanto del grafo así como la red tiene la categoría de ser una red compleja, los procesos de interacción que se da en el nodo vial A son distintos debido a que la proporción de nodos y arcos presentes en el grafo son distintas a los nodos viales B y C (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

Por otro lado, existen cualidades particulares de cada nodo vial que destacan debido a que si bien los nodos viales B y C en su índice G y AIM tienen una mayor accesibilidad debido a que tienen un valores menores respecto al nodo vial A, en los nodos viales B y C ninguno de los nodos (o paradas de autobús) que componen el grafo tienen una lectura del número de Shimbel menor al IAM, por lo que los nodos viales B y C en su funcionamiento se encuentran por encima del IAM, lo que señala una red inaccesible; sin embargo, la contradicción viene cuando se comparan los nodos viales B y C con el nodo A en los indicadores del índice G y el IAM ya que resultan ser más accesibles, sin embargo una característica que distingue el funcionamiento de la red de transporte público por autobús en el nodo vial A, indica que cuenta con un segmento

de red compleja, por otro lado si en análisis de números el nodo vial A en el índice G y el IAM son mayores a los nodos viales B y C, el nodo vial A en sus algunos de sus nodos por lo que se forma el grafo tienen una lectura del índice de Shimbél menor al IAM por lo que el nodo vial cuenta con paradas de autobús o nodos espacialmente accesibles, mientras que los nodos viales B y C no los tienen (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

4.5 Análisis comparativo del nodo vial C y propuesta de nodo vial C por condiciones de conectividad y accesibilidad.

Tras la comparativa entre las distintas muestras seleccionadas, se decide desarrollar una propuesta en restructuración de un grafo, así como la reubicación de las distintas paradas de autobús en una propuesta realizada para mejorar las condiciones por accesibilidad espacial y conectividad. En primera instancia se procede a hacer la propuesta de restructuración del grafo, el desarrollo de la matriz de conectividad y la obtención de medidas de conectividad.

4.5.1 Análisis por conectividad de la propuesta en nodo vial C y comparativa con la muestra del nodo vial C

En primera instancia se procede a desarrollar y obtener las medidas de conectividad para la propuesta del nodo vial C, posteriormente se realizará una comparativa con las lecturas obtenidas del nodo vial C (Ver tabla 14).

Tabla 14. Medidas globales en la propuesta del nodo vial C y lecturas actuales del nodo vial C

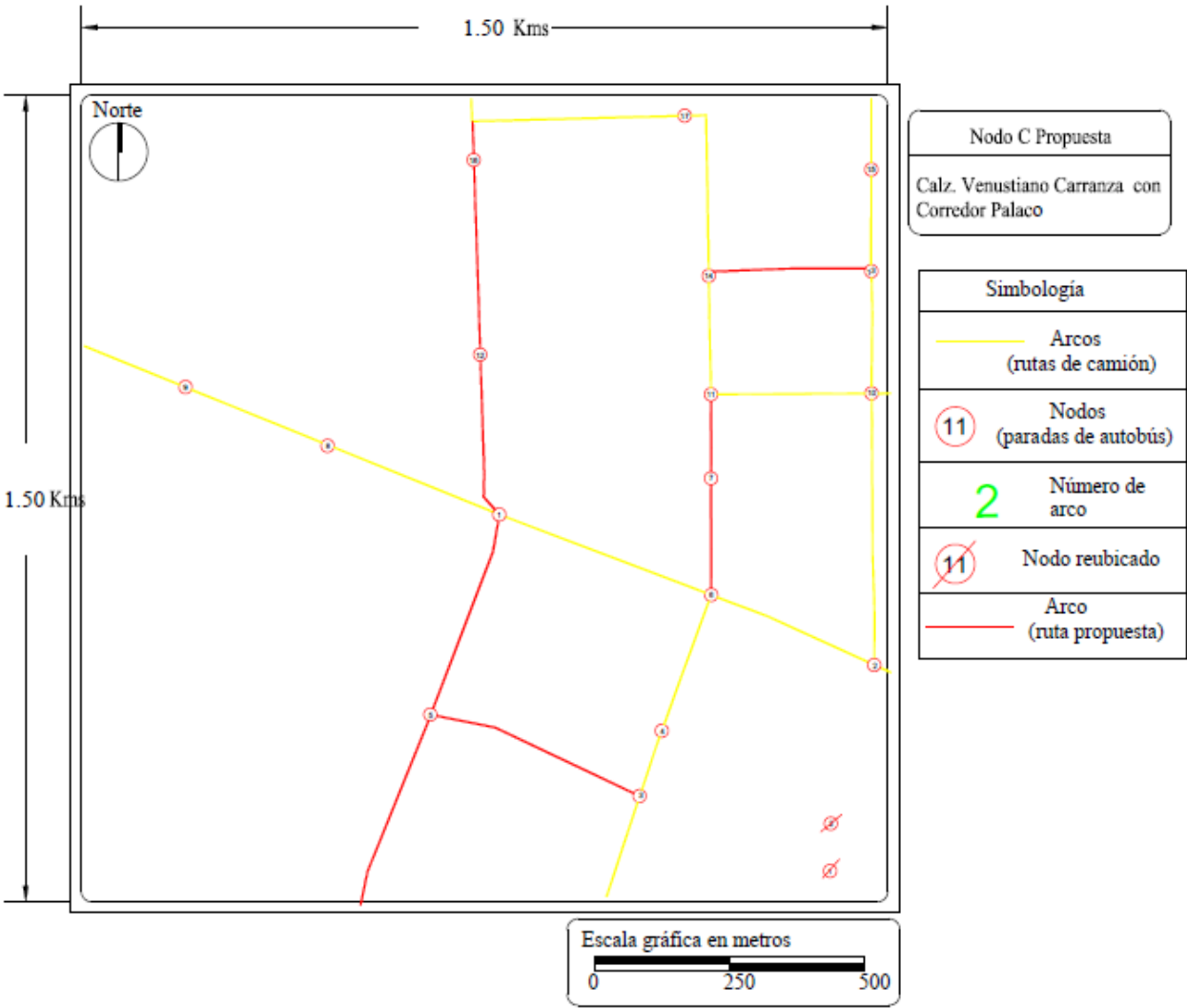
Índice	Valor propuesta nodo C	Valor nodo C
Índice β	1.47	0.8235
Máximo de β	136	136
Número ciclomático μ	9	-2
Número máximo de circuitos	24	24
Índice α	37.5%	8.33%

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Mediante los ajustes realizados al grafo ubicado en el nodo vial C, se pudo obtener lecturas en primera instancia del Índice β de 1.47, lo cual indica que se pudo configurar una sistema de red compleja, ya que la lectura obtenida se encuentra en el rango de 1-3; por otro lado la comparativa con el Máximo de β que cuenta con un valor de 136 que representa un valor ideal de 100% se obtuvo una relación con el Índice β de 1.08% ; le sigue el número de circuitos disponibles en el grafo una vez reconfigurado y el número ciclomático μ arrojó una lectura de 9, es decir, se tiene en el grafo propuesto una lectura de 9 circuitos disponibles. La última lectura se compara con el número máximo de circuitos de 24 refleja una cobertura o eficiencia desde el punto de vista de circuitos funcionando comparado con los circuitos máximos del 37.5%.

Ahora en comparativa la propuesta del nodo vial C comparada con las lecturas obtenidas del nodo vial C en el Índice β se obtuvo una lectura de 1.47 contra una lectura de la muestra actual de 0.8235, lo cual representa un incremento en el índice del 178.5% y por consiguiente le permite al grafo propuesto encuadrarse en un sistema de red complejo. El indicador que sigue por analizar es el de Máximo de β , la lectura obtenida es igual en ambas muestras calculadas, ya que la reconfiguración del modo no afecta debido a que la fórmula que se emplea para su calcula es la siguiente Máximo de $\beta = n \cdot (n - 1) / 2$ y en el esquema del grafo propuesto en el nodo vial C solamente se modifica la ubicación de los nodos, mas no la cantidad de nodos, es decir, que se reubicaron las paradas de autobús solamente, fue por eso que esa lectura se mantuvo. En el indicador del Número ciclomático μ en el nodo propuesto arroja una lectura de 9 circuitos operativos en la red, contrastado con el número de circuitos en la muestra actual del nodo vial C de -2; lo anterior nos dice que mediante la restructuración del grafo se puede obtener un incremento en los circuitos que recorren el grafo de un 550%. Finalmente en las medidas globales de conectividad el Índice α de la propuesta del grafo realizada al nodo vial C brinda un valor de 37.5% comparado con el valor obtenido de la muestra actual en el nodo vial C de 8.33% indica que de aplicarse la propuesta de restructuración del grafo supone un incremento en la eficiencia de circuitos que existen en la red por un aumento del 29.17%. A continuación se muestra el grafo restructurado del nodo vial C.

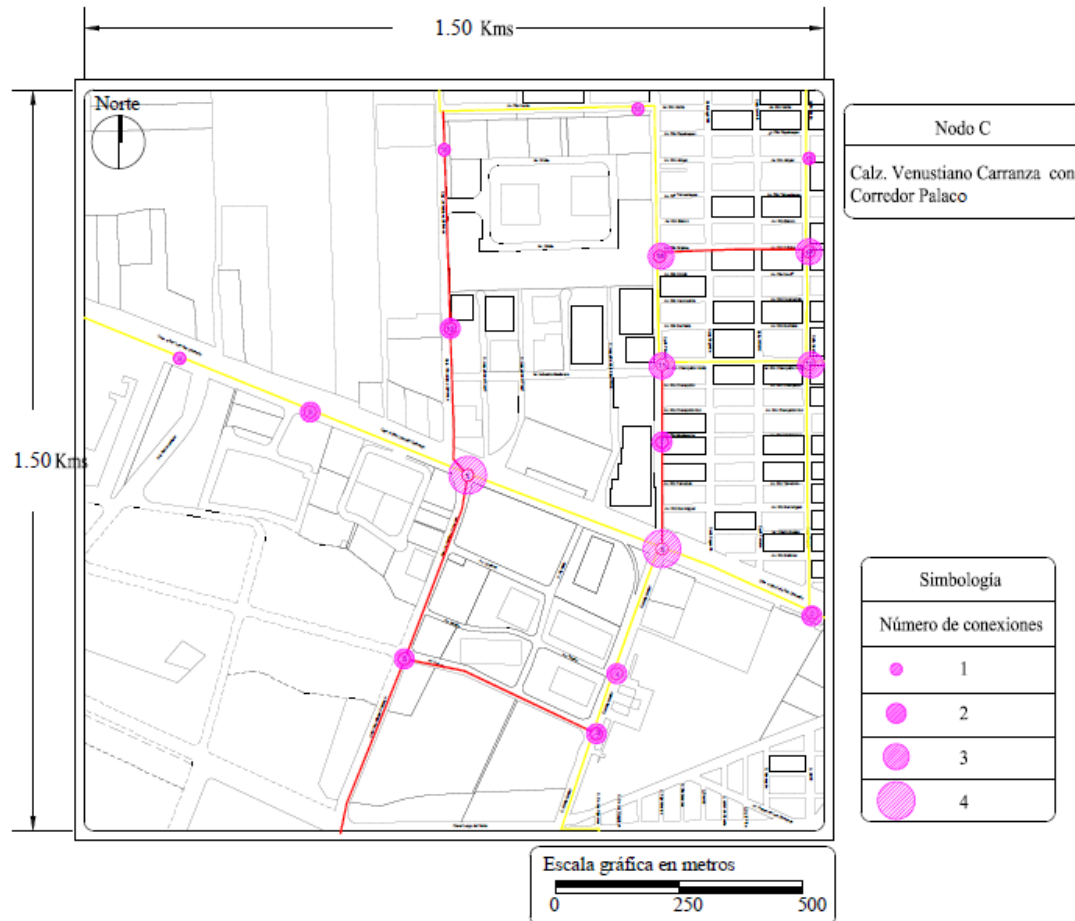
Figura 22. Grafo propuesto en nodo vial C



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

A continuación se presenta la imagen de la suma de conexiones en la propuesta realizada del nodo vial C

Figura 23. Suma de conexiones en nodo vial C



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la imagen presentada se aprecia una concentración de nodos con mejores condiciones de conectividad en el área central del corredor Palaco, así como en el Noreste.

Tabla 15. Medidas globales en la propuesta del nodo vial C y lecturas actuales del nodo vial C

Id. Nodos	Id. Suma
1	4
6	4
10	3
11	3
13	3
14	3
2	2
3	2
4	2
5	2
7	2
8	2
12	2
9	1
15	1
16	1
17	1

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

La tabla presentada anteriormente muestra que los nodos mejor conectados son los nodos 1 y 6 con una cantidad de 4 conexiones, mientras que los segundos mejores son los nodos 10, 11, 13 y 14 con 3 unidades de conexión. Mientras que los nodos 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 12 tienen 2 unidades de conexión y finalmente los nodos 9, 15, 16 y 17 tienen solamente un valor de conexión. Lo anterior indica una mejora en los valores de conexión respecto a las lecturas obtenidas de las condiciones actuales de funcionamiento.

4.5.2 Análisis por accesibilidad en la propuesta en nodo vial C y comparativa con la muestra del nodo vial C

La siguiente tabla explica la comparativa entre la propuesta desarrollada y la muestra tomada en condiciones de accesibilidad espacial en el nodo vial C.

Tabla 16. Comparativa del IAM y el índice de dispersión G en los nodos viales C y propuesta de C

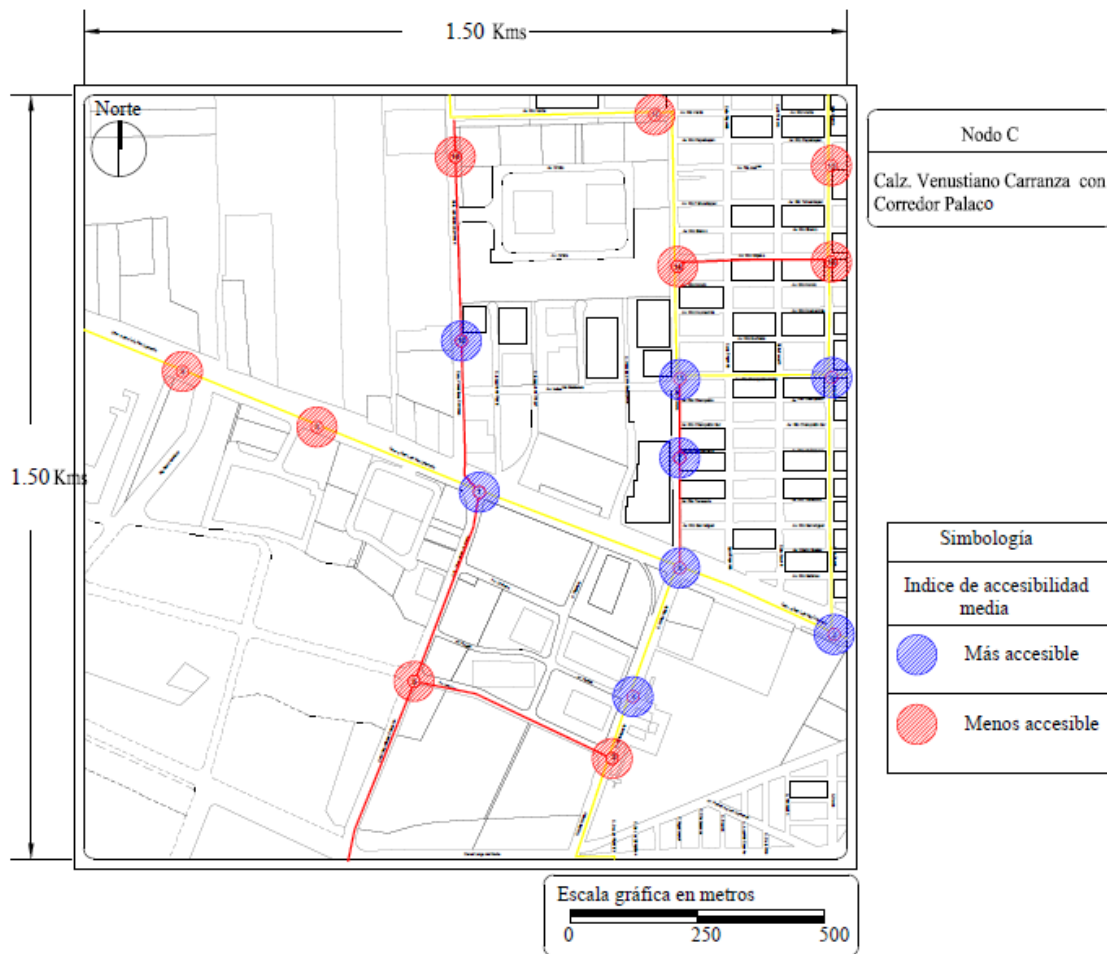
Índice	Valor propuesta nodo C	Valor nodo C
Índice de dispersión G	863	324
IAM	50.76	19.058

Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

En la tabla anterior se explica que en la propuesta al aumentar el número de arcos presentes en el grafo la condición de dispersión en la red aumenta, por lo tanto, la capacidad de cobertura; mientras que el aumento en el IAM facilita que las lecturas obtenidas en cada uno de los nodos del grafo propuesto bajo el indicador del número de Shimbél les permite encontrarse por debajo del IAM y de esta manera contar con la condición de accesibilidad espacial.

A continuación (Figura 24) se presenta la imagen del grafo propuesto con los nodos que cumplen con la condición de accesibilidad espacial.

Figura 24. Índice de accesibilidad media calculado para la propuesta del nodo vial C



Fuente: Elaboración propia con base en Cardozo, Gómez y Parras (2009) y XX Ayuntamiento de Mexicali (2011).

Mediante la restructuración del grafo en el nodo vial C se obtuvo una lectura de 8 nodos viales espacialmente accesibles en la red de transporte, los nodos identificados son: 1, 2, 4, 6, 7, 10, 11 y 12. Lo anterior comparado con una lectura de 0 nodos en condición de accesibilidad espacial en la muestra tomada actualmente del nodo vial C se puede obtener un 800% de mejora en condiciones de accesibilidad espacial.

Conclusiones y sugerencias

Durante la elaboración del presente se trabajó en materia de discusión teórica y se reconoce la existencia de una variedad de posturas de acuerdo a los distintos conceptos que se plantean. Por ejemplo, en materia de la planeación del sector transporte bajo el enfoque de la sustentabilidad, se revisan las distintas posturas con bases teóricas que son complementadas de autor en autor. Por otro lado resulta necesaria la asociación de la planeación del sector transporte con la sustentabilidad ya que de esta forma se puede contribuir de manera más clara al desarrollo sustentable. Después, llega el momento de realizar el análisis de los conceptos de la accesibilidad y en esa revisión se pudo observar que existía una variedad de concepciones que lo engloban, y cada uno de ellas se focaliza de acuerdo al tipo de estudio aplicado, es decir, la accesibilidad económica, accesibilidad a la red regional de transporte, accesibilidades teóricas, accesibilidad absoluta y finalmente la accesibilidad espacial. El último concepto permitió delimitar teóricamente la forma en que se abordaría el estudio, la accesibilidad espacial permitió establecer un entendimiento claro de la perspectiva que se adoptó para en su momento proceder a establecer una base metodológica.

En materia de la metodología empleada, las reflexiones que dejan tras la realización del presente estudio son las siguientes:

El método de grafos tiene como base una fuerte relación con las teorías de análisis de comportamientos de redes informáticas, sin embargo, esta aplicación permitió realizar una adaptación para la revisión de una red de transporte y funge como una herramienta para la medición de los impactos en el diseño de redes y la planeación del sector transporte. En esencia se pudo describir cuestiones de funcionamiento de la red de transporte público por autobús bajo un enfoque cualitativo en relación con la eficiencia y se procesó información para ser presentada en un formato que resultaba fácil de interpretar.

En conclusión, del estudio realizado a los 3 nodos viales principales ubicados en el eje troncal López Mateos- Corredor industrial Palaco cruzado con la red de transporte público por autobús de la ciudad de Mexicali Baja California bajo el enfoque de Cardozo, Gómez y Parras (2009).

Se logra dar respuesta a la pregunta general en primera instancia, ya que después de una revisión de distintas fuentes de información, se pudo construir una visión particular de la relación que se la planeación urbana guarda con el sector transporte, en caso particular de la accesibilidad y la sustentabilidad. Posteriormente se responden a las preguntas específicas, ya que se identificaron y aplicaron herramientas para conocer las condiciones de conectividad y accesibilidad dentro de una red de transporte público, en este caso particular una red de autobús. En materia de conectividad se reconoce que el nodo vial A es el que tiene una mayor conectividad y complejidad en su red respecto a los nodos viales B y C; mientras que por condiciones de accesibilidad al contar con una composición de red menos compleja los nodos viales B y C, respecto al nodo vial A son más accesibles bajo los indicadores del índice G y el IAM. Una condición que cabe destacar es que el nodo vial A en su configuración, resulta encontrarse en parámetros completamente distintos de los nodos viales B y C debido a que los dos últimos representan redes simples desde su configuración, mientras que el nodo vial A representa una red compleja y la comparativa resulta estar fuera de un contexto fiable de comparación.

Posteriormente al análisis de la accesibilidad espacial de cada una de las paradas de autobús estudiadas en las 3 muestras seleccionadas se obtuvo una suma total de 75 paradas de autobús, las cuales representan un total del 100% , después de haber obtenido el número de Shimbeld de cada una de ellas y haberlas comparado con sus respectivos IAM se concluyó que solamente 4 paradas de autobús del total estudiado se encuentran por debajo del promedio del IAM, es decir que solo esas 4 paradas son espacialmente accesibles y representan un 5.33% de paradas de autobús que se encuentran en una condición de accesibilidad espacial. Esto se debe en parte a la falta de conectividad de las redes, la falta de embarcaderos o bien que se cuenta con paradas de autobús sin ser conectadas por la red de transporte público de autobús, es decir, se encuentran en condición de aislamiento. Posteriormente a la revisión de datos obtenidos se entiende que la red de transporte público por autobús es espacialmente inaccesible y desde la óptica del diseño la misma red tiene un con una baja capacidad de aprovechamiento, es decir, opera de manera deficiente (Cardozo, Gómez y Parras, 2009).

De los estudios revisados relacionados con el concepto de accesibilidad sugerían una gran variedad de herramientas tecnológicas así como técnicas que sostienen y permiten explicar

claramente las condiciones de accesibilidad de un espacio urbano. Sin embargo, la selección del modelo aplicado en este trabajo tuvo mayor peso ya que fue una herramienta sencilla en su manejo y aplicación que permitió explicar conocimiento teórico subjetivo y plasmar una base de información y datos que facilitaron la interpretación de un fenómeno abstracto con una visión sencilla en su manejo e interpretación. Por lo tanto, se recomienda continuar con la aplicación de este modelo, con base a que la facilidad con la que personas no relacionadas al tema pueden entender e interpretar la información, ya que es una herramienta fácil de aplicar, de presentación de datos y comprensión de los mismos para los actores involucrados en los sectores de la planeación urbana; así mismo contribuye al desarrollo sustentable debido a que en su aplicación contribuye a mejorar las condiciones de accesibilidad, lo cual a su vez contribuye a mejorar las condiciones de igualdad en términos de capacidades de desplazamiento de la sociedad en un contexto urbano.

Los retos que podrían haberse presentado en la aplicación del estudio con base en el método de grafos era la disponibilidad de información, ya que de no contar con las ubicaciones de las paradas de autobús, así como la planimetría necesaria para ubicar las rutas de camión. Se hubiera requerido realizar una investigación de campo para recopilar la información necesaria, esto generaría un costo extra en términos de tiempo y recursos económicos.

Después de la aplicación del estudio, revisión de los distintos enfoques, políticas, acciones y áreas de oportunidad en materia de transporte y movilidad en la ciudad de Mexicali; se sugiere presentar la información recabada a los actores involucrados en materia de planeación y gestión de los sistemas de transporte público de la ciudad de Mexicali, Baja California, con el objeto de hacerles saber la existencia de una herramienta sencilla en su aplicación y desarrollo así como hacer de conocimiento de los actores las condiciones de accesibilidad y conectividad presentes en la red misma; de tal manera que se puedan realizar los ajustes pertinentes y contribuir a la mejora en funcionamiento de lo que se tiene, es decir, mejorar la eficiencia de funcionamiento. Ya que el pragmatismo en construcción de obras de infraestructura representa una opción, pero es importante mejorar los ejercicios de planeación con el objetivo de conocer la raíz de los requerimientos de movilidad en la ciudad, mejorar la calidad de la misma y así mismo contribuir a la sustentabilidad del transporte público.

Finalmente a través de un ejercicio de simulación que se realizó en el Nodo vial C para obtener lecturas de condiciones de accesibilidad espacial y conectividad, se demostró que con mínimas modificaciones se pueden lograr impactos significativos en términos de cobertura y accesibilidad espacial a la red de transporte público lo cual se traduce en una mejora sustancial de las condiciones de operación y eficiencia de la misma red.

Bibliografía y anexos

A.I.E. (2007). Manual de estrategias energéticas. Artículo consultado el 20 de Agosto de 2012 en la siguiente dirección electrónica: http://www.iea.org/stats/docs/statistics_manual_spanish.pdf
Barton (2006) Sustentabilidad urbana como planificación estratégica. Consultado el día 2 de Junio de 2012 en la siguiente dirección electrónica: <http://www.scielo.cl/pdf/eure/v32n96/art03.pdf>

Cárdenas J. (1998). Definición de un marco teórico para comprender el concepto del desarrollo sustentable. Universidad de Chile

Cardozo, Gómez y Parras (2009). Teoría de grafos y sistemas de información geográfica aplicados al transporte público de pasajeros en Resistencia, Argentina. Revista transporte y territorio. Vol. 1. Páginas 88-111. Universidad de Buenos Aires. Consultado el 18 de Marzo de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://www.rtt.filo.uba.ar/RTT00105089.pdf>

Carrillo (2009). La inmovilidad de la movilidad en México: el caso de la ciudad de Xalapa, publicado en el cuaderno de investigación urbanística No. 49. s/f

Colmenares G. (2007). Desarrollo sustentable y sostenible de sistemas de transporte público urbano impacto en la gerencia, organización y liderazgo. Publicado en el seminario “Administración: teorías y categorías de análisis”

Dragu, Stefanica y Burciu (2011). La influencia de la red metro de Bucarest en el desarrollo urbano y la accesibilidad. Publicado en Theoretical and empirical researches in urban management vol. 6

Echebarría y Moralejo (2002). La planificación urbana sostenible. Universidad del País Vasco. Consultado el 5 de Septiembre de 2002 en la siguiente dirección electrónica: <http://www.euskomedia.org/PDFAnlt/zainak/24/06430660.pdf>

Escobar y Garcia (2012). Territorial accessibility analysis as a key variable for diagnosis of urban mobility: A case study Manizales (Colombia). Publicado en Procedia social and behavioral sciences.

FEMP (2009). Factores determinantes del transporte público urbano colectivo en España. Consultado el 20 de Octubre de 2012 en la siguiente dirección electrónica: <http://www.femp.es/files/566-637-archivo/Informe%20Transporte%20publico%20%20FINAL.pdf>

Flechas (2006). Movilidad y transporte, un enfoque territorial. Documento revisado el 15 de Noviembre de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://www.scribd.com/doc/36218578/Movilidad-y-Transporte>

Fuentes R., (1990). Caracterización del sistema de transporte colectivo urbano de la ciudad de Mexicali B.C. Aspectos a considerar en su planificación. Cuaderno de ciencias sociales.

Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Sociales. Serie 4, 6ta edición.

FONADIN (2008). Proyecto de Lineamientos del Programa de Apoyo Federal al Transporte Público. Consultado el 8 de mayo de 2013 del Fondo Nacional de Infraestructura Programa de Transporte Urbano en la siguiente dirección electrónica: http://www.fonadin.gob.mx/work/sites/fni/resources/LocalContent/518/2/Lineamientos_Programa_a_Transporte.pdf

Giok (2005). Sustainability and cities concept and assesement. World Scientific publishing co. ltd. Inglaterra.

Grainger, A. (2004). The Role of Spatial Scale and Spatial Interactions in Sustainable Development. En M. Purvis, & A. Grainger, Exploring Sustainable Development Geographical Perspectives UK: Earthscan. Consultado el 18 de Octubre de 2012 en la siguiente dirección electrónica [http://books.google.com.mx/books?id=a5yzZhEp7mUC&printsec=frontcover&dq=Grainger,+A.+\(2004\).+The+Role+of+Spatial+Scale+and+Spatial+Interactions+in+Sustainable+Development.+En+M.+Purvis,+%26+A.+Grainger,+Exploring+Sustainable+Development+Geographical+Perspectives&hl=es&sa=X&ei=08CKUKuFFqnfyAHY5ICYBw&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=a5yzZhEp7mUC&printsec=frontcover&dq=Grainger,+A.+(2004).+The+Role+of+Spatial+Scale+and+Spatial+Interactions+in+Sustainable+Development.+En+M.+Purvis,+%26+A.+Grainger,+Exploring+Sustainable+Development+Geographical+Perspectives&hl=es&sa=X&ei=08CKUKuFFqnfyAHY5ICYBw&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false)

Gobierno de la Republica (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, Ultima Reforma Publicada 13 de Octubre de 2011.

Gobierno del Estado de Baja California (2001). Ley General de Transporte Público del Estado de Baja California. Publicado en el Periódico Oficial de la Federación No. 49 de fecha 9 de Noviembre de 2001. Tomo CVIII. Consultado el 8 de Mayo de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://www2.scjn.gob.mx/legislacionestatal/..%5Clegislacionestatal%5CTextos%5CBajaCalifornia%5C22986001.pdf>

Garnica y Ortiz (2008). La accesibilidad espacial en la definición de territorios inteligentes. Documento revisado en Septiembre de 2012 en la siguiente dirección electrónica: http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/4497/1/10_CLAUDIA.ORTIZ.pdf

Gutiérrez y Rearte (2010). Movilidad y centralidad. Reflexiones entorno al debate sobre la nueva estructura urbana y ordenamiento territorial. Documento revisado en Mayo 30 de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://www.codatu.org/wp-content/uploads/Movilidad-y-centralidad-Andrea-Gutierrez-Julio-Rearte.pdf>

Isaurralde y Cardozo (2010). Análisis de la red vial de la provincia de corrientes por medio de la teoría de grafos. Revista Geográfica Digital. UNNE. Consultado el 20 de Marzo de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo13/archivos/insaur09.pdf>

Jans B. (2009). Movilidad Urbana en camino a sistemas de transporte colectivo integrado.

Kaveh (1997). Structural mechanics: graph and matrix methods, Revisado el 23 de Septiembre de 2013 en la siguiente dirección electrónica:
<http://www.iust.ac.ir/files/cefsse/pg.cef/Contents/smgmm.ch1.pdf>

Keeling (2008). Latin America's transportation conundrum. Revisado el 12 de Septiembre de 2012 Western Kentucky University en la siguiente dirección electrónica:
<http://148.231.10.114:2061/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=79231ae8-f689-4961-9733-06bd20badba0%40sessionmgr14&vid=12&hid=10>

Lizárraga (2009). Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI. Consultado el 7 de noviembre de 2012 en la siguiente dirección electrónica:
http://cmq.mx/documentos/Revista/revista22/est22_3Lizarraga.pdf

Loyola y Alborno (2009). Flujo, movilidad y niveles de accesibilidad en el centro de Chillan año 2007. Propuesta de mejoramiento mediante SIG. Consultado el día 6 de Octubre de 2012 en la siguiente dirección electrónica: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/198/19811644005.pdf>

Lupano y Sánchez (2009). Políticas de movilidad urbana e infraestructura urbana de transporte. Consultado en la siguiente dirección electrónica:
<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/35492/lcw230e.pdf>

Mataix G. (2010). Movilidad urbana sostenible: un reto energético y ambiental. Consultado en la siguiente dirección electrónica: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0536159.pdf>

Newman (2001). Transport: Reducing Automobile Dependence. En D. Satterthwaite, The earthscan reader in Sustainable Cities. London, UK: Earthscan Publications Ltd.

O.M.S. (2011). Calidad del aire y salud, nota descriptiva 313. Consultado el 20 de Agosto de 2012 en la siguiente dirección electrónica:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html>

ONU (1992) Agenda 21. Documento consultado el 25 de Octubre de 2012 en la siguiente dirección electrónica:
http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/a21_summary_spanish.pdf

Ortiz y Garnica (2008). La accesibilidad espacial en la definición de territorios inteligentes. Publicado la revista Arquitectura, Ciudad y Territorio. Consultado en el año de 2011 en la siguiente dirección electrónica:
http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/4497/1/10_CLAUDIA.ORTIZ.pdf

Oviedo y Bocarejo (2011). Desarrollo de una metodología de estimación de accesibilidad como herramienta de evaluación de políticas de transporte en países en desarrollo: estudio de caso en la ciudad de Bogotá. Universidad de los Andes, revista de ingeniería.

Pimentel (2011). Modelo de gestión del sistema de transporte público sustentable para la ciudad de Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California.

Presidencia de la República (2007): PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2007 – 2012 México

Riddell (2004). Sustainable urban planning, Blackwell publishing. Inglaterra

Rodríguez (2011). Planificación urbana en perspectiva: una mirada a nuestra formación en teoría de la planificación urbana. Publicada en Redalyc a través de Quivera volumen 13. Consultado en la siguiente dirección electrónica: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/401/40119956012.pdf>

Rey y Cardozo (2009). La vulnerabilidad en la movilidad urbana. Aportes teóricos y metodológicos. Consultado el 7 de noviembre de 2012 en la siguiente dirección electrónica: <http://hum.unne.edu.ar/publicaciones/instGeo/digitales/vulnerabilidades/archivos/cap11.pdf>

Rojas et al (2005). Planeación urbana y regional. Un enfoque hacia la sustentabilidad. Universidad Autónoma de Baja California

Sánchez y Molinero (2005). Transporte público: planeación, diseño, operación y administración. Consultado en la siguiente dirección electrónica: http://books.google.com/books?id=11R3sRgOZFAC&pg=PR5&lpg=PR5&dq=molinero+y+sanchez&source=bl&ots=9YU5qASriS&sig=aSPwlzDoZG15R3GnMj8sjbHiGkI&hl=es&ei=F8rSTuDoIsqYiQLfwPCJDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6&ved=0CEsQ6AEwBQ#v=onepage&q=molinero%20y%20sanchez&f=false

Santos y Rivas (2008). Ciudades con atributos: conectividad, accesibilidad y movilidad. Publicado en la revista ciudades, edición 11. Consultado en Mayo 28 de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://www3.uva.es/iuu/CIUDADES/Ciudades%2011/Ciudades%2011%20013-032%20SANTOS%20y%20DE%20LAS%20RIVAS.pdf>

Satterthwaite (2001). Earthscan sustainable cities, editorial Earthscan Publications Ltd. Londres, Inglaterra.

Steg y Gifford (2005). Sustainable transportation and quality of life. Documento revisado el 27 de Febrero de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://web.uvic.ca/psyc/gifford/pdf/Sustainable%20Transport%20and%20Quality%20of%20Life.pdf>

Toro, Manríquez y Suazo (2010). Morfometría Geométrica y el estudio de las formas biológicas: De la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. Universidad de Chile y Universidad de Talca. Consultado el 20 de Marzo de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v28n4/art01.pdf>

Torres (2008). Desarrollo urbano sustentable. Publicado en la revista virtual Observatorio de la economía latinoamericana. No. 101 edición de Agosto. Consultado el 7 de Septiembre en la siguiente dirección electrónica: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/la/08/etl.htm>

Vega (2012). Using place to measure sustainable accessibility. National University of Ireland Galway. Irlanda

Wang, Xu, Fang, Xu y Qi (2011). The study on county accessibility in China: Characteristics and effects on population agglomeration. Consultado en Marzo de 2011 en la siguiente dirección electrónica: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11442-011-0826-9#page-1>

XVIII Ayuntamiento de Mexicali (2002). Reglamento de Transporte Público para el Municipio de Mexicali, Baja California, Publicado en el Periódico Oficial No. 38 con fecha de 30 de Agosto de 2002; consultado en línea el 8 de Mayo de 2013 en la siguiente dirección electrónica: <http://www.mexicali.gob.mx/transparencia/normatividad/reglamentos/pdf/transportePublico.pdf>

XX Ayuntamiento de Mexicali (2011). Plan Maestro de Vialidad y Transporte actualizado, IMIP

[illegible]

Matriz de conectividad 2 del
nodo vial B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Suma	Id. Nodos	Id. Suma	
1																	1					1	17	2
2																							13	2
3																						5	2	
4																						20	1	
5					1			1														2	18	1
6				1																		1	14	1
7																							10	1
8				1																		1	9	1
9																		1					8	1
10										1												1	6	1
11																							1	1
12																							19	0
13									1					1								2	16	0
14													1									1	15	0
15																							12	0
16																							11	0
17	1																			1		2	7	0
18								1														1	4	0
19																							3	0
20																	1					1	2	0

Matriz de conectividad 3 del nodo
vial C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Suma	Id. Nodos	Id. Suma	
1																			14	2	
2																			13	2	
3																			8	2	
4						1												1	6	2	
5																			17	1	
6				1				1										2	15	1	
7																			11	1	
8						1			1									2	10	1	
9								1										1	9	1	
10													1					1	4	1	
11														1					16	0	
12																			12	0	
13										1					1			2	7	0	
14											1						1	2	5	0	
15													1					1	3	0	
16																			2	0	
17														1				1	1	0	

Matriz de accesibilidad 4 del nodo vial A

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	MS	Shinbel	Accesibilidad	Columna2		
1	0	7	0	0	6	0	0	5	4	4	0	3	3	3	2	4	5	1	4	5	2	6	6	2	7	7	0	8	8	3	0	9	4	9	10	5	6	7	10	155	143.66			
2	7	0	0	0	1	0	0	2	7	3	0	4	7	7	6	8	9	6	7	9	6	10	10	7	11	11	0	12	12	8	0	13	9	13	14	10	8	9	14	246	143.66			
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143.66			
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143.66			
5	6	1	0	0	0	0	0	1	7	2	0	3	6	6	5	7	8	5	6	8	5	9	9	7	10	10	0	11	11	8	0	12	8	12	13	8	7	8	13	219	143.66			
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143.66			
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143.66			
8	5	2	0	0	1	0	0	0	6	1	0	2	5	5	4	6	7	5	5	7	4	8	8	6	9	9	0	10	10	7	0	11	7	11	12	7	6	7	12	193	143.66			
9	4	8	0	0	7	0	0	6	0	5	0	4	1	4	3	5	6	4	4	6	3	7	7	5	8	8	0	9	9	6	0	10	6	10	11	6	5	6	11	183	143.66			
10	4	3	0	0	2	0	0	1	5	0	0	1	4	4	3	5	6	4	4	6	3	7	7	5	8	8	0	9	9	6	0	10	6	10	11	6	5	6	11	168	143.66			
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143.66			
12	3	4	0	0	3	0	0	2	4	1	0	0	3	3	2	4	5	3	3	5	2	6	6	4	7	7	0	8	8	5	0	9	5	9	10	5	4	5	10	145	143.66			
13	3	7	0	0	6	0	0	5	1	4	0	3	0	3	2	4	5	3	3	5	2	6	6	4	7	7	0	8	8	5	0	9	5	9	10	5	4	5	10	154	143.66			
14	3	7	0	0	6	0	0	5	4	4	0	3	3	0	1	1	2	3	4	2	2	3	3	4	4	4	0	5	5	5	0	6	5	6	7	5	4	5	7	121	143.66			
15	2	6	0	0	5	0	0	4	3	3	0	2	2	1	0	2	3	2	3	3	1	4	4	3	5	5	0	6	6	4	0	7	5	7	8	6	3	4	8	119	143.66			
16	4	8	0	0	7	0	0	6	5	5	0	4	4	1	2	0	1	4	5	1	3	2	2	5	3	3	0	4	4	6	0	5	6	5	6	5	6	8	128	143.66				
17	5	9	0	0	8	0	0	7	6	6	0	5	5	2	3	1	0	5	6	2	4	3	1	6	4	3	2	0	5	3	7	0	6	7	4	5	7	6	7	9	147	143.66		
18	1	7	0	0	6	0	0	5	4	4	0	3	3	3	3	4	5	0	4	5	2	6	6	1	7	7	0	8	8	2	0	9	3	9	10	4	4	5	10	147	143.66			
19	4	7	0	0	6	0	0	5	4	4	0	3	3	3	3	4	5	0	4	5	2	6	6	1	7	7	0	8	8	2	0	9	3	0	10	2	10	11	2	1	2	11	160	143.66
20	5	9	0	0	8	0	0	7	6	6	0	5	5	2	3	1	2	5	6	0	4	1	3	6	2	4	0	3	5	7	0	4	7	6	7	7	6	7	9	149	143.66			
21	2	6	0	0	5	0	0	4	3	3	0	2	2	2	1	3	4	2	2	4	0	4	5	3	6	6	0	7	7	4	0	8	3	8	9	3	2	3	9	123	143.66			
22	6	10	0	0	9	0	0	8	7	7	0	6	6	3	4	2	3	6	7	1	5	0	4	7	1	5	0	2	6	8	0	3	8	5	6	8	7	8	10	168	143.66			
23	6	10	0	0	9	0	0	8	7	7	0	6	6	3	4	2	1	6	7	3	5	4	0	7	5	1	0	6	2	8	0	5	8	3	4	8	7	8	10	166	143.66			
24	2	8	0	0	7	0	0	6	5	5	0	4	4	4	3	5	6	1	5	6	3	7	7	0	8	8	0	9	9	1	0	10	2	10	11	3	4	5	11	168	143.66			
25	7	11	0	0	10	0	0	9	8	8	0	7	7	4	5	3	4	7	8	2	6	1	5	8	0	6	0	1	5	9	0	2	10	4	5	9	8	9	11	188	143.66			
26	7	11	0	0	10	0	0	9	8	8	0	7	7	4	5	3	2	7	8	4	6	5	1	8	6	0	0	5	1	9	0	4	9	2	3	9	8	9	11	185	143.66			
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143.66			
28	8	12	0	0	11	0	0	10	9	9	0	8	8	5	6	4	5	8	9	3	7	2	6	9	1	5	0	0	4	10	0	1	10	3	4	10	9	10	12	206	143.66			
29	8	12	0	0	11	0	0	10	9	9	0	8	8	5	6	4	3	8	9	5	7	6	2	9	5	1	0	4	0	10	0	3	10	1	2	10	9	10	12	204	143.66			
30	3	9	0	0	8	0	0	7	6	6	0	5	5	5	4	6	7	2	3	7	4	8	8	1	9	9	0	10	10	0	0	11	1	11	12	2	3	4	12	186	143.66			
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143.66			
32	9	13	0	0	12	0	0	11	10	10	0	9	9	6	7	5	6	9	10	4	8	3	5	10	2	4	0	1	3	11	0	0	11	2	3	11	10	11	13	225	143.66			
33	4	9	0	0	8	0	0	7	6	6	0	5	5	5	4	6	7	3	2	7	3	8	8	2	9	9	0	10	10	1	0	11	0	11	12	1	2	3	12	184	143.66			
34	9	13	0	0	12	0	0	11	10	10	0	9	9	6	7	5	4	9	10	6	8	5	3	10	4	2	0	3	1	11	0	2	11	0	1	11	10	11	13	223	143.66			
35	10	14	0	0	13	0	0	12	11	11	0	10	10	7	8	6	5	10	11	7	9	6	4	11	5	3	0	4	2	12	0	3	12	1	0	12	11	12	14	252	143.66			
36	5	9	0	0	8	0	0	7	6	6	0	5	5	5	4	6	7	4	2	7	3	8	8	3	9	9	0	10	10	2	0	11	1	11	12	0	2	3	12	188	143.66			
37	4	8	0	0	7	0	0	6	5	5	0	4	4	4	3	5	6	4	1	6	2	7	7	4	8	8	0	9	9	3	0	10	2	10	11	2	0	1	11	165	143.66			
38	5	9	0	0	8	0	0	7	6	6	0	5	5	5	4	6	7	5	2	7	3	8	8	5	9	9	0	10	10	4	0	11	3	11	12	3	1	0	12	194	143.66			
Indice G																																									5459	143.6578947		
IAM																																												

[illegible]

[illegible]

Matriz de conectividad 7 propuesta en nodo vial C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Suma	Id. Nodos	Id. Suma
1					1	1		1				1						4	1	4
2						1				1								2	6	4
3				1	1													2	10	3
4			1			1												2	11	3
5	1		1															2	13	3
6	1	1		1			1											4	14	3
7						1					1							2	2	2
8	1								1									2	3	2
9								1										1	4	2
10		1									1		1					3	5	2
11							1			1				1				3	7	2
12	1															1		2	8	2
13										1				1	1			3	12	2
14											1		1				1	3	9	1
15													1					1	15	1
16												1						1	16	1
17														1				1	17	1

Matriz de accesibilidad 8 propuesta en nodo vial C

[illegible]