



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ARQUITECTURA CON MENCIÓN EN  
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y GESTIÓN AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO PARA  
OPTAR POR EL GRADO DE MAGISTER**

**PROPUESTA DE MOVILIDAD DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL CASCO  
COMERCIAL DE LA CIUDAD DE MILAGRO, ECUADOR**

**AUTOR**

**ARQ. FREDDY RENE OROZCO AMAGUAYA**

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ING. LAURA DE JESUS CALERO PROAÑO, PHD**

**GUAYAQUIL, JUNIO, 2021**

ANEXO IX. – FICHA DE REGISTRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO:	Propuesta de movilidad de transporte público en el casco comercial de la Ciudad de Milagro, Ecuador.	
AUTOR:	Orozco Amaguaya Freddy Rene	
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:	Ing. Laura de Jesús Calero Proaño, PhD	
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Arquitectura y Urbanismo	
PROGRAMA DE MAESTRÍA:	Arquitectura mención Planificación Territorial y Gestión Ambiental	
GRADO OBTENIDO:	Magister en Arquitectura con mención en Planificación Territorial y Gestión Ambiental	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	30/06/2020	No. DE PÁGINAS: 6
ÁREAS TEMÁTICAS:	Planificación Territorial y Gestión Ambiental	
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Transporte público – Optimización de rutas – Análisis de redes	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): <i>El transporte público juega un papel importante en las grandes ciudades. Teniendo en cuenta que la población está en constante aumento, es importante analizar este tema y tomar decisiones basadas en la optimización de rutas y la mejora del servicio de transporte público. En la actualidad, desde la perspectiva de los viajeros existen muchas alternativas (modos de transporte) para moverse dentro de una ciudad. La elección del modo puede basarse en muchos criterios, tales como: costos, comodidad, distancia, tiempos de viaje, seguridad, entre otros. En torno a este tema, muchas ciudades optan por planes de desarrollo que incluyen estrategias de transporte público eficientes, de bajo impacto ambiental y atractivos para los usuarios. En este contexto, este artículo tiene como objetivo abordar una metodología de análisis para mejorar las rutas del transporte público y proponer alternativas que mejoren su desempeño. El estudio se desarrolla para rutas de transporte urbano en el área urbana de la ciudad de Milagro en Ecuador. Como herramienta informática, ArcGIS Network Analyst se utiliza para mejorar el proceso de toma de decisiones en la selección de rutas de transporte.</i>		
ADJUNTO PDF:	SI	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0998270037	E-mail: freddy.orozcoam@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Laura de Jesús Calero Proaño, PhD	
	Teléfono: 0989180445	
	E-mail: laura.calerop@ug.edu.ec	

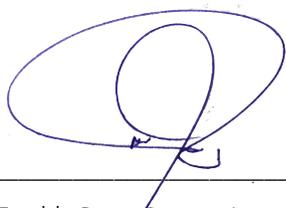
ANEXO X. – DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE  
LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO  
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA DE ARQUITECTURA CON MENCIÓN  
EN PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y GESTIÓN AMBIENTAL

---

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES  
NO ACADÉMICOS

Yo **Freddy Rene Orozco Amaguaya**, con C.I. No. **0918321126**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "Propuesta de movilidad de transporte público en el casco comercial de la Ciudad de Milagro, Ecuador" es de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



Arq. Freddy Rene Orozco Amaguaya

ESTUDIANTE

C.I. 0918321126

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	1
<b>1. TEMA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>3. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>5. FORMULACIÓN DEL OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>16</b>
<b>6. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
<b>7. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
<b>8. DISCUSION .....</b>	<b>28</b>
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>33</b>
<b>11. ANEXOS.....</b>	<b>35</b>
<b>11.1. ANEXO 1. Anexo II del Reglamento.- Aprobación del tema/problema de investigación por parte del comité académico y designación de director de trabajo de titulación</b>	<b>36</b>
<b>11.2. ANEXO 2. Verificación sistema anti plagio .....</b>	<b>37</b>
<b>11.3. ANEXO 3. Anexo 5 del reglamento.- Certificado del director del trabajo de titulación. ....</b>	<b>38</b>
<b>11.4. ANEXO 4. Carta de aceptación AFHE 2020 .....</b>	<b>39</b>
<b>11.5. ANEXO 5. Portada del Libro Advances in Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure .....</b>	<b>40</b>
<b>11.6. ANEXO 7. Publicación en el libro, página 31.....</b>	<b>41</b>
<b>11.7. ANEXO 8. Formato de encuesta .....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

<i>Figura 1</i> Imagen satelital del Cantón Milagro. Fuente: google maps.....	5
<i>Figura 2</i> árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia. ....	5
<i>Tabla 1.</i> Información general de cooperativas de transporte urbano. ....	6
Fuente: Emovim-ep.....	6
<i>Figura 3</i> Unidad de transporte público. Fuente: elaboración propia .....	7
<i>Figura 4</i> Vía férrea, casco comercial en la Ciudad de Milagro. Fuente: elaboración propia .....	7
<i>Figura 5</i> Sector parque e iglesia central. Fuente: elaboración propia.....	7
<i>Figura 6</i> Área de cobertura del transporte público en la Ciudad de Milagro. Fuente: Emovim-EP.....	8
<i>Figura 7</i> Parroquias urbanas (viajes origen). Fuente: Emovim-EP .....	9
<i>Figura 8</i> Parroquias urbanas (viajes destino). Fuente: Emovim-EP .....	10
<i>Figura 9</i> Motivos de viaje. Fuente: Emovim-EP .....	10
<i>Figura 10</i> Actividad del usuario. Fuente: Emovim-EP .....	10
<i>Figura 11</i> Mapa de viajes de personas en transporte urbano. Fuente: Emovim-EP .....	11
<i>Figura 12</i> Mapa de las Parroquias Urbanas del Cantón Milagro. Fuente: elaboración propia .....	12
<i>Figura 13</i> Parroquias urbanas origen de viaje. Fuente: Emovim-EP.....	13
<i>Figura 14</i> Parroquias urbanas destino de viaje. Fuente: Emovim-EP .....	13
<i>Figura 15</i> Medio de transporte que se utiliza. Fuente: Emovim-EP.....	13
<i>Figura 16</i> Motivo de uso del transporte público. Fuente: Emovim-EP.....	14
<i>Figura 17</i> Motivo de viaje. Fuente: Emovim-EP.....	14
<i>Figura 18</i> Edad de los usuarios. Fuente: Emovim-EP .....	14
<i>Figura 19</i> Grado de aceptación del servicio de transporte público. Fuente: Emovim-EP .....	15
<i>Figura 20</i> Vista de la Av. García Moreno centro de la ciudad. Fuente: elaboración propia .....	15
<i>Figura 21</i> Mapa de corredor en la Ciudad de Guayaquil. Fuente: Fundación Metrovia ..	19
<i>Figura 23</i> Mapa de corredor en la ciudad de Barcelona. Fuente: Ayuntamiento de Barcelona .....	20
<i>Figura 24</i> Mapa de corredor sector el Poblado, Ciudad de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín .....	21
<i>Figura 25</i> Mapa de las rutas de transporte público actual. Fuente: elaboración propia ...	27
<i>Figura 26</i> Identificación de nodos. Fuente: elaboración propia .....	29
<i>Figura 27</i> Circuito propuesto. Fuente elaboración propia .....	29

## **1. TEMA**

En el presente trabajo se llevará a cabo una propuesta de movilidad del transporte público que circula por el casco comercial de la ciudad de Milagro, Ecuador

## **2. RESUMEN**

A nivel internacional los medios de transporte, en especial los públicos, han adquirido a lo largo de la historia gran protagonismo por facilitarnos la movilización diaria. Por ello, es de suma importancia enfatizar en el funcionamiento mediante la optimización de las rutas, así como del servicio.

Existen diferentes medios de transporte para movilizarse por la ciudad. No obstante, todo dependerá del viajero y de factores tales como el tiempo del viaje, los costos, la distancia, la comodidad entre otros.

Es así que en varias ciudades escogen métodos de desarrollo que incluyen estrategias de transporte público eficientes de bajo impacto ambiental y agradable para el usuario.

El presente estudio se enfoca en visibilizar como el sistema de transporte público de la ciudad de Milagro es ineficiente a la hora de proporcionar movilización a los ciudadanos hasta el punto de poner en riesgo la vida de ellos. Por ello se propone realizar un análisis de las rutas de transporte público existentes para mejorar y plantear alternativas que mejoren el funcionamiento del servicio de transporte público en el casco urbano de Milagro.

Para la mejora de las rutas se plantea la utilización de la extensión ArcGIS Network Analyst, herramienta de ArcGIS, que se basa en la extracción de información, luego de la recopilación de tablas de datos e información de los recorridos de buses. Estos a su vez serán procesados y transformados para ser representados en mapas de rutas de transporte e infraestructura vial. Los resultados permitirán identificar la colocación espacial, rutas de transporte y la insuficiente integración del servicio. Finalmente, se elaborará un análisis detallado de la ruta más adecuada que se debe seguir para optimizar tiempo, garantizando a

los usuarios una movilidad adecuada a servicios públicos y privados, localizados en la ciudad de Milagro.

### **3. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Las ciudades se han convertido en el eje fundamental del desarrollo económico de los países y por ende sus sistemas de transporte se vuelven importantes para el desarrollo.

En varias ciudades en el mundo, el ordenamiento del transporte público urbano es primordial debido al notable aumento demográfico y económico que se da, por lo que se ha optado de implementar sistemas de transporte integrados como son: buses articulados, trenes, vías peatonales, bicicletas, lo que involucra inversiones de dinero que muchas ciudades pueden no ostentar. (Lyu, 2019).

Milagro es un área urbana distintiva de América del Sur, con un crecimiento demográfico sustancial, un sistema de transporte público ineficaz, y en aumento rápido de automóviles y motos. El gobierno local por medio de la Empresa Pública de Movilidad está a favor de un proyecto vial para mejorar el transporte público y la promoción de modos de transporte no-motorizados, para la recuperación del uso urbano de la tierra. El interés de la municipalidad en el desarrollo de ciclovías y facilidades peatonales se debe a la necesidad de brindar movilización. Como consecuencia, el mejoramiento del transporte público y la construcción de un corredor exclusivo traerán altos beneficios sociales.

En el Cantón Milagro en su área urbana se presenta dos actividades principales para el sistema de transportación, la captación de pasajeros y el traslado por las diferentes zonas de la ciudad. Estas actividades están relacionadas con las condiciones de atención al usuario en sus orígenes y destinos de su viaje, tomando en consideración que la proximidad del itinerario, la cantidad y localización de los puestos de paradas y la frecuencia de los servicios son los aspectos más importantes.

Nuestro caso de estudio se centra en la Ciudad de Milagro. En este sitio el principal estructurante vial urbano fue la vía férrea, que dio paso a la calle García Moreno, esta vía atraviesa de oeste a este a la ciudad y es sobre esta calle en la que convergen las otras vías estructurantes, que salen y entran a la ciudad, dándole su particular forma estrellada.



Figura 1 Imagen satelital del Cantón Milagro. Fuente: google maps

Se ha desarrollado el siguiente árbol de problemas de acuerdo a la situación actual del sistema de transporte público:

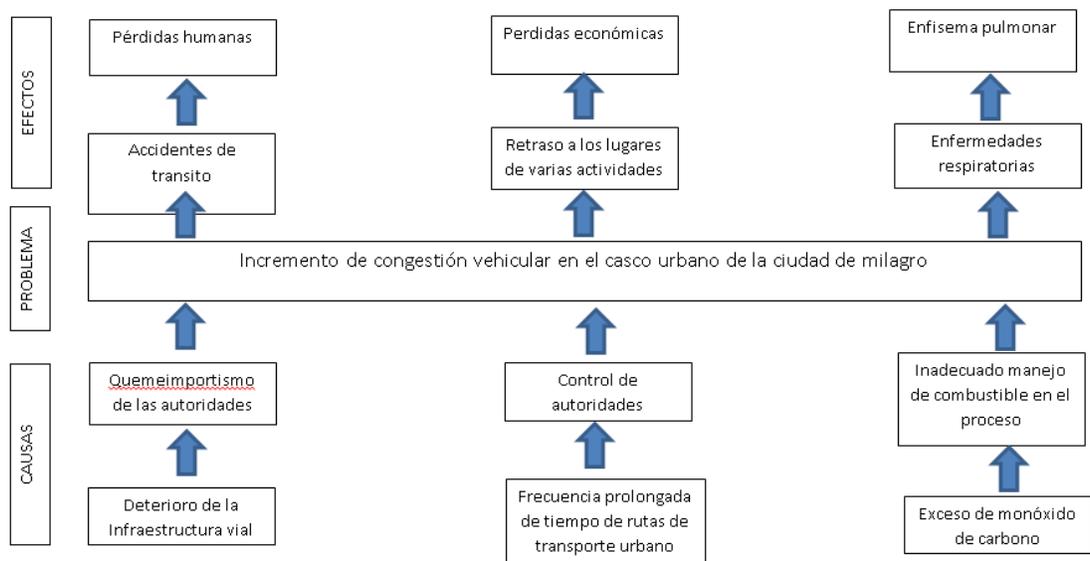


Figura 2 árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia.

El sistema de transporte público en la ciudad de Milagro es el resultado del proceso de urbanización y de las tendencias históricas de movilidad. Sin embargo, si bien fue un resultado de ambos factores, también es cierto que sostiene las condiciones actuales de desplazamientos. Los buses de transporte público urbano, pertenecen a una sola cooperativa Ciudad de Milagro, quienes a través de 10 rutas (72 unidades), brindan el servicio a la ciudadanía.

La cobertura de este servicio es del 80%. Una de las causas de esta situación podría ser la difícil accesibilidad por el estado de las vías, la estructura vial sectorial o por los equipamientos sectoriales insuficientes. Pese a esto, los recorridos de los buses de transporte público urbano trasladan usuarios desde los sectores periféricos hasta el casco comercial de la Ciudad.

Otro problema del transporte público urbano es la cobertura horaria. Debido a que en sectores populares a partir de las 19h00 no cuentan con el servicio de transporte existiendo delincuencia que perpetra en los recorridos mediante asaltos o robos.

Por otro lado la brecha de demanda insatisfecha que genera la cobertura espacial y temporal del transporte público es cubierta por el servicio de taxis o de servicio informal que se brindan a través de autos y motos.

La Cooperativa de transporte público “Ciudad de Milagro” fue fundada el 26 de marzo de 1985. En la actualidad, cubre el servicio urbano de la ciudad con 72 unidades de transporte distribuidas en 10 rutas, todas ellas con permiso de operación por el ente regulador. (Emovin-ep, año 2018).

*Tabla 1.* Información general de cooperativas de transporte urbano.

<b>COOPERTIVA DE TRANSPORTE</b>	<b>TIPO DE SERVICIO</b>	<b>CANTIDAD DE BUSES</b>	<b>CANTIDAD DE RUTAS</b>
CIUDAD DE MILAGRO	URBANO	72	10

Fuente: Emovim-ep.

Según información de la empresa pública de movilidad y la cooperativa de transporte Ciudad de Milagro identifican las principales vías de circulación como

corredores de transporte, considerando que la mayoría de los desplazamientos están orientados hacia el casco central de la ciudad.



*Figura 3* Unidad de transporte público. Fuente: elaboración propia



*Figura 2* Vía férrea, casco comercial en la Ciudad de Milagro. Fuente: elaboración propia



*Figura 3* Sector parque e iglesia central. Fuente: elaboración propia

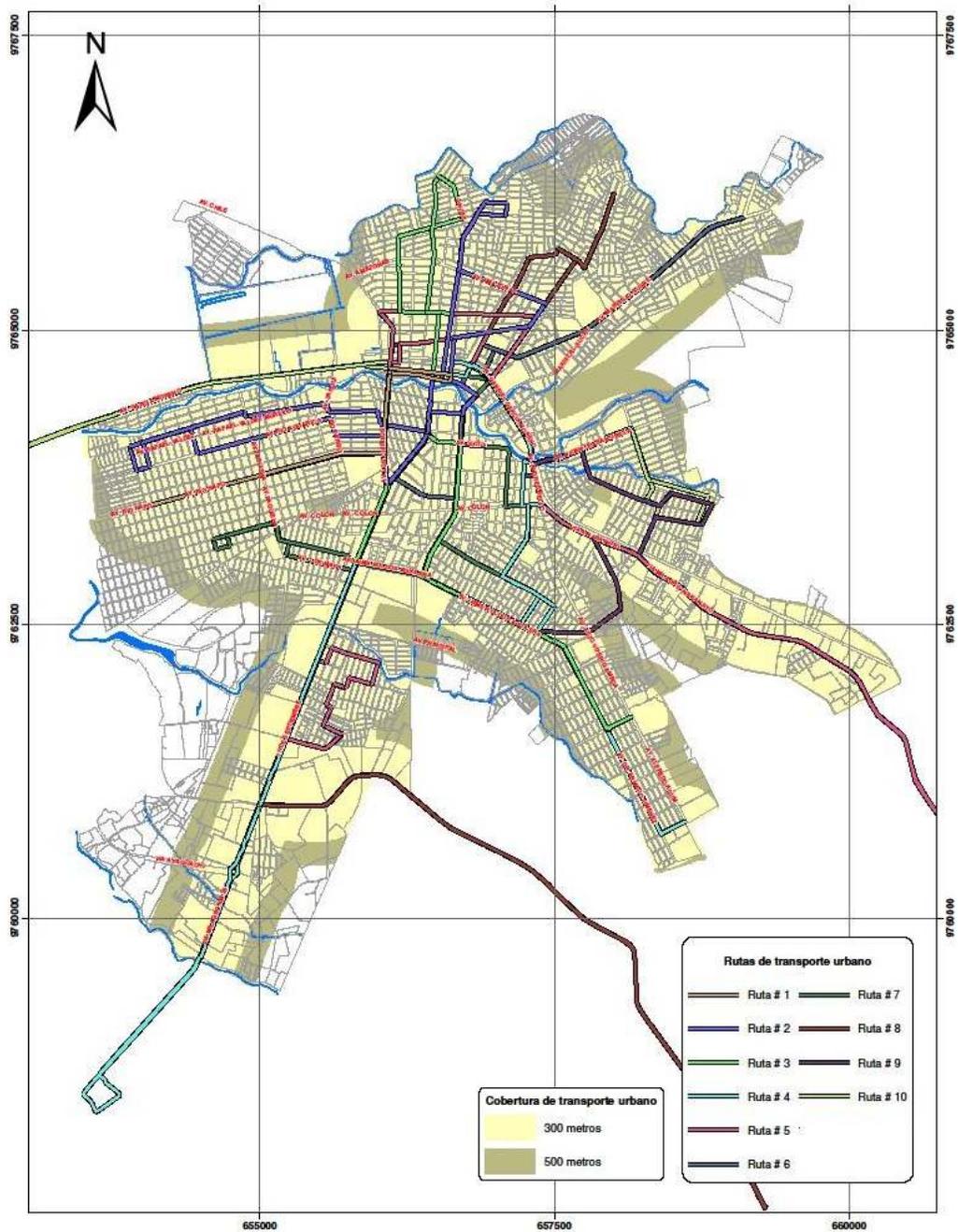


Figura 6 Área de cobertura del transporte público en la Ciudad de Milagro. Fuente: Emovim-EP

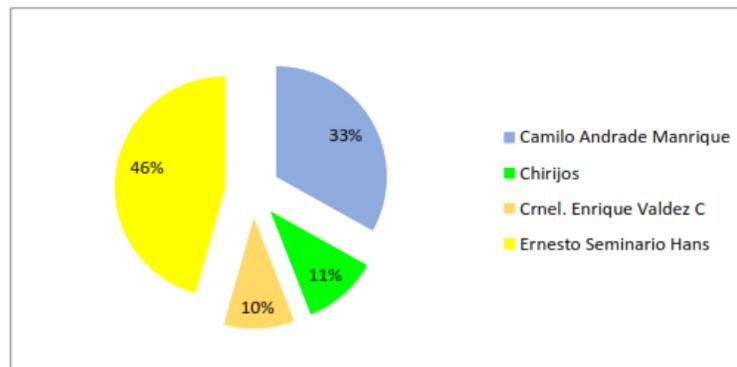
Según Emovim-EP las rutas del servicio de transporte público urbano del cantón San Francisco de Milagro se clasifican en tres ítems importantes:

1. Municipales: la red de transporte de la jurisdicción del GAD Milagro se encuentra dentro de los límites del municipio.
2. Radiales y Diametrales: por su cobertura geográfica las rutas que prestan servicio urbano en la ciudad interconectando diferentes sectores de la ciudad, pasando por el casco central, definiendo cada ruta como un ciclo.
3. Convencionales: La atención de cada ruta está basada en la captación distribución, así como el traslado de los usuarios del sistema.

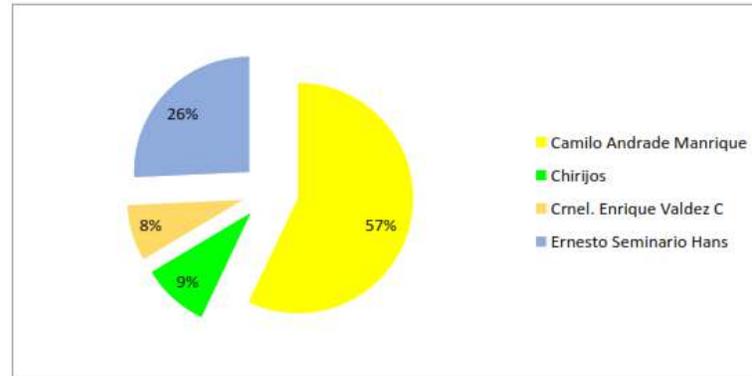
En la red de transporte urbano del cantón Milagro se debe analizar los siguientes aspectos:

1. Las líneas de los principales desplazamientos (origen-destino).
2. La proximidad de los grandes polos atractores.
3. La distancia entre los puntos de paradas y su localización.
4. Oferta de transporte a los usuarios del sistema.
5. La consolidación o creación de rutas
6. Extensión, alteración o rectificación de itinerarios
7. Reubicación de puntos de paradas

Acercas de los desplazamientos de la población, nos referimos principalmente a las matrices de origen y destino reflejadas a continuación.

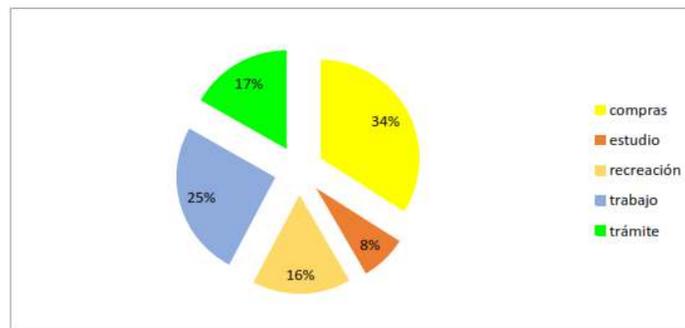


*Figura 7* Parroquias urbanas (viajes origen). Fuente: Emovim-EP

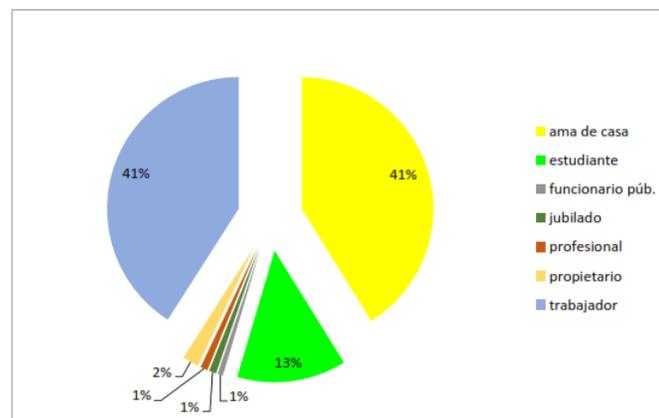


*Figura 8* Parroquias urbanas (viajes destino). Fuente: Emovim-EP

A continuación, se presentan los motivos de viajes y la actividad de los usuarios del sistema de transporte, de acuerdo a los siguientes aspectos, cantidad de viajes, origen, destinos, motivos y medios utilizados, relacionados con factores económicos, sociales.



*Figura 9* Motivos de viaje. Fuente: Emovim-EP



*Figura 10* Actividad del usuario. Fuente: Emovim-EP

Los desplazamientos de los usuarios que viven en el norte, este y oeste de la ciudad generan viajes que pasan por el centro de la ciudad, esto se relaciona en función de los usos del suelo, características socioeconómicas de la población lo que da como resultado el mapa de desplazamiento de las diferentes rutas que circulan por la red de transporte público actual.

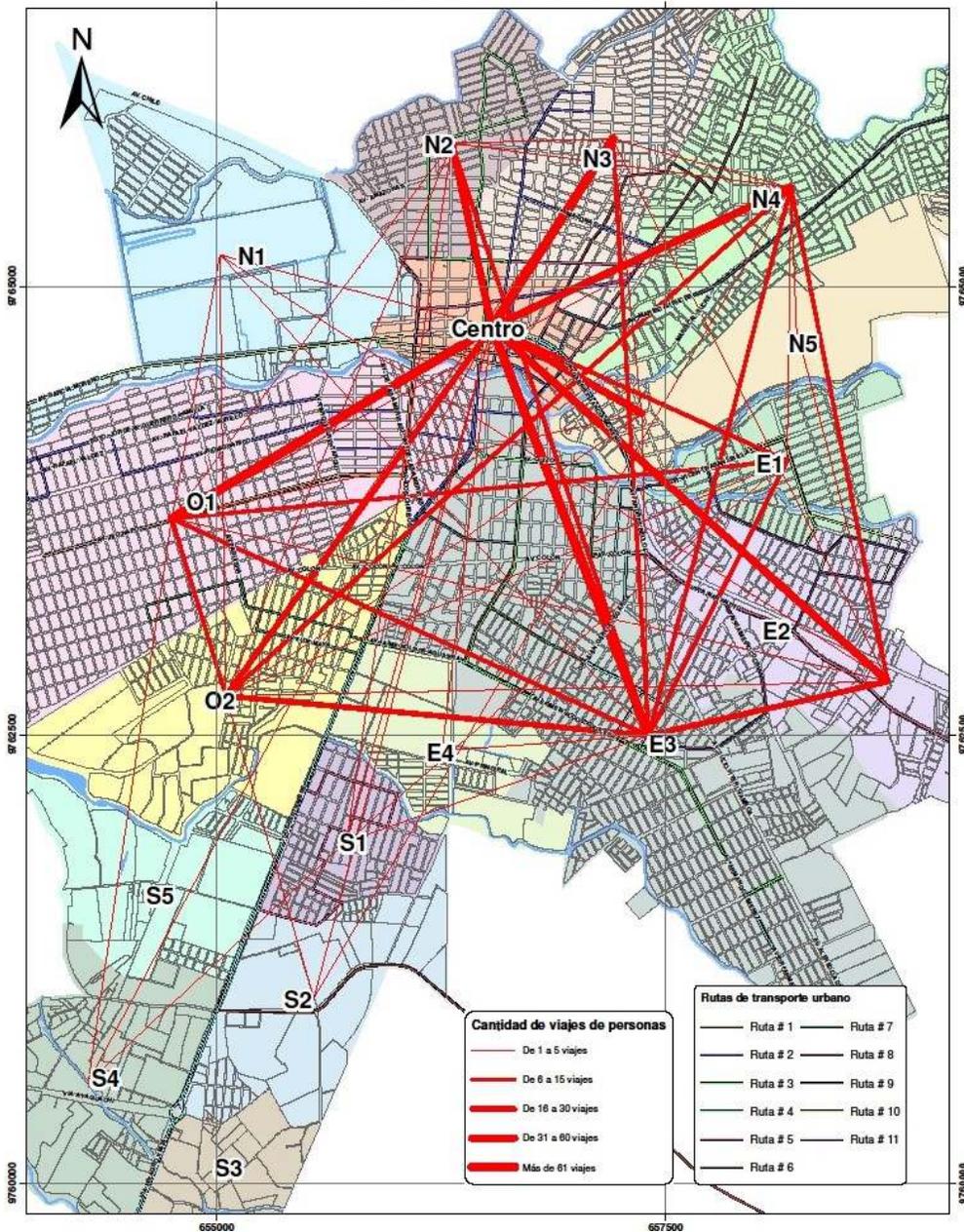


Figura 11 Mapa de viajes de personas en transporte urbano. Fuente: Emovim-EP

De acuerdo a Emovim-EP, la intención de viaje de los ciudadanos es utilizar el bus como modo de transporte para moverse en la ciudad, a continuación, nos detallan las parroquias urbanas (Origen-Destino) desde donde tienen la intención de uso del servicio para generar viajes en el cantón.

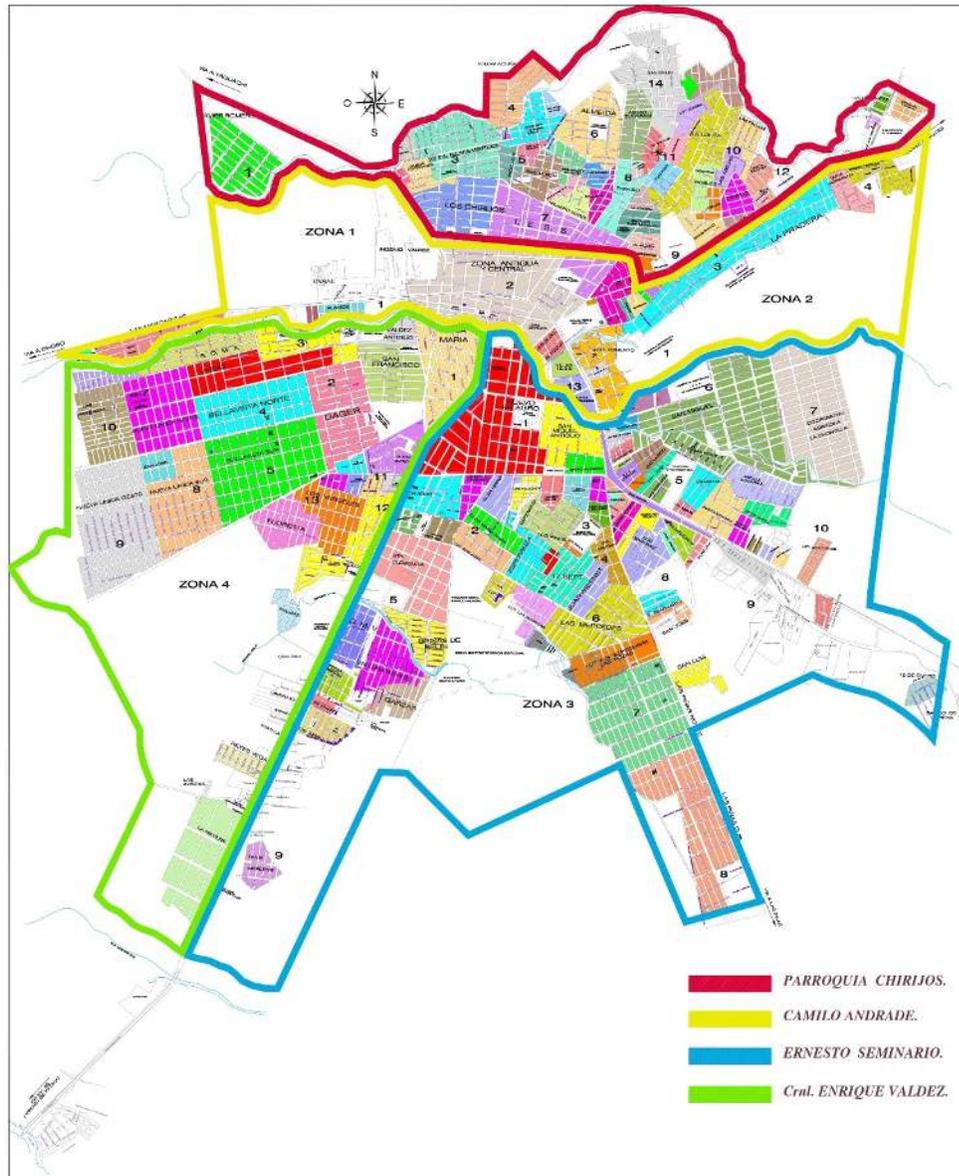


Figura 12 Mapa de las Parroquias Urbanas del Cantón Milagro. Fuente: elaboración propia

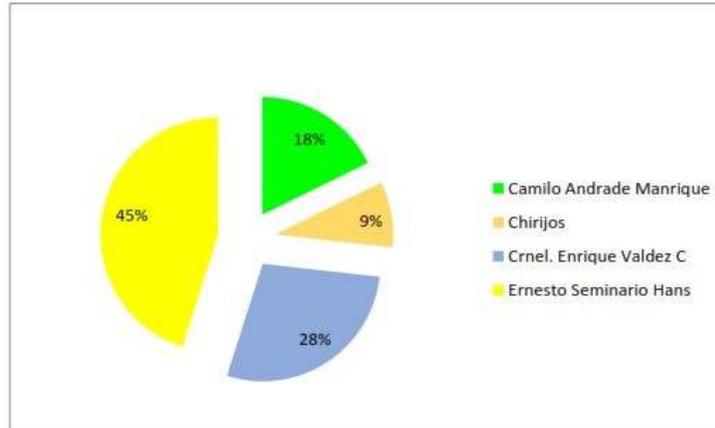


Figura 13 Parroquias urbanas origen de viaje. Fuente: Emovim-EP

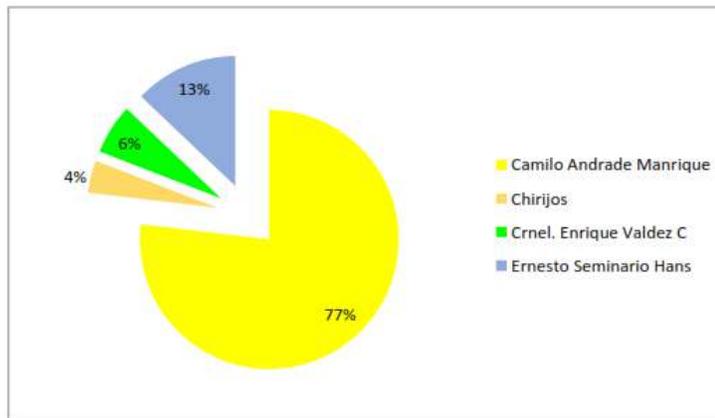


Figura 14 Parroquias urbanas destino de viaje. Fuente: Emovim-EP

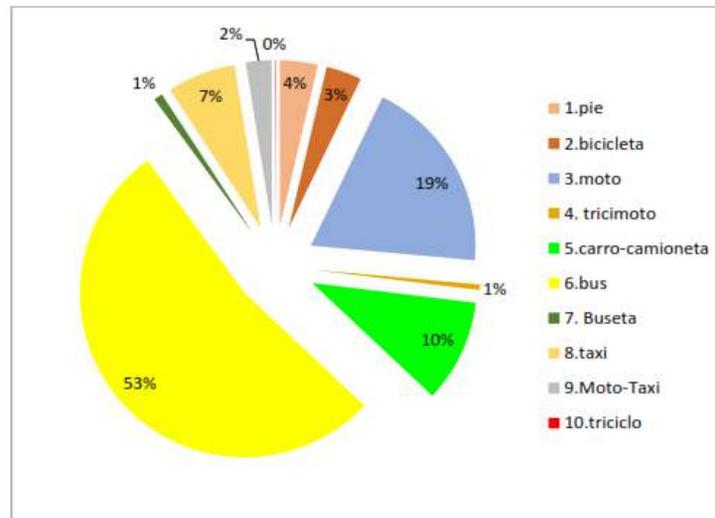


Figura 15 Medio de transporte que se utiliza. Fuente: Emovim-EP

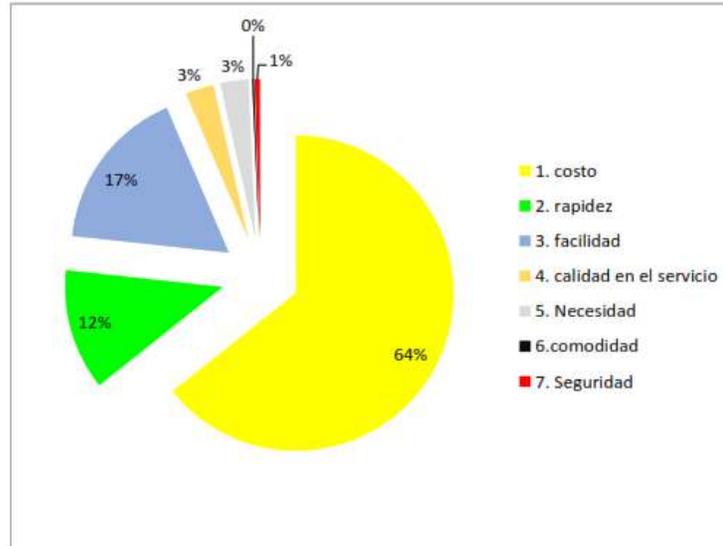


Figura 16 Motivo de uso del transporte público. Fuente: Emovim-EP

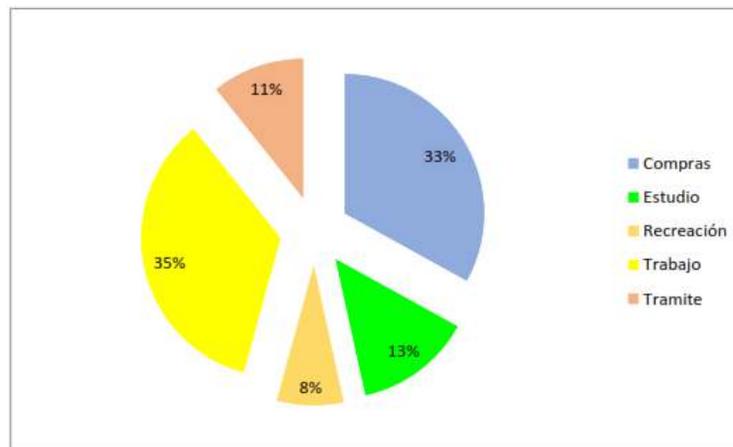


Figura 17 Motivo de viaje. Fuente: Emovim-EP

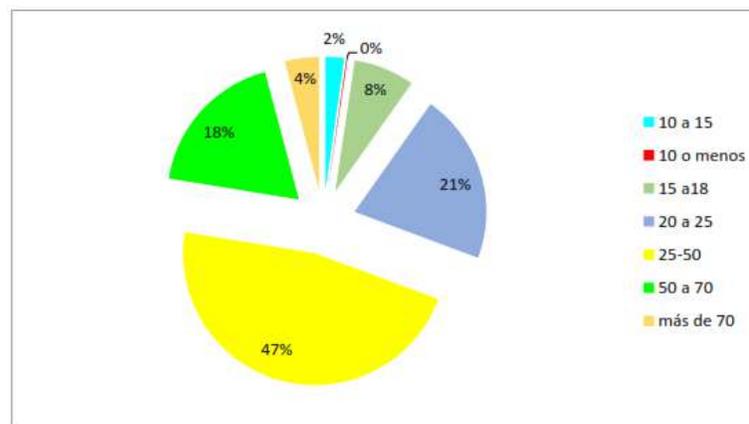
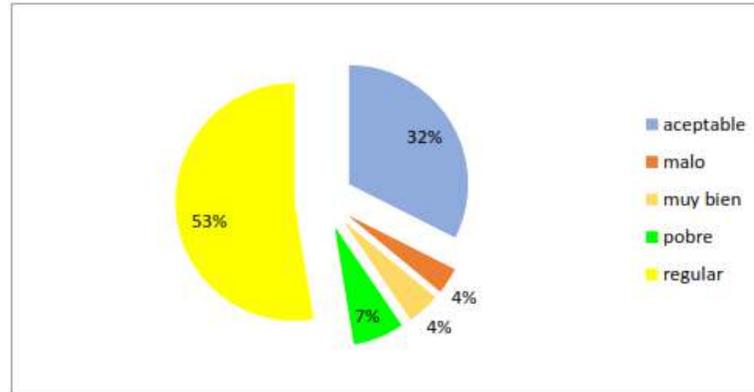


Figura 18 Edad de los usuarios. Fuente: Emovim-EP



*Figura 19* Grado de aceptación del servicio de transporte público. Fuente: Emovim-EP

De acuerdo a la frecuencia visual se logró determinar el número de buses que pasaban por un mismo punto de una misma ruta dentro en un periodo de tiempo preestablecido.

Algo importante de destacar es que la máxima demanda se determina a partir de los estudios de sube y baja, reforzando información con la frecuencia visual.

La frecuencia de paso se obtiene de contar las unidades que pasan durante un periodo determinado, el 09 de Mayo del presente año, tomando como rango de tiempo de las 9:00 hasta las 17:00 horas, punto de control en la Av. García Moreno, donde pasaron rutas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Al analizar la información vemos con preocupación cómo algunas líneas se entrelazan en esta avenida ocasionando congestión vehicular, contaminación ambiental y auditiva, esto se pudo evidenciar también en los relevamientos realizados con GPS, en el levantamiento sube y baja.



*Figura 20* Vista de la Av. García Moreno centro de la ciudad. Fuente: elaboración propia

#### **4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Este estudio se enmarca en la Planificación Urbana para trabajar en el ordenamiento de la infraestructura vial por medio de un corredor exclusivo que mejore el sistema de transporte urbano existente. De tal forma, la mejora de movilidad del sistema del transporte público en la ciudad se puede llevar a cabo utilizando la extensión ArcGIS Network Analyst de Esri, la cual proporciona un análisis espacial basado en redes como las de reparto, rutas de transporte, servicios más cercanos, calcular rutas y estudiar la accesibilidad a un punto geográfico concreto, rutas de acceso de emergencias basadas en el tiempo de viaje, análisis del recorrido más eficiente del transporte público, determinación de estaciones de bombero o policía cercanas a una zona, etc., contribuyendo con la planificación del entorno urbano y la evolución ciudades sostenibles.

#### **5. FORMULACIÓN DEL OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

##### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer un circuito vial para mejorar el servicio de transporte público actual en el casco comercial de la Ciudad de Milagro.

##### **5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar las rutas existentes para conocer la cantidad de beneficiarios que utilizan el servicio de transporte público.
- Establecer la problemática del transporte público a través de los Sistemas de Información Geográfica.
- Definir un corredor vial que optimice las rutas de transporte público en el caso comercial de la Ciudad de Milagro.

## 6. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Actualmente, un viaje diario del hogar al trabajo en coche ocupa 20 veces más espacio público que si se realiza utilizando un medio de transporte público como el autobús. (Mariano González, 2007) indica que para transportar a 75 personas solamente se necesita de un bus, aunque si estas personas se desplazasen de forma individual o incluso acompañadas hablaríamos de 60 coches circulando.

Varios autores del siglo XXI mencionan que el estudio del transporte público urbano, también conocido como problema de diseño de red de tránsito por sus siglas en inglés TNDP (Transit Network Design Problem) es fundamental debido a que plantea objetivos centrados en maximizar la calidad del servicio, minimizar tiempos de viaje y espera, maximizar el beneficio de las cooperativas de transporte (Garzon, González Neira, y Pérez Vélez, 2017).

Si analizamos el sistema de tránsito urbano en una ciudad real podemos observar como generalmente tienen dos componentes principales: una red dispersa (por ejemplo, una red ferroviaria) y una red local densa (por ejemplo, un autobús). Las dos redes se entrecruzan entre sí en toda la ciudad para proporcionar varias opciones de ruta para atender a los usuarios. A la luz de esto, formulamos modelos continuos parsimoniosos para minimizar el costo total de los usuarios y la agencia de tránsito para una red de tránsito bimodal entrecruzada en una red de la ciudad, donde las líneas locales y expresas perpendiculares se intersecan en las paradas de transferencia (Fan, Mei, y Gu, 2018).

Adicional, se debe equilibrar el transporte con el uso del suelo como principio fundamental del modelo nodo-lugar. Para ello, se pueden evaluar tres dimensiones principales bajo la versión extendida de este modelo: el índice de nodo, que refleja la accesibilidad del área de la estación por varios modos de transporte; el índice de lugar, que refleja las características de uso del suelo de las áreas de la estación; y el índice de diseño, que refleja las condiciones de

diseño urbano que influyen en la accesibilidad peatonal de las áreas de la estación (Vale, Viana, y Pereira, 2018).

De tal forma, evidenciamos como las redes urbanas pueden describirse morfológicamente como nodos principales o concentraciones de actividades y conexiones físicas y/o funcionales entre nodos en un área geográfica. Más allá de esta descripción morfológica, los lugares dentro de un área también pueden caracterizarse por la cantidad y diversidad de actividades a las que se puede acceder mediante una red de transporte (Cheng, Bertolini, Clercq y Kapoen, 2013). Para ello, es importante recordar que un factor clave que frena el cambio modal y la satisfacción en el uso del transporte público es la duración del viaje en distancias más largas, así como las características particulares del modo de transporte público utilizado en la medida en que dichas distancias se van incrementando (Muñoz Miguel, Simón de Blas, y Jiménez Barandalla, 2014).

Por otro lado, apostar por introducir buses eléctricos que utilizan una batería de alta capacidad (HCB) y un supercondensador utilizando energía eléctrica como un sistema de transporte bajo en carbono dan como resultado un transporte sostenible (Majumder, Kumar y Rayudu, 2019). Concretamente en el Ecuador, se lleva a cabo un inventario actual de la flota de buses dando la cantidad idónea de buses tipo articulado y tipo alimentadores los mismos que tendrán cámaras de video vigilancia conectadas en tiempo real con el sistema integrado ECU 911.

Según los informes nacionales, existe corredores viales de transportación pública como es el caso en la ciudad de Guayaquil, el primer corredor se lo creo en el año 2017 como parte de un sistema de transportación masiva (Metrovia) que tiene cobertura en los diferentes sectores del Puerto Principal. Tiene un carril exclusivo para las unidades que sirven como alimentadores y articulados. Este modelo de movilización inició sus operaciones en julio del 2006 con la inauguración del Sistema METROVIA, con un contrato de concesión para operar la troncal por 12 años.

Su centro de operaciones se encuentra al sur de la ciudad, en el Terminal Guasmo, infraestructura facilitada por la Alcaldía de Guayaquil. Cuenta con una flota de 40 buses alimentadores y 50 buses articulados. Su objeto se centra en facilitar la flota de vehículos y conductores para brindar el servicio de transporte.



Figura 21 Mapa de corredor en la Ciudad de Guayaquil. Fuente: Fundación Metrovia

Por otro lado, en la ciudad de Quito existe el sistema metropolitano integrado de transporte público que opera actualmente a través de corredores exclusivos con la finalidad de que los usuarios lleguen a cada uno de los destino de forma rápida y segura.

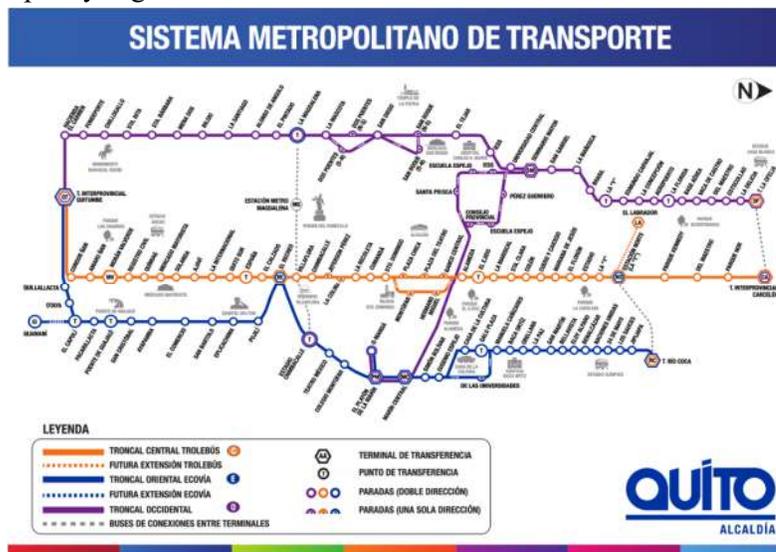


Figura 22 Mapa corredor en la Ciudad de Quito. Fuente: Alcaldía de Quito

A nivel europeo, Barcelona dispone de una red de corredores de autobuses que permiten el desplazamiento por la ciudad de forma mas rápida y cómoda y la combinación fácil con otros medios de transporte público, de manera que se puede hacer el 90 % de los desplazamientos con un intercambio como máximo. Esta red conecta también el tejido urbano con los límites de la ciudad y mejora la movilidad entre Barcelona y los municipios vecinos. Es sostenible y eficiente, tanto en términos ambientales como económicos garantiza al 95 % de la población disponer de un servicio de bus rápido y cómoda. Toda ella es fruto de un amplio consenso político y social y ha incluido grupos específicos de trabajo (Pacto por la Movilidad, Consejo de las Personas Mayores, etcétera) o sesiones abiertas de información y debate en todos los distritos de la ciudad.

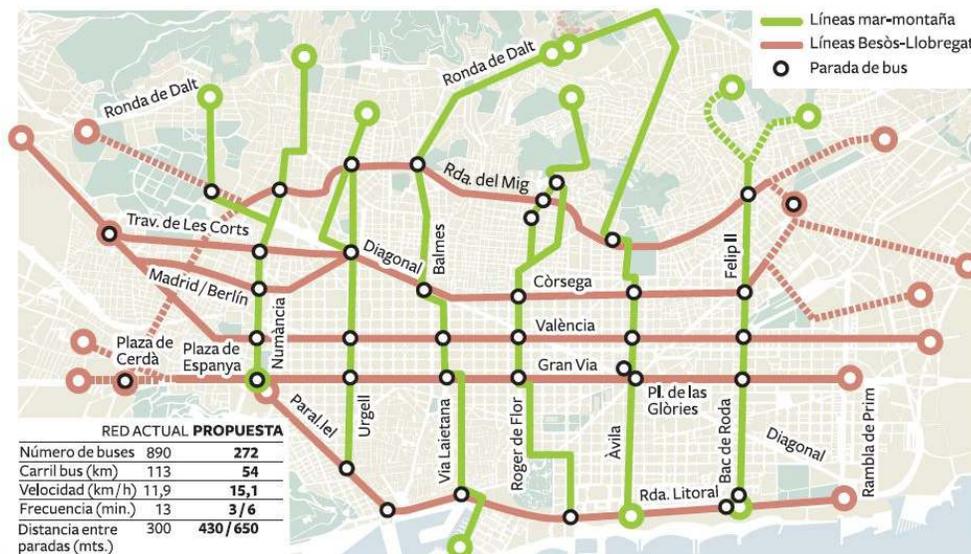
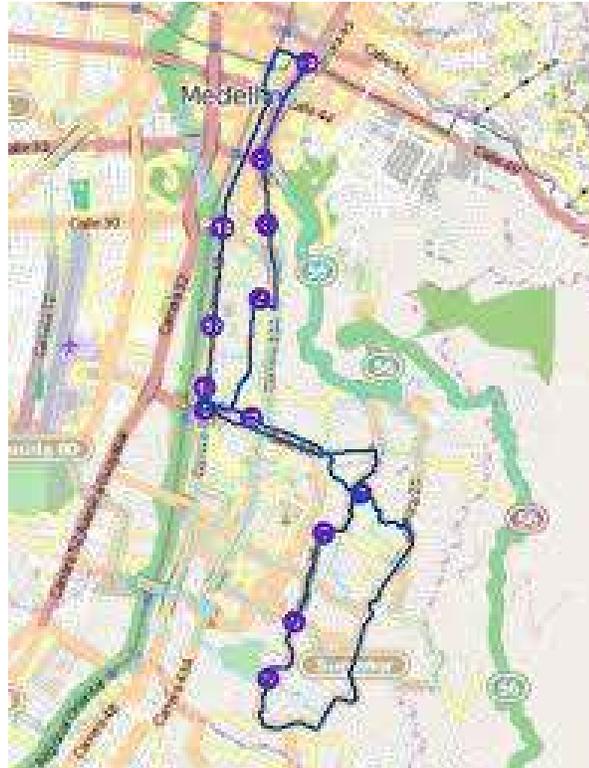


Figura 23 Mapa de corredor en la ciudad de Barcelona. Fuente: Ayuntamiento de Barcelona

Otro ejemplo en Latinoamérica es la ciudad de Medellín, Colombia donde uno de los principales destinos para las personas es el sector de El Poblado con un poco más de 400.000 viajes. Actualmente, el sector del Poblado cuenta con varias rutas de transporte de pasajeros y en el 2012 se trazaron alternativas para aprovechar de mejor forma las condiciones de las vías, el tiempo de recorrido, los costos de viajes entre otros, creando un corredor vial de buses urbanos.



*Figura 24* Mapa de corredor sector el Poblado, Ciudad de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín

Cuando hablamos de la optimización de un sistema de red de buses se plantea objetivos del tipo: maximizar la calidad del servicio (minimizar tiempos de viaje y espera) y maximizar el beneficio de las empresas transportistas. La solución global al problema depende de la solución de cada una de las etapas del proceso; es razonable pensar que las soluciones factibles de las tres últimas etapas del proceso están condicionadas por las soluciones obtenidas en las dos primeras (Ceder y Wilson, 1986).

Adicional, es importante contemplar el implementar un sistema de autobús personalizado siendo un transporte público emergente porque tiene como objetivo proporcionar servicios de transporte directos y eficientes para grupos de pasajeros con demandas similares de viaje (Lyu, 2019). Además, cabe recalcar que la retención de buses es un método de control ampliamente utilizado para regularizar los avances de los buses y reducir el agrupamiento de buses. El método funciona retrasando los autobuses en los puntos de

control si sus horarios de salida o anticipación se desvían de los planificados (Dai, Liu, Chen, Guo y Ma, 2019).

Por otra parte, el diseño de las nuevas redes de transporte, o en el rediseño de las existentes, resulta de gran utilidad el incluir modelos matemáticos para predecir los efectos de las modificaciones que se pretende implementar. Tales modelos permiten determinar los flujos vehiculares y los tiempos de viaje en cada tramo de la red a partir del conocimiento de las características de la misma y de la demanda (cantidad de viajes entre diferentes puntos de la ciudad) y están basados en una ley fenomenológica del comportamiento social colectivo de los conductores denominada principio de Wardrop. Se trata de un problema de optimización de gran tamaño, en general muy exigente desde el punto de vista computacional (Cortínez & Domínguez, 2013).

Por último, el diseño para producir un conjunto de rutas que cumpla con las restricciones de cobertura de la demanda y los intereses de los usuarios y operadores debe basarse en el algoritmo de generación de rutas de Baaj y Mahmassani. Este algoritmo basa su expansión original de rutas mediante la inserción de vértices individuales se reemplaza por una estrategia de inserción de pares de vértices. Es así como el algoritmo de inserción se puede usar para generar soluciones iniciales para una mejora local o un algoritmo evolutivo, así como para completar una solución inviable con respecto a las restricciones de cobertura de la demanda (Mauttone y Urquhart, 2009).

## 7. METODOLOGÍA

Las técnicas actuales utilizan información de GPS o información de referencia parcial. En este método propuesto, se utiliza tanto la información como la dirección y la distancia desde una carretera de referencia. El producto final del sistema propuesto tiene como objetivo ubicar el punto de choque utilizando toda la información disponible (Soysal, Şekeroglu y Dickey, 2019). Por ello, el análisis aborda en cada caso y determina si es posible resolver adecuadamente una determinada necesidad por medio de estrategias de control con planes fijos (con independencia de las variaciones de intensidad en el tiempo), o si por el contrario se requiere bien sea de estrategias de tipo responsivo (control por semiactuación o actuación total con activación dependiendo de la presencia de vehículos), o de estrategias sensibles al tráfico (control en lazo cerrado, cuyo algoritmo de control mide el estado (realimentación) del tráfico en cada momento, y esta información es utilizada para sincronizar las señales de control en tiempo real, (control adaptativo). Todo lo anterior, con el fin de medir el impacto en la movilidad, al usar diferentes estrategias para el control del tránsito (Sarmiento, 2011)

Es así que se desarrolla un modelo de gravedad multimodal basado en GIS fundamentado en el tiempo de viaje ponderado de puerta a puerta para computar la accesibilidad en transporte público. Se consideran cinco actividades urbanas principales, que incluyen empleo, educación, salud, tiendas, oportunidades de recreación y servicios, y la accesibilidad de la población objetivo en el censo. Se calcula el nivel de bloque a estos destinos mediante transporte público. En el siguiente paso, para considerar todas las actividades juntas e informar un único índice único, los cinco índices de accesibilidad calculados se integran en un índice compuesto utilizando un análisis de componentes principales. La medida de accesibilidad integrada ayuda a comprender mejor la distribución relativa de los beneficios del transporte público y su interacción con el uso del suelo (Tahmasbi y Haghshenas, 2019).

Por otra parte, en los Estados Unidos de oficina de censo de Topologically Geográfica Integrada de codificación y sistema de referencia para encontrar la ubicación del nodo de intersección donde el primario y las carreteras secundarias se cruzan. Para mejorar el número de registros coincidentes, una vez que buscan la coincidencia exacta, luego, si no hay coincidencia, relajaron la calle Escriba, luego prefijo, y finalmente el nombre y el número. Dado que el método de coincidencia de intersección se utiliza para la geocodificación en este estudio, los bloqueos que no se han producido en la intersección no pueden geocodificarse con precisión mediante el algoritmo propuesto (Soysal, 2019).

Se propone un modelo continuo de tráfico urbano. La idea fundamental de este último es que la variación de las características del tráfico en áreas cercanas es pequeña cuando se la compara a las diferencias del sistema entero, y de esta manera se pueden utilizar funciones continuas para representar las características de la red, tales como el costo de viaje y el flujo vehicular. Esencialmente el problema se reduce a un sistema de ecuaciones de difusión anisótropa no lineal que puede ser adecuadamente resuelto mediante el método de elementos finitos (Cortínez y Domínguez, 2013).

Las simulaciones se han realizado con el entorno abierto NS2 (Network Simulator 2). Para ello se ha implementado la algoritmia adecuada al protocolo propuesto y se han realizado comparaciones con otros protocolos (Díaz-Cacho, 2010).

Inicialmente se usa un enfoque de parada única para determinar una expresión para el umbral de avance óptimo que activa la inyección. Luego, se desarrolla un modelo para el servicio completo y se utiliza para determinar cuándo se debe inyectar el autobús vacío dentro del avance una vez que se haya tomado la decisión de inyectarlo. Mostramos que el autobús se debe inyectar aproximadamente cuando el 57% del avance ha pasado. Se utilizan simulaciones con datos reales para probar el modelo propuesto, lo que demuestra su precisión en términos de medir el impacto en los tiempos de

espera. Los resultados muestran que reservar un autobús para ser inyectado puede ser mejor que operar toda la flota continuamente. (Morales, 2019).

Desarrollamos un marco de solución heurística que incluye un método de agrupamiento basado en densidad de cuadrícula para descubrir las posibles demandas de viaje de manera eficiente, un algoritmo de implementación de paradas de autobús para minimizar el número de paradas y la distancia a pie y programación dinámica basada en enrutamiento y algoritmos de cronometraje para maximizar el beneficio estimado (Lyu, 2019).

Para disminuir los componentes que hacen menos eficientes las rutas de transporte urbano se realiza un estudio ajustado a las necesidades tanto de los usuarios como de las entidades públicas. La finalidad de este estudio consiste en buscar la vía más óptima, fluida para un circuito de ruta de transporte urbano conteniendo el máximo número de pasajeros.

Este caso se ha fragmentado en dos etapas para su resolución, una que consiste en la localización análisis de las rutas existentes y otra en optimización y mejora de las rutas de buses.

Basados en estos referentes, se elaborará una propuesta de mejora de rutas de buses usando la extensión ArcGIS Network Analyst de Esri que proporciona un análisis espacial basado en redes para definir un corredor vial que optimiza las rutas existentes y define rutas nuevas complementarias al sistema de transporte existente.

En el presente estudio es soportado a través de un sistema de información geográfica (SIG)], estos sistemas se han utilizado en los últimos años en muchas ciudades como apoyo importante para la toma de decisiones en áreas como la transportación.

De manera general la metodología que será usada en el estudio de una ruta de transporte de pasajeros está basada en Network Analyst, la cual es una herramienta de análisis de redes proveída por el sistema de información

geográfica ArcGis. Inicialmente deben identificarse los diferentes recorridos actuales de origen destino que conforman la ciudad de Milagro, esto con la finalidad de hacer un apropiado circuito Origen Destino.

Adicionalmente se debe construir la malla vial de la ciudad con los atributos que corresponde a cada vía (velocidad permitida, restricciones de paso, sentidos, etc.). La información de la malla vial debe ser complementada con los cruces de semáforos existentes en las vías. Una vez que se ha hecho la identificación geográfica y de red de la zona de análisis se procede con la construcción y evaluación de las rutas movilizadas, usando para esto información de los viajes que se generan en la zona según el análisis de origen destino.

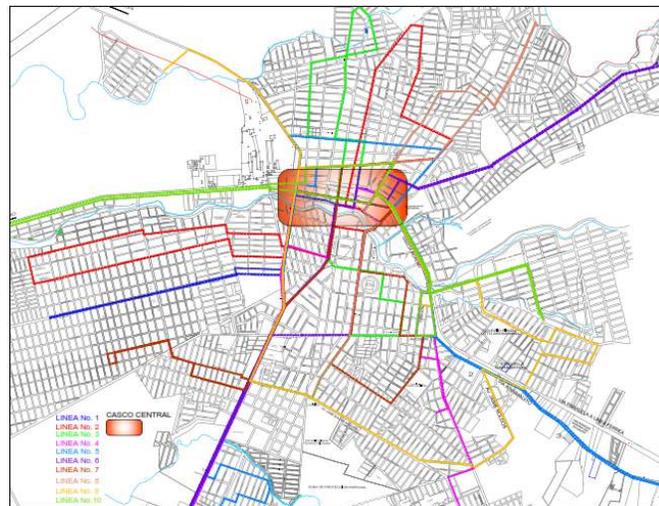
Siguiendo la metodología propuesta, se hace la representación geográfica de la malla vial para el sector que este caso sería el casco urbano de la ciudad de Milagro, el cual comprendería la construcción de un dataset de red con las características requeridas para usar las herramientas de optimización de Network Analyst.

El Poblado (Shapefile) en el sistema de Coordenadas WGS84 de las vías del casco urbano con las respectivas validaciones de topología. La malla vial es complementada con atributos como: sentido de las vías, velocidad máxima permitida, cruces semaforizados, entre otros atributos que puedan afectar el modelo en el momento de generar una ruta óptima. Este proceso y los procesos siguientes, los cuales involucran un manejo del Sistema de Información Geográfico y el análisis de rutas.

Para la creación del dataset de red (network dataset) que permita modelar la red de transporte, se ubican nodos en cada una de las intersecciones de las vías. La red de transporte se configura con las funciones de evaluación necesarias para que asimile el sentido de las vías; adicionalmente el Dataset permite la configuración de atributos como velocidad máxima permitida en las vías, semaforización, cruces prohibidos, calles cerradas, entre otros factores que pueden afectar el resultado del modelo. Es importante crear y

configurar de una manera adecuada el Network Dataset ya que el algoritmo de Network Analyst se basa en esta red para encontrar una ruta óptima.

La generación de una ruta óptima consiste básicamente en colocar puntos de control basados en una ruta que opere con circuito en el casco urbano de la Ciudad de Milagro y ejecutar la herramienta de Network Analyst para que trace una ruta óptima teniendo en cuenta los parámetros y funciones definidas en el Network Dataset. Para el presente estudio se tomó el recorrido de las 10 rutas que circulan por el casco urbano, la cual se enseña en la Figura 25. Estas rutas tienen actualmente una distancia de recorrido de 5500 metros solo en la ciudad, en su recorrido total atraviesa el casco urbano según el estudio origen destino que serían todos los sectores que comprende el Cantón Milagro.



*Figura 25* Mapa de las rutas de transporte público actual. Fuente: elaboración propia

El estudio de rutas tiene como objetivo realizar una comparación entre las rutas que opera actualmente y la ruta trazada mediante el algoritmo de optimización que implementa Network Analyst.

En esta fase se realiza una comparación usando el matriz origen destino que indica el número de pasajeros que son transportados de un sector a otro, tiempos de viaje y otros factores que indiquen una mejoría a la ruta actual en

el casco urbano. Finalmente, se muestran los resultados del análisis comparativo entre las rutas y los aspectos que mejoraron usando Network Analyst, dando como resultado final un solo circuito de rutas que los buses realizarían en el casco urbano, dando como resultados descongestionamiento, ruta de circuito rápido, fluido y sobre todo óptimo.

## **8. DISCUSION**

La importancia de las ciudades de contar con circuitos eficientes de transporte público es sin duda en anhelo de toda ciudad. Básicamente, porque la mayor parte de la inversión de los países se produce en las ciudades, es por eso que es importante implementar infraestructuras y servicios urbanos de transporte para resolver las dificultades de movilidad. (Serna-Uran, García-Castrillón, y Flórez-Londoño, 2016).

Las operaciones de mantenimiento de la infraestructura del transporte conllevan a su vez una gran inversión para mantener en óptimas condiciones, una alternativa complementaria a esto, sería la optimización de los recursos de movilidad con los que cuenta la ciudad. (Díaz-Cacho, 2010).

En cuanto a los atributos de la red, se evidencia que proporcionan elementos básicos como la distancia de cada tramo de vía, la direccionalidad de las calles (un sentido o doble sentido) y el nivel de jerarquía (autopista, arterial, carretera local) para tomar la mejor ruta se toma como impedancia la distancia.

Se identifican los nodos principales para el análisis de las rutas comenzando por el nodo uno o nodo de inicio, un nodo de finalización y varios nodos a escanear por donde se indican las paradas mínimas o nodos alcanzados por la ruta. En total se definen los nodos necesarios obligando a que el modelo de ruta cruce por las zonas de origen destino como puntos de control obligatorios y que inicialmente son cubiertas por la ruta inicial, ver Figura 26.



*Figura 26* Identificación de nodos. Fuente: elaboración propia

Una vez seleccionados los nodos se da una solución, generando un solo circuito de ruta en el casco urbano en la cual las 10 rutas existentes se incorporarían a este circuito óptimo con una distancia de recorrido de 4950 metros, que logra cubrir todos los sectores urbanos del Cantón Milagro, ver figura 27.



*Figura 27* Circuito propuesto. Fuente elaboración propia

Se realizará una comparación con los resultados de las dos rutas (rutas originales vs. ruta optimizada) calculando los tiempos de viaje para cada tramo con una velocidad promedio entre los 20 km/h y 30 km/h. Se podrá evidenciar un ahorro en cuanto a distancia y tiempo de recorrido además de que los buses no circularían por el casco urbano sino por una ruta óptima dando mayor fluidez al centro de la Ciudad. De tal forma se evidencia que los corredores viales de transportación pública realizados de una manera planificada han dado resultados positivos en otras ciudades del país y del mundo

## **9. CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos de la propuesta planteada se presentan para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos propuestos en el análisis sistemático de literatura elaborado, el cual permitió obtener toda la información con respecto al estado actual del sistema de transporte público en el casco urbano de la ciudad de Milagro. Todo ello, con el fin de realizar la comparación de la situación actual de cada uno de las rutas y así luego determinar la propuesta descrita.

Según la experiencia obtenida por medio de los estudios nacionales e internacionales, las actividades de planificación vial son de suma importancia para el buen funcionamiento de la propuesta.

Hoy en día, la sociedad moderna es el mejor ejemplo del éxito de este tipo de organización. Las redes forman parte fundamental de la vida y las actividades realizadas por el hombre sobre cualquier punto del planeta.

Día a día, somos testigos de cómo se encuentran nuevas formas de comunicación y la dinámica de las relaciones establece de manera creciente, nuevos patrones de comportamiento, velocidad y flujo al interior de las redes humanas. Sean estas carreteras, cables o tuberías de gas y petróleo. Todas ellas reflejan una sola situación en cuanto al movimiento constante al interior de ellas, sin importar tipología o localización. De esta manera, la

infraestructura y los flujos de la red constituyen la base productiva y social de nuestro planeta al permitir el desplazamiento de personas, energía, recursos o inclusive ideas.

El presente trabajo profundiza en especial sobre una de las más antiguas y extendidas de toda la humanidad. Las redes viales. Las cuales constituyen la base para todo tipo de circulación sobre la superficie terrestre. Desde personas hasta productos alimenticios o inclusive como soporte para otros tipos de redes.

Este tipo de modelos se caracterizan por representar de manera eficaz las principales características de la circulación vehicular a través de un área determinada. A diferencia de las redes geométricas, el flujo al interior de la misma es totalmente libre. Un conductor o vehículo podrá desplazarse por ella con total libertad siempre y cuando no existan restricciones o límites al desplazamiento.

Primeramente, considero importante utilizar los medios de transporte públicos como forma de movilización por las ciudades, ya que con su uso diario los ciudadanos estamos aportando nuestro grano de arena en la disminución no solo la congestión vehicular, sino también en la reducción del cambio climático, disminuyendo así las emisiones de CO<sub>2</sub> para nuestro planeta. Por ello, durante el desarrollo del presente trabajo y mediante los resultados que se obtuvieron he podido evidenciar varios aspectos importantes:

- El potencial que poseen los sistemas de información geográfica para realizar análisis de redes de transporte en escenarios urbanos, así como su uso puede facilitar la integración de análisis espaciales y geoestadísticos que son ignorados en muchos modelos logísticos y con los cuales se mejoraría la toma de decisiones en este campo.
- El método propuesto a partir del uso de Network Analyst permitió integrar múltiples objetivos en el modelo de solución como el número de usuarios potenciales en la ruta óptima, velocidad, tiempos de recorrido, distancias. Esta integración facilita la comparación de múltiples criterios para evaluar

la eficiencia de la ruta obtenida en relación a las rutas de transporte que se realizan actualmente.

- Es necesario tener en cuenta otros factores que intervienen en los procesos del transporte como altimetría, condiciones de la vía, tráfico, etc., con el fin de lograr soluciones más robustas y adecuadas a las condiciones reales.
- El “consumo” de los medios de transportes públicos, en especial el autobús, experimentará congestión en las mismas condiciones que los usuarios de automóviles en las horas de más tráfico si el sistema de autobuses sigue siendo el mismo. Por ello, se requiere una inversión adicional para mejorar el sistema de autobuses actual con una mejora paliativa.
- La mejora paliativa se basa en proponer una línea de créditos que intervenga el gobierno local como ente regulador de tránsito y los transportistas para adquirir nuevas unidades de transporte público pudiendo ser buses eléctricos amigables con el medio ambiente.

Todo ello con el fin de que de forma planificada el corredor vial urbano propuesto de como beneficios una mejora en la transportación de pasajeros, un sistema de transporte vial seguro, eficiente que genere confianza en los usuarios del sistema.

Como futuras líneas de investigación se recomienda.

Desarrollo de alternativas de movilidad en las parroquias rurales del Cantón, a las que no llega el transporte público.

Propuestas de infraestructura urbana como ciclo vías, calles peatonales, áreas verdes, que forme parte del proyecto integral de movilidad en la ciudad.

Desarrollo de una aplicación celular conectada a la red de transporte público y al ECU 911 en tiempo real, que permita dar aviso en caso de un accidente, asalto, etc.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (No Title). (n.d.). Retrieved June 7, 2021, from [https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf\\_Cuaderno\\_2\\_Comparativa\\_medios.pdf](https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf_Cuaderno_2_Comparativa_medios.pdf)
- Ceder, A., & Wilson, N. H. M. (1986). Bus network design. *Transportation Research Part B*, 20(4), 331–344. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(86\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0191-2615(86)90047-0)
- Cheng, J., Bertolini, L., Clercq, F. le, & Kapoen, L. (2013). Understanding urban networks: Comparing a node-, a density- and an accessibility-based view. *Cities*, 31, 165–176. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2012.04.005>
- Cortínez, V. H., & Domínguez, P. N. (2013). Un modelo de difusión anisótropa para el estudio del tráfico urbano. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, 29(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.RIMNI.2011.10.005>
- Dai, Z., Liu, X. C., Chen, Z., Guo, R., & Ma, X. (2019). A predictive headway-based bus-holding strategy with dynamic control point selection: A cooperative game theory approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, 125, 29–51. <https://doi.org/10.1016/J.TRB.2019.05.001>
- Díaz-Cacho, M., Barreiro, A., & Rivera, M. G. (2010). Bidireccionalidad y eficiencia en el transporte de datos de teleoperación a través de redes IP. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(2), 99–110. [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(10\)70030-3](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(10)70030-3)
- Escuela Nacional de Minas (Colombia), MARGARITA; SARMIENTO, I., & Universidad Nacional de Colombia. Sede de Medellín. Facultad Nacional de Minas. (2011). *Dyna. Dyna* (Vol. 78). Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <https://www.redalyc.org/html/496/49622390008/>
- Fan, W., Mei, Y., & Gu, W. (2018). Optimal design of intersecting bimodal transit networks in a grid city. *Transportation Research Part B: Methodological*, 111, 203–226. <https://doi.org/10.1016/J.TRB.2018.03.007>
- Garzon, N. A., González Neira, E. M., & Pérez Vélez, I. (2017). Metaheurística para la solución del Transit Network Design Problem multiobjetivo con demanda multiperiodo. *Ingeniería y Ciencia*, 13(25), 29–69. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.13.25.2>
- Lyu, Y., Chow, C.-Y., Lee, V. C. S., Ng, J. K. Y., Li, Y., & Zeng, J. (2019). CB-Planner: A bus line planning framework for customized bus systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 101, 233–253. <https://doi.org/10.1016/J.TRC.2019.02.006>
- Majumder, S., De, K., Kumar, P., & Rayudu, R. (2019). A green public transportation system using E-buses: A technical and commercial feasibility study. *Sustainable Cities and Society*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101789>
- Mauttone, A., & Urquhart, M. E. (2009). A route set construction algorithm for the transit network design problem. *Computers and Operations Research*, 36(8), 2440–2449. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2008.09.014>

- Morales, D., Muñoz, J. C., & Gazmuri, P. (2019). A stochastic model for bus injection in an unscheduled public transport service. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1016/J.TRC.2019.05.029>
- Muñoz Miguel, J. P., Simón de Blas, C., & Jiménez Barandalla, I. C. (2014). Estudio empírico sobre la utilización del transporte público en la Comunidad de Madrid como factor clave de movilidad sostenible. *Cuadernos de Economía*, 37(104), 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2013.12.001>
- Serna-Uran, C. A., García-Castrillón, J. A., & Flórez-Londoño, O. (2016). Análisis de Rutas de Transporte de Pasajeros Mediante la Herramienta Network Analyst de Arcgis. Caso Aplicado en la Ciudad de Medellín. *Ingenierías USBMed*, 7(2), 89–95. <https://doi.org/10.21500/20275846.2631>
- Soysal, Ö. M., Şekeroglu, K., & Dickey, J. (2019). An automated geo-spatial correction framework for transportation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 6(2), 147–161. <https://doi.org/10.1016/J.JTTE.2018.01.007>
- Tahmasbi, B., & Haghshenas, H. (2019). Public transport accessibility measure based on weighted door to door travel time. *Computers, Environment and Urban Systems*, 76, 163–177. <https://doi.org/10.1016/J.COMPENVURBSYS.2019.05.002>
- Vale, D. S., Viana, C. M., & Pereira, M. (2018). The extended node-place model at the local scale: Evaluating the integration of land use and transport for Lisbon's subway network. *Journal of Transport Geography*, 69, 282–293. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGE.2018.05.004>

## 11. ANEXOS

### 11.1. ANEXO 1. Anexo II del Reglamento.- Aprobación del tema/problema de investigación por parte del comité académico y designación de director de trabajo de titulación



REGLAMENTO PARA EL PROCESO DE TITULACIÓN DE POSGRADO



**ANEXO II.- FORMATO DE EVALUACIÓN DE LA APROBACIÓN DEL TEMA/PROBLEMA  
PROPUESTO DEL TRABAJO DE TITULACION**

FACULTA DE ARQUITECTURA Y URBANSIMO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ARQUITECTURA, MENCIÓN PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y GESTIÓN  
AMBIENTAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nombre de la propuesta de trabajo de la titulación:	Propuesta de movilidad de transporte público en el casco comercial de la Ciudad de Milagro, Ecuador.		
Nombre del estudiante (s):	Orozco Amaguaya Freddy René		
Programa:	Maestría en Arquitectura, Mención Planificación Territorial y Gestión Ambiental		
Línea de Investigación:	Ordenamiento Territorial y Urbanismo		
Fecha de presentación de la propuesta de trabajo de Titulación:	25/11/2020	Fecha de evaluación de la propuesta de trabajo de Titulación:	30/11/2020

ASPECTO A CONSIDERAR	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
Título de la propuesta de trabajo de Titulación:	x		<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocimiento por haber participado en una conferencia internacional con publicación de Capítulo de libro en SPRINGER, indexado en SCOPUS.</li> <li>Ajuste el tema a un cumplimiento viable de su propuesta al tema.</li> </ul>
Línea de Investigación:	x		
Objetivo de la Investigación:	x		
Modalidad de Titulación:	x		



APROBADO  
APROBADO CON OBSERVACIONES  
NO APROBADO

Director de Trabajo de Titulación: **Ing. Laura Calero Proaño, PhD.**



JESÚS HECHAVARRÍA HERNÁNDEZ  
RAFAEL ACOSTA  
RODRÍGUEZ

Ing. Jesús Hechavarría Hernández, Ph.D.  
Presidente del Comité Académico



GABRIELA VEGA GUIRACOCCHA

Ing. Gabriela Vega Guiracocha, Ph.D.  
Miembro del Comité Académico



LAURA DE JESUS CALERO PROAÑO

Ing. Laura Calero Proaño, PhD  
Miembro del Comité Académico



FERNANDA VITERI PALOMEQUE

Arq. Ma. Fernanda Viteri Palomeque, Ph.D.  
Miembro del Comité Académico



REGLAMENTO PARA EL PROCESO DE TITULACIÓN DE POSGRADO



**ANEXO IV.- FORMATO DE CONOCIMIENTO DEL DIRECTOR DE TITULACIÓN AL ESTUDIANTE**

Guayaquil, 02 de marzo de 2021

Oficio 01.RESP.ACAD.FAU2021

Sr.

**ESTUDIANTE**

**Orozco Amaguaya Freddy René**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ARQUITECTURA, MENCIÓN PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y GESTIÓN AMBIENTAL**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Estimado/a (s) estudiante/s:

Por medio de la presente y cumpliendo con la normativa existente para estudiantes de Posgrado de la Universidad de Guayaquil, me dirijo a usted para notificarle que, para el desarrollo de su Trabajo de Titulación del Programa de Maestría en Arquitectura, Mención Planificación Territorial Y Gestión Ambiental: *"Propuesta de movilidad de transporte público en el casco comercial de la Ciudad de Milagro, Ecuador."*, lo desarrollará con la guía del director de trabajo de titulación, mismo que es el siguiente:

DATOS DEL DIRECTOR DE TITULACIÓN			
APELLIDOS	NOMBRES	CORREO	TELÉFONO
Calero Proaño	Laura de Jesús	laura.calerop@ug.edu.ec	0989180445

Por favor contactarla con el fin de realizar las tutorías respectivas y registrarlas en el Formato de Registro de Tutorías Asistidas.

Si existe alguna observación con respecto al tutor, por favor notificarlo con el fin de resolver cualquier situación que no permita cumplir con el objetivo trazado.

Muy atentamente,



Escaneado electrónicamente por:  
ING. JESÚS RAFAEL HECHAVARRÍA HERNÁNDEZ

**Ing. Jesús Rafael Hechavarría Hernández, PhD.**  
**Responsable Académico del Programa de Posgrado**

Elaborado por: Ing. Verónica Cedillo (Asistente de Posgrado)

## 11.2. ANEXO 2. Verificación sistema anti plagio

Curiginal

### Document Information

Analyzed document	INFORME FINAL FREDDY OROZCO 2021 ACTUALIZADO 13 JUNIO_Corrección FINAL.docx (D108839277)
Submitted	6/14/2021 11:44:00 AM
Submitted by	Laura Calero Proaño
Submitter email	laura.calerop@ug.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	laura.calerop.ug@analysis.urkund.com

### Sources included in the report

**W** URL: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6007708.pdf>  
Fetched: 9/27/2019 1:32:37 AM

 3



**11.3. ANEXO 3.** Anexo 5 del reglamento.- Certificado del director del trabajo de titulación.



**ANEXO V. - CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Guayaquil, 14 de junio de 2021

*Arq. Rosa María Pin Guerrero, MSc*  
**Decana Facultad de Arquitectura y Urbanismo**  
**Universidad de Guayaquil**

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación denominada "PROPUESTA DE MOVILIDAD DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL CASCO COMERCIAL DE LA CIUDAD DE MILAGRO, ECUADOR" del estudiante arquitecto FREDDY RENE OROZCO AMAGUAYA, de la maestría en Arquitectura mención Planificación Territorial y Gestión Ambiental, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento relacionado con la maestría.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud (firmada), la versión aprobada del trabajo de titulación, el registro de tutorías y la rúbrica de evaluación del trabajo de titulación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que la estudiante está apta para continuar con el proceso.

Atentamente,

Ing. Laura de Jesús Calero Proaño, Ph.D.  
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Universidad de Guayaquil



#### 11.4. ANEXO 4. Carta de aceptación AFHE 2020



#### ACCEPTANCE LETTER

Freddy Orozco  
Universidad de Guayaquil, Ecuador  
freddy.oroascoam@ug.edu.ec

December 11, 2019

Dear Freddy Orozco,

We are pleased to inform you that your submission has been accepted for Oral presentation at the 11th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences to be held at Hilton San Diego Bayfront, California, United States of America, 16-20, July, 2020. (<http://ahfe2020.org>)

**Paper ID#: 59**

**Paper Title: Improvement of public transport routes in the urban area with Arcgis Network Analyst. Case applied in the City of Milagro, Ecuador.**

The acceptance decision is based on peer-reviews conducted by conference chairs and assigned reviewers from the scientific committee.

[For inclusion in the AHFE 2020 Conference Proceedings and program, at least one unique registration per paper or poster is required].

Whether this submission is a paper presentation or poster demonstration, your full paper (optional) will be included in the Conference Proceedings if submitted along with the signed Springer consent to publish agreement form by the posted deadline.

We look forward to seeing you in Hilton San Diego Bayfront, California!

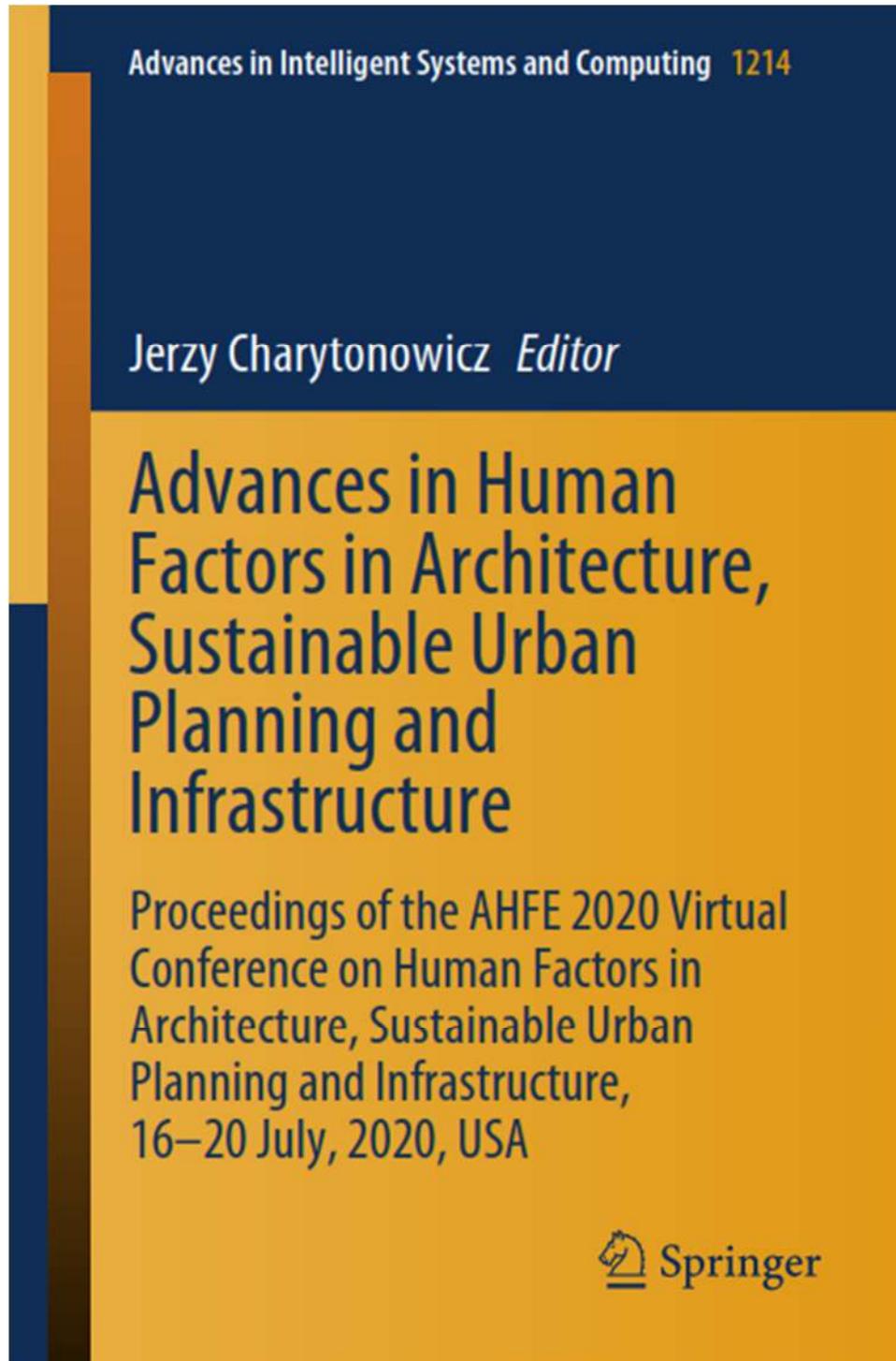
Sincerely,

**AHFE 2020 Administration**

---

Questions? Please send to [support@ahfe.org](mailto:support@ahfe.org)  
Conference website: <http://ahfe2020.org>

**11.5. ANEXO 5.** Portada del Libro Advances in Human Factors in  
Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure



11.6. ANEXO 7. Publicación en el libro, página 31



## **Improvement of Public Transport Routes with ArcGIS Network Analyst. Case Study: Urban Center of Milagro, Ecuador**

Freddy René Orozco Amaguaya<sup>(✉)</sup>  
and Jesús Rafael Hechavarría Hernández

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Estatal de Guayaquil, Cdla.  
Salvador Allende Av. Delta y Av. Kennedy, Guayaquil, Ecuador  
{freddy.orozcoam, jesus.hechavarriah}@ug.edu.ec

**Abstract.** Public transport plays an important role in big cities. Taking into account that the population is constantly increasing, it is important to analyze this issue and make decisions based on the optimization of routes and the improvement of the public transport service. At present, from the perspective of travelers there are many alternatives (modes of transport) to move within a city. The choice of mode can be based on many criteria, such as: costs, comfort, distance, travel times, security, among others. Around this issue, many cities opt for development plans that include efficient public transport strategies, with low environmental impacts and that are attractive to users. In this context, this article aims to address an analysis methodology to improve public transport routes and propose alternatives that improve their performance. The study is developed for urban transport routes in the urban area of the city of Milagro in Ecuador. As a computer tool, the ArcGIS Network Analyst is used to enhance the decision-making process in the selection of transport routes.

**Keywords:** Public transport · Route optimization · Network Analyst

### **1 Introduction**

The importance of cities to have efficient public transport circuits is undoubtedly yearning for every city. Basically, because most of the investment of countries is produced in cities, that is why it is important to implement urban transport infrastructure and services to solve mobility difficulties.

In several cities in the world, the urban public transport system is essential due to the notable demographic and economic increase that is taking place, so it has been decided to implement integrated transport systems such as: articulated buses, trains, pedestrian paths, bicycles, which involves investments of money that many cities may not hold. The maintenance operations of the transport infrastructure in turn entail a large investment to keep in optimal conditions, a complementary alternative to this would be the optimization of the mobility resources available to the city.

The use of strategies to improve the decision-making process in urban planning is of interest in recent years [1–3]. Other research devotes efforts to the analysis of urban

© The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2020  
J. Charytonowicz (Ed.): AHFE 2020, AISC 1214, pp. 31–36, 2020.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-51566-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51566-9_5)

## 11.7. ANEXO 8. Formato de encuesta

Esta encuesta tiene como finalidad conocer las diferentes actividades y percepción de los usuarios del transporte público, en la ciudad de Milagro. De esta manera se prevé identificar el uso del servicio, las paradas, estaciones y ejes donde existe una movilidad mayor, la calidad de los espacios tanto a nivel de paradas, como de estaciones y buses.

### ENCUESTA

#### SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE MILAGRO

Encuesta realizada por: \_\_\_\_\_

Sector donde fue realizada: \_\_\_\_\_

#### 1. Sexo

- Femenino
- Masculino

#### 2. ¿Qué edad tienes?

- 15 a 20
- 20 a 30
- 30 a 40
- 40 a 50
- 50 a 60
- 60 en adelante

#### 3. ¿Qué medio de transporte usas normalmente?

- Vehículo propio
- Motocicleta
- Bicicleta
- Taxi
- Buses de transporte urbano

#### 4. ¿Con qué frecuencia utilizas el bus de transporte público?

- 1 vez por semana
- 3 veces por semana
- 1 vez al mes
- Todos los días
- No lo usa ¿Por qué? \_\_\_\_\_

#### 5. ¿Para qué actividades usas el bus de transporte público?

- Trabajo
- Colegio
- Llevar a los niños a la escuela
- Ir a la Universidad
- Ir de Compras
- A realizar pago de servicios
- Llevar a los niños a zonas recreativas

#### 6. ¿Por qué usas el bus de transporte público?

- Es la única opción de transporte
- Porque es rápido
- Porque es seguro
- Porque es más barato
- Por comodidad

7. ¿Estarías dispuesto a pagar un valor mayor por un mejor sistema de transporte público?
- Si ¿Cuánto? \_\_\_\_\_
  - No
8. ¿Cómo calificarías el transporte público actual en la Ciudad de Milagro?
- Menos bueno
  - Bueno
  - Muy bueno
  - Malo
9. ¿Cuál consideras que es el principal problema que te afecta el servicio de transporte público?
- Las pocas unidades
  - La inseguridad (robo, asalto)
  - La falta de espacios públicos (plazas, parques) al exterior de las paradas.
  - Limpieza
  - Mantenimiento de las unidades
  - Mantenimiento de los paraderos
10. ¿Cuál consideras que debe ser la frecuencia (tiempo) de llegada de los buses de transporte público a los paraderos?
- 3 minutos (propuesta)
  - 5 minutos (actual)
  - 10 minutos (actual)
  - 15 minutos (actual)