

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERIA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

Propuesta de corredor de transporte en el pueblo de San Lorenzo Tezonco y alrededores de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México plantel San Lorenzo Tezonco

TRABAJO RECEPCIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN:
INGENIERIA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

PRESENTA:

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CORONA

Director del trabajo recepcional

M. en I. Raúl Soto Peredo

Codirector

M. en I. Francisco G. Alvarado Arias

México D.F. junio, 2016.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS[©]

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Dedicatorias

A mis padres:

Mis padres fueron, son y serán la guía de mi vida. Ni todas las palabras de agradecimiento serán suficientes para corresponder a su apoyo y sacrificio, el cual realizaron por hacer de mí un hombre de bien, pero también quiero agradecerles el amor, cariño y ejemplos que fueron parte fundamental para llegar hasta este punto en mi vida. Hoy tengo la fortuna de poder agradecerles con esta sencilla dedicatoria. Esperando se encuentren orgullosos de mí.

A mis hermanos Eduardo, Verónica y Carolina.

Quiero dedicarles este humilde trabajo a mis hermanos que gracias a su apoyo y amor lograron animarme a finalizar y obtener este logro, los quiero y los llevo siempre en mi corazón.

A mi Esposa

*Quiero agradecerte tu apoyo en la conclusión de este trabajo, quiero que sepa que este esfuerzo debe sentirlo como suyo, ya que el tiempo que dedique a su conclusión fue tiempo que no pase a su lado y que con mucho amor y cariño espero poder recompensarla, estoy feliz de poder compartir contigo este logro, **Te Amo**.*

Dedicatorias Especiales

Al profesor Leonardo Ruiz

Quine me dio la primer oportunidad en mi vida profesional, quisiera poder agradecerle de todo corazón el apoyo que me brindó, tanto académico como laboral. Las circunstancias no me permitieron agradecerse como se lo merecía, sin embargo hoy doy gracias día con día por haber tenido su apoyo incondicional y sobre todo su amistad.

Agradecimientos

Al M. en I. Raúl Soto Peredo quiero agradecerles por brindarme además de su conocimiento, tiempo y paciencia en el desarrollo de este trabajo.

Al M. en I. Francisco G. Alvarado Arias; quien me brido su apoyo y conocimientos en parte fundamental del trabajo para su conclusión y a quién admiro y respeto.

A la M. en I. Gloria Elena Londoño Mejía, al M. en I. Alberto Valdés Palacios, al M. en I. Juan Gilberto Salas y al M. en C. Emilio Bravo Grajales quienes se tomaron la molestia de ser revisores de los argumentos y propuestas planteada en la tesis y que amablemente ayudaron a mejorar el contenido, argumentos y estructura del trabajo.

Jesús Octavio Higuera Duran un gran amigo quien en todo momento me apoyo con sus sabios consejo y quien creyó en mis capacidades.

A la Universidad Autónoma de la Ciudad de México por el apoyo prestado en la impresión y empastado de este trabajo.

Al Centro de Transporte Sustentable EMBARQ México por brindarme el apoyo profesional y otorgarme las facilidades necesarias para la conclusión de este logro en mi vida.

Agradecimientos

Al M. en I. Raúl Soto Peredo quiero agradecerles por brindarme además de su conocimiento, tiempo y paciencia en el desarrollo de este trabajo.

Al M. en I. Francisco G. Alvarado Arias; quien me brido su apoyo y conocimientos en parte fundamental del trabajo para su conclusión y a quién admiro y respeto.

A la M. en I. Gloria Elena Londoño Mejía, al M. en I. Alberto Valdés Palacios, al M. en I. Juan Gilberto Salas y al M. en C. Emilio Bravo Grajales quienes se tomaron la molestia de ser revisores de los argumentos y propuestas planteada en la tesis y que amablemente ayudaron a mejorar el contenido, argumentos y estructura del trabajo.

Jesús Octavio Higuera Duran un gran amigo quien en todo momento me apoyo con sus sabios consejo y quien creyó en mis capacidades.

Al Centro de Transporte Sustentable EMBARQ México por brindarme el apoyo profesional y otorgarme las facilidades necesarias para la conclusión de este logro en mi vida.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS	1
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVO	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	15
1. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	16
1.1 UBICACIÓN.....	16
1.2 DELIMITACIÓN POR RED VIAL	18
1.3 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA	19
1.4 USOS DE SUELO.....	20
2. PROBLEMÁTICA	24
2.1 DINÁMICA DE MOVILIDAD DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	24
2.1.1 Viajes Producidos y Atraídos	24
2.1.2 Porcentaje de Viajes Según el Motivo	25
2.1.3 Viajes por Modo de Transporte (Reparto Modal)	27
2.1.4 Población por Sector Económico	27
2.1.5 Variación Horaria de los Viajes Diarios	28
2.2 DINÁMICA DE LOS VIAJES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	30
2.2.1 Variación HORARIA (ZONA DE ESTUDIO)	32
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSPORTE DEL ÁREA.....	33
2.3.1 Inventario de Rutas	34
2.3.2 Cobertura del Transporte	37
2.3.3 Principales Vialidades del Transporte Público de Pasajeros.....	38
2.3.4 Flota	40
2.3.5 Transporte Concesionado.....	40
2.3.6 Red de Transporte de Pasajeros (RTP).....	42
2.3.7 Grupo Metropolitano de Transporte (GMT GRUPO)	43
3. CARACTERÍSTICAS DE UN SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS	44
3.1 EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS.....	44
3.2 ACCESIBILIDAD	48
3.3 MOVILIDAD.....	49
3.4 DISEÑO GEOMÉTRICO	50
3.4.1 Distancia de Visibilidad	52
3.4.2 Distancia de Parada	53
3.4.3 Distancia de visibilidad de Rebase.....	55
3.4.4 Velocidad de Proyecto.....	56
3.4.5 Vehículo de Proyecto.....	58
3.5 GUÍA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO	61
4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	63
4.1. CRITERIOS DE DECISIÓN	63

4.1.1.	<i>Demanda Potencial</i>	64
4.1.2.	<i>Ancho de Sección</i>	65
4.1.3.	<i>Pendiente</i>	71
4.1.4.	<i>Radio de Giro</i>	72
4.2.	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS	74
4.2.1.	<i>Alternativa de Solución 1</i>	74
4.2.2.	<i>Alternativa de Solución 2</i>	86
4.2.3.	<i>Alternativa de Solución 3</i>	97
4.3.	ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	106
4.2.4.	<i>Demanda Potencial</i>	106
4.2.5.	<i>Mejores Condiciones Geométricas</i>	107
4.4.	ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	109
4.4.1.	<i>Autobús</i>	110
4.4.2.	<i>Tranvía</i>	113
4.5.	DIMENSIONAMIENTO DE LA PROPUESTA	116
4.5.1.	<i>Sección de máxima demanda</i>	116
4.5.2.	<i>Intervalo</i>	116
4.5.3.	<i>Frecuencia del servicio</i>	117
4.5.4.	<i>Capacidad Vehicular</i>	118
4.5.5.	<i>Capacidad de Línea</i>	118
4.5.6.	<i>Ruta 119 UACM – Metro Constitución de 1917</i>	122
4.5.7.	<i>Ruta 14: Ramal Minas –Metro constitución de 1917</i>	123
4.5.8.	<i>Ruta 14 Ramal Minas –Metro Iztapalapa</i>	125
4.5.9.	<i>Ruta 14 Ramal Minas – Central de Abasto</i>	126
4.5.10.	<i>Ruta 14 Ramal Reclusorio – Metro Constitución de 1917</i>	128
4.5.11.	<i>Ruta 37 Ramal Metropolitana – Metro Constitución de 1917</i>	129
4.5.12.	<i>Ruta 37 Ramal Minas – Metro Constitución de 1917</i>	131
4.5.13.	<i>Resultados de Estudio de Frecuencias y Ocupación Visual (FOV)</i>	132
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
5.1.	CONCLUSIONES	137
5.2.	RECOMENDACIONES.....	138
TRABAJOS CITADOS	142

Índice de Tablas

<i>Tabla 1-I Distribución de los usos de suelo en la delegación Iztapalapa (elaboración propia con datos de Programa delegacional de desarrollo urbano Iztapalapa)</i>	20
<i>Tabla 1-II Inventario de mobiliario de servicios en el área de estudio (Los datos de las fuentes se describen en la columna de fuente)</i>	22
<i>Tabla 2-I Viajes atraídos y producidos según la delegación de origen (Datos de la EOD 2007 Ciudad de México)....</i>	24
<i>Tabla 2-II Reparto de los viajes en el DF según el propósito (Fuente: EOD 2007)</i>	25
<i>Tabla 2-III Reparto de los viajes en el DF según el modo utilizado (Fuente: Encuesta Origen Destino 2007)</i>	27
<i>Tabla 2-IV Reparto de población según la actividad económica en la que se encuentra ocupada (Fuente: Encuesta Origen Destino 2007)</i>	27
<i>Tabla 2-V características generales socio-económicas del área (Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI Censo de Población y Vivienda 2010)</i>	30
<i>Tabla 2-VI Factores de viaje en el área de estudio por municipio (Fuente: Elaboración propia con datos de la EOD 2007)</i>	31
<i>Tabla 2-VII: Características del parque vehicular de las rutas de transporte público en la zona (Fuente: Elaboración propia)</i>	36
<i>Tabla 2-VIII Cantidad en número de rutas que circulan por las salidas del polígono (Fuente: Elaboración propia con datos en campo)</i>	39
<i>Tabla 2-IX: Dimensiones de los camiones que circulan en las rutas de la zona de estudio (Fuente: Ficha Técnica RUNNER-DINA)</i>	42
<i>Tabla 2-X: Dimensiones de la flota RTP y GMT (Fuente Ficha Técnica Mercedes Benz-Torino)</i>	42
<i>Tabla 3-I: Tabla de velocidades dados en Km/h por tipo de zona y número habitantes. (Cal y Mayor, 2007, pág. 234)</i>	56
<i>Tabla 3-II: Rangos de velocidad de proyecto para vías urbanas de acuerdo a su funcionalidad. (SEDESOL)</i>	58
<i>Tabla 3-III: Dimensiones de los vehículos de proyecto utilizados para el diseño de vías (Fuente (Secretaría de Obras y Servicios, 2008)e: Manual de proyecto geométrico de carreteras, SCT, 1991 Normas de Construcción de la Administración Pública del Distrito Federal (CDMX), Libro 2 Tomo I “Servicios Técnicos: Anteproyectos, estudios, trabajos de laboratorio, proyectos ejecutivos, arquitectónicos y de obras viales, 2008)</i>	60
<i>Tabla 3-IV: Criterios de evaluación de los proyectos de transporte público masivo (Fuente: Guía Metodológica de análisis Costo – Beneficio para Proyectos de Transporte Masivo, 2010, pp11)</i>	61
<i>Tabla 4-I: Ancho de Sección mínimo y deseable según la situación de estacionamiento (Fuente: Manual de diseño geométrico SEDESOL)</i>	70
<i>Tabla 4-II Descripción de la división por tramos homogéneos alternativa 1 (Elaboración propia)</i>	75
<i>Tabla 4-III: Estimación de radios de giro de la alternativa 1 (Fuente: Elaboración propia)</i>	85
<i>Tabla 4-IV: Tramos homogéneos de la alternativa 2</i>	88
<i>Tabla 4-VI: Estimación de la demanda potencial alternativa 2 en buffer de 250 y 500 m (Fuente Elaboración propia con datos de INEGI 2010)</i>	94
<i>Tabla 4-VII: Radios de giro de las curvas de la alternativa 2 (Fuente Elaboración Propia)</i>	95
<i>Tabla 4-VIII: Tramos homogéneos de la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia)</i>	100
<i>Tabla 4-IX: Estimación de la demanda potencial para buffer de 250 m y 500m (Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y EOD 2007)</i>	104
<i>Tabla 4-X: Calculo de los radios de giro de las curvas horizontales de la Alternativa 3 (Fuente Elaboración Propia)</i>	105
<i>Tabla 4-XI: Demanda potencial por alternativa según buffer (Fuente: Elaboración propia)</i>	107
<i>Tabla 4-XII: Comparativo entre alternativas propuestas (Fuente: Elaboración propia)</i>	109
<i>Tabla 4-XIII: Diferentes tipos de vehículos (Vuchic, 2007)</i>	112

<i>Tabla 4-XIV: Ejemplo de dimensiones y capacidad de material rodante de tranvías que actualmente están en operación en Europa (Fuente: Sitio oficial Bombardier)</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 4-XV: Ubicación de los puntos FOV (Elaboración propia).....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 4-XVI: Descripción de la oferta de transporte con influencia en las alternativas propuestas (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 4-XVII: Derrotero de la ruta 37 (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 4-XVIII: Ruta 14 Minas - Metro Constitución (Fuente: Elaboración Propia)</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 4-XIX: Ruta 14 Minas - Metro Iztapalapa (Fuente: Elaboración Propia)</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 4-XX: Ruta 14 Minas - Central de Abastos (Fuente: Elaboración Propia)</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 4-XXI: Ruta 14 Reclusorio - Metro Constitución de 1917 (Fuente Elaboración Propia).....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 4-XXII: Ruta 37 Metropolitana - Metro Constitución de 1917 (Fuente Elaboración Propia)</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 4-XXIII: Ruta 37 Minas - Metro Constitución de 1917 (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 4-XXIV: Rutas que se contabilizaron en el estudio FOV (Fuente: Elaboración Propia)</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 4-XXV: Volúmenes de pasajeros registrados en los puntos FOV en ambos sentidos.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 4-XXVI: Volúmenes de carga horaria (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 4-XXVII: Dimensionamiento del servicio, de los principales indicadores operativos (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 4-XXVIII: Dimensionamiento del servicio, de los principales indicadores operativos (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 5-I: Aspectos que influyen en el tiempo de parada (Fuente: Molinero 2007)</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 5-II: Estructura jerárquica de la planeación del transporte público urbano para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Fuente: Molinero 2007).....</i>	<i>141</i>

Índice de Mapas

<i>Mapa 1-1-I Localización del área de estudio (Fuente: Elaboración Propia con ArcGIS).....</i>	<i>16</i>
<i>Mapa 1-1-II: Distribución de los diferentes niveles de servicios educativos (elaboración propia en ArcGIS con datos de INEGI)</i>	<i>17</i>
<i>Mapa 1-1-III: Delimitación de la zona de estudio con un agregado de 1 km (Elaboración Propia con ArcGIS)</i>	<i>17</i>
<i>Mapa 1-1-IV Mapa del área de estudio marcando los límites de la red vial (Elaboración Propia)</i>	<i>19</i>
<i>Mapa 1-1-V Localización del cerro Yuhualixqui (Elaboración Propia).....</i>	<i>20</i>
<i>Mapa 2-2-I: Cobertura geográfica de la red de transporte público de la zona (Elaboración Propia)</i>	<i>37</i>
<i>Mapa 2-2-II Volumen de rutas según la vialidad (Elaboración Propia).....</i>	<i>40</i>
<i>Mapa 4-I: Alternativa de corredor 1 (fuente: elaboración propia).....</i>	<i>74</i>
<i>Mapa 4-II Rutas de transporte público con influencia en el corredor de la alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>75</i>
<i>Mapa 4-III Presentación grafica de la división de tramos homogéneos de la alternativa 1 (Elaboración propia).....</i>	<i>76</i>
<i>Mapa 4-IV: Área de influencia (250 m) al derrotero de la alternativa 1 (fuente Elaboración Propia)</i>	<i>83</i>
<i>Mapa 4-V: Área de influencia (500 m) al derrotero de la alternativa 1 (fuente: Elaboración propia)</i>	<i>83</i>
<i>Mapa 4-VI: Curvas horizontales ubicadas en las alternativas de solución (Elaboración Propia con ArcGIS).....</i>	<i>85</i>
<i>Mapa 4-VII: Mapa del trazado del corredor correspondiente a la alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>87</i>
<i>Mapa 4-VIII: División de tramos homogéneos Alternativa 2 (Fuente: elaboración propia).....</i>	<i>88</i>
<i>Mapa 4-IX: Delimitación de los buffer de 250 y 500 m respectivamente para la alternativa 2 (Fuente elaboración propia).....</i>	<i>94</i>
<i>Mapa 4-X: Curvas horizontales ubicadas en las alternativas de solución (Elaboración Propia con ArcGIS)</i>	<i>96</i>
<i>Mapa 4-XI: Sección transversal tipo del tamo 5 Alternativa 2: (elaboración Propia)</i>	<i>98</i>
<i>Mapa 4-XII: Sección transversal tipo del tamo 5 Alternativa 2: (elaboración Propia)</i>	<i>99</i>
<i>Mapa 4-XIII: Curvas horizontales ubicadas en las alternativas de solución (Elaboración Propia con ArcGIS).....</i>	<i>105</i>
<i>Mapa 4-XIV: Localización de Puntos FOV (Elaboración Propia)</i>	<i>121</i>
<i>Mapa 4-XV: Derrotero Ruta 119 UACM – Metro Constitución de 1917 Sentido O – P (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>122</i>
<i>Mapa 4-XVI: Derrotero Ruta 119 UACM – Metro Constitución de 1917 sentido P – O (Fuente: Elaboración Propia)</i>	<i>123</i>
<i>Mapa 4-XVII: Derrotero Ruta 14: Ramal Minas –Metro constitución de 1917 Sentido O – P (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>124</i>
<i>Mapa 4-XVIII: Derrotero Ruta 14: Ramal Minas –Metro constitución de 1917 sentido P - O (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>124</i>
<i>Mapa 4-XIX: Derrotero Ruta 14 Ramal Minas –Metro Iztapalapa Sentido O – P (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>125</i>
<i>Mapa 4-XX: Derrotero Ruta 14 Ramal Minas – Central de Abasto Sentido O – P (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>127</i>
<i>Mapa 4-XXI: Derrotero Ruta 14 Ramal Minas – Central de Abasto Sentido P – O (Fuente: Elaboración propia)</i>	<i>127</i>
<i>Mapa 4-XXII: Derrotero Ruta 14 Ramal Reclusorio – Metro Constitución de 1917 Sentido S – N (Elaboración propia)</i>	<i>128</i>
<i>Mapa 4-XXIII: Derrotero Ruta 14 Ramal Reclusorio – Metro Constitución de 1917 sentido N – S (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>129</i>
<i>Mapa 4-XXIV: derrotero Ruta 37 Ramal Metropolitana – Metro Constitución de 1917 Sentido O – P (Fuente: Elaboración Propia).....</i>	<i>130</i>
<i>Mapa 4-XXV: Derrotero Ruta 37 Ramal Metropolitana – Metro Constitución de 1917 Sentido P – O (Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>130</i>
<i>Mapa 4-XXVI: RUTA 37 - 2 Minas – Aeropuerto sentido O – P (Elaboración propia).....</i>	<i>131</i>
<i>Mapa 4-XXVII: Derrotero RUTA 37 - 2 Minas – Aeropuerto sentido P – O (Elaboración propia)</i>	<i>132</i>

Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1-1-I: Mapa de la distribución de los usos de suelo en la zona de estudio (fuente Programa delegacional de desarrollo urbano Iztapalapa)</i>	21
<i>Ilustración 1-1-II: Entrada al reclusorio varonil oriente (portal de la subsecretaria de sistemas penitenciarios consultada 28-Enero-2014)</i>	22
<i>Ilustración 2-2-I Portal de la web Vía DF (Fuente http://www.viadf.com.mx/directorio/Rtp/Ruta-162)</i>	34
<i>Ilustración 2-2-II: Sección Transversal Periférico</i>	38
<i>Ilustración 2-2-III: Sección Transversal de Av. Tláhuac</i>	39
<i>Ilustración 2-2-IV: Vehículos tipo Van y Combi respectivamente (Fuente: Elabora Propia)</i>	41
<i>Ilustración 2-2-V: Vehículo tipo camión (Fuente: Ficha técnica Autobús RUNNER-DINA)</i>	42
<i>Ilustración 2-VI. Autobús tipo RTP y GMT (Fuente: Elaboración Propia)</i>	42
<i>Ilustración 3-3-I: Desarrollo de las vialidades en función del crecimiento de los poblados. (Moliner, 2002)</i>	46
<i>Ilustración 3-3-II Niveles de capacidad de diferentes modos de transporte. (Fuente: Moliner A, Capítulo 2, pág.31, año 2010)</i>	48
<i>Ilustración 3-3-III Ejemplo de accesibilidad (Elaboración propia)</i>	50
<i>Ilustración 3-3-IV Ángulo de visibilidad (Fuente: Elaboración Propia)</i>	52
<i>Ilustración 3-3-V Distancia de parada (Fuente: Cal y Mayor, capítulo 4, pág. 58, año 2007)</i>	54
<i>Ilustración 3-3-VI Diagrama de distancia de visibilidad (fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras, Capítulo 5, pág. 118, año 1991)</i>	56
<i>Ilustración 4-I: Sección transversal sencilla (Fuente: Manual de diseño geométrico SEDESOL)</i>	66
<i>Ilustración 4-II: Sección transversal separada (Fuente: Manual de diseño geométrico SEDESOL)</i>	68
<i>Ilustración 4-III: Sección transversal compuesta (Fuente: Manual de diseño geométrico SEDESOL)</i>	69
<i>Ilustración 4-IV: Anchos de sección a) Calle colectora y b) Calle Local (Secretaria de Obras y Servicios, 2008)</i>	71
<i>Ilustración 4-V: Ejemplo de medición del arco y la flecha para estimar el radio de una curva (Fuente: Elaboración propia)</i>	73
<i>Ilustración 4-VI Zona del hospital en Av. Tláhuac, Tramo 1 (Elaboración propia)</i>	76
<i>Ilustración 4-VII: Sección transversal tipo Av. Zacatlán, tramo 2 (elaboración propia)</i>	78
<i>Ilustración 4-VIII: Sección transversal en Av. Zacatlán, tramo 1 (elaboración propia)</i>	78
<i>Ilustración 4-IX: Alternativa 1, tramo 2 (elaboración propia)</i>	79
<i>Ilustración 4-X: Sección transversal, tramo 2 (elaboración propia)</i>	79
<i>Ilustración 4-XI: Alternativa 1 tramo 3 (fuente: Elaboración propia)</i>	80
<i>Ilustración 4-XII: Alternativa 1 tramo 4 (fuente elaboración propia)</i>	80
<i>Ilustración 4-XIII: Sección transversal, tramo 5 (elaboración propia)</i>	81
<i>Ilustración 4-XIV: Sección transversal, tramo 6 (elaboración propia)</i>	82
<i>Ilustración 4-XV: Estimación de la demanda potencial alternativa 1 para 250 y 500 m (elaboración propia con datos de INEGI)</i>	82
<i>Ilustración 4-XVI: Perfil de pendientes alternativa 1 (Fuente: Elaboración con datos generados por Google Earth, 2015)</i>	86
<i>Ilustración 4-XVII: Alternativa 2, tramo 1 (fuente: Elaboración propia)</i>	89
<i>Ilustración 4-XVIII: Sección transversal en Av. Tláhuac, tramo 1, alternativa 2 (elaboración Propia)</i>	89
<i>Ilustración 4-XIX: Alternativa 2 Tramo 1</i>	90
<i>Ilustración 4-XX: Alternativa 2 tramo 1 Av. Zacatlán (fuente: elaboración propia)</i>	90
<i>Ilustración 4-XXI: Alternativa 2 tramo 2 Av. Zacatlán (fuente: Elaboración propia)</i>	91
<i>Ilustración 4-XXII: Sección transversal tipo del tamo 3 Alternativa 2: (elaboración Propia)</i>	92
<i>Ilustración 4-XXIII: Sección transversal tipo del tamo 4 Alternativa 2: (elaboración Propia)</i>	93
<i>Ilustración 4-XXIV: Sección transversal tipo del tamo 5 Alternativa 2: (elaboración Propia)</i>	93

<i>Ilustración 4-XXV: Perfil de pendientes del trazo (Fuente: Google Earth).....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 4-XXVI: Sección transversal tipo del tamo 1 Alternativa de corredor 3: (Elaboración propia).....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 4-XXVII: Secciones transversales tipo del tamo 2 Alternativa 3.1: (elaboración propia).....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 4-XXVIII: Sección transversal tipo del tamo 3 Alternativa de corredor 3: (elaboración Propia).....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 4-XXIX: Sección transversal tipo del tamo 4 Alternativa de corredor 3: (elaboración Propia).....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 4-XXX: Sección transversal tipo del tamo 5 Alternativa de corredor 3: (elaboración Propia).....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 4-XXXI: Sección transversal tipo del tamo 6 Alternativa de corredor 3: (elaboración Propia).....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 4-XXXII: Perfil de elevación del trazo de la Alternativa 3 (Fuente Google Earth).....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 4-XXXIII: Formato para FOV (Elaboración Propia).....</i>	<i>120</i>

Índice de Ecuaciones

<i>Ecuación 2-I: Ecuación para estimar la tasa de viajes per cápita.....</i>	<i>31</i>
<i>Ecuación 3-I: Distancia de parada Fuente: (Cal y Mayor, 2007)</i>	<i>53</i>
<i>Ecuación 4-I: Calculo de la frecuencia (Fuente: Molinero 2002)</i>	<i>117</i>
<i>Ecuación 4-II: Calculo de la capacidad de Línea (Fuente: Molinero 2002)</i>	<i>118</i>

INTRODUCCIÓN

El ser humano tiene necesidades que son inherentes a sus actividades diarias o cotidianas, las cuales se refieren a transportarse de un lugar a otro dentro de una ciudad o área establecida buscando satisfacerlas.

Lo que ha motivado al hombre a mejorar los sistemas de transporte en que se desplaza, por ejemplo; mejorando la velocidad de los vehículos, la comodidad para viajes de largo itinerario, la capacidad de carga, por otro lado ha acondicionado los caminos para mejorar la eficiencia de la operación de los sistemas de transporte público de pasajeros y actualmente planea el desarrollo de ciudades orientadas al transporte público.

El transporte está presente en dos grandes rubros, transporte de mercancías y transporte de personas a su vez estas categorías se dividen en varios niveles, Mundial, Intercontinental, Internacional, Nacional, Interestatal, Regional, Suburbano y Urbano, este último será el campo de acción para este trabajo.

En la Ciudad de México se generan 21.9 millones de viajes diarios, de los cuales el 44.8%, y 25.4% se realizan con motivo de regresar al hogar e ir a trabajar respectivamente (EOD, 2007), de la misma manera existen otros motivos de viaje con menor participación en el porcentaje como: compras, médico, diversión o recreación entre otros. De los 21.9 millones de viajes el 67.5% son realizados en transporte público de pasajeros, de estos el 64.5% son atendidos por el transporte concesionado (EOD, 2007)

En la Ciudad de México existen 8 diferentes modos de transporte público, éstos son: transporte Concesionado (Autobuses, Microbuses y Vagonetas), Corredores Concesionados de primera y segunda generación (COPESA, CONGESA SAUSA, etc.), Red de Transporte de Pasajeros RTP, Servicio de Transportes Eléctricos STE (Trolebuses y Tren Ligero), Sistema de Corredores de Metrobús, y el Sistema de Transporte Colectivo Metro STC, a éstos se suma la red de transporte metropolitano que pertenece al Estado de México pero que satisface viajes que tienen destino en el Distrito Federal.

La zona oriente de la Ciudad de México en su mayoría es atendida por el transporte concesionado, éste servicio es el de más baja calidad, capacidad y mínima regulación, cuenta con vehículos que no están diseñados para el transporte de personas.

En ese sentido, el caso de estudio que se presenta en éste documento es derivado de un análisis de accesibilidad obtenido del proyecto de investigación llamado **“SISTEMA DE INFORMACIÓN Y GESTIÓN PARA LA SEGURIDAD VIAL Y LA MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE”** elaborado con el apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.

A continuación se describe el contenido de cada uno de los capítulos que se desarrollan a lo largo de este trabajo.

En el primer capítulo se detallan los criterios utilizados en la selección y delimitación del territorio para el caso de estudio planteado, así como la ubicación geográfica y la descripción de los usos de suelo de la zona.

En el siguiente capítulo se describe la problemática identificada en materia de transporte público de pasajeros, describiendo la dinámica de los viajes que se realizan en la zona con base en la Encuesta Origen-Destino de 2007, así como una descripción detallada de la oferta del transporte público de la zona de estudio, especificando cobertura, corredores más importantes, tipo de vehículos y las principales características de la red vial.

El tercer capítulo de este trabajo retoma los conceptos de movilidad y accesibilidad desde una perspectiva general, posteriormente se describen las características principales de la evolución en los modos de transporte urbano y explica los criterios que son fundamentales en la correcta y exitosa implementación de vialidades y sistemas de transporte público de pasajeros, principalmente este último.

En el capítulo cuarto se describen los elementos y características que conforman la propuesta de solución a la problemática planteada en el capítulo anterior, éstos elementos se definen como criterios de decisión basados en indicadores claves para este trabajo, asimismo se describen cada una de las alternativas que se proponen, detallando sus características en correspondencia con los criterios de decisión.

En el último capítulo se enuncian las conclusiones, asimismo se emiten las recomendaciones que indican los análisis posteriores y que complementen este trabajo o que den mayor sustento técnico a la propuesta.

OBJETIVO

Desarrollar una propuesta a nivel de pre-factibilidad de un corredor de transporte público para la zona de San Lorenzo Tezonco y alrededores de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México plantel SLT - UACM con la finalidad de optimizar y mejorar el servicio de transporte así como ampliar la ofertar.

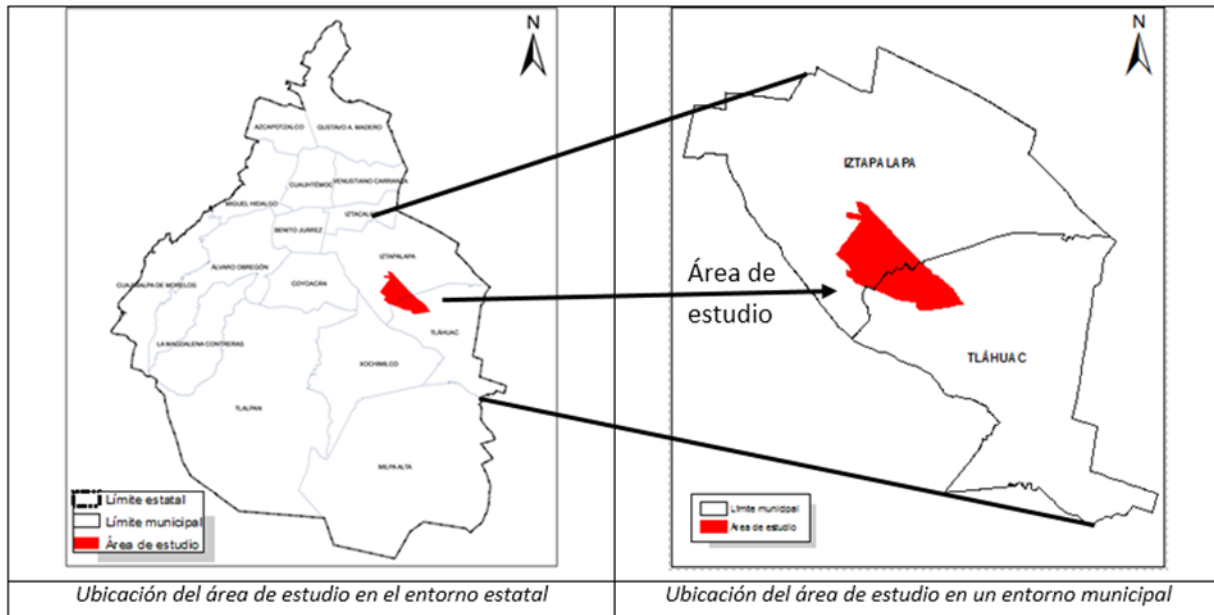
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Caracterizar la zona de estudio: límites, usos de suelo, servicios, accesibilidad y conectividad.
- Describir y analizar la movilidad de la zona de estudio.
- Identificar y describir la problemática de movilidad de la zona.
- Describir la oferta del transporte público de la zona.
- Identifica y describir las alternativas de solución.
- Estimar la demanda potencial del transporte público de las alternativas propuestas para el nuevo corredor.
- Evaluar las diferentes alternativas en función de indicadores clave.
- Estimar la sección de máxima demanda de la alternativa mejor evaluada.
- Evaluar las posibles tecnologías para ofertar el servicio del nuevo corredor.
- Identificar los pasos siguientes para el desarrollo conceptual del proyecto de la zona de estudio incluyendo orígenes destino de los viajes; factores que modelan los patrones de movilidad de la zona; accesibilidad; condiciones de la red vial; oferta de transporte.

1. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

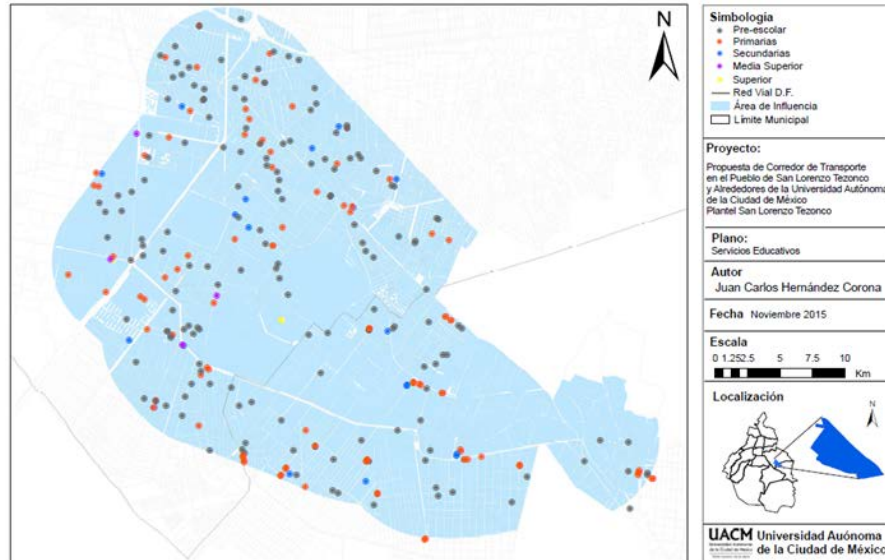
1.1 UBICACIÓN

En el **Mapa 2-1** se muestra la zona de estudio, la cual se encuentra localizada al oriente de la Ciudad de México y forma parte de las delegaciones Iztapalapa y Tláhuac en el Distrito Federal. Sus coordenadas son Norte 19°18'46.43" y Oeste 99°03'03.06".



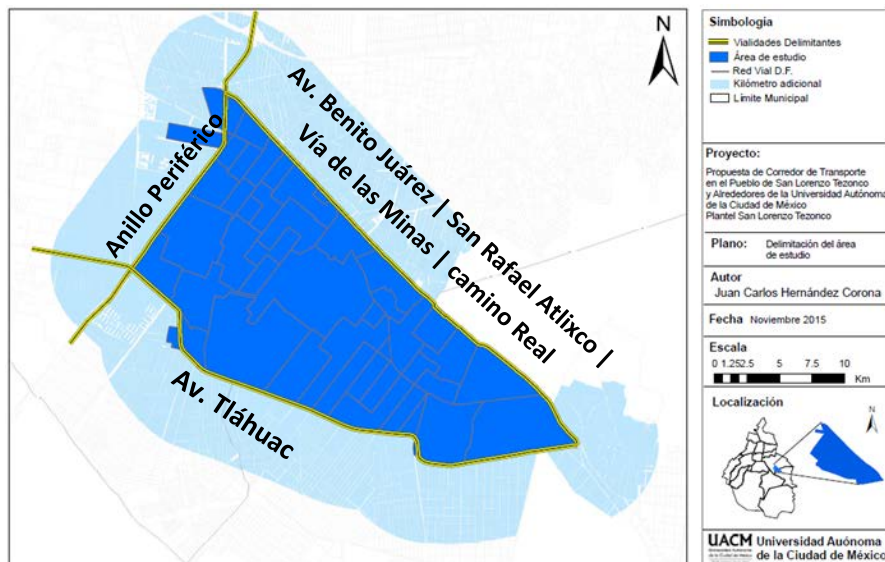
Mapa 1-1-I Localización del área de estudio (Fuente: Elaboración Propia con ArcGIS)

Esta área fue seleccionada debido a que dentro de ella se localiza una serie de servicios como educación, salud, comercio, industria, entre otras. Lo que significa que la zona es de tipo mono-funcional. Pese a que predomina un uso de suelo habitacional, es posible encontrar dentro del área diferentes servicios en diferentes niveles; por mencionar un ejemplo, educación desde preescolar hasta universitario, tanto de índole privada como pública.



Mapa 1-1-II: Distribución de los diferentes niveles de servicios educativos (elaboración propia en ArcGIS con datos de INEGI)

Hay vialidades que se encuentran dentro de la zona de estudio que son de gran importancia para ésta, ya que, se presentan tres corredores regionales los cuales por su capacidad de tránsito son las vías por las que se desplaza el mayor volumen de transporte público y en consecuencia personas, en ese sentido la zona de estudio se delimita 1 km más allá de estas, las cuales se muestran en el **mapa 1-III**.



Mapa 1-1-III: Delimitación de la zona de estudio con un agregado de 1 km (Elaboración Propia con ArcGIS)

1.2 DELIMITACIÓN POR RED VIAL

El área de estudio tiene un gran parecido a un triángulo. Está rodeada por tres vialidades, las mismas que se mencionaron en el párrafo anterior, éstas juegan un papel fundamental en el desarrollo de la movilidad en la zona, son: Avenida Benito Juárez | San Rafael Atlixco | Vía de las Minas | Camino real al norte, Avenida Tláhuac (Eje 10 sur), al sur y Anillo Periférico al poniente.

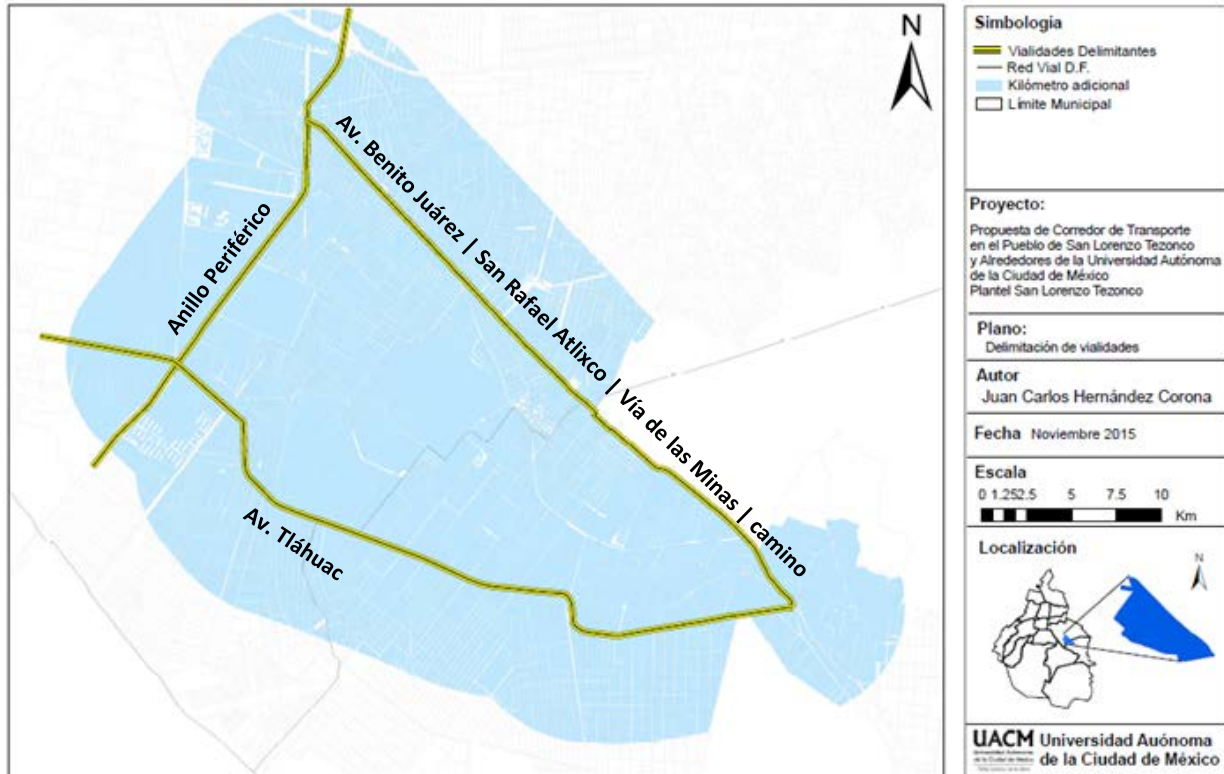
A continuación se describen las características en función de la jerarquía en el sistema vial.

Comenzando con Av. Benito Juárez | San Rafael Atlixco | Vía de las Minas | Camino real, la cual es una vialidad que conecta las calles locales con la red vial primaria de la zona, sus características físicas le permiten absorber el flujo vehicular proveniente de la red vial local (calles locales), otorgando al tránsito vehicular la facilidad de circular a una velocidad de 40 km/h como máximo por reglamentación, que está por encima de la velocidad de circulación en una calle local, debido a las condiciones geométricas con las que cuenta.

Continuando con Av. Tláhuac (eje 10 sur), esta es una arteria que recorre el contorno sur de la zona de estudio, en ella se concentra una gran cantidad de servicios de transporte público, así como la Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo (STC), ésta vialidad cuenta con 3 carriles de circulación por sentido en la mayor parte del trazo que está dentro de la zona de estudio, tiene una velocidad límite de 50 km/h, permite a los usuarios conectarse desde la red vial local a la red primaria, atrayendo un número importante de viajes en la zona.

Por último, un tramo de Canal de Garay que pertenece al Anillo Periférico, vialidad que atiende los viajes regionales que inter-actúan con el área de estudio, es decir, conecta el área de estudio con otras regiones y a su vez, ésta conectada con las dos vialidades mencionadas anteriormente.

En conclusión se tiene una red vial completamente vinculada y que permite la interacción de los usuarios por toda la red, facilitando el movimiento dentro de ella así como el traslado de una región a otra.

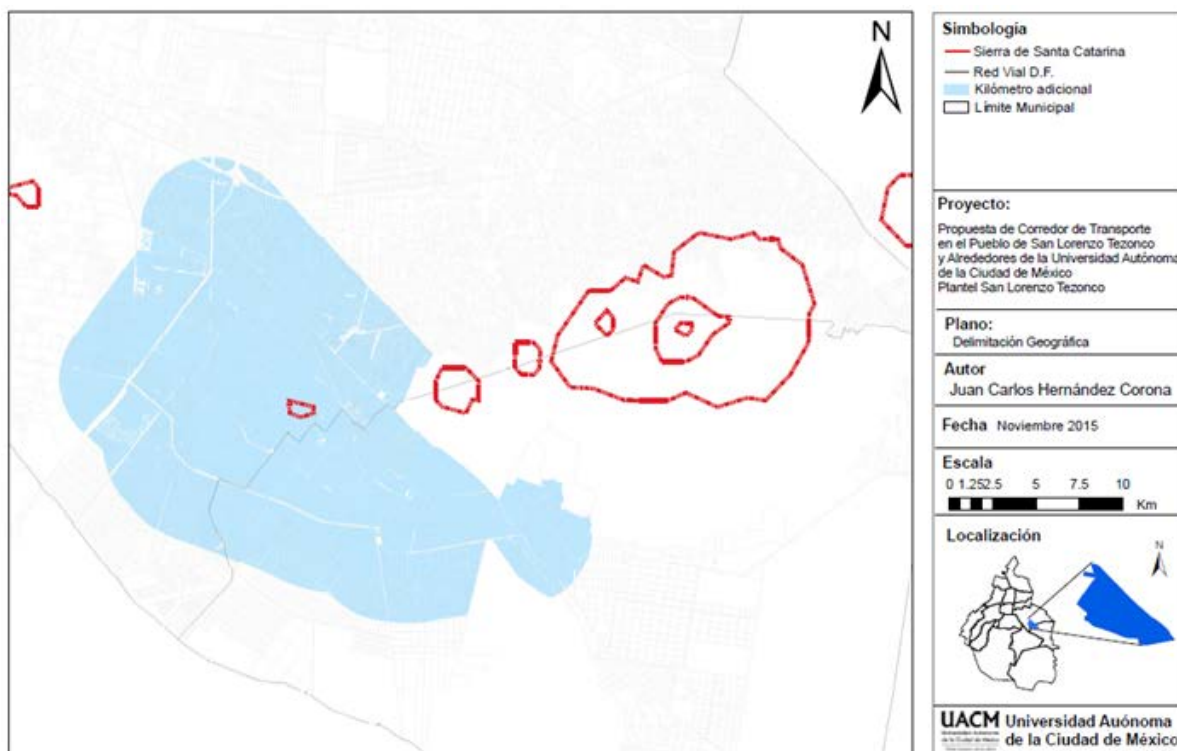


Mapa 1-1-IV Mapa del área de estudio marcando los límites de la red vial (Elaboración Propia)

1.3 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

El objetivo no sólo es considerar un área de la Ciudad de México al azar, sino tener una zona donde la población concentre características homogéneas en la mayor medida posible, para lo cual se determinaron criterios que ayuden a delimitar la zona en este sentido, y no sólo se establezca por la convergencia de las vialidades ya mencionadas.

En función de esto se consideraron criterios como los accidentes geográficos que existen alrededor del área de interés, uno es el *Cerro Yuhualixqui* al nor-oriente y que forma parte de la Sierra de Santa Catarina el cual forma una barrera natural, toda vez que impide el crecimiento urbano y compacta un área donde la población tiende a compartir particularidades dentro de la misma.



Mapa 1-1-V Localización del cerro Yuhualixqui (Elaboración Propia)

1.4 USOS DE SUELO

En la zona de estudio se puede identificar la siguiente distribución de usos de suelo, en la siguiente tabla se muestra la distribución:

USOS DE SUELO	PORCENTAJE TOTAL DEL MUNICIPIO
HABITACIONAL	46 %
MIXTOS	13%
INDUSTRIAL	3%
EQUIPAMIENTO URBANO	19%
ESPACIOS ABIERTOS	12%

Tabla 1-I Distribución de los usos de suelo en la delegación Iztapalapa (elaboración propia con datos de Programa delegacional de desarrollo urbano Iztapalapa)

Donde el uso habitacional es aquel de la vivienda. Los usos mixtos son aquellos donde se encuentra vivienda e industria, comercio o servicios. El uso industrial regularmente son grandes áreas donde las empresas instalan sus líneas de producción, bodegas u otros similares. El uso de equipamiento urbano es donde se puede encontrar el abasto y servicios de salud, educación, bancarios y/o gubernamentales. Por último se

encuentran los espacios abiertos como parques, jardines, explanadas, pequeños jardines y zonas jardineadas de barrio.

La estructura de usos de suelo que existe en el área de interés es uno de los motivos por los cuales se decidió estudiar, ya que por ser una zona donde predomina el uso habitacional como ya se constató en la **tabla 2-1**, la zona sufre de conflictos de movilidad muy puntuales como una aglomeración de viajes matutinos que saturan las vías. Para dimensionar el conflicto el programa delegacional de desarrollo urbano de Iztapalapa dice que el 50% de la población económicamente activa a nivel delegacional laboran fuera de esta.

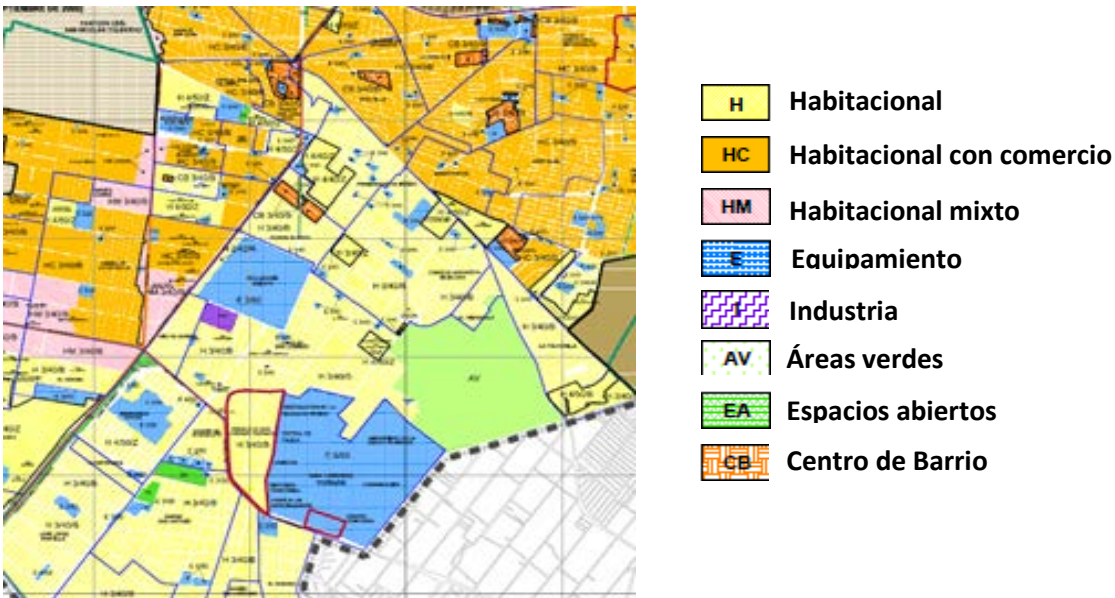


Ilustración 1-1-I: Mapa de la distribución de los usos de suelo en la zona de estudio (fuente Programa delegacional de desarrollo urbano Iztapalapa)

La zona norte y oriente es más de uso habitacional con comercio, mientras que al poniente hay presencia de industria, otro uso de suelo muy marcado en la zona es el de equipamiento el cual ha venido desarrollándose desde hace 14 años a la fecha aproximadamente.

Como se trata de una área donde predomina el uso de suelo habitacional, se considera una zona mono-funcional, a pesar de que hace 14 años atrás aproximadamente, el área no mostraba el desarrollo de equipamiento con el que cuenta

actualmente y que vino a modificar la distribución de los usos de suelo, el cual ha jugado un papel crucial en la dinámica de movilidad de la misma.

TIPO DE SERVICIO	NOMBRE	FUNDADA	CAPACIDAD	FUENTE
PENAL	Reclusorio varonil preventivo Oriente	1976	Capacidad actual 5,604 internos	http://www.reclusorios.df.gob.mx/reclusorios/varonil_orient.html
PANTEÓN	San Lorenzo Tezonco	1970	S/D	http://www.iztapalapa.df.gob.mx/htm/guia/hacienda.html
SALUD	Dr. Belisario Domínguez	2005	Camas censales 142 Camas no censales 66	http://www.salud.df.gob.mx/ssdf/index.php?option=com_content&task=view&id=131&Itemid=263
SALUD	Dr. Guillermo Román Carrillo	S/D	S/D	S/D
EDUCACIÓN	UACM ¹	2005	12,000	
EDUCACIÓN	IEMS Benito Juárez	2002	108 empleados 1,014 Alumnos	Oficina de información pública
SEGURIDAD DIRECCIÓN TERRITORIAL	S/D*	S/D	S/D	S/D
	Dirección Territorial San Lorenzo Tezonco	S/D	S/D	S/D

*Sin dato

Tabla 1-II Inventario de mobiliario de servicios en el área de estudio (Los datos de las fuentes se describen en la columna de fuente)

El equipamiento más antiguo en la zona son el Reclusorio Oriente y el panteón civil de San Lorenzo Tezonco, sin embargo otro tipo de equipamiento como los de salud, educación, transporte, abasto, recreación y de seguridad que se encuentran ubicados principalmente en la escuadra formada por Av. Tláhuac y Av. Zacatlán son de reciente implantación 2002 la obra más antigua de que se encontró registro. Consecuentemente la movilidad se vio afectada por esta circunstancia, toda vez que se convierte en un corredor donde la movilidad aumenta en calles que no cuentan con las características necesarias para soportar con un buen nivel de servicio a la cantidad de viajes que tienen lugar en el corredor de la Av. Zacatlán.



Ilustración 1-1-II: Entrada al reclusorio varonil oriente (portal de la subsecretaría de sistemas penitenciarios consultada 28-Enero-2014)

¹ Universidad Autónoma de la Ciudad de México

El proyecto de la Línea 12 del STC es un proyecto que comenzó su obra civil en 2012 y que no existen antecedentes documentados sobre la distribución de la movilidad en la zona antes y después de la llegada de tantos servicios a la población, este trabajo parece una buena oportunidad para despertar la inquietud y dejar indicio sobre un análisis de la movilidad en la zona después del desarrollo en infraestructura de equipamiento.

2. PROBLEMÁTICA

2.1 DINÁMICA DE MOVILIDAD DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

2.1.1 Viajes Producidos y Atraídos

El comportamiento de los viajes por delegación de acuerdo con la Encuesta Origen-Destino (2007) (EOD 2007) es la siguiente, en la **Tabla 2-1** se describen los datos de viajes producidos y atraídos a nivel delegacional.

MUNICIPIOS (D.F.)	PRODUCIDOS	PRODUCIDOS (%)	ATRAÍDOS	ATRAÍDOS (%)	INTERNOS	INTERNOS (%)
AZCAPOTZALCO	646,293	5.0%	649,253	5.1%	217,618	4.7%
COYOACÁN	1,100,687	8.6%	1,103,951	8.6%	377,247	8.2%
CUAJIMALPA DE MORELOS	248,262	1.9%	248,984	1.9%	119,184	2.6%
GUSTAVO A. MADERO	1,449,508	11.3%	1,453,531	11.3%	661,145	14.4%
IZTACALCO	490,265	3.8%	491,666	3.8%	116,800	2.5%
IZTAPALAPA	1,821,880	14.2%	1,812,574	14.1%	878,538	19.1%
LA MAGDALENA CONTRERAS	234,456	1.8%	234,041	1.8%	94,440	2.1%
MILPA ALTA	79,718	0.6%	79,677	0.6%	40,398	0.9%
ÁLVARO OBREGÓN	954,818	7.5%	954,641	7.4%	405,635	8.8%
TLÁHUAC	278,465	2.2%	277,306	2.2%	106,674	2.3%
TLALPAN	854,410	6.7%	853,662	6.7%	380,939	8.3%
XOCHIMILCO	394,415	3.1%	394,941	3.1%	191,054	4.2%
BENITO JUÁREZ	982,823	7.7%	86,277	7.7%	258,559	5.6%
CUAUHTÉMOC	1,685,565	13.2%	1,695,206	13.2%	358,903	7.8%
MIGUEL HIDALGO	941,989	7.4%	941,402	7.3%	229,369	5.0%
VENUSTIANO CARRANZA	648,620	5.1%	656,503	5.1%	159,968	3.5%
TOTAL	12,812,174	100.0%	12,833,615	100.0%	4,596,471	100.0%

Tabla 2-1 Viajes atraídos y producidos según la delegación de origen (Datos de la EOD 2007 Ciudad de México)

En la **tabla 2-1** podemos observar que la delegación Iztapalapa es la que más viajes produce 1.82 millones de viajes diarios, 14.2% del total de viajes producidos en el Distrito Federal, y atrae una cantidad similar de viajes 1.81 millones esto significa el 14.1% del total de viajes atraídos por el Distrito Federal. En el caso de la delegación de Tláhuac se producen 0.27 millones de viajes que es igual al 2.2% del total de viajes producidos en el Distrito federal y atrae 0.27 millones de viajes igual al 2.2% del total de viajes atraídos lo que significa una diferencia considerable entre ambas entidades.

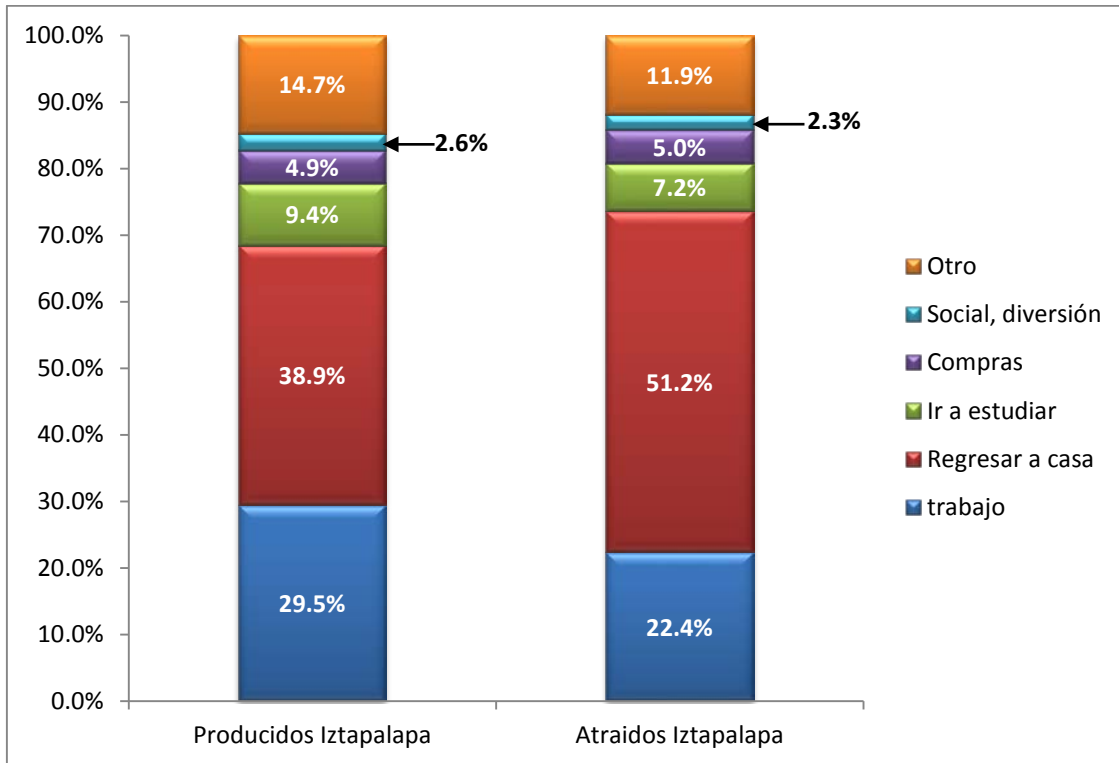
2.1.2 Porcentaje de Viajes Según el Motivo

En la **tabla 3-II** se muestra la distribución porcentual de los motivos de viaje en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ZMCM según la EOD 2007.

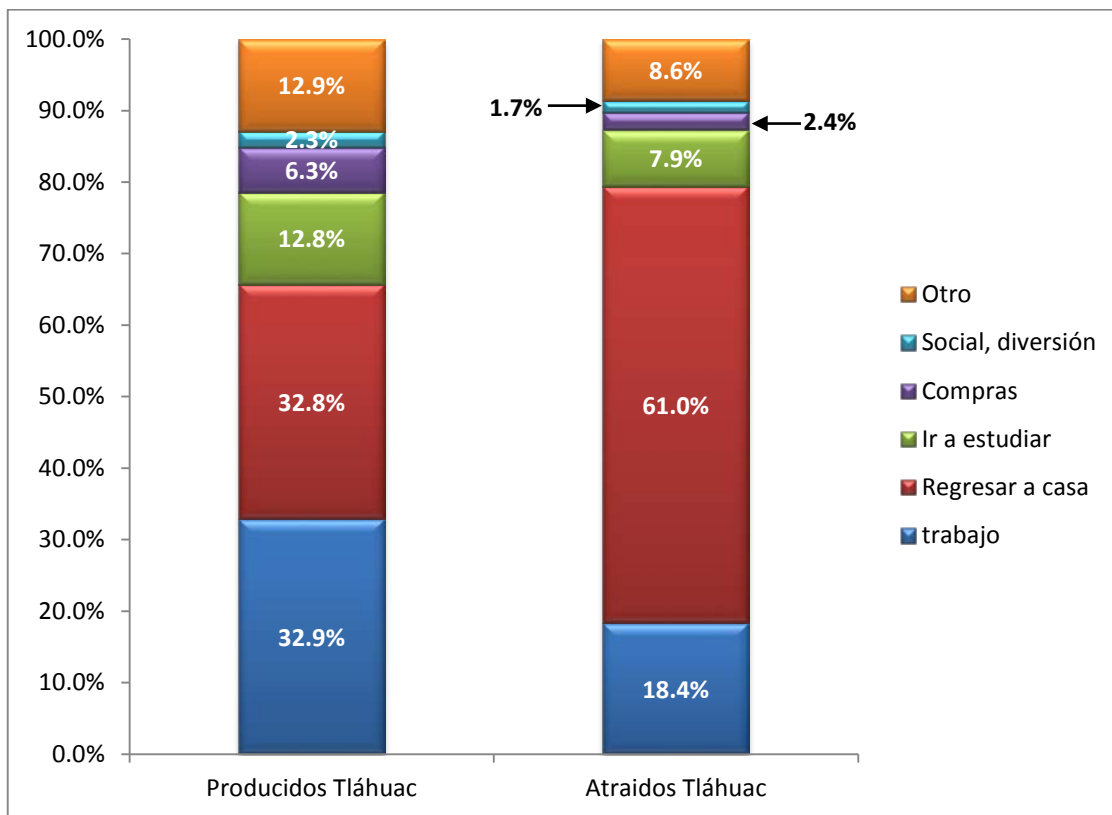
En ese sentido es claro ver un dominio del motivo regreso a casa, este es el motivo de viaje por el cual se desplazan más personas en la ZMVM con un porcentaje de 44.9% del total de los viajes y le sigue el trabajo 25.5% e ir a estudiar, este último muy por debajo de los dos anteriores con tan solo 8.8% de los viajes totales.

PROPÓSITO DEL VIAJE	VIAJES	PORCENTAJE
REGRESAR A CASA	9,849,659	44.9%
TRABAJO	5,588,292	25.5%
IR A ESTUDIAR	1,941,692	8.8%
LLEVAR O RECOGER A ALGUIEN	1,198,867	5.5%
COMPRAS	1,075,114	4.9%
SOCIAL, DIVERSIÓN	612,856	2.8%
TRÁMITE	385,004	1.8%
RELACIONADO CON EL TRABAJO	269,434	1.2%
IR A COMER	131,958	0.6%
OTRO	901,281	4.1%
TOTAL DE VIAJES	21,954,157	100.0%

Tabla 2-II Reparto de los viajes en el DF según el propósito (Fuente: EOD 2007)



Gráfica 2-I Distribución porcentual por motivo de viaje en la delegación Iztapalapa (Fuente: EOD 2007)



Gráfica 2-II Distribución porcentual por motivo de viaje en la delegación Tláhuac (Fuente: EOD 2007)

2.1.3 Viajes por Modo de Transporte (Reparto Modal)

La distribución modal según la EOD 2007, se presenta en la **tabla 3-III**, en la cual se observa que respecto del 100% de los tramos de viajes que se llevan a cabo a diario en la ZMVM, **67.5% son en transporte público**, más de la mitad; asimismo es importante apuntar que, de los viajes que se realizan en transporte público el 64.5% se hacen en el transporte colectivo (Micros, combis y camiones).

REPARTO MODAL

TIPO Y MODO DE TRANSPORTE	Viajes	Porcentaje	Tipo y Modo de Transporte	Viajes	Porcentaje
TRANSPORTE PÚBLICO	14,811,970	67.5%	Transporte Privado	6,806,735	31.0%
EN UN SOLO MODO	8,131,745	54.9%	En un solo Modo	6,804,767	100.0%
METRO	664,855	8.2%	Automóvil	6,278,824	92.3%
TREN LIGERO	3,787	0.0%	Bicicleta	433,981	6.4%
METROBÚS	42,633	0.5%	Motocicleta	91,962	1.4%
TROLEBÚS	71,224	0.9%	En dos Modos	1,968	0.0%
COLECTIVO	5,243,743	64.5%	Transporte Mixto	61,968	0.3%
AUTOBÚS RTP	185,525	2.3%	Otros	273,464	1.2%
AUTOBÚS SUBURBANO	589,694	7.3%	En un solo Modo	200,641	73.4%
TAXI	1,330,284	16.4%	En dos o más Modos	72,823	26.6%
EN DOS MODOS	6,680,225	45.1%			

Tabla 2-III Reparto de los viajes en el DF según el modo utilizado (Fuente: Encuesta Origen Destino 2007)

2.1.4 Población por Sector Económico

Como se menciona al principio del capítulo las personas se desplazan al exterior de la zona de estudio principalmente por trabajo, pese a que el principal motivo de viaje es el regreso a casa, este se da por las tardes, entonces en la **tabla 2-IV** se muestra la distribución de población según la actividad económica a la que se dediquen hablando sólo de Población Económicamente Activa Ocupada PEA-O², donde vemos que el sector de

ACTIVIDAD ECONÓMICA	PORCENTAJE DE POBLACIÓN
SERVICIOS	40.8%
COMERCIO	22.8%
INDUSTRIA	14.4%
COMUNICACIONES Y TRANSPORTE	7.4%
ADMÓN. PÚBLICA Y DEFENSA	6.8%
CONSTRUCCIÓN	4.9%
AGROPECUARIA	0.9%
NO ESPECIFICADA	1.9%
OTROS	0.1%

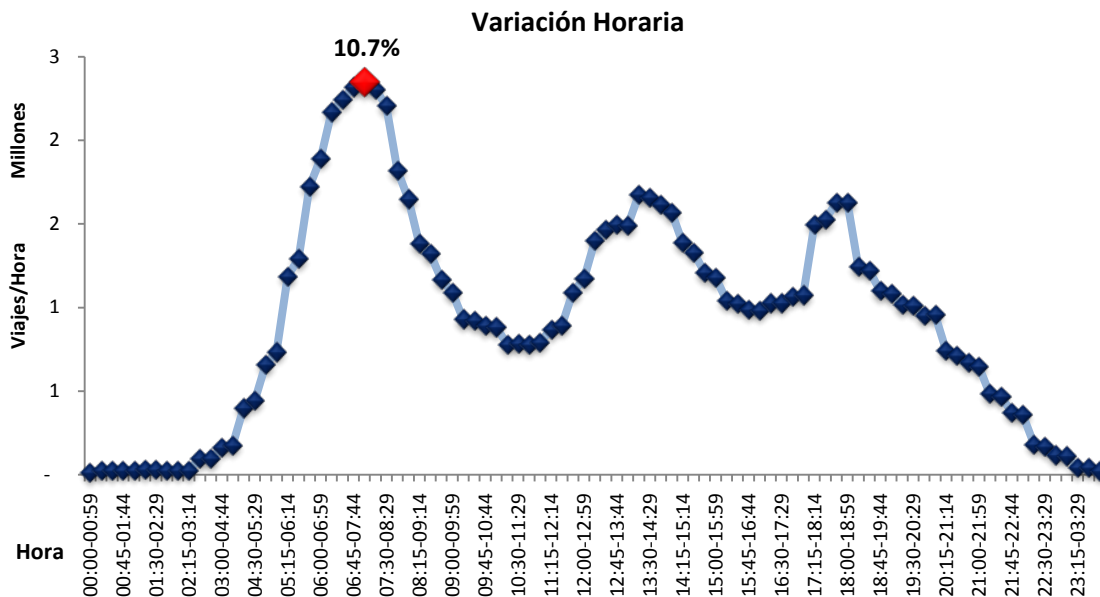
Tabla 2-IV Reparto de población según la actividad económica en la que se encuentra ocupada (Fuente: Encuesta Origen Destino 2007)

² La PEA-O es la población que se encuentra en edad legal para desarrollar un empleo remunerado y que actualmente está contratada por alguna institución de orden privado o público o bien ejerce por su cuenta

servicios es el que domina la distribución con 40%, lo que significa que la mayor oferta de empleo de este sector se ubica fuera del polígono de estudio.

2.1.5 Variación Horaria de los Viajes Diarios

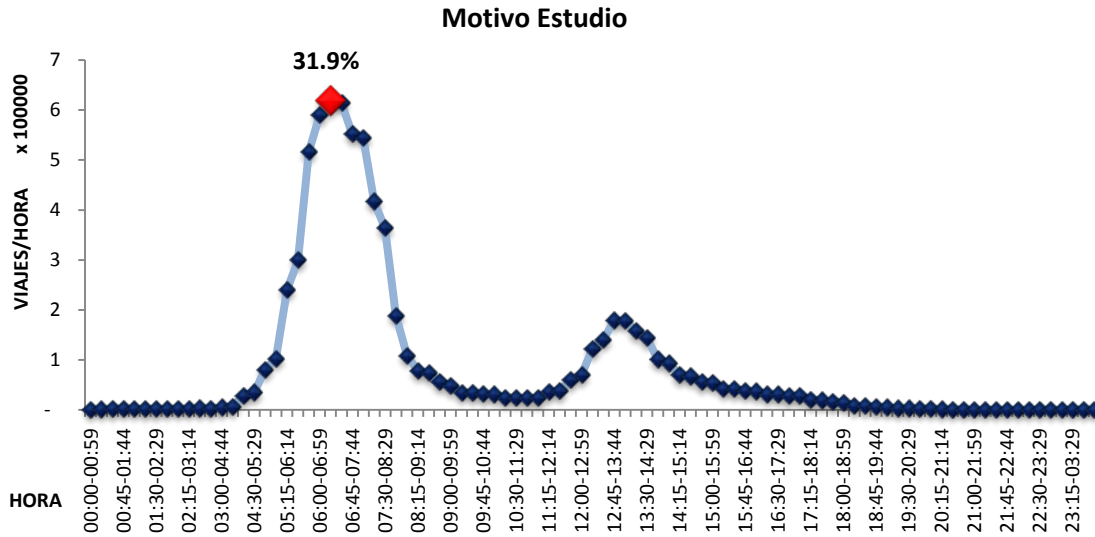
Es importante conocer la hora en que se realiza el máximo número de viajes durante todo el día, con base en la EOD 2007 donde se ubica la Hora de Máxima Demanda HMD³ realizando análisis a las siguientes tablas y gráficos.



Gráfica 2-III Variación horaria de los viajes realizados en la ZMCM (Fuente EOD 2007)

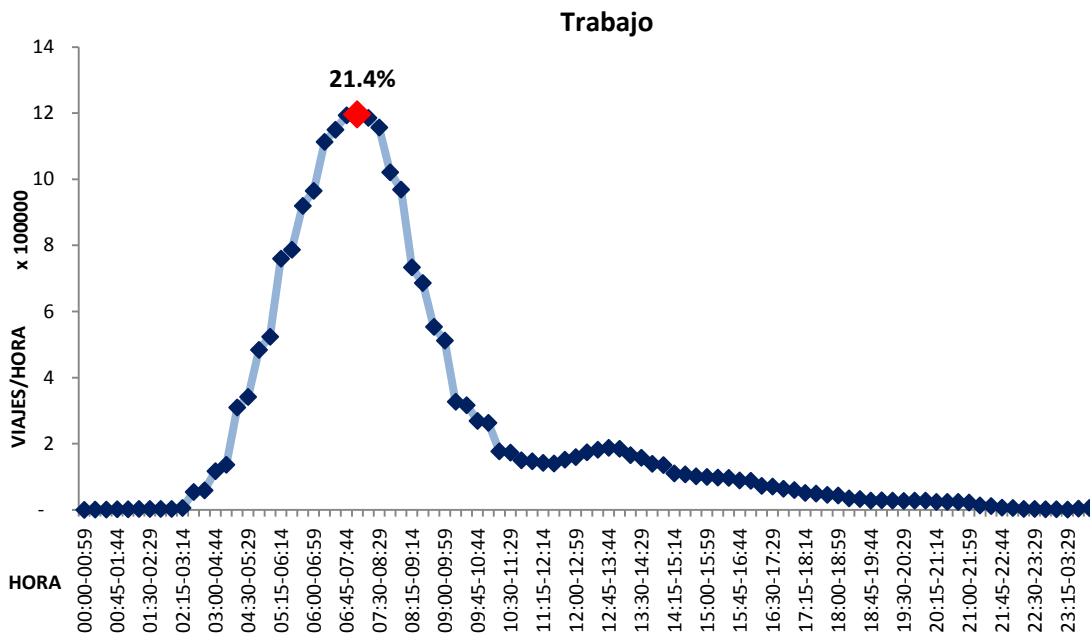
Tomando información de la EOD 2007, la cual presenta el número de viajes en intervalos de 15 minutos de un conteo a lo largo de todo del día, de la cual se obtiene la gráfica anterior y en la cual se puede ver que en el horario matutino de 07:00 – 08:00 hrs se presenta la HMD, lapso donde se realizan el 10.7% del total de viajes diarios de la ZMVM que corresponden a 2'349,094 viajes.

³ La HMD se refiere al lapso de tiempo (60 min) donde se realiza el mayor número de viajes durante el día como la hora crítica.



Gráfica 2-IV: Variación horaria sólo de los viajes con motivo de estudio (Fuente: EOD 2007)

En la **Gráfica 3-IV** se describen sólo de los viajes con propósito de ir a estudiar donde el porcentaje de viajes en la HMD es diferente en este caso corresponde al 31.9% de los viajes con este propósito respecto del total de viajes de la ZMVM, el cual corresponde a 2.8%. La HMD para este caso es de 06:15 – 07:15 de la mañana lo que no es muy distinto de la HMD del total de viajes.



Gráfica 2-V Variación horaria de los viajes con motivo de trabajo (Fuente EOD 2007)

La dinámica de los viajes realizados en la ZMVM con propósito de ir a trabajar presentan una distribución similar a la dinámica del total de los viajes, toda vez que la hora de máxima demanda corresponde al mismo horario de 07:00 – 08:00 de la mañana, el porcentaje que corresponde a los viajes realizados en este horario con respecto de los viajes por este motivo es de 21.4% y con respecto al total de viajes realizados en la ZMVM es 5.4%.

2.2 DINÁMICA DE LOS VIAJES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El área del polígono de estudio se encuentra repartida en dos municipios del Distrito Federal, aproximadamente 50% de su área pertenece al municipio de Iztapalapa y el otro 50% al municipio de Tláhuac.

En la siguiente tabla se presenta la descripción del área de estudio en cuestión de población, superficie y PEA, etc. donde podemos observar una amplia diferencia entre los dos municipios en todos los conceptos, donde el municipio de Iztapalapa mantiene los mayores valores.

DESCRIPTOR	IZTAPALAPA	TLÁHUAC	TOTAL
POBLACIÓN (HAB.)	360,831	149,972	510,803
SUPERFICIE (HA.)	1,660	1,013	2,673
DENSIDAD (HAB. / HA.)	217	148	191
PEA	153,060	62,944	216,004
PEA-O	144,678	60,254	207,622
POB EN EDAD DE ESTUDIAR	109,923	48,691	158,614

Tabla 2-V características generales socio-económicas del área (Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI Censo de Población y Vivienda 2010)

La población estudiante se refiere a todos aquellos que se encuentran en una edad aproximada de 15 a 29 años, tan sólo en este rubro podemos ver que el municipio de Iztapalapa tiene el doble de población en edad de estudiar que el municipio de Tláhuac y esta diferencia es una constante entre estos municipios, de lo que se puede inferir que el municipio de mayor impacto en la movilidad de la zona de estudio es Iztapalapa.

El factor de viaje es un indicador del promedio de viajes por día que realiza una persona que se encuentra dentro del área de estudio y que es un viajero regular⁴, en este caso se calculó un factor de viaje para cada uno de los municipios relacionados con el área de estudio, toda vez que, la diferencia entre población y viajes producidos de cada municipio es considerablemente amplia.

El factor está definido por la relación entre la PEA por municipio, la cual para Iztapalapa corresponde a 1'004,129 y para Tláhuac 194,183, y el número de viajes producidos, de cada municipio, con lo que se obtuvo el resultado presentado en la **tabla 2-VI**.

Ecuación 2-I: Ecuación para estimar la tasa de viajes per cápita.

$$FV_p = \frac{Viajes}{POB}$$

donde:

FV: Factor de Viaje.

Viajes: Número de Viajes por municipio.

POB: Población municipal.

DESCRIPTOR	IZTAPALAPA	TLÁHUAC	TOTAL
FACTOR DE VIAJES	2.0	1.5	-
POB	360,831	149,972	510,803
VIAJE TOTAL	721,662	224,958	946,620
VIAJES TRABAJO	184,023	57,364	241,387
VIAJES ESTUDIO	63,506	19,796	83,302

Tabla 2-VI Factores de viaje en el área de estudio por municipio (Fuente: Elaboración propia con datos de la EOD 2007)

La decisión de considerar sólo a la PEA está fundamentada en el entendido de que cualquier persona dentro de este sector tiene las características físicas y económicas para desplazarse por cuenta propia, además que por sus condiciones físicas y sociales tendrá la necesidad de trasladarse por la ciudad para satisfacer necesidades, principalmente relacionadas con escuela y trabajo.

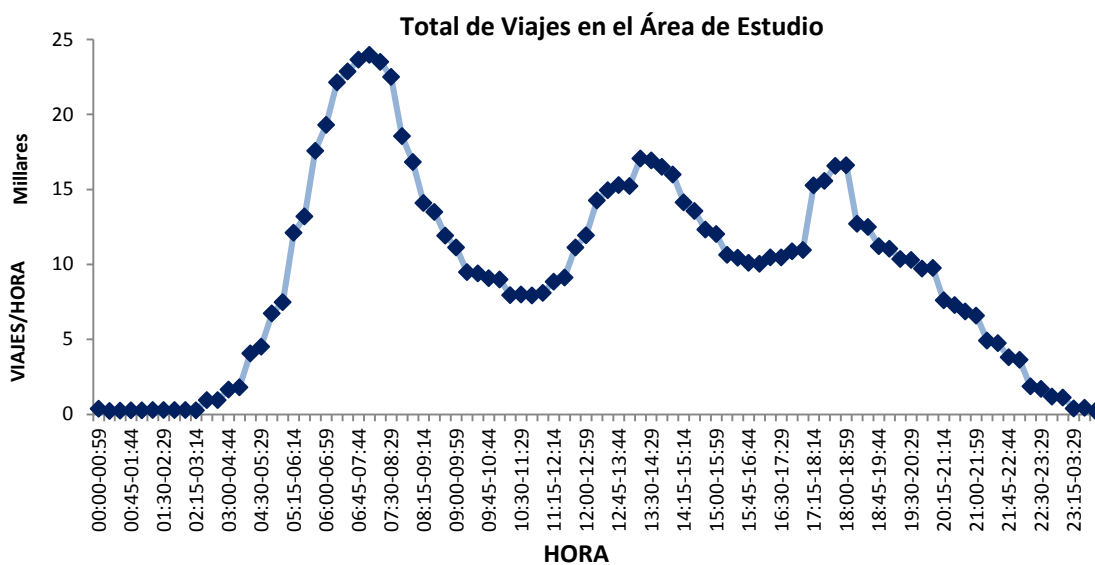
⁴ Un viajero regular es aquel que realiza el mismo viaje 3 o más días de la semana

En ese sentido se realizó el cálculo de los viajes potenciales que producirían en el área de estudio sólo multiplicando el factor obtenido anteriormente, por el número de población que se encuentra en el rango de edad mencionado.

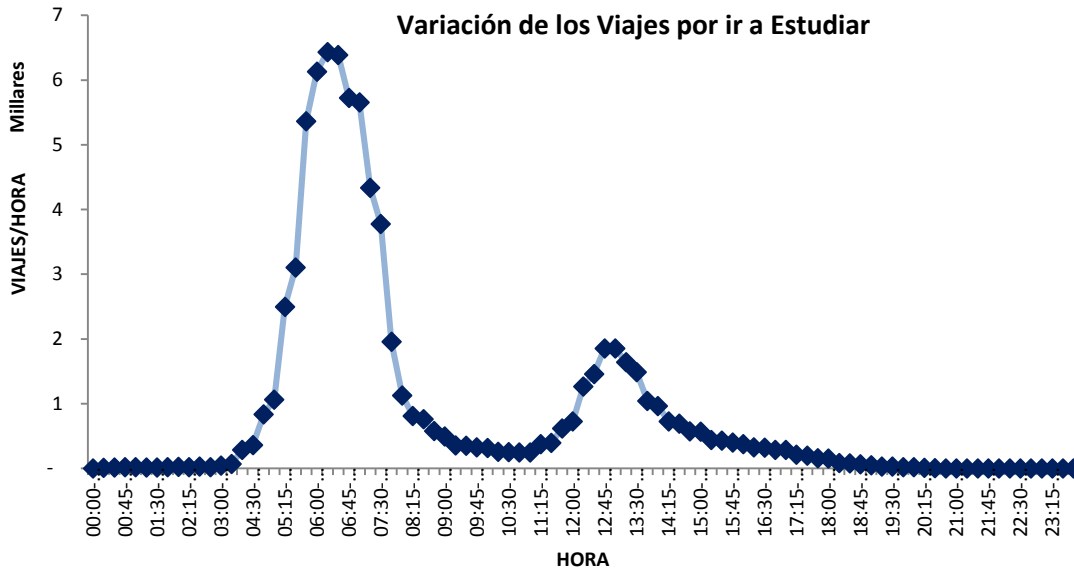
En la **tabla 2-VI** se muestra que para la totalidad del área de estudio se estarían produciendo 946 mil viajes al día, de los cuales en Iztapalapa se producen el 75.2% y el resto en Tláhuac 24.7%, en el caso de motivo con trabajo y estudio los viajes en la zona de estudio corresponden a 241 mil y 83 mil respectivamente manteniendo la misma distribución.

2.2.1. Variación HORARIA (ZONA DE ESTUDIO)

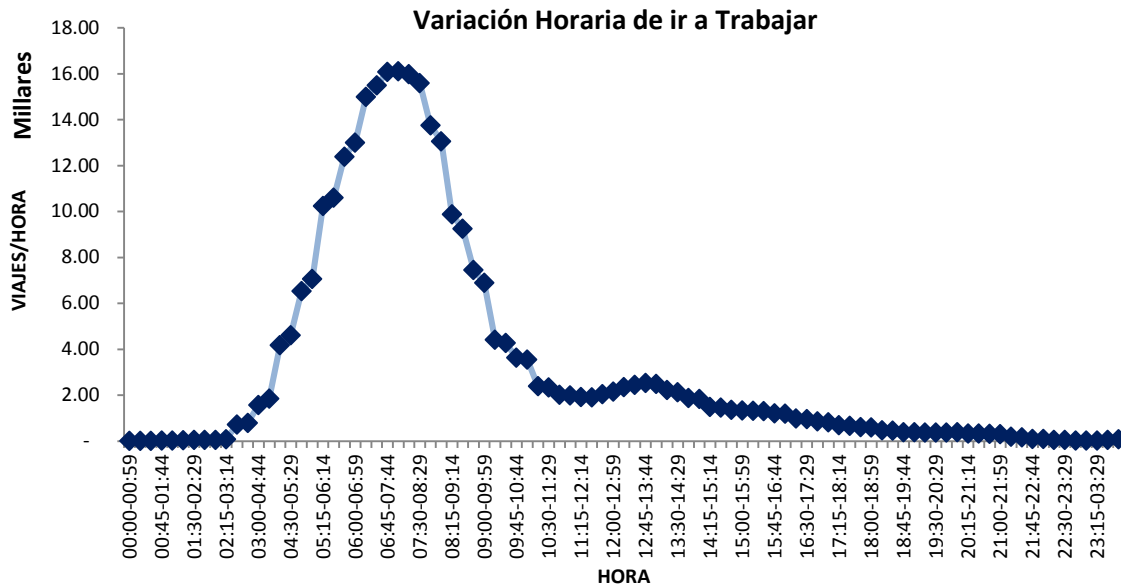
En cuanto a la variación horaria de los viajes producidos en la zona según la E O-D 2007, la HMD es de 07:00 – 08:00 hrs. Con 101,288 viajes que representa el 10.7%, lo que es proporcional a lo expuesto por la EOD 2007, mientras que para los viajes por motivo de trabajo en la HMD es de 07:00 – 08:00 hrs y hay 25,828 viajes lo que representa el 2.7% sobre el total de viajes producidos en la zona y por último para los viajes con motivo de ir a estudiar la HMD es de 06:15 – 07:15 con 8,330 viajes respecto del total del área. Cabe mencionar que para este caso no se consideraron los viajes por municipio individualmente, si no que se sumaron y se consideró la totalidad para calcular la variación horaria. En las siguientes graficas se muestran los 3 resultados ya descritos.



Gráfica 2-VI: Variación horaria de los viajes en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos de la EOD 2007)



Gráfica 2-VII: Variación horaria de los viajes por ir a estudiar en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos de la EOD 2007)



Gráfica 2-VIII: Variación horaria de los viajes en la zona de estudio por ir a trabajar (Fuente: Elaboración propia con datos de la EOD 2007)

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSPORTE DEL ÁREA

Para entender la problemática de este caso de estudio no es suficiente con entender la dinámica de los viajes, si no, también conocer las condiciones, estructura y dinámica de las características del transporte que se ofrece, lo que implica conocer diferentes aspectos como: el tipo de transporte que opera en el área de estudio,

derroteros, tipo de vehículos, infraestructura, entre otros. Con base en esto se realizó un levantamiento de todos estos elementos, físicos principalmente, del transporte en el área de estudio obteniendo los siguientes resultados.

2.3.1. *Inventario de Rutas*

Para conocer el total de rutas de transporte que se encuentran dentro del área de estudio fue necesario hacer un recorrido en campo donde se localizaron los puntos de origen de las rutas, conocidos como bases, e identificando las rutas y derroteros, algunos de estos datos pudieron ser corroborados por medio de internet, en específico con “vía D.F.” que es un recurso que contiene una base de datos con derroteros de transporte público de diferentes sistemas, como la Red de Transporte de Pasajeros, Grupo Metropolitano de Transporte, y el transporte concesionado (Microbuses, Camiones y Vans o Combis), del DF y están mapeados en google maps.

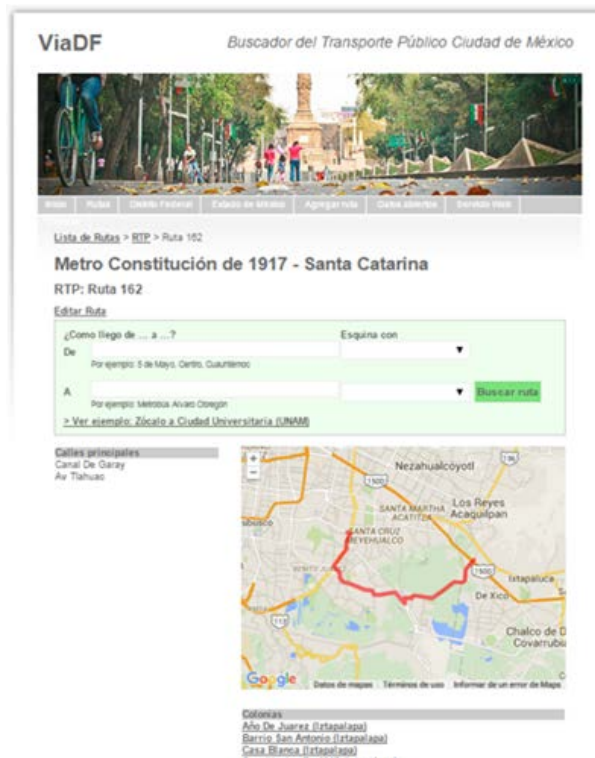


Ilustración 2-2-1 Portal de la web Vía DF (Fuente <http://www.viadf.com.mx/directorio/Rtp/Ruta-162>)

En el área de estudio se encontraron 40 rutas de transporte público y la línea 12 (Línea Dorada), del Sistema de Transporte Colectivo, entre el transporte público se encuentran los siguientes servicios, transporte concesionado, la Red de Transporte de

Pasajeros (RTP), el Grupo Metropolitano de Transporte (GMT), Transportes Metropolitanos y el Sistema de Transporte Colectivo (metro en particular la línea 12). En la **tabla 3-VII** se describen algunas de sus características como: número de ruta, tipo de unidad, capacidad de los vehículos, origen y destino de cada derrotero localizado.

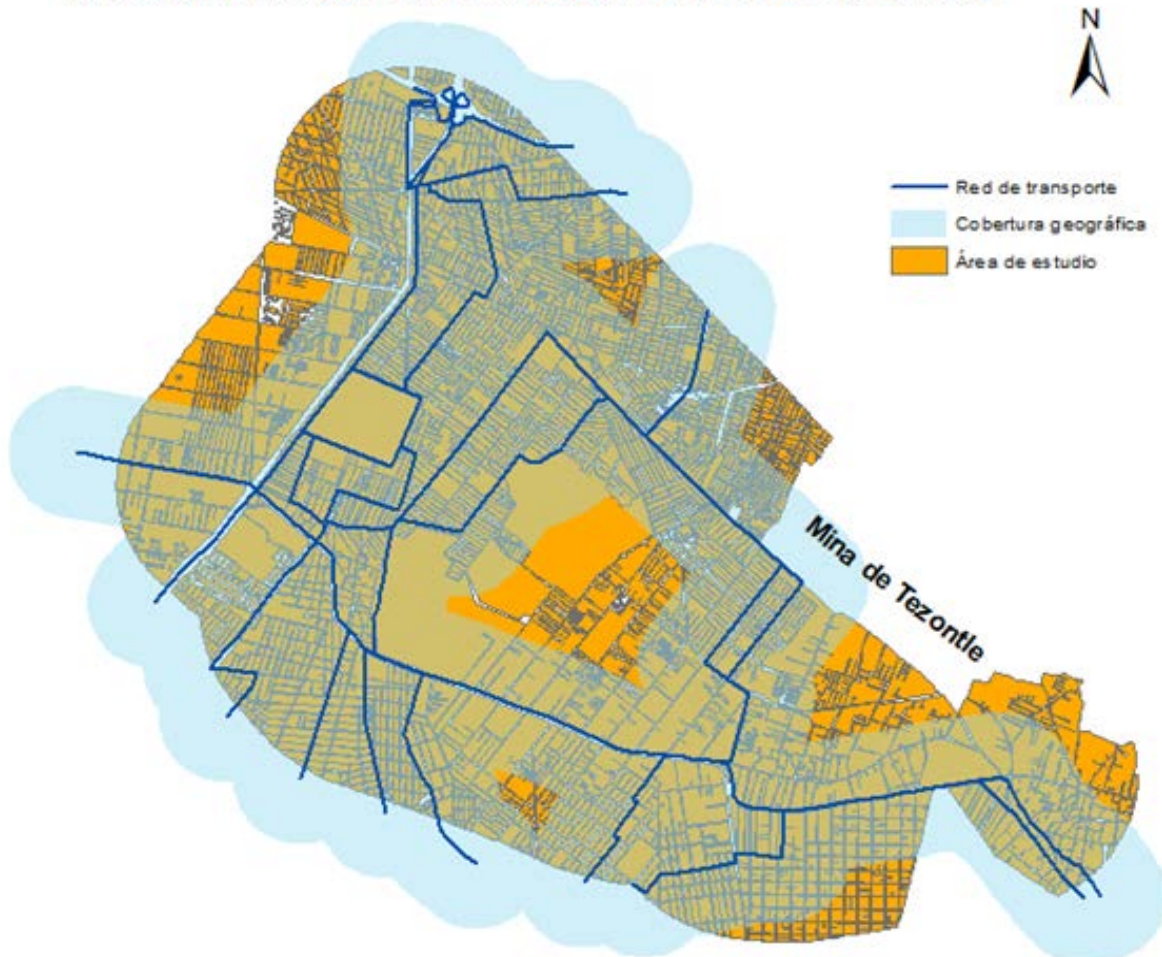
ID	RUTA LÍNEA	TIPO DE UNIDAD	CAPACIDAD VEHICULAR	SERVICIO	TIPO DE TRANSPORTE	ORIGEN	DESTINO
1	12	Tren	1,475	Ordinario	STC	Tláhuac	Mixcoac
2	37	Autobús Bóxer	70	Ordinario	SC	Metro Constitución de 1917	Parajes
3	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Hospital	10 de Mayo
4	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Torres	10 de Mayo
5	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Aldama	Villas
6	94	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Miramontes	Paradero Tláhuac
7	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Aldama	Viveros
8	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Aldama	Unidad Nueva Generación
9	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Benito Juárez	Canal de Chalco
10	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Torres	10 de Mayo por Av. 2
11	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Torres	Juzgados por Zaragoza
12	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Torres	Juzgados por Av. 1
13	35	Combi	13 - 19	Ordinario	SC	Torres	Papaloapan
14	45a	Microbús	35	Ordinario	SC	Metro Constitución de 1917	Reclusorio Oriente
15	S 2-45	Microbús	35	Express	SC	Toreo de Cuatro Caminos	Edo de Mex.
16	S 2-48	Microbús	35	Ordinario	SC	Toreo, Suburbia	Av. Tláhuac
17	3	Autobús Bóxer	70	Ordinario	SC	Metro Pantitlán	Chalco
18	37	Autobús Bóxer	70	Ordinario	SC	Metropolitana	Metro Constitución de 1917
19	37	Autobús Bóxer	70	Ordinario	SC	10 de Mayo	Aeropuerto
20	44	Microbús	35	Ordinario	SC	Nopalera	Metro Tasqueña
21	44, 56 Y12	Microbús	35	Ordinario	SC	Paradero Tláhuac	Metro Tasqueña
22	44, 56 Y1	Microbús	35	Ordinario	SC	Tulyehualco	Metro Tasqueña
23	44 Y 56	Microbús	35	Ordinario	SC	San Pablo	Paradero Tláhuac
24	14	Microbús/ Bóxer	35 – 70	Ordinario	SC	Metro Iztapalapa	Metro Periférico Oriente
25	14	Microbús/ Bóxer	35 – 70	Ordinario	SC	Metro Constitución de 1917	Metro Periférico Oriente
26	14	Microbús/ Bóxer	35 – 70	Ordinario	SC	Metro UAM-I	Metro Periférico Oriente
27	14	Microbús/ Bóxer	35 – 70	Ordinario	SC	Metro La Paz	Canal de Chalco/periférico
28	161 -E	Padrón	100	Ordinario	RTP	Metro Constitución de 1917	San José Buenavista
29	47 - A	Padrón	100	Ordinario	RTP	Alameda Oriente	Xochimilco/Bosque de Nativitas
30	57 - A	Padrón	100	Ordinario	RTP	Metro Constitución de 1917	Metro Cuatro caminos
31	57 - C	Padrón	100	Ordinario	RTP	Metro Constitución de 1917	Metro Cuatro caminos
32	119	Padrón	100	Ordinario	GMT	Amado Nervo	Metro Constitución de 1917
33	119	Padrón	100	Ordinario	GMT	UACM	Metro Constitución de 1917
34	110	Padrón	100	Ordinario	GMT	Colonia del Mar	Metro Aeropuerto por Churubusco
35	110	Padrón	100	Ordinario	GMT	Colonia del Mar	Metro Aeropuerto por Rojo Gómez
36	148	Padrón	100	Ordinario	RTP	Metro Tasqueña	San Nicolás Tetelco
37	162	Padrón	100	Ordinario	RTP	Metro Constitución de 1917	Santa Catarina
38	141	Padrón	100	Ordinario	RTP	Metro Tasqueña	Villa Milpa Alta
39	149	Padrón	100	Ordinario	RTP	Metro Tasqueña	Mixquic
40	119	Padrón	100	Ordinario	GMT	Piraña	Metro Constitución de 1917
41	112	Padrón	100	Ordinario	GMT	Cerro del Judío	San Lorenzo Tezonco

Tabla 2-VII: Características del parque vehicular de las rutas de transporte público en la zona (Fuente: Elaboración propia)

2.3.2. Cobertura del Transporte

Pese a que en apariencia el transporte de la zona cubre una gran parte del área de estudio, existen zonas donde la cobertura de transporte público de pasajeros es mínima, debido a que en ciertas zonas, especialmente al norte y sur del área de estudio sólo existe una ruta ofreciendo el servicio, por lo que podríamos hablar de distribución y densidad del transporte, es decir, que la mayor parte de las rutas, se encuentran concentradas particularmente en una vialidad definida como la principal para una ruta, en ese sentido las vialidades con mayor concentración y/o densidad de transporte en la zona son Periférico y Av. Tláhuac, a estas vialidades le llamaremos en adelante corredor 1 al de Periférico y Corredor 2 de Av. Tláhuac, el resto de las rutas que no circula por alguno de estos corredores, se desplazan por el interior de la zona.

COBERTURA GEOGRÁFICA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS



Mapa 2-2-I: Cobertura geográfica de la red de transporte público de la zona (Elaboración Propia)

2.3.3. Principales Vialidades del Transporte Público de Pasajeros

De las 40 rutas que convergen 25 son de transporte colectivo concesionado, 8 rutas del sistema de Red de Transporte de Pasajeros (RTP), 6 rutas de la compañía Grupo Metropolitano de Transporte (GMT), y 1 ruta de transporte de pasajeros metropolitana. También se encuentra la más reciente línea del Sistema de Transporte Colectivo metro Línea 12.

En ese sentido existen diferentes tipos de servicios, los cuales cumplen diferentes objetivos y atienden distintas necesidades de los usuarios, por lo que hay rutas que dan servicio a viajes regionales y otras que atienden viajes locales esto es, la movilidad interna de la zona es atendida por estas últimas, las cuales están conformadas por 10 rutas.

En el mapa 3-1 se muestra las principales vialidades donde se concentra el mayor número de rutas, es lógico, debido a la cantidad de oferta de transporte, que la población busque estos dos corredores para salir de la zona, toda vez que, las características físicas y geométricas que presentan ambos permiten realizar los viajes en menos tiempo.

Corredor 1 (Anillo Periférico): su clasificación en la red vía corresponde a una arteria urbana, a todo lo largo del recorrido que hace dentro del área de estudio solo tiene una sección transversal que corresponde a 3 carriles por sentido, los cuales son de un ancho de 3.5 m lo bastante amplios para permitir una libre circulación de cualquier tipo de vehículo (auto, camioneta o camión) y un camellón de 18 m de ancho.

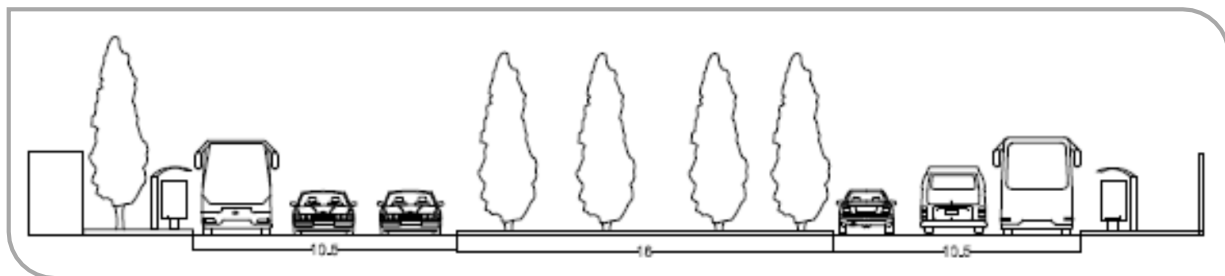


Ilustración 2-2-II: Sección Transversal Periférico

Corredor 2 (Av. Tláhuac | Eje 10 Sur): La clasificación de este corredor en la red vial corresponde a una arteria, sus características físicas y geométricas la hacen más atractiva al usuario, debido a su ancho de sección y es una salida importante para la

población del oriente, además de ser la única vialidad con esas características en la zona de estudio.

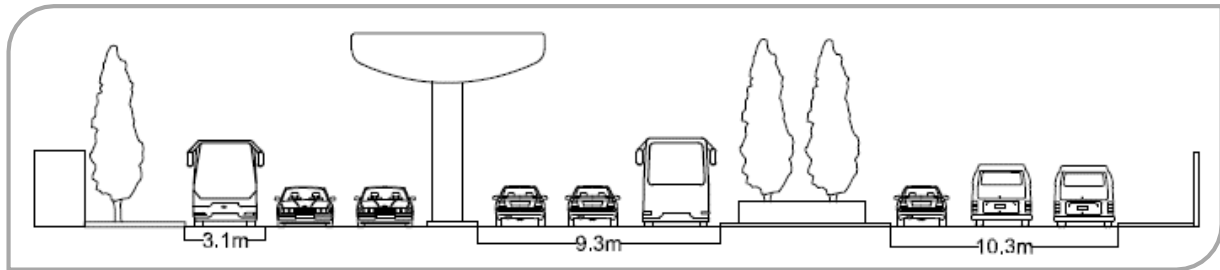
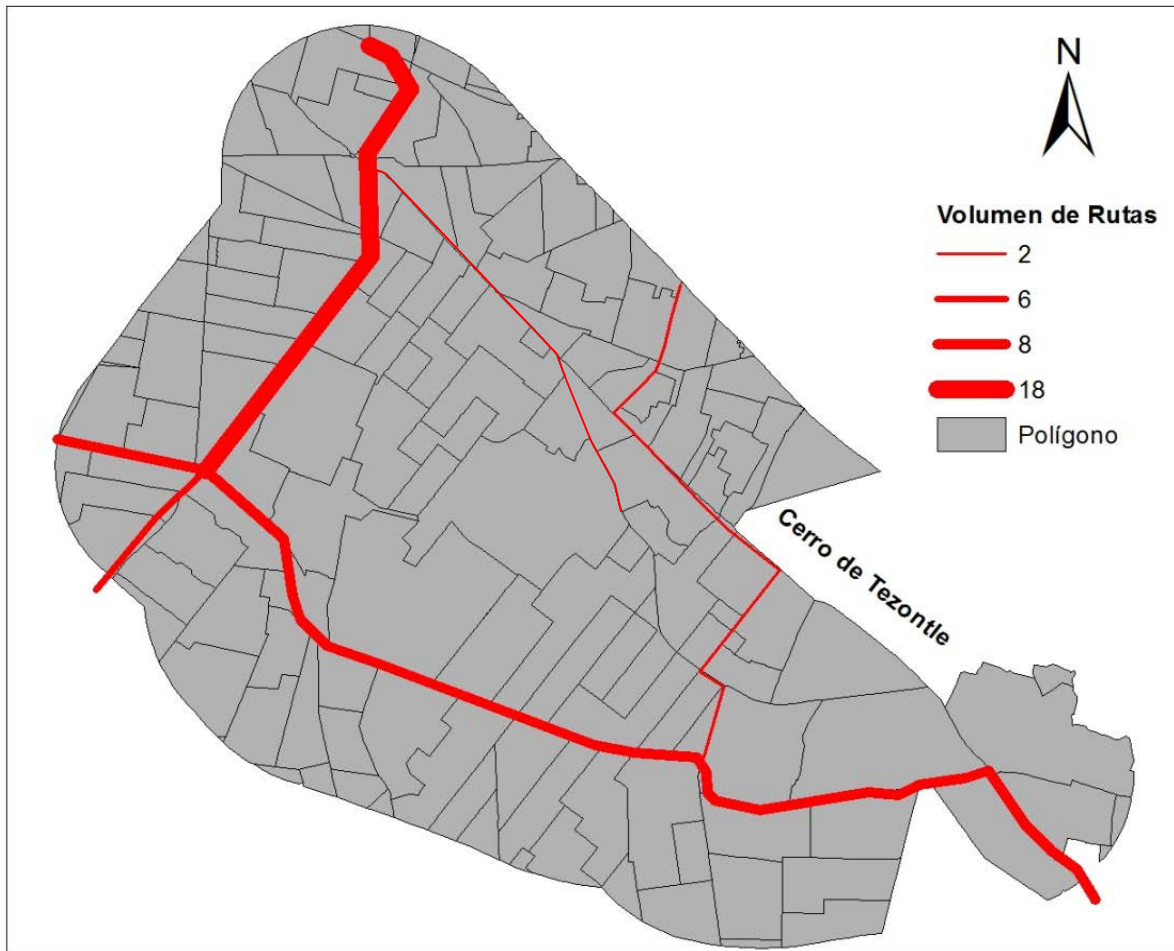


Ilustración 2-2-III: Sección Transversal de Av. Tláhuac

Dentro de la zona de estudio se identificaron cinco importantes vialidades de acceso regional hacia el interior y exterior de la misma ya sea en auto privado o en transporte público, las cuales albergan un volumen de rutas que atienden los viajes regionales, en ese sentido se contabilizó el número total de rutas que pasan por cada una, en la **tabla 3-VIII** se describen las intersecciones dentro de la zona de estudio que funcionan como entradas y salidas de esta, así como el número de rutas que pasan por cada una de estas intersecciones, ordenadas por volumen de rutas.

ID	VIALIDAD PRINCIPAL	VIALIDAD SECUNDARIA	RUTAS
1	Periférico Ote.	Eje 8 Ote. Ermita	18
2	Av. Tláhuac	Periférico Ote.	8
3	Av. Tláhuac	San Rafael Atlixco	8
4	Periférico Ote.	Av. Tláhuac	6
5	Benito Juárez	Degollado	2

Tabla 2-VIII Cantidad en número de rutas que circulan por las salidas del polígono (Fuente: Elaboración propia con datos en campo)



Mapa 2-2-II Volumen de rutas según la vialidad (Elaboración Propia)

2.3.4. Flota

Las unidades con que cuenta el transporte público en el área de estudio es importante conocerlo, ya que tiene incidencia en los costos de operación, calidad del servicio y ambientalmente, por lo que se observó en campo estas rutas cuentan con diferentes tipos de vehículos los cuales varían en sus características físicas y operativas, para lo cual se realizó una descripción de cada tipo de vehículo observado en las diferentes rutas de transporte público, cabe mencionar que existen rutas donde la flota es mixta como se describe en la **tabla 3-VII**.

2.3.5. Transporte Concesionado

Como ya se mencionó en el área de estudio circulan rutas de transporte concesionado, estas rutas cuentan con vehículos de tipo combi, van, microbuses o camiones tipo bóxer.

Las rutas de transporte concesionado que utilizan combis y/o Van hacen la elección de este tipo de vehículos sin atender a criterios operativos netamente, sino que es más una cuestión capacidad y geometría de la vialidades por donde se desplazan, longitud del derrotero, las combis tienen una capacidad de fábrica de 9 pasajeros, sin embargo los operadores (concesionarios) modifican la configuración de los asientos, dejando está con capacidad para 14 pasajeros, de la misma manera pasa con las unidades tipo Van las cuales tienen capacidad de hasta 15 pasajeros, pero al ser modificadas alcanzan una capacidad de hasta 18 pasajeros, no obstante está estructura si bien maximiza las ganancias de los operadores, no repercute de igual manera en nivel de servicio para el usuario.

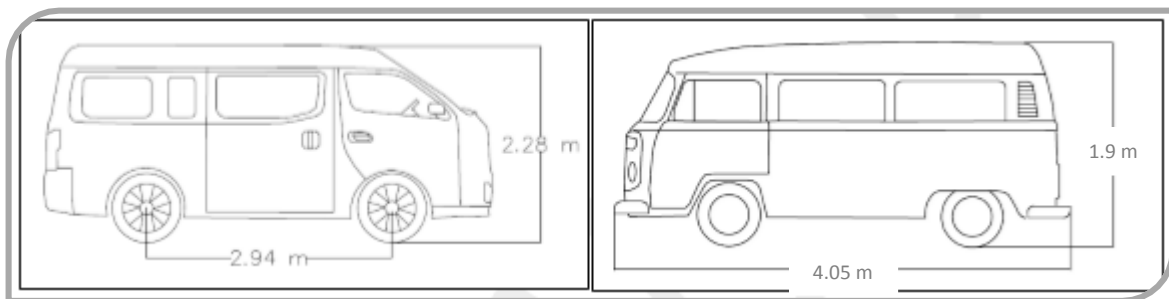


Ilustración 2-2-IV: Vehículos tipo Van y Combi respectivamente (Fuente: Elabora Propia)

Otras de las rutas de transporte público concesionado utilizan microbuses y autobuses de tipo bóxer estos últimos se muestran en la imagen 3-V, de los microbuses no se cuenta con información técnica sobre su capacidad sin embargo en un ejercicio en campo se puede definir que tienen una capacidad de 35 a 40 pasajeros dependiendo de la configuración de asientos, esta diferencia entre configuraciones tiene como objetivo maximizar la capacidad del vehículo, los bóxer se fabrican de diferentes capacidades (40, 50 y 60 pasajeros), la selección de vehículos para estas rutas se lleva a cabo sin considerar los mismos criterios descritos en el párrafo anterior.

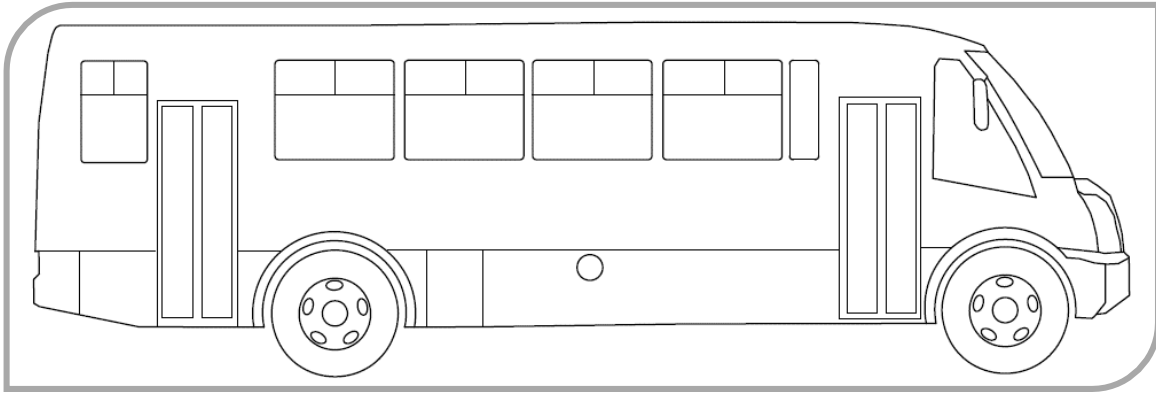


Ilustración 2-2-V: Vehículo tipo camión (Fuente: Ficha técnica Autobús RUNNER-DINA)

VEHÍCULO	LARGO TOTAL (M)	ALTO TOTAL (M)	ANCHO TOTAL (M)
BÓXER (RUNNER 8)	8.17	3.27	2.52
BÓXER (RUNNER 9)	9.35	3.27	2.52
BÓXER (RUNNER 10)	10.11	3.27	2.52

Tabla 2-IX: Dimensiones de los camiones que circulan en las rutas de la zona de estudio (Fuente: Ficha Técnica RUNNER-DINA)

2.3.6. Red de Transporte de Pasajeros (RTP)

La compañía paraestatal RTP tiene una flota con autobuses tipo padrón con capacidad para 100 pasajeros, a diferencia de las rutas de transporte concesionado cuenta con una misión, visión y objetivo.

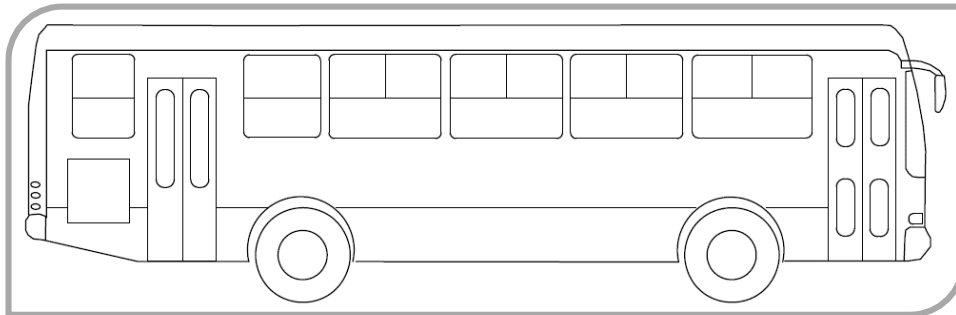


Ilustración 2-VI. Autobús tipo RTP y GMT (Fuente: Elaboración Propia)

VEHÍCULO	LARGO TOTAL (M)	ALTO TOTAL (M)	ANCHO TOTAL (M)
PADRÓN	10.68	3.24	2.50

Tabla 2-X: Dimensiones de la flota RTP y GMT (Fuente Ficha Técnica Mercedes Benz-Torino)

2.3.7. Grupo Metropolitano de Transporte (GMT GRUPO)

De la misma manera que el caso anterior la empresa de GMT cuenta con una flota de autobuses tipo padrón con capacidad para 100 pasajeros aproximadamente y pese a que cuentan con otros tipos de autobuses el de tipo padrón es el que predomina al menos en las rutas observadas dentro del área de estudio.

3. CARACTERÍSTICAS DE UN SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS

3.1 EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS

La exitosa implementación de un medio de transporte urbano de pasajeros depende de varios factores, pero el principal o aquel de mayor consideración están referido al volumen de viajes captados, es decir, la demanda del sistema de transporte. (Molinero, 2002)

El desarrollo del transporte considera un área urbana dinámica, lo que significa que está en constante crecimiento tanto poblacional como espacial, por ejemplo, la población de México se duplicó en los últimos 30 años, sin embargo la superficie urbana se multiplicó por seis en el mismo periodo, consecuentemente crecen otros elementos de la misma como el volumen vehicular, los servicios urbanos, el transporte público, entre otras. (Molinero, 2002)

En ese sentido Cal y Mayor realizó un análisis de las condiciones óptimas de operación de los sistemas de transporte de pasajeros el cual se basa en los cuatro periodos de crecimiento de un área urbana, esto en otras palabras, según el tamaño del área urbana y la demanda los sistemas de transporte requieren de características de carga y de operación diferentes.

El orden del desarrollo de un área urbana comienza con el primer periodo de crecimiento, el cual corresponde a un asentamiento urbano (villa o rancharía), que está constituido en el caso de México por las siguientes características, no más de 100 mil habitantes, así mismo se constata la existencia de casas habitación y alguna industria manufacturera de pequeña escala, la conexión vial se da a través de calles locales, las cuales son angostas, los viajes que dentro de este asentamiento se realizan son cortos y la gran mayoría de ellos se satisfacen a pie. Consecuentemente en este nivel el modo de transporte más comúnmente utilizados son los viajes a pie.

Posteriormente a este nivel el desarrollo de las ciudades se da en cuatro etapas que serán enlistadas a continuación.

1. La primera parte de la evolución del transporte comienza cuando el asentamiento urbano crece y las actividades comienzan a alejarse, por lo cual hacer recorridos a pie se vuelve cansado, tardado, tedioso e incómodo, por lo tanto comienzan a surgir las primeras unidades de transporte. El transporte privado (caballo, carreta, bicicleta, motocicleta y automóvil) provee de una mayor movilidad a los usuarios, es decir, tiene una mayor libertad para desplazarse a diversos puntos, asimismo realizar viajes de largas distancias, pero a su vez reducir el tiempo de viaje. Esto proporciona una mayor comodidad en los viajes, aunque estos beneficios están sujetos solamente al dueño de la unidad de transporte, consecuentemente surge el transporte de alquiler (taxi principalmente) el cual cubre las necesidades de traslado de aquellos que no tienen la posibilidad de poseer su propio transporte, así como de aquellos que se ven imposibilitados tanto legal como físicamente para conducir un vehículo, pudiéndolo utilizar cualquier persona a través de un pago (tarifa).
2. En el siguiente nivel del crecimiento la población está entre 100 mil y 1.0 millón, y en México se le denomina pueblo, en este periodo continúan tanto el crecimiento poblacional como el espacial, así mismo el volumen vehicular sigue aumentando, en este caso se dan los primeros congestionamientos principalmente en las calles donde se concentran las actividades comerciales. Para dar solución a estos problemas se plantean regularmente dos alternativas: 1) El ensanchamiento de las calles congestionadas, es decir, aumento de la capacidad vehicular de éstas. 2) Implantación de sistemas de transporte con unidades de mayor capacidad (sistemas de transporte masivo). En ésta última solución se inicia lo que es el transporte público.

En este mismo período continua la evolución de los sistemas de transporte y el ensanchamiento de las calles tiene sus ventajas como lo es la disminución del costo de transportación, mejor nivel de servicio y el estímulo al crecimiento urbano, de la misma manera tiene sus desventajas como son mayor inversión e impactos medioambientales secundarios.

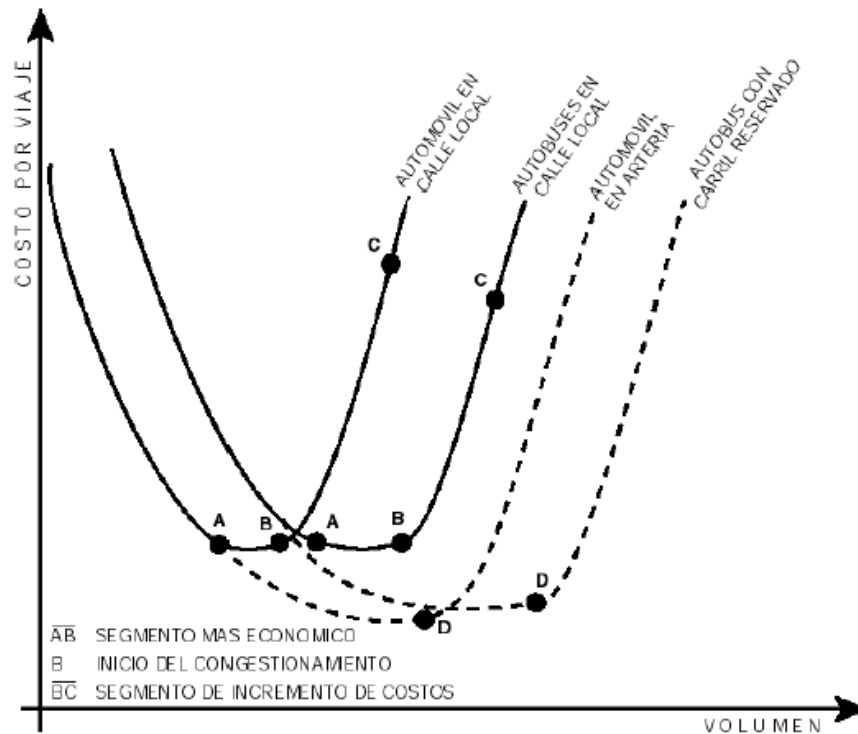


Ilustración 3-3-I: Desarrollo de las vialidades en función del crecimiento de los poblados. (Molinero, 2002)

En la **ilustración 3-I** se puede apreciar la relación que existe entre el tipo de vía, el volumen y el costo por viaje. Las líneas continuas representan una vialidad en la primer etapa de crecimiento de un asentamiento humano y el punto **B** que es un punto de inflexión, marca el límite del máximo volumen para esa vía, después de este punto se experimenta el congestionamiento vehicular y consecuentemente el incremento del costo de viaje. Para dar mayor capacidad se recurre al ensanchamiento de las calles, como una alternativa de solución (representado por la línea punteada continuación del punto A) y en la gráfica se puede ver que de esta manera se continua con un costo de viaje bajo, sin embargo al aumentar la capacidad vehicular se incentiva el uso del automóvil, lo que se traduce en el incremento del tránsito vehicular y consecuentemente en nuevos congestionamientos (punto D de la **ilustración 3-I**), consecuentemente el costo del viaje se eleva.

Sin embargo al aumentar la capacidad de las unidades de transporte, (iniciando así el servicio de transporte público formalmente), utilizando

unidades de mediana capacidad (taxis colectivos y/o minibuses), se logra minimizar los costos operativos, esto resulta mejor opción para volúmenes de entre 600 a 2000 pasajeros/hora.

Cuando los volúmenes son mayores y van desde 2000 a 12000 pasajeros/hora se recomienda utilizar vehículos de mayor capacidad como trolebús o autobús ya sea convencional o articulado, consecuentemente es obligado implementar rutas de itinerario fijo y paradas a determinada distancia, cubriendo el máximo del área urbana.

3. La tercera etapa de desarrollo de un área urbana son las ciudades medias en las cuales hay de 1'000,000 a 5'000,000 de habitantes, esta etapa presenta los mismos problemas que en la anterior por lo que las soluciones posibles y factibles son: separación de los medios de transporte mediante un derecho de vía tipo B⁵ el cual se establece a través de una barrera física longitudinal, permitiendo los cruces a nivel.

Cuando se comienzan a separar los medios de transporte es posible resaltar los beneficios del transporte guiado, como el aumento de la capacidad debido a la posibilidad de acoplar más de un vehículo, reducción de costos operativos, así como la reducción de la sección transversal, mayor seguridad y confiabilidad.

4. La última etapa de desarrollo de una área urbana son las metrópolis donde habitan más de 5'000,000 de habitantes, es una gran área donde se concentra una cantidad mayor de viajes en diferentes corredores y una amplia diversificación de actividades. En este punto surge la necesidad de controlar los medios de transporte tanto privado como público. El privado mediante arterias totalmente controladas mejor conocidas como autopista urbana con intersecciones a desnivel, elevadas o subterráneas. En el transporte público los sistemas controlados, es decir, totalmente

⁵ Derecho de vía: porción de superficie de rodamiento, en la que circulan unidades de transporte incluyendo el peatón (Cal y Mayor, 2007)

segregados del tránsito mixto se implementan a través de los sistemas guiados y a pesar de su mínima flexibilidad, comparados con los medios semi-confinados, los guiados mantienen beneficios como reducción de costos, aumento de capacidad, sólo por mencionar algunos.

Los sistemas guiados mantienen una virtud la cual está en la posibilidad de pasar de solo un sistema controlado a uno totalmente automatizado.

Conforme una ciudad crece los modos de transporte tienen que crecer a la par, ya que existe un incremento en la densidad de viajes, dando a los medios de transporte los siguientes beneficios.

- Mayor rendimiento del sistema en capacidad, velocidad y nivel de servicio.
- Mayor atracción de viajes.
- Reducción en los costos operativos.

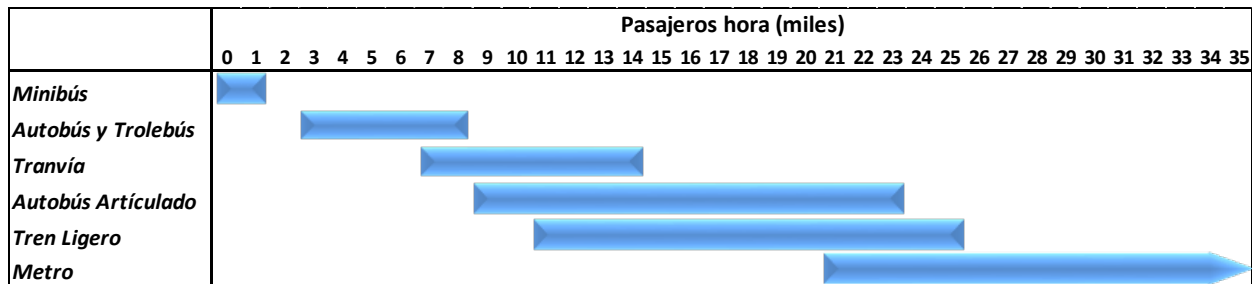


Ilustración 3-3-II Niveles de capacidad de diferentes modos de transporte. (Fuente: Molinero A, Capítulo 2, pág.31, año 2010)

3.2 ACCESIBILIDAD

Muchos pueden fácilmente confundir la definición de accesibilidad con sus características de medición (indicadores), como son: económica, física y cultural, ubicando un servicio accesible, todo aquel que es de bajo costo por ejemplo, sin darse cuenta que en este caso sólo se está midiendo la accesibilidad económica del mismo, lo cual sería un error siempre y cuando el objetivo sea definir el concepto de accesibilidad y no realizar una medición de ésta.

Una definición general de la accesibilidad se refiere a las características que deben poseer un entorno urbano, producto, servicio o medio de comunicación para ser

utilizado de la manera más cómoda, segura e incluyente posible. (Corporación ciudad accesible, 2012)

Desde el punto de vista de la geografía humana la accesibilidad se refiere al número de oportunidades de interacción entre la población objetivo y las unidades económicas de un área específica u otros servicios, de esta definición podemos decir que al referirse a oportunidades se habla de accesibilidad potencial que es diferente a la accesibilidad real, es decir, la gama de oportunidades que tiene la población local para conectarse con otras áreas geográficas, y por otra parte la definición contiene el carácter de agregado porque la accesibilidad está vinculada al potencial de ésta, más que a la real. (Campos, 2006)

Entonces, para los fines de este trabajo se entenderá la accesibilidad como: **el número de oportunidades de interacción entre la población del área de estudio y las unidades económicas que en ella se encuentran, con cierto grado de comodidad, seguridad, igualdad y autonomía.**

3.3 MOVILIDAD

Las personas requieren satisfacer necesidades, de diversas índole, como son el salir a trabajar, educación, abastecimiento, los servicios o simplemente por recreación, pero para realizar todas estas actividades es necesario salir de casa lo que conlleva a hacer uso de los sistemas de transporte (calles, avenidas, vehículos, privados y de transporte público no motorizado) local y/o regional, es entonces donde se comienza a hablar de movilidad.

Los conceptos de accesibilidad y movilidad son objetivos genéricos del transporte y por tal motivo es de suma importancia aclarar las diferencias entre éstos, ya que desde hace tiempo ha existido confusión entre los conceptos. Para (Antonio Estevan, 1996) la movilidad es un parámetro que solamente mide el número de desplazamientos que realizan las personas o mercancías en un sistema socioeconómico, éste también puede ser visto individualmente (por ejemplo, el número medio de viajes o kilómetros recorridos por una persona), en términos agregados (por ejemplo, total de viajeros-kilómetros desplazados o toneladas-kilómetro desplazadas).

México cuenta con un sistema de vías urbanas, el cual posee una estructura clasificada en cuatro niveles, las cuales ostentan una serie de características funcionales, tales como; ancho de sección, número de carriles, presencia o no de separador, la cantidad de volúmenes que soportan y su función dentro de la estructura vial.

- Primarias
- Secundarias
- Locales
- Accesos a colonias

El transporte es una actividad de todos los días, no existe actividad económica alguna que no necesite de él, considerando cualquier modo de transporte terrestre como lo es: caminar, montar una bicicleta, el transporte público y privado, así como también el transporte de carga. Todos estos modos conviven en un mismo espacio y requieren que este, esté acondicionada para que estos modos de transporte coexistan de una forma segura y fluida, por lo cual para proyectos urbanos se requiere de un diseño geométrico de vías que además se encuentre normado por el estado.

El diseño geométrico de vías es la parte fundamental para dar los elementos de seguridad vial al nuevo proyecto, éste engloba ciertos aspectos que deben combinarse para el correcto funcionamiento de él y seguridad de los usuarios, estos aspectos corresponden a: *distancia de visibilidad, distancia de parada, distancia de visibilidad de rebase, velocidad de proyecto, vehículo de proyecto y radios de giro.*

Asimismo existe la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO) por sus siglas en inglés. Es un organismo que desarrolla políticas de diseño geométrico y transporte a nivel internacional, donde se establecen criterios técnicos basados en estudios, describiendo la metodología de la aplicación de los criterios mencionados en el párrafo anterior.

3.4.1 Distancia de Visibilidad

La vista es el sentido vital para el conductor ya que a través de él es capaz de ubicar obstáculos en el camino además del camino mismo y sus señales y por estas sencillas razones es importante considerar dichas características para el diseño de vías.

El conductor requiere de tiempo para enfocar la vista en cualquier situación que se le presente en el camino, por ejemplo para un conductor que pasa en una intersección, voltear a la derecha, enfocar, voltear a la izquierda y enfocar le tomara 1.2 seg. para la maniobra completa (Cal y Mayor, 2007)

Para la mayoría de las personas la visión normal es de 180° viendo hacia el frente, lo que quiere decir que se puede percibir lo que sucede a ambos lados, pero con un bajo nivel de percepción en los detalles de los objetos, este nivel de percepción mejora cuando el ángulo de visibilidad es más cerrado y varía entre 120° y 160° conocido como visión periférica (Cal y Mayor, 2007). Sin embargo, en su momento, la Secretaría de asentamientos humanos y obras públicas (1991) considera la agudeza visual como el espacio en el que la visión es más perceptiva en un cono que varía de 3° a 6° y la visión es clara hasta los 10° a partir del cual se comienza a disminuir rápidamente dicha agudeza visual.

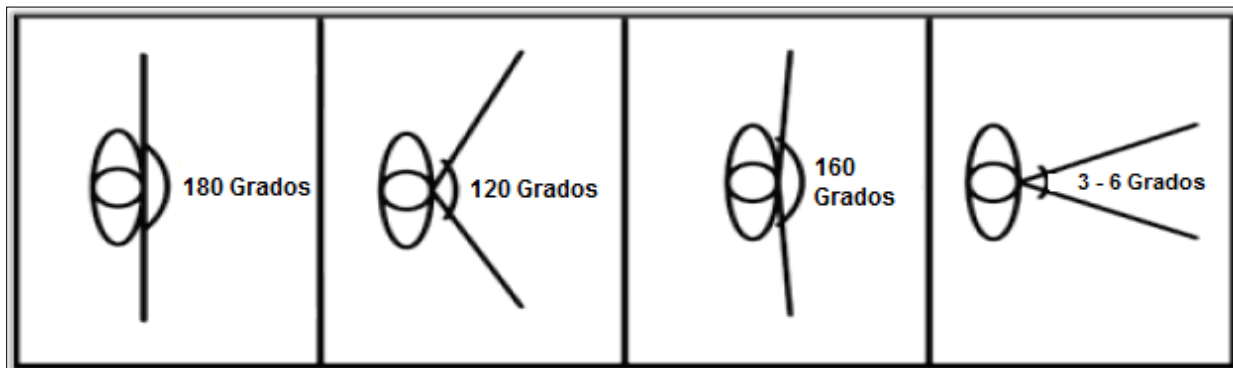


Ilustración 3-3-IV Ángulo de visibilidad (Fuente: Elaboración Propia)

Así mismo existe un fenómeno que le ocurre a los conductores al aumentar la velocidad conocido como visión de túnel, este fenómeno provoca que la vista del conductor se fije a una distancia más lejana con respecto de su posición comprometiendo la vista periférica y perdiendo mayor detalle de lo que sucede a los lados del camino por

lo que el cono de agudeza visual disminuye drásticamente, por ejemplo a 30 km/h el cono visual es de 100o a 100km/h éste se reduce hasta 40° (Cal y Mayor, 2007)

3.4.2 Distancia de Parada

La distancia de parada es una longitud mínima necesaria para permitir a los conductores viajar a la velocidad de diseño y ser capaces de detener su vehículo cómodamente antes de colisionar contra algún objeto estacionado en su camino. (SEDESOL)

Según Cal y Mayor (2007) el conductor tiene dos tipos de reacciones: la física o condicionada y la psicológica.

Las reacciones físicas o condicionadas son aquellas que se derivan de situaciones que el conductor ya ha experimentado, es decir, son hábitos que a través del tiempo se adquieren y posteriormente se realizan sin un proceso intelectual.

Las reacciones psicológicas son un poco más complicadas ya que estas requieren de un proceso intelectual. Cuando se presenta un imprevisto en el camino (estimulo) éste es percibido por el conductor, regularmente por la vista, es aquí donde entra el proceso intelectual ya que cuando el cerebro recibe el aviso éste tiene que tomar una decisión ya sea pisar el freno o dejar de acelerar.

Durante ambos procesos existe un intervalo de tiempo mejor conocido como tiempo de reacción, el cual puede variar en tiempo de 0.5 a 2.5 seg. y lo condicionan diferentes factores como: la fatiga, enfermedades y limitaciones físicas, estado de ánimo, condiciones del clima, ingestión de alcohol y drogas, condiciones de luz, edad, experiencia y condiciones geométricas del camino.

Ahora, la distancia de parada está conformada por la suma de: la distancia de percepción, reacción y frenado, la siguiente expresión representa la distancia de parada.

Ecuación 3-1: Distancia de parada Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

$$D_p = d_p + d_r + d_f$$

donde:

d_p = distancia recorrida durante el tiempo de percepción

d_r = distancia recorrida durante el tiempo de reacción

d_f = distancia recorrida durante el tiempo de frenado

El tiempo de percepción y de reacción se lleva a cabo simultáneamente y pertenecen al proceso de intelección donde tienen participación 4 fases. La percepción el momento donde el conductor descubre a través de sus sentidos visuales algún obstáculo frente a él, consecutivamente llega la intelección donde la información recibida anteriormente es razonada por el conductor. La reacción sucede en dos momentos, el primero la emoción que es el estremecimiento del ánimo, producto de lo sucedido hasta este momento, es aquí donde se toma la decisión, y se reacciona ante el imprevisto, finalmente viene la etapa de volición (distancia de frenado), la cual es el tiempo en el que se lleva a cabo la reacción determinada en la etapa anterior (Cal y Mayor, 2007)

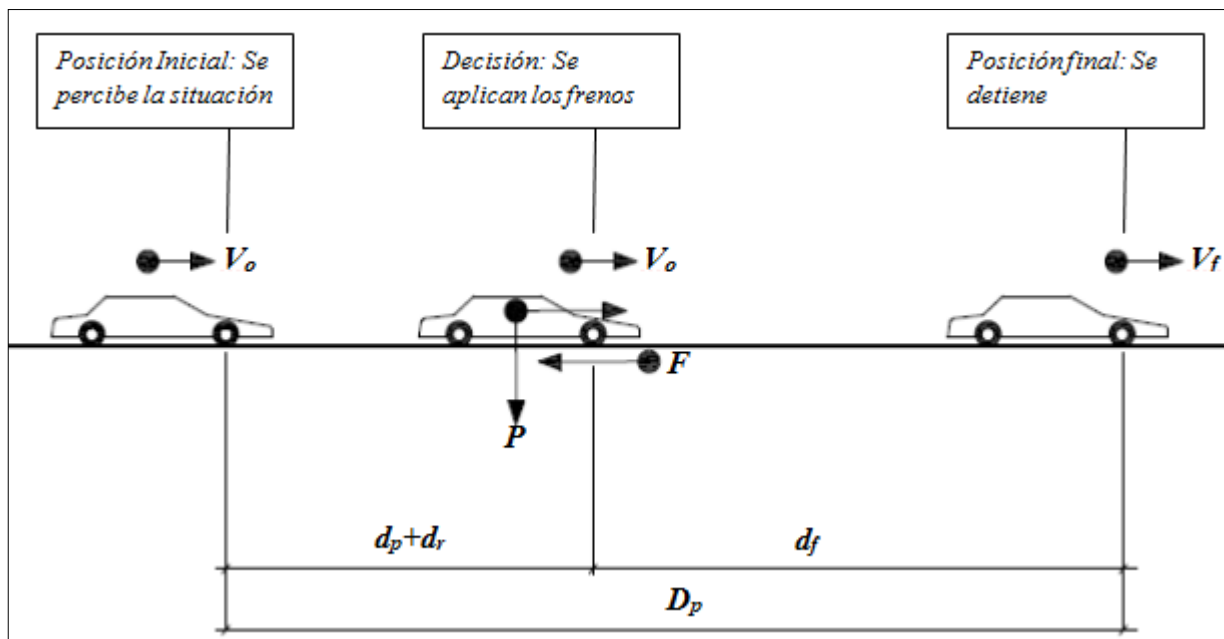


Ilustración 3-3-V Distancia de parada (Fuente: Cal y Mayor, capítulo 4, pág. 58, año 2007)

La AASHTO, basada en estudios documentados e investigaciones, recomienda un tiempo de reacción-percepción de 2.5 seg para diseño. Está demostrado que este tiempo abarca las capacidades de la mayor parte de los conductores e incluso los mayores ((AASHTO, 2001)

3.4.3 Distancia de visibilidad de Rebase

Esta es la distancia mínima necesaria para que un conductor realice una maniobra de rebase a otro vehículo que circula delante de este en el mismo carril, siempre cuidando que no circule un tercer vehículo en sentido opuesto por el carril donde se realizará la maniobra, es más común identificar con mucha facilidad esta distancia en una carretera de dos carriles.

No existe metodología alguna que permita establecer criterios para definir la frecuencia de los tramos de visibilidad de rebase en las carreteras ya que depende de diferentes variables como: los volúmenes de tránsito, la composición topográfica, la velocidad de proyecto, el costo y el nivel de servicio deseado (Secretaria de asentamientos humanos y obras públicas, 1991). Se aconseja proyectar tantos tramos de visibilidad de rebase como económicamente sea posible, sin embargo regularmente los tramos de visibilidad de rebase en la mayor parte de los proyectos son naturales, es decir, que la configuración topográfica del terreno los permite y estos llegan a ser funcionales cuando se trata de volúmenes de tránsito bajos y cuando los volúmenes se acercan a la capacidad, es recomendable realizar el diseño de más tramos de distancia de visibilidad para evitar las colas que se forman a causa de los autos lentos.

En pendientes descendentes pronunciadas los tramos de distancia de visibilidad de rebase suelen ser más cortos, toda vez que el vehículo dispuesto a realizar la maniobra se ve impulsado por la pendiente y el vehículo dispuesto a ser rebasado generalmente es un vehículo pesado que evita acelerar en estas pendientes para poder mantener el control del vehículo. (SEDESOL)

En pendientes ascendentes pronunciadas las distancia de visibilidad de rebase debe ser mayor que en un terreno plano toda vez que el vehículo dispuesto a rebasar pierde fuerza en la aceleración y los vehículos en sentido contrario se aproximan a mayor velocidad. (SEDESOL)

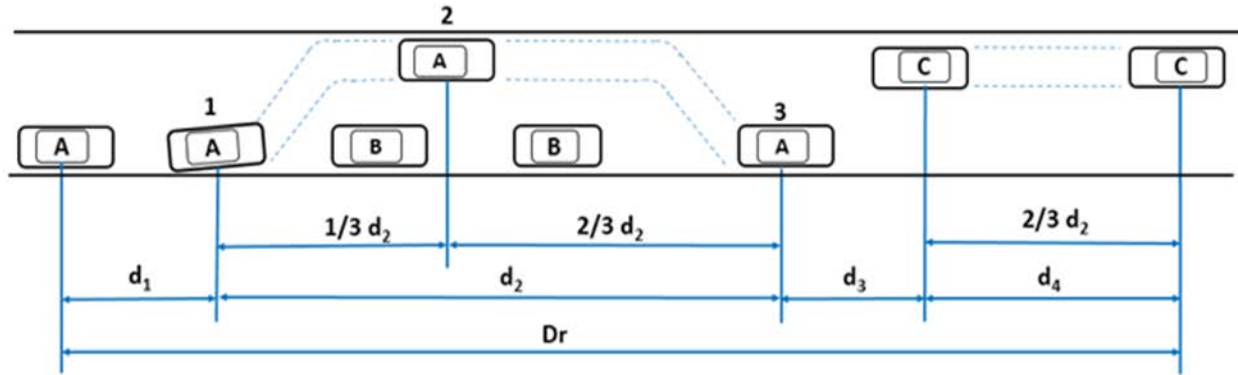


Ilustración 3-3-VI Diagrama de distancia de visibilidad (fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras, Capítulo 5, pág. 118, año 1991)

donde:

- A Vehículo rebasante
- B Vehículo rebasado
- C Vehículo que aparece cuando el vehículo A esta en la posición 2
- d_1 Distancia recorrida durante el tiempo de reacción y durante la aceleración inicial hasta el punto en donde el vehículo rebasante invade el carril izquierdo.
- d_2 Distancia recorrida por el vehículo desde que invade el carril izquierdo hasta que regresa a su carril.
- d_3 Distancia entre el vehículo rebasante al terminar su maniobra y el vehículo que viene en sentido opuesto.
- d_4 Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto.

3.4.4 Velocidad de Proyecto

La velocidad es el indicador fundamental para medir el nivel de servicio de una vialidad, los mismos conductores califican el desempeño de la vía según la velocidad que alcancen, entre más alta sea la velocidad alcanzada, mayor nivel de servicio ofrece la vía. (Cal y Mayor, 2007)

Población miles de hab.	Zona Comercial		Zona residencial		Zona Abierta	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
10 a 25	24 - 56	24 - 56	32 - 56	32 - 56	40 - 96	40 - 96
25 a 50	24 - 40	24 - 32	32 - 56	32 - 48	56 - 72	56 - 72
50 a 100	24 - 40	24 - 40	32 - 48	32 - 48	48 - 64	48 - 64
100 o más	24 - 48	24 - 48	32 - 48	32 - 48	56 - 96	48 - 88

Tabla 3-I: Tabla de velocidades dados en Km/h por tipo de zona y número habitantes. (Cal y Mayor, 2007, pág. 234)

Existe una serie de métodos los cuales son utilizados para determinar las velocidades máximas:

- Estudio técnico completo.

- Estudio de frecuencia de accidentes.
- Número de casas comerciales por calle.
- Estudio de volúmenes de tránsito.
- Estudio de velocidad.
- Por observaciones de la policía.
- Anchura de la calle.
- Volumen de tránsito de peatones.
- Por voto de consejo de la ciudad.
- Por encuesta.
- Opinión del jefe de la policía.

Estos métodos sirven como guía para determinar la velocidad máxima de cualquier vía, pero lo más importante y la mejor opción es la posible combinación de los métodos antes mencionados. (Cal y Mayor, 2007)

La velocidad de proyecto o de diseño es la velocidad máxima segura a la cual podrán circular los vehículos sobre un tramo de una vía o camino, siempre que las condiciones geométricas estén al mando, es decir, cuando las condiciones climatológicas y atmosféricas lo permitan (*Ibid*).

Para la selección de la velocidad de proyecto es primordial el conocimiento del nivel de funcionalidad de la vía en cuestión, así mismo de los volúmenes vehiculares que la vía tolerara, de las características topográficas de la zona, del uso de suelo predominante y de la disposición económica (*Ibid*). En general las velocidades más altas presentadas en la **Tabla- 3-II** deben ser consideradas para los proyectos donde se desarrollan nuevas carreteras o caminos en áreas circundantes, en cuanto a velocidades menores que la máxima, pero que estén por encima de la mínima deben ser aplicadas para calles cerca de los centros de las ciudades. (Secretaría de asentamientos humanos y obras públicas, 1991)

CLASE	TOPOGRAFÍA		
	Plano	Lomerío	Montaña
REGIONAL	110	90	80
SUBREGIONAL	90	80	70
PRIMARIA (CENTRO)	50 - 65	50 - 65	50 - 65
PRIMARIA (PERIFERIA)	65 - 85	60 - 75	55 - 70
SECUNDARIA	30 - 65	30 - 60	30 - 50
LOCAL	30 - 50	30 - 50	30 - 50

Tabla 3-II: Rangos de velocidad de proyecto para vías urbanas de acuerdo a su funcionalidad. (SEDESOL)

La velocidad de proyecto ponderada es aquella en un tramo del camino donde existen sub-tramos con diferentes velocidades de proyecto establecidas, la velocidad de proyecto ponderada será la velocidad representativa de todas estas velocidades. (Secretaria de asentamientos humanos y obras públicas, 1991)

3.4.5 Vehículo de Proyecto

Las grandes civilizaciones surgieron aproximadamente hace 6,000 años y hace 5,000 años se dio el descubrimiento de la rueda, en esa época, Asia y Egipto fueron los pioneros en el desarrollo de caminos destinados para vehículos equipados con ruedas, de la misma manera otros pueblos contemporáneos desarrollaron caminos, pero fueron los Romanos



Vía Appia, de Roma a Hidruntum (Fuente: Cal y Mayor, Capítulo 1, pág. 3, año 2007)

quienes iniciaron la construcción de caminos basados en un método científico, su obra más famosa es La Vía Appia (Cal y Mayor, 2007).

De la misma manera pero en el continente Americano las culturas prehispánicas aztecas, Toltecas, mayas e Incas, dejaron huellas de una avanzada técnica en la construcción de caminos en la época anterior a la cristiana, sobresaliendo los llamados caminos blancos de los mayas (*Ibid*).

Así como las vialidades han evolucionado a través del tiempo, de la misma manera los vehículos han pasado por el mismo proceso en donde el vehículo de combustión

interna como lo conocemos actualmente no tiene demasiado tiempo en comparación con el surgimiento de las civilizaciones (*Ibid*).

Hoy en día es importante considerar para la construcción de caminos las características físicas y geométricas de los vehículos, ya que las características del camino dependen del tipo promedio de vehículo que circulará por esa nueva vía. Cuando se tiene en proyecto de la construcción de un camino, se considera para el cálculo de sus dimensiones (radios de giro, distancias de visibilidad, velocidad) un vehículo prototipo, el cual tiene presencia en el mayor porcentaje del volumen de la vialidad proyectada, a esto se le conoce como vehículo de proyecto. (*Ibid*)

El vehículo de proyecto es hipotético y se supone circulará por la vía proyectada, cuyas características se emplean para determinar los lineamientos que regirán el proyecto geométrico de dicha vialidad (arteria, avenida, calle e intersección). (Secretaria de Obras y Servicios, 2008)

Las características de los vehículos se catalogan en dos tipos, las de operación y las geométricas. Las operativas son principalmente de relación peso/potencia, la cual al combinarse con otras y conductores determinan la capacidad de aceleración, desaceleración, estabilidad en curvas y costos de operación, entre otras. Las geométricas son las principales atendidas en el diseño de vías, éstas están basadas en las dimensiones y radios de giro de los vehículos. (*Ibid*)

La selección de un vehículo de proyecto se apoya en la ejecución y costo de la vía, lo que significa que el uso de vehículos de grandes dimensiones requerirá instalaciones con mejores características de seguridad y circulación, por el contrario, elegir un vehículo pequeño tiene como resultado un menor costo de construcción e impacto al medio ambiente (ejemplo: menor deforestación). Es importante considerar el análisis de las tendencias de los vehículos, toda vez, que a través del tiempo sus características cambian y los proyectos de vías son diseñados para 20 años o más. (SEDESOL)

La norma mexicana más reciente considera el vehículo de proyecto DE-335, el cual es representativo de automóviles, camionetas y vehículos ligeros de reparto; para

los autobuses y camiones sencillos de carga de dos y tres ejes, el vehículo de proyecto considerado por la norma es el DE-610; el tracto-camión representativo de las combinaciones de tractor de dos o tres ejes con semirremolque de uno o dos ejes es el DE-1220 y un tracto-camión representativo de las combinaciones de tres ejes con semi-remolque de dos y tres el DE-1520.

CARACTERÍSTICAS		VEHÍCULOS DE PROYECTO						
		DE - 335	DE - 450	DE - 610	DE - 1220	DE - 1525		
DIMENSIONES EN	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1675	
	Distancia entre ejes externos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1575	
	Distancia entre ejes externos del tractor	DET	-	-	-	397	915	
	Distancia entre ejes del semirremolque	DES	-	-	-	762	610	
	Vuelo delantero	Vd	92	100	122	122	92	
	Vuelo trasero	Vt	153	180	183	183	61	
	Distancia entre ejes tándem tractor	Tt	-	-	-	-	122	
	Distancia entre ejes tándem semirremolque	Ts	-	-	-	122	122	
	Distancia entre ejes interiores tractor	Dt	-	-	-	379	488	
	Distancia entre ejes interiores tractor y semirremolque	Ds	-	-	-	701	793	
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259	
	Entrevía del vehículo	EV	183	244	259	259	259	
	Altura total del Vehículo	Ht	167	214 - 412	214 - 412	214 - 412	214 - 412	
Altura de los ejes del conductor	Hc	114	114	114	114	114		
Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61		
CMS. Altura de las luces traseras	Ht	61	61	61	61	61		
ÁNGULO DE DESVIACIÓN DEL HAZ DE LUZ DE LOS FAROS		1°	1°	1°	1°	1°		
RADIO DE GIRO MÍNIMO (CM)	Rg	732	1040	1281	1220	1372		
PESO TOTAL (KG)	Vehículo vacío	Wv	2,500	4,000	7,000	11000	14000	
	Vehículo cargado	Wc	5,000	10,000	17,000	25000	30000	
RELACIÓN PESO / POTENCIA (KG/HP)	Wc/P	45	90	120	180	180		
VEHÍCULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		Ap y Ac	C2	B - C3	T2 - S1 T2 - S2	T3 - S2 OTROS		
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJESEXTRAMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHÍCULO DEL PROYECTO	Ap y Ac	99	100	100	100	100		
	C2	30	90	99	100	100		
	C3	10	75	99	100	100		
	T2 -S1	0	0	1	80	78	99	98
	T2 -S2	0	0	1	93		100	
	T3 -S3	0	0	1	18		90	
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACIÓN PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHÍCULO DEL PROYECTO	Ap y Ac	98	100	100	100	100		
	C2	62	98	100	100	100		
	C3	20	82	100	100	100		
	T2 -S1	6	85	100	100	100		
	T2 -S2	6	42	98	98	98		
	T3 - S2	2	35	80	80	80		

Tabla 3-III: Dimensiones de los vehículos de proyecto utilizados para el diseño de vías (Fuente (Secretaría de Obras y Servicios, 2008)e: Manual de proyecto geométrico de carreteras, SCT, 1991 | Normas de Construcción de la Administración Pública del Distrito Federal (CDMX), Libro 2 Tomo I "Servicios Técnicos: Anteproyectos, estudios, trabajos de laboratorio, proyectos ejecutivos, arquitectónicos y de obras viales, 2008)

3.5 GUÍA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO

La problemática del transporte en la ciudad de México se ha hecho crónica conforme pasa el tiempo, dada ésta situación nace el Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo (**PROTRAM**) el cual tiene como objetivos:

- Impulsar la movilidad urbana sustentable en ciudades con poblaciones mayores a 500 mil habitantes.
- Otorgar un apoyo financiero para la realización de proyectos de transporte masivo en conversión con gobiernos locales y participación de inversión privada.
- Fortalecimiento de la capacidad institucional estatal en planeación y gestión del transporte urbano masivo.

El **PROTRAM** elaboró una guía para el análisis Costo – Beneficio en la que se describen los criterios de evaluación de los proyectos bajo los cuales se define la factibilidad de implantación de un proyecto, estos criterios son:

Rubros

Rubro 1	Ahorro en el Tiempo de Viaje de los usuarios del Transporte Público	BENEFICIOS
Rubro 2	Ahorro en el Costo de Operación Vehicular del Transporte Público	
Rubro 3	Impactos por la Construcción en Tiempo de Viaje y Costos de Operación Vehicular	
Rubro 4	Inversión en Infraestructura	COSTOS
Rubro 5	Mantenimiento de Infraestructura	
Rubro 6	Adquisición de Material Rodante	
Rubro 7	Reposición de Material Rodante	
Rubro 8	Valor de Rescate de Infraestructura	

Tabla 3-IV: Criterios de evaluación de los proyectos de transporte público masivo (Fuente: Guía Metodológica de análisis Costo – Beneficio para Proyectos de Transporte Masivo, 2010, pp11)

Estos ocho rubros de evaluación son medidos en tres escenarios, Situación Sin Proyecto (**S-SP**), en esta se debe dar a conocer la situación de movilidad en la cual se encuentra la zona de estudio antes de implementar el proyecto, Situación Sin Proyecto Optimizada (**S-SPO**), en esta situación se describen las acciones de mejora que no requieren de una alta inversión ni de infraestructura robusta, pero que tienen impacto positivo en la problemática de la zona de estudio, como ejemplo está la estrategia de ordenamiento vial, la cual tiene como objetivo reducir el congestionamiento vial mediante adecuaciones viales y reorganización de flujos de vehículos de carga, transporte público

y privado, finalmente la Situación Con Proyecto (**S-CP**), en la cual se presenta el resultado después de la implantación del proyecto.

4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Después de analizar la dinámica de la zona de estudio y las características de transporte público de pasajeros, se plantean propuestas para un corredor de transporte público de pasajeros en la zona de estudio, asimismo se define, plantea y evalúa a nivel de perfil estas propuestas con la finalidad de que ayuden a solucionar de forma eficiente a la problemática abordada.

Para dar solución a la problemática abordada se definieron 3 diferentes alternativas.

Con base en los análisis de: dinámica de movilidad, desde una perspectiva de la ZMVM que después se acotó a la zona de estudio, la cobertura y oferta del transporte público de pasajeros actual dentro de la zona de estudio.

Al definir estas alternativas se buscó dar mayor conectividad al STC, que se encuentran dentro del área de influencia, de la misma manera aumentar la cobertura del transporte público.

En ese sentido las alternativas de solución serán evaluadas con base en criterios de decisión que son principalmente técnicos como: *Ancho de Sección, Pendiente, Radio de Giro y Demanda*, mediante los cuales se podrá identificar aquella alternativa que presente mejores condiciones para su desarrollo.

Por lo que, a continuación se describen los criterios técnicos para la evaluación de perfil de cada alternativa.

4.1. CRITERIOS DE DECISIÓN

En este capítulo se definirán tanto los criterios que validen la pre-factibilidad técnica de las propuestas de corredor y otros con los que se defina la de las tecnologías.

Para la elección de corredor los criterios se describen en el siguiente orden de importancia, debido a que la demanda es el elemento básico para la definición del servicio:

1. Demanda Potencial (Personas atendidas por día)
2. Físico-Geométricos
 - Ancho de sección
 - Radios de giro
 - Pendientes

Los criterios para evaluar el tipo de tecnología son principalmente operativos, tales como:

1. Capacidad
2. Frecuencia
3. Pendiente
4. Radio de Giro

4.1.1. Demanda Potencial

Conocer el volumen de personas que estaría deseando transportarse por el sistema propuesto es de suma importancia, toda vez que, es el insumo principal ya que es la base de cualquier proyecto de transporte, de él se basa el cálculo de flota, frecuencias, intervalos, etc.

Motivo por el cual en este apartado se realiza una estimación de la demanda potencial de cada una de las alternativas propuestas.

Metodología de Estimación: La demanda potencial de un corredor está definida por dos variables; la Población Económicamente Activa (PEA) y la Unidades Económicas (UE), ambas dentro de un área establecida (Buffer).

La PEA contempla a la población de 12 años y más que han realizado alguna actividad económica o que formaban parte de la población abierta, esta última se refiere a las personas que, si bien no han realizado actividad económica alguna, sí han buscado incorporarse a éstas o que están disponibles a incorporarse a las actividades económicas de forma inmediata. Es importante mencionar que la PEA contabilizada dentro del Buffer⁶, se refiere a la población residente, pero que se encuentra en la condición ya descrita.

⁶ Buffer: Es un área de influencia alrededor de cada corredor propuesto, la cual fue definida en dos distancias 250 y 500 m, en el entendido de que son distancia aceptables para caminar por parte un usuario.

En el caso de las UE se refiere a los espacios disponibles de cualquier actividad económica para laborar dentro del área de estudio, en otras palabras se puede entender como: el número de empleos ofertados de una actividad determinada. De la misma manera que para la PEA, las UE se contabilizan dentro del buffer.

La PEA está referida a las personas que residen dentro del área establecida por el buffer, que se consideran usuarios potenciales de transporte, a diferencia de las UE, que puede entenderse como la atracción de viajes hacia la zona establecida por el buffer, consecuentemente las personas que ocupan estas UE provienen de otros municipios, pero se ven en la necesidad de desplazarse mediante algún modo de transporte para poder llegar a estas que son adyacentes al proyecto, en ese sentido se consideran usuarios potenciales.

Dado que este trabajo está enfocado en la mejora de la movilidad de las personas del área de estudio mediante la implementación de sistemas de transporte, es importante explicar que la demanda potencial considera sólo a los usuarios de este modo. En ese sentido tomamos como referencia la EOD 2007 realizada por el INEGI, donde se calculó el reparto modal que dice que el 67.5% de los viajes se hacen en transporte público.

Por lo anterior la ecuación para calcular la demanda potencial es:

$$DP = (PEA + UE) \times RM$$

Donde

DP	Demanda Potencial
PEA	Población Económicamente Activa
UE	Unidades Económicas
RM	Reparto Modal (EOD 2007)

4.1.2. Ancho de Sección

La Secretaria de Desarrollo Social SEDESOL en su manual normativo “*programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades de medidas mexicanas*”, tomo IV (SEDESOL), describe tres tipos de secciones transversales diferentes, las cuales podemos encontrar en la red vial dentro del país, estos tipos son:

1. Sección Sencilla
2. Sección separada

3. Sección compuesta

Sección Sencilla: Se compone por un arroyo vehicular de uno o dos sentidos de circulación, con acotamientos o banquetas a cada lado. En un área urbana este tipo de sección es la más común, asimismo el ancho de esta varía entre 5 m y 40 m, sus principales ventajas en comparación a las otras son:

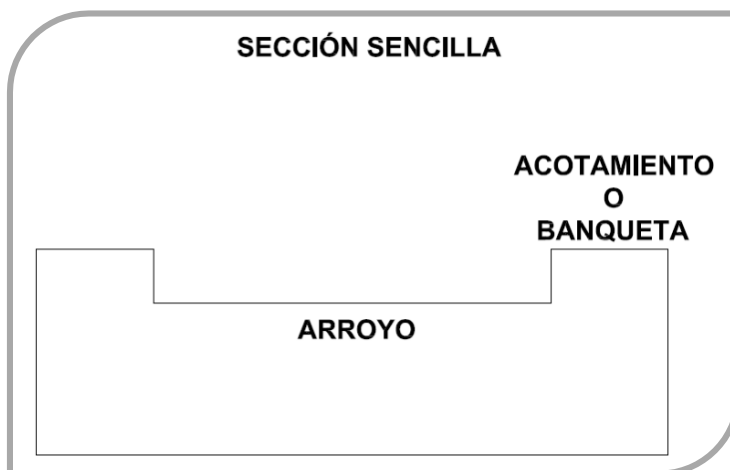


Ilustración 4-I: Sección transversal sencilla (Fuente: Manual de diseño geométrico SEDESOL)

Ventajas:

- Está sección es la más angosta, por lo que es la que requiere de un derecho de vía menor.
- Es la más manejable para el diseño de intersecciones.
- Permite a los vehículos distribuirse libremente entre todos los carriles de circulación y así aprovechar toda la capacidad potencial de la vía.
- En secciones sencillas de doble sentido se permite el acceso directo a las propiedades sin restricción alguna, por lo que no son necesarios los retornos en U.

Desventajas

- Dado que es la sección más angosta, se cuenta con menos espacio para combinar diferentes modos de transporte.
- En función del punto anterior los ángulos de visibilidad son bajos.
- Dado que hay acceso directo a propiedades se afecta negativamente la velocidad de diseño.

Sección Separada: Ésta a diferencia de la anterior consiste en dos arroyos vehiculares de sentido único, separados por un camellón central y banquetas o acotamientos a los lados.

Ventajas:

- En los tramos donde el reglamento permite transitar a más de 50 km/h un camellón o barrera central lo suficientemente anchos, reducen la probabilidad de colisiones de frente entre vehículos que circulan en direcciones opuestas, siempre que el diseño de esta sección respete los lineamientos sobre espacio lateral libre y de visibilidad.
- Un camellón central lo suficientemente ancho puede dar la posibilidad de construir carriles (bahías) para retornos en U y vueltas a la izquierda, protegidos del tránsito de frente y así disminuir el riesgo de colisiones por alcance.

Desventajas:

- Una sección separada requiere un derecho de vía más amplio, comparado con una sección sencilla. En el caso de una vialidad con frecuentes intersecciones que incluyen carriles exclusivos para vuelta a la izquierda, resulta casi igual el ancho necesario para una sección sencilla y una separada.

Por restringir las entradas a la izquierda desde las propiedades colindantes y las vías transversales, estas vueltas se transforman en retornos en U, que pueden interferir aún más en la capacidad y seguridad de la vialidad. Esta desventaja solamente se refiere

a vialidades de bajo volumen (en caso contrario, los altos volúmenes de tránsito de paso impedirían las entradas de vuelta izquierda al igual que un camellón). La desventaja causada por el desvío disminuye a medida que se proporcionan aperturas para retornos con mayor frecuencia.

Factores que influyen en la elección entre una sección sencilla y una separada incluye:

- Si el derecho de vía es lo suficientemente ancho para permitir la implantación de un camellón.
- El tipo de acceso a las propiedades colindantes y posibles conflictos entre el tránsito de frente y las vueltas a la izquierda para entrar o salir de estas propiedades.
- La necesidad de incluir carriles protegidos para vueltas izquierdas y/o retornos.

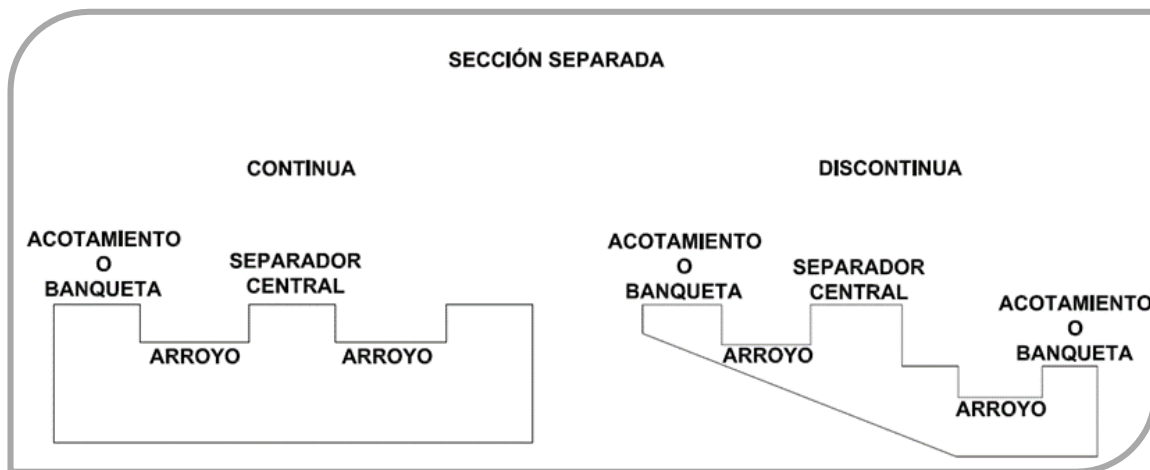


Ilustración 4-II: Sección transversal separada (Fuente: Manual de diseño geométrico SEDESOL)

Secciones Compuestas: En este caso las secciones están conformadas por un trazo central, el cual a su vez está dividido por dos camellones laterales, los cuales lo separan de dos arroyos laterales de sentidos únicos, el trazo central a su vez puede estar compuesto por un arroyo de dos sentidos o dos arroyos de sentidos únicos separados por un camellón.

Anchos de Sección (Secciones Transversales): hablando de anchos de sección, este depende de sus características y funcionalidad, es decir, si este planea un arroyo de sentido único o de doble sentido, número de carriles de flujo efectivo por sentido y si considera el estacionamiento, este último puede ser en un solo lado o en ambos del arroyo, a continuación se muestra la tabla con las dimensiones.

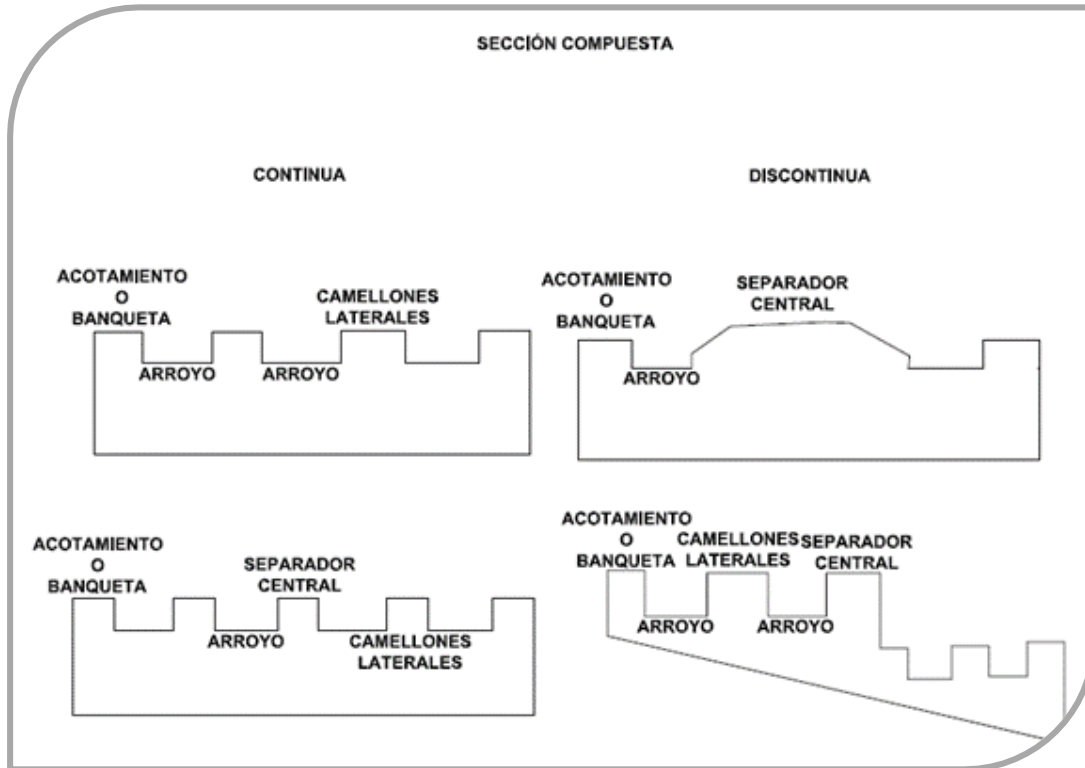


Ilustración 4-III: Sección transversal compuesta (Fuente: Manual de diseño geométrico SEDESOL)

<i>Tipo de Arroyo</i>	<i>Ancho mínimo (m)</i>	<i>Ancho Deseable (m)</i>	<i>Situación del Estacionamiento</i>	<i>Comentarios</i>
<i>Sentido único</i>	5.0	7.0	Sin estacionamiento	Sin Comentarios
<i>Sentido Único</i>	6.4	7.0	Con Estacionamiento	Sin Comentarios
<i>Sentido Único</i>	9.6	10.5	Con Estacionamiento en ambos lados	Sin Comentarios
<i>Arroyo de doble sentido</i>	6.4	7.0	Sin Estacionamiento	Sin Comentarios
<i>Arroyo de doble sentido</i>	3.2	3.5	Con estacionamiento	Las dimensiones dadas, indican dimensiones para cada carril de estacionamiento permitido en este caso.

Tabla 4-I: Ancho de Sección mínimo y deseable según la situación de estacionamiento (Fuente: Manual de diseño geométrico SEDESOL)

Para el ancho de los camellones se diseña según las funciones planeadas para cada uno:

- Si la funcionalidad del camellón es permitir las vueltas en U, primero se debe considerar que el volumen del flujo opuesto al vehículo que gira en U preferiblemente no debe estar por arriba de 300 veh/hr; entonces el ancho recomendado será aquel que permita al vehículo girara en U desde el carril interior y el carril exterior, para una nueva vialidad o donde los volúmenes sean mayores, el ancho del camellón debe permitir el retorno entre carril interior y carril interior.
- Donde se prohíban los giros en U, pero se diseñan carriles de giro izquierda protegido, el ancho preferible, debe de ser aquel que permita incluir un carril de 3.2 m de ancho y un separador de 0.5 m (mínimo) o 0.8 m (deseable).
- Si a diferencia de los dos casos anteriores se prohíben tanto los retornos en U así como las vueltas izquierdas, entonces el ancho mínimo oscila entre 0.5 m y 1.0 m.

Ancho de carril: Un carril es el espacio sobre el arroyo vehicular, destinado para el libre tránsito de vehículos, por lo tanto son un elemento de las vialidades y el número de carriles en cada vía depende de la funcionalidad de esta, así como del derecho de vía disponible, siendo entonces este un elemento importante para el diseño geométrico, se deben considerar principalmente el ancho del carril, para lo cual el **Manual de diseño geométrico SEDESOL** especifica como una recomendación, que el ancho mínimo recomendable de un carril es de 3.2 m y el deseable es de 3.5 m para todos los movimientos direccionales, asimismo se recomienda que el ancho mínimo para carriles

de estacionamiento sobre la vía es de 3.2 m, sin embargo, siempre que el derecho de la vía lo permita, se recomienda planear carriles de estacionamiento de 3.5 m, debido a, la probabilidad que existe de que este se convierta en carril de flujo efectivo, con el paso del tiempo.

Es importante aclarar que estas dimensiones son indicativas y que son a nivel nacional, pero dado que cada región tiene diferentes características es necesario mencionar que para el DF existen normas que rigen los anchos de sección adecuados para cada tipo de vialidad e incluso para vialidades exclusivas de transporte público, en este caso nos referimos a las Normas de construcción de la Administración pública del Distrito Federal, Libro 2 Tomo I Servicios técnicos: Anteproyectos, estudios, trabajos de laboratorio, proyectos ejecutivos, arquitectónicos y de obras viales.

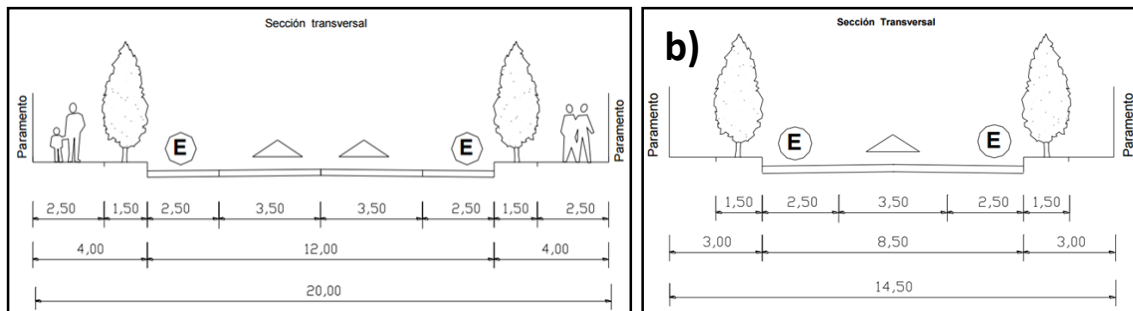


Ilustración 4-IV: Anchos de sección a) Calle colectora y b) Calle Local (Secretaría de Obras y Servicios, 2008)

4.1.3. Pendiente

La pendiente es medida en porcentaje y es el que se da entre la relación del desnivel y la distancia entre dos puntos de una tangente, para este caso la tangente es la distancia medida entre dos curvas verticales consecutivas, comenzando al final de la curva vertical anterior y terminando donde comienza la curva vertical siguiente. Hay cuatro elementos a considerar para el diseño de vías.

- Pendiente Gobernadora.
- Pendiente Máxima.
- Pendiente Mínima.
- Longitud Crítica.

Cada uno de los elementos arriba mencionados tienen un propósito en el diseño de las vías, la **pendiente gobernadora** define aquella que puede darse a la línea de la sub-rasante para dominar un desnivel determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno, de esta manera, la pendiente gobernadora más adecuada para cada caso en particular, es aquella que al conjugar estos conceptos permita obtener el menor costo de construcción, operación y conservación.

La **pendiente máxima** es un límite en el diseño de vías y se establece en función del volumen esperado, así como del vehículo de proyecto, desde el punto de vista económico se utilizará cuando convenga y principalmente es empleada para librar obstáculos en el camino como fallas geográficas o zonas inestables.

4.1.4. Radio de Giro

El radio de giro de un vehículo es la capacidad espacial para cambiar de dirección en el menor espacio posible, este elemento se encuentra regido por el vehículo de proyecto que se selecciona para el desarrollo de cada vialidad, para áreas urbanas, con el objetivo de evitar a estos vehículos tener que realizar maniobras para realizar giros para cambio de dirección, por tal motivo en una calle local el radio de giro regularmente se diseña para vehículos pequeños.

Para calcular el radio de giro de una curva horizontal es necesario obtener algunos datos de la curva como: la cuerda, la flecha y/o el arco.

La fórmula que calcula el radio mínimo de una curva horizontal se define de la siguiente manera:

$$r = \frac{w^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

Ecuación 01: Cálculo de radio de giro para curva horizontal (Fuente:

Matemáticas prácticas, Pág. 347)

donde:

Radio (r) *Radio de la curva horizontal*

Cuerda (w) *También se le denomina Longitud de la cuerda, es la distancia en línea recta entre los extremos de la curva.*

Altura (h) *También se le denomina flecha, es la distancia entre la cuerda y el arco*

Donde existe una relación entre la cuerda y el arco de la curva.

Para poder estimar las dimensiones de ambas variables de cada curva fue necesario el apoyo de la herramienta Google Earth, toda vez que la obtención en campo de la cuerda es complicada debido a la infraestructura que forma un obstáculo para medir la flecha.

Al identificar las curvas horizontales dentro de cada alternativa se siguieron estos pasos que a continuación se enlistan.

1. En Google Earth se identificó cada una de las curvas involucrada en el estudio.
2. Se tomó la medida de dos puntos de la circunferencia, los cuales deben de estar dentro de la circunferencia de la curva, a esta longitud se le denomina **(Ilustración 4-IV figura A)**.
3. Habiendo medido el Arco a continuación se estima la longitud en línea recta entre el Arco y la cuerda, a lo que se denomina Flecha **(Ilustración 4-IV figura B)**.

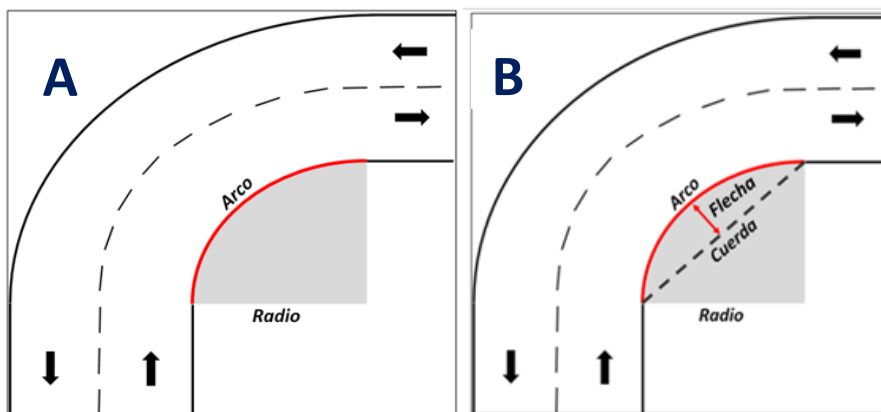


Ilustración 4-V: Ejemplo de medición del arco y la flecha para estimar el radio de una curva (Fuente: Elaboración propia)

4.2. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

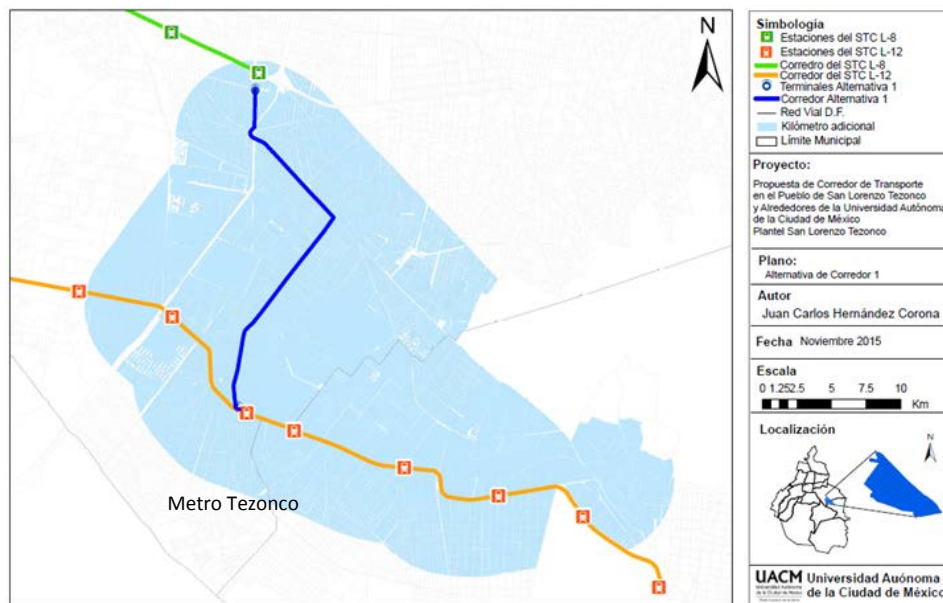
Para el análisis de la factibilidad de las alternativas fue necesario realizar visitas de campo, con el objetivo de observar a detalle las características físicas que las componen para posteriormente analizarlas.

Cada una de las alternativas fue dividida en tramos homogéneos, se considera como un tramo homogéneo a aquel que comparte similitud principalmente en las siguientes característica físicas: ancho de sección, número de carriles y existencia de separador central.

Una vez explicados los criterios de decisión, serán descritas las características físicas y geométricas, así como el trazo de cada alternativa.

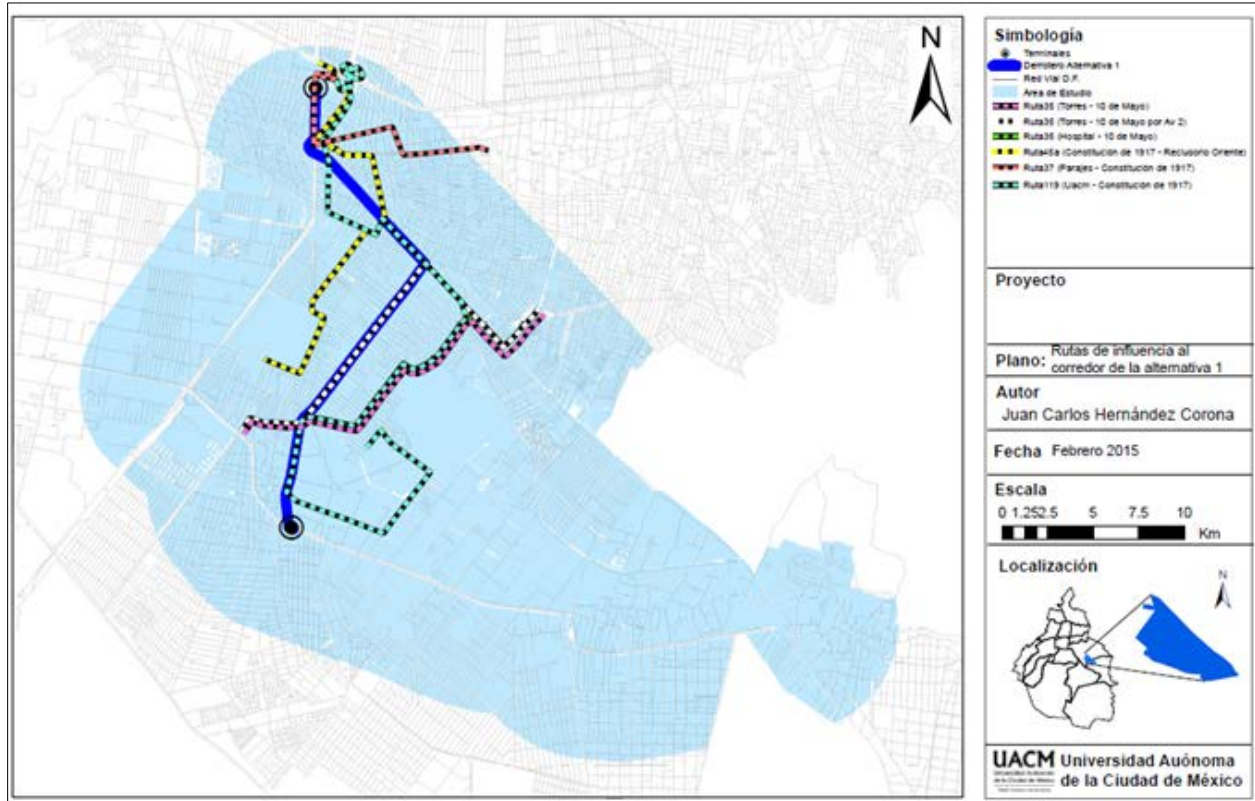
4.2.1. Alternativa de Solución 1

El corredor tiene una longitud de 5.14 kilómetros, inicia en la estación del metro Tezonco, continuando por avenida Zacatlán, para continuar por avenida del Árbol, después sigue por Av. 2, que más adelante cambia de nombre a Arroyo Frío, posteriormente gira en la calle Benito Juárez siguiendo por esta hasta cruzar anillo Periférico y gira a la derecha en avenida De las Torres y finaliza en el cruce con avenida del rosal. Para mayor detalle véase el **mapa 4-1**.



Mapa 4-I: Alternativa de corredor 1 (fuente: elaboración propia)

Los derroteros de transporte público que tienen influencia en éste corredor son 6, de los cuales 3 derroteros son de la ruta 35, 1 de la ruta 37, 1 de la ruta 119 GMT y 1 más de la ruta 45a, el detalle se muestra en el siguiente mapa,



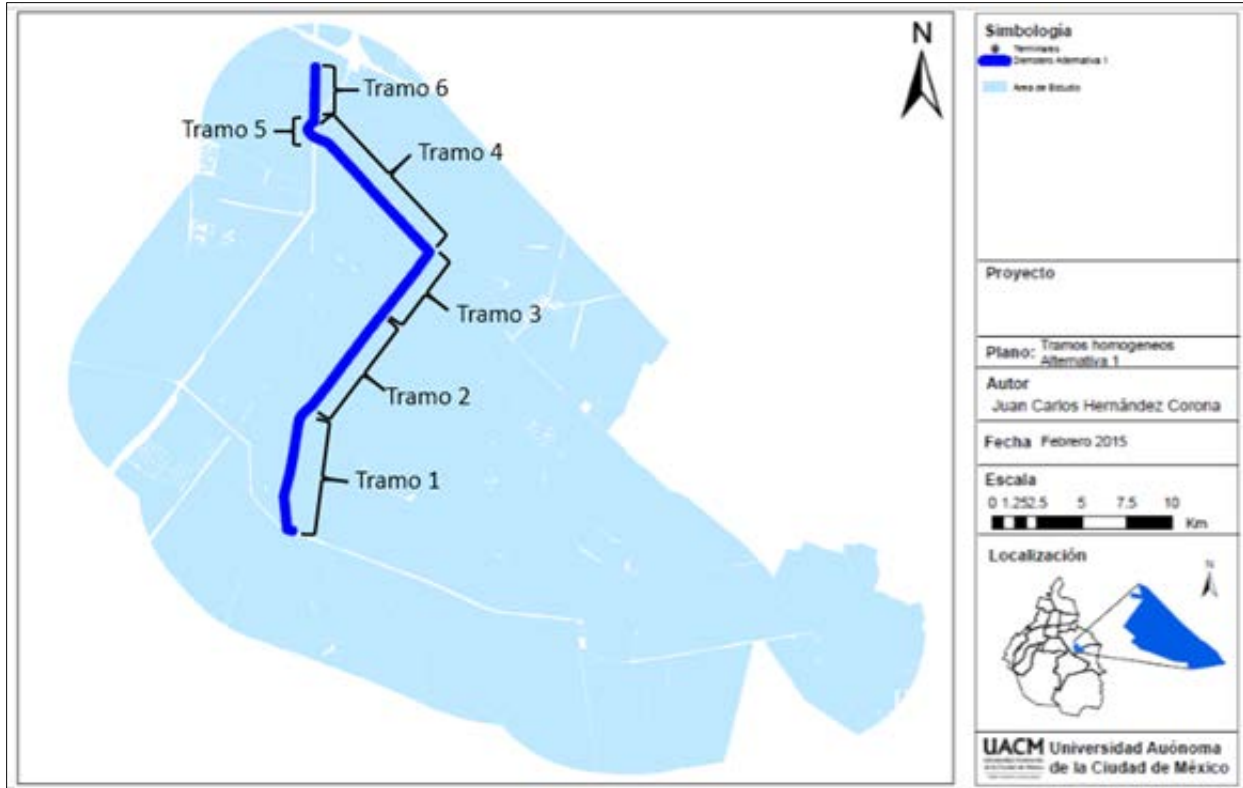
Mapa 4-II Rutas de transporte público con influencia en el corredor de la alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia)

Tramos Homogéneos

Este corredor se divide en 6 tramos homogéneos, los cuales están descritas en la siguiente tabla y se muestran gráficamente en un mapa.

TRAMOS	PRINCIPAL	CRUCE 1	CRUCE 2	LONGITUD (KM)
TRAMO 1	Av. Zacatlán	Av. Tláhuac	Av. Del Árbol	1.00
TRAMO 2	Av. 2	Av. Del Árbol	Calle Palma	0.78
TRAMO 3	Arroyo Frío	Calle Palma	Av. Benito Juárez	1.02
TRAMO 4	Av. Benito Juárez	Arroyo Frío	Periférico	1.46
TRAMO 5	Puente Ramírez	Periférico	Av. De las Torres	0.20
TRAMO 6	Av. De las Torres	Zaramuyo	Constitución de 1917	0.56

Tabla 4-II Descripción de la división por tramos homogéneos alternativa 1 (Elaboración propia)



Mapa 4-III Presentación grafica de la división de tramos homogéneos de la alternativa 1 (Elaboración propia)

Tramo 1

Este tramo comienza junto a la estación Tezonco del metro Línea 12, en éste también se ubica uno de los cierres de circuito de la ruta 35 con ID 3, referencia a la **tabla 3-X**.

Este tramo se compone principalmente de dos secciones transversales diferentes, la primera sección transversal que se muestra en la **Ilustración 4-VII** tiene tres carriles por sentido, el ancho total de esta sección es de 46.5m sin contar las banquetas y ésta sección solo se presenta en este punto.

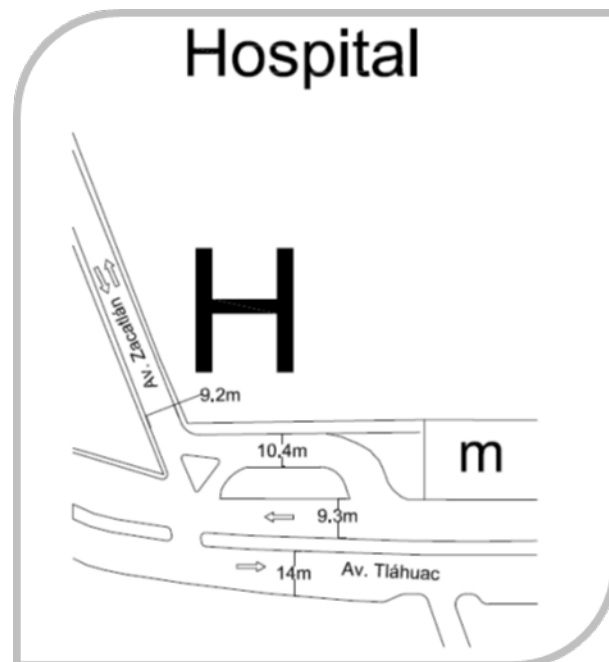


Ilustración 4-VI Zona del hospital en Av. Tláhuac, Tramo 1 (Elaboración propia)

Las banquetas tienen un ancho de 1.7 m en promedio, tienen un trazo que se dificulta, toda vez que, en el camino muy constantemente hay obstáculos como: vegetación, objetos colocados intencionalmente, los cuales pueden ser: publicidad de negocios locales, de la misma manera que son utilizadas como espacios de almacenamiento, debido a que los vecinos colocan materiales de construcción o desechos de diferentes tipos e incluso en algunos casos se utilizan como estacionamiento particular.

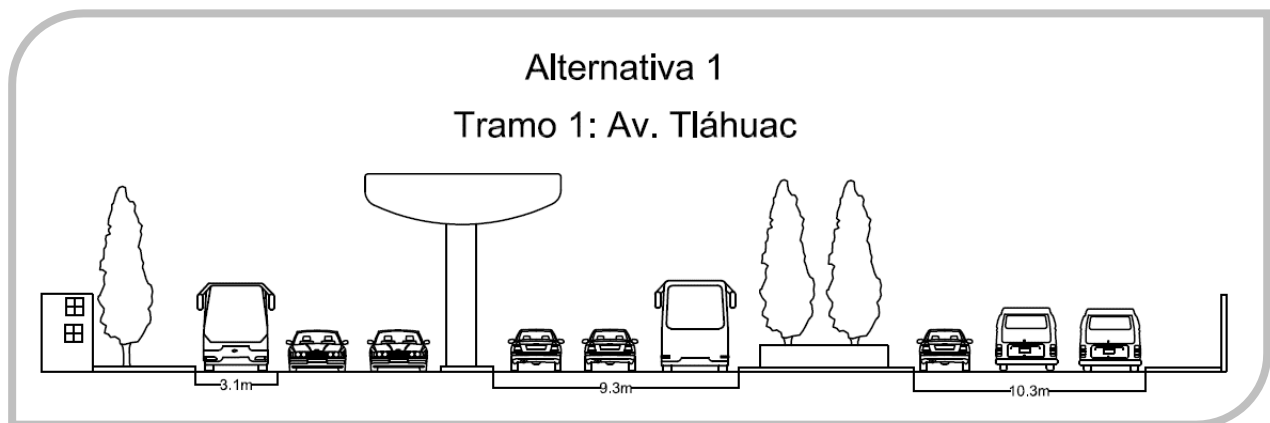


Ilustración 4-VII Alternativa 1, Tramo 1 (elaboración propia)

En la siguiente ilustración se muestra una vista de la segunda sección transversal del primer tramo, sección que predomina, el ancho promedio es de 9.9 m sin contar las banquetas, el lado izquierdo de la vía es utilizado para estacionamiento de vehículos, para el cual se ocupa aproximadamente 2.9 m del ancho total de la vía, consecuentemente quedan dos carriles de circulación por sentido de 3.5 m cada uno aproximadamente.

Las banquetas son de 1.8 m en promedio aproximadamente, variar considerablemente en algunos tramos pequeños, las banquetas en este caso se encuentran en las mismas condiciones que del punto anterior, obstaculizadas por vegetación, publicidad, etcétera.

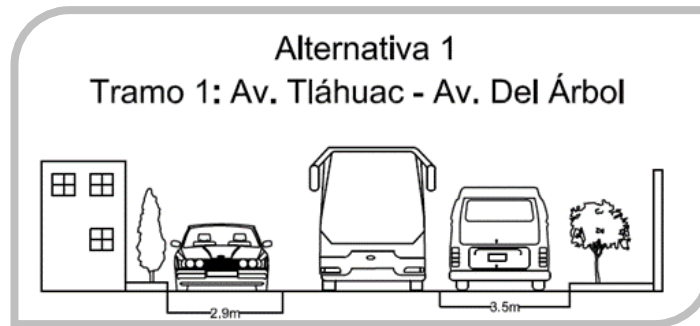


Ilustración 4-VII: Sección transversal tipo Av. Zacatlán, tramo 2 (elaboración propia)

Particularmente en éste tramo hay una sección que presenta características muy peculiares, ya que existe un cruce donde se presentan 7 accesos⁷, y se cuentan 17 maniobras permitidas, además de que en esta intersección convergen dos de las vialidades más importantes del área de estudio que son Av. Zacatlán y Av. Del Árbol, asimismo en el tramo está permitido el estacionamiento.

Las banquetas en este punto tienen un ancho promedio de 2 m, sin embargo y a diferencia de las dos secciones anteriores las banquetas son de mayores dimensiones.

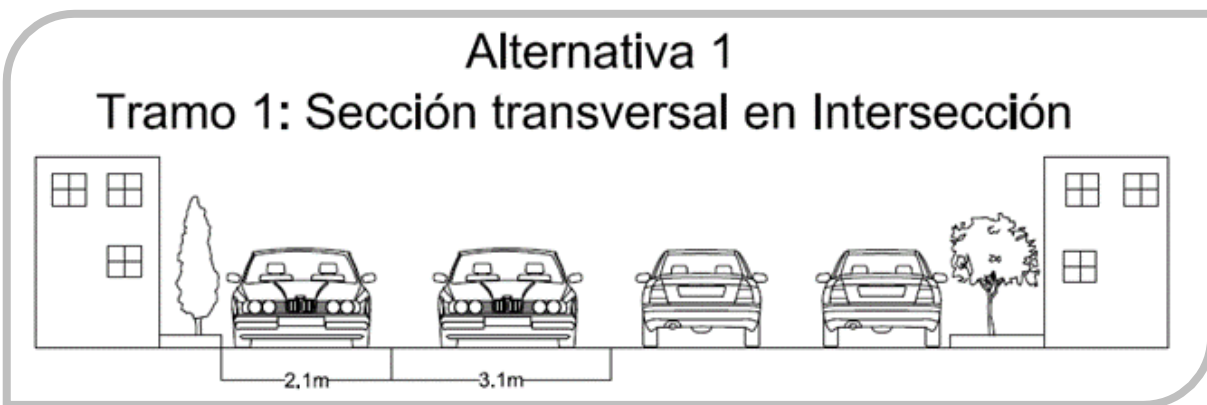


Ilustración 4-VIII: Sección transversal en Av. Zacatlán, tramo 1 (elaboración propia)

Tramo 2

La siguiente ilustración muestra la sección transversal tipo, correspondiente al tramo 2 que va por Av. 2 desde Av. Del Árbol hasta Calle Palmas, tiene una longitud de 0.78 km. Este tramo tiene un ancho de sección de 9.4 m en promedio, de los cuales se

ocupan 2.2 m. para estacionamiento a cada lado de la vía, dejando tan solo 3.6 m. para la circulación de ambos sentidos.

Sin embargo hay una sección de 100 m aproximadamente de longitud, donde el ancho de sección se reduce hasta 4.8 m donde además de esto no existen banquetas, de la misma manera no hay vehículos estacionados, debido a que, no sería posible el flujo vehicular. Esta situación se muestra en la **ilustración 4-IX**.

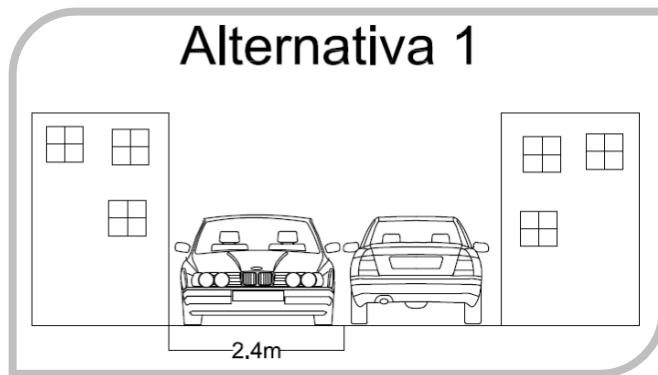


Ilustración 4-IX: Alternativa 1, tramo 2 (elaboración propia)

Fuera de este punto, el tramo mantiene diferentes anchos para las banquetas, donde la banqueta de lado poniente (izquierda de la ilustración) tiene 1.5 m en promedio y la banqueta de lado oriente (derecha de la ilustración) tiene 2.2 m en promedio, ambas banquetas mantienen una serie de obstáculos como vegetación, diferentes objetos como propaganda, o materiales que los mismos vecinos colocan y que utilizan para construcción, entre otros los mismos vehículos son estacionados sobre estas.

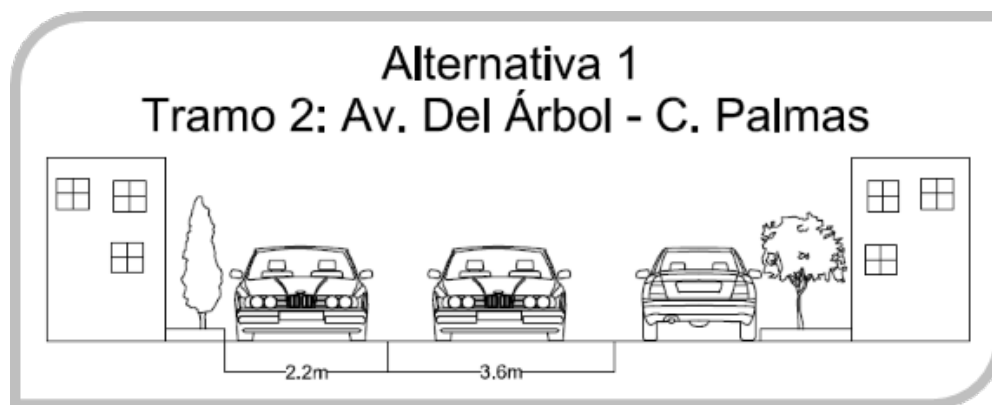


Ilustración 4-X: Sección transversal, tramo 2 (elaboración propia)

Tramo 3

La siguiente sección transversal de esta alternativa, tienen una longitud igual a 1.02 km en la cual se puede observar que tiene un ancho de 5 m, donde no se observó vehículo alguno que utilice esta vialidad para estacionamiento, asimismo la vía es de

doble sentido y cada carril tiene aproximadamente 2.5 m de ancho, lo que significa que son muy angostos y que impide la circulación de dos vehículos simultáneos en dirección opuesta de dimensiones superiores a las de un vehículo de uso particular.

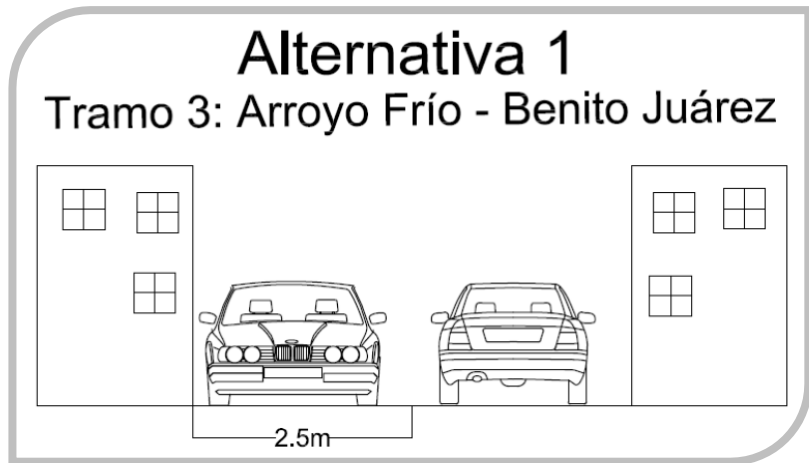


Ilustración 4-XI: Alternativa 1 tramo 3 (fuente: Elaboración propia)

De la misma manera que en los tramos anteriores, en este caso se observa que gran parte de esta no cuenta con banquetas, por lo cual los peatones tienen que desplazarse sobre el arroyo vehicular, lo que a su vez reduce la capacidad de la vía.

Tramo 4

Este es el tramo más largo con 1.46 km de longitud, esto debido a que este mantiene un trazo uniforme y continuo, es decir, no presenta cortes que desvíen o interfieran considerablemente con el flujo del tránsito vehicular, teniendo un ancho de sección que de 9.4 m en el punto más angosto, y hasta los 11.1 m en el punto más ancho, siendo una variación considerablemente marginal. En cuanto el ancho de carriles, en este caso, quitando los 2 m. que son utilizados para estacionamiento a cada lado, restan 5.4 m los cuales son utilizados para el tránsito vehicular en ambos sentidos.

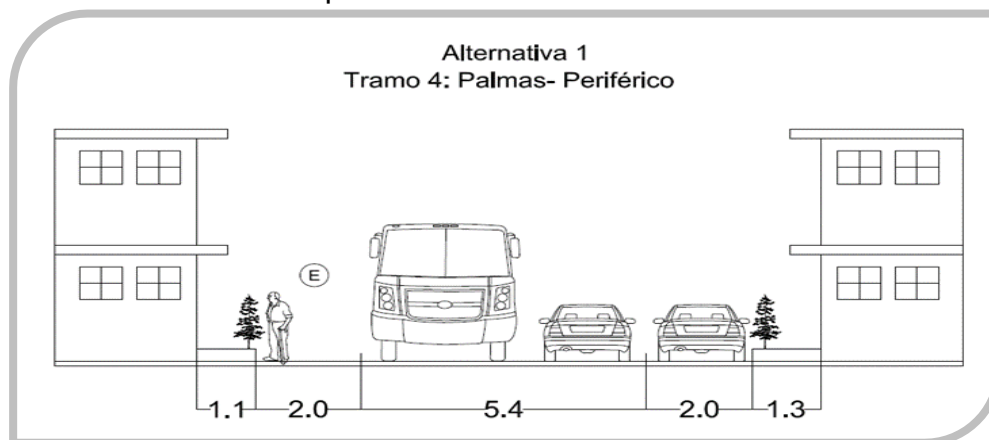


Ilustración 4-XII: Alternativa 1 tramo 4 (fuente elaboración propia)

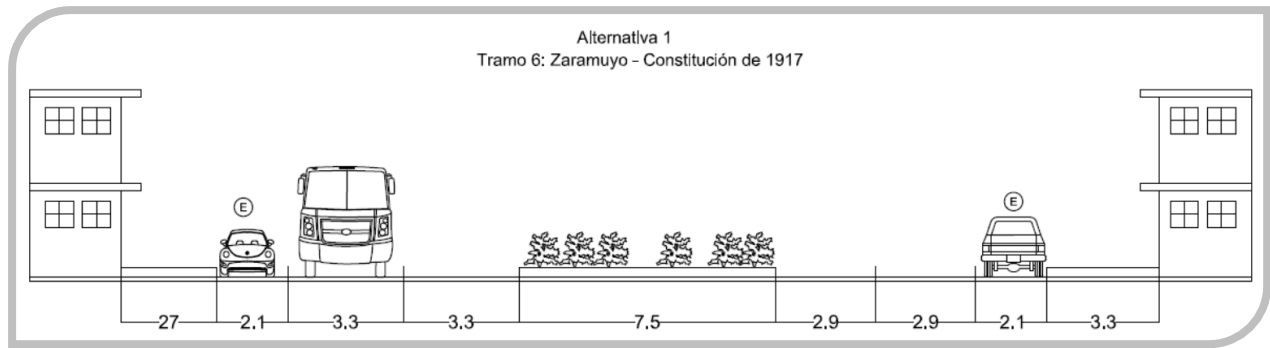


Ilustración 4-XIV: Sección transversal, tramo 6 (elaboración propia)

I. Demanda Potencial A-1

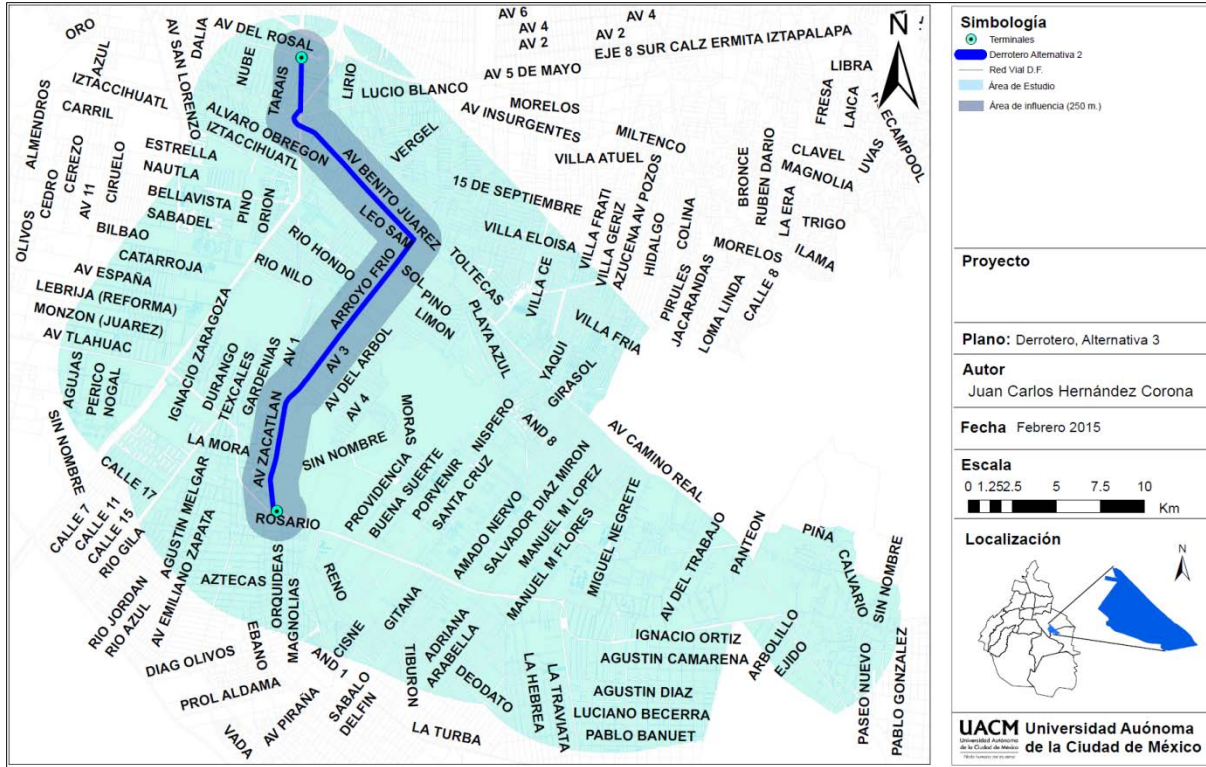
En este apartado se realiza el cálculo de la demanda utilizando la metodología descrita en los criterios de decisión para la evaluación de las alternativas. Para la alternativa 1 se consideran dos zonas de influencia, una de 250 metros y otra de 500 metros.

BUFFER 250 M		BUFFER 500 M	
PEA	20,696	PEA	39,856
UE	7,134	UE	14,906
TOTAL POB	27,830	TOTAL POB	54,762
REPARTO MODAL	67.5 %	REPARTO MODAL	67.5 %

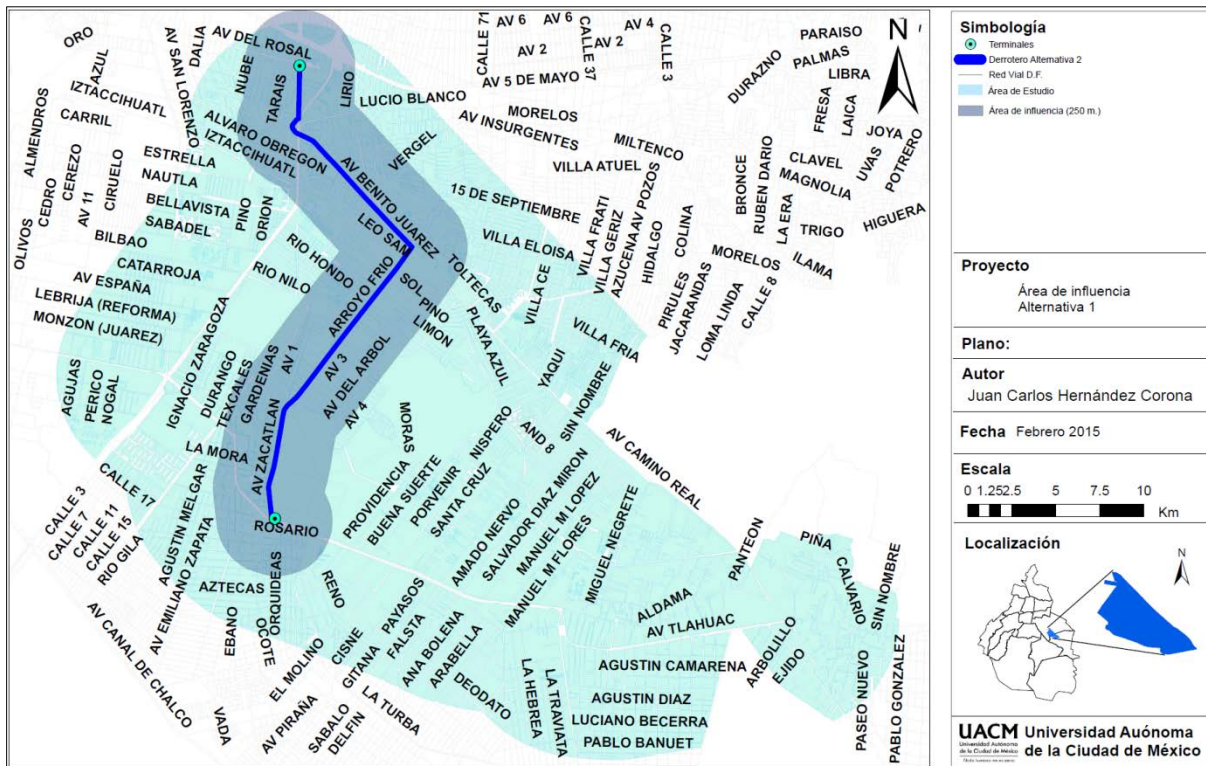
Ilustración 4-XV: Estimación de la demanda potencial alternativa 1 para 250 y 500 m (elaboración propia con datos de INEGI)

$$DP_{250} = (20,696 + 7,134) \times 67.5\% = 18,758$$

$$DP_{500} = (39,856 + 14,906) \times 67.5\% = 36,964$$



Mapa 4-IV: Área de influencia (250 m) al derrotero de la alternativa 1 (fuente Elaboración Propia)



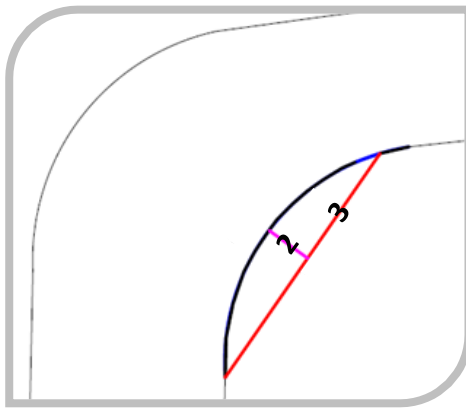
Mapa 4-V: Área de influencia (500 m) al derrotero de la alternativa 1 (fuente: Elaboración propia)

II. Radios de Giro de la Alternativa 1

Para calcular los radios de giro que se encuentran dentro de esta alternativa es necesario tener información base, los datos recolectados son:

Cuerda Es una línea recta que toca en dos puntos cual quiera a la circunferencia interior de la curva.

Flecha Es una línea trazada perpendicularmente a la cuerda, que parte del centro de esta hacia un punto de la circunferencia interior de la curva.



$$r = \frac{w^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

- Elementos de cálculo de curva**
- 1 **Perímetro Interior de curva**
 - 2 **(h) Flecha | Altura**
 - 3 **(w) Cuerda**

Ecuación 01: Cálculo de radio de curva

<i>Curva 1:</i>	
Datos	
Flecha (s)	15.1 m
Cuerda (C)	70.5 m
Radio (R)	?

<i>Curva 2:</i>	
Datos	
Flecha (s)	8.2 m
Cuerda (C)	41.7 m
Radio (R)	?

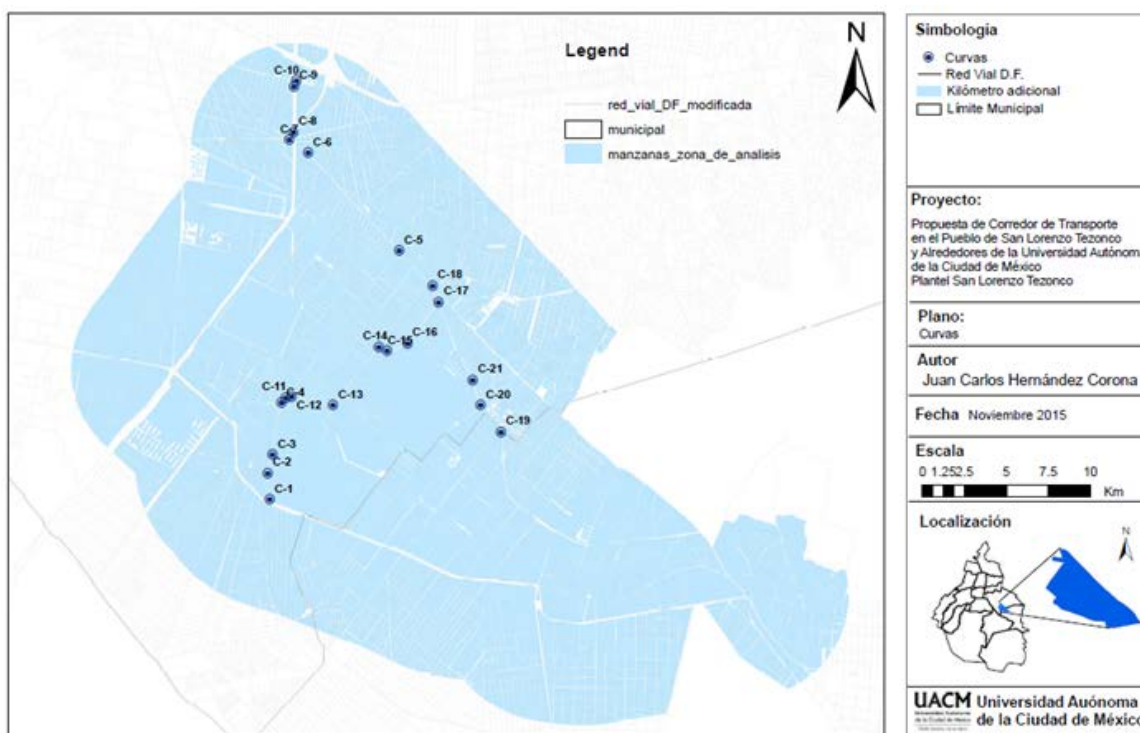
$$R = \frac{70.5^2}{8(15.1)} + \frac{15.1}{2} = 48.7m$$

$$R = \frac{41.7^2}{8(8.2)} + \frac{8.2}{2} = 30.6m$$

Durante este recorrido se encuentran 4 curvas horizontales, A continuación se muestra el resultado de los cálculos.

CURVA	INTERSECCIÓN	CLAVE	FLECHA (S)	CUERDA (C)	RADIO MÍN.
C-1	Zacatlán – Av. Tláhuac	1-1	1.642	11.6	11.06
C-2	Zacatlán – Libertad	1-1	0.861	10.94	17.81
C-3	Zacatlán – Gorrión	1-1	1.658	45.78	158.84
C-4	Zacatlán – Av. Del Árbol	1-1	2.338	35.44	68.32
C-5	Arroyo Frío – Benito Juárez	1-3	4.371	16.09	9.59
C-6	Benito Juárez – La paz	1-4	5.976	97.89	203.42
C-7	Puente Ramírez – 5 de Mayo	1-5	8.297	50.5	42.57
C-8	De las Torres – Zaramuyo	1-5	2.799	22.43	23.87
C-9	De las Torres – Del Rosal 1	1-6	1.12	27.84	87.06
C-10	De las Torres – Del Rosal 2	1-6	0.848	14.7	32.28

Tabla 4-III: Estimación de radios de giro de la alternativa 1 (Fuente: Elaboración propia)



Mapa 4-VI: Curvas horizontales ubicadas en las alternativas de solución (Elaboración Propia con ArcGIS)

Observando los resultados obtenidos en el cálculo, la curva que presenta el menor radio de giro es la C-5, esta se considerara como la curva crítica.

III. Pendientes en el trazo

Con ayuda de la herramienta “Google Earth” se realizó una inspección del perfil de elevación, con lo cual es posible hacer un cálculo sobre las pendientes de esta alternativa, así como definir el máximo y mínimo porcentaje de inclinación.

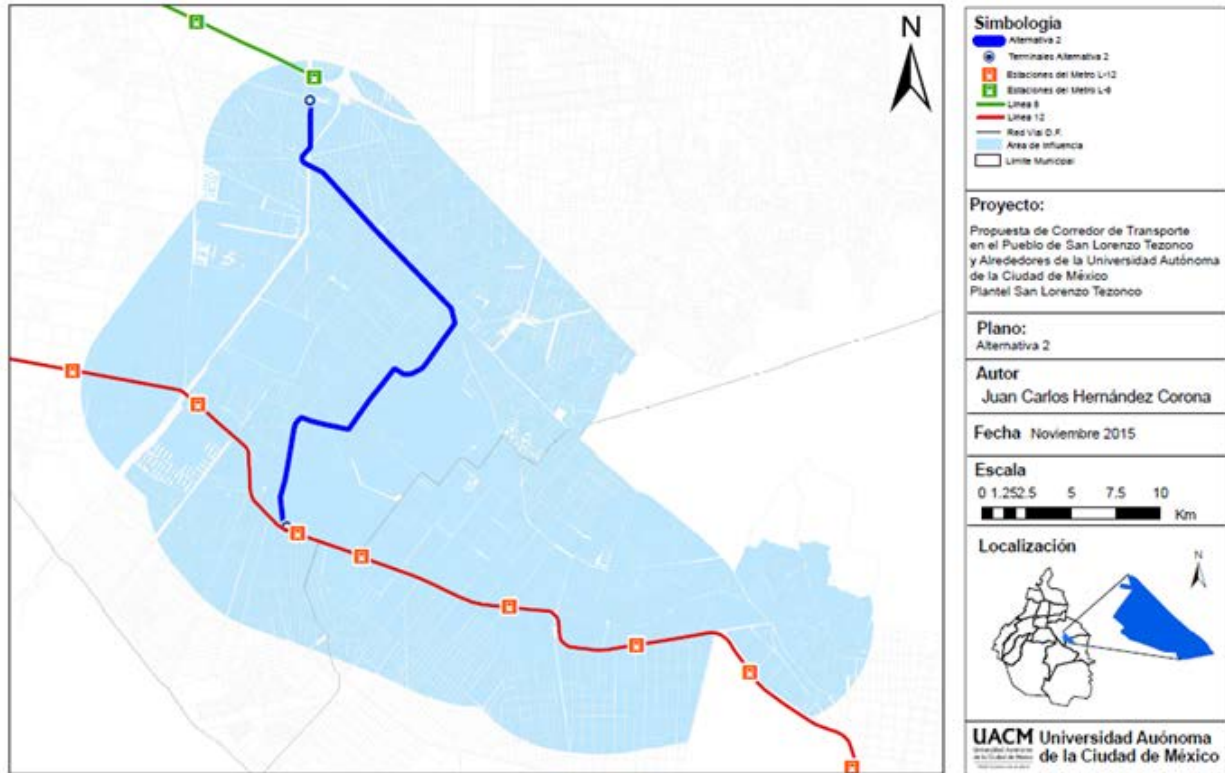


Ilustración 4-XVI: Perfil de pendientes alternativa 1 (Fuente: Elaboración con datos generados por Google Earth, 2015)

Para esta alternativa de 5.14 km de longitud el punto más bajo tiene una elevación de 2244 m sobre el nivel del mar, el más alto tiene una altura de 2273 m sobre el nivel del mar, el grado de inclinación promedio es de 4.2% y -3.9.

4.2.2. Alternativa de Solución 2

La segunda alternativa tiene una longitud de 5.96 km y el trazo está comprendido por Av. Zacatlán desde Av. Tláhuac hasta Av. Del Árbol, para girar en Av. Del Árbol, hasta llegar al cruce de Av. Benito Juárez, en ésta gira a la izquierda y llega al cruce con Periférico, finalmente después de cruzar Periférico gira a la derecha para seguir por Av. De las Torres y finaliza en el cruce de Av. Del Rosal. En el siguiente mapa se describe gráficamente el recorrido de la segunda alternativa.



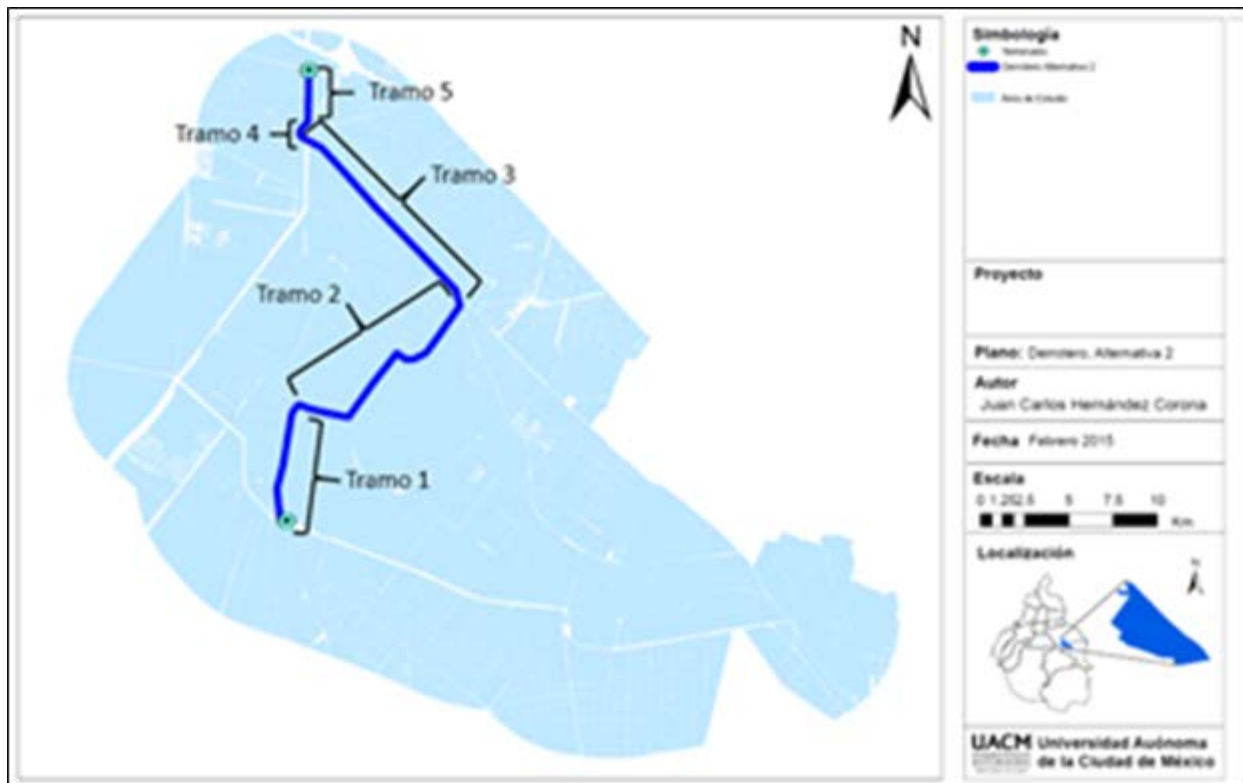
Mapa 4-VII: Mapa del trazado del corredor correspondiente a la alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia)

Tramos Homogéneos

Esta alternativa está dividida en 5 tramos homogéneos que se describen en la **tabla 4-II**, la cantidad de tramos homogéneos que se definieron, es debido a que las calles que conforman este corredor, tienen características físicas son poco variables.

SECCIÓN	PRINCIPAL	CRUCE 1	CRUCE 2	LONG. (KM)
1	Zacatlán	Av. Tláhuac	Av. Del Árbol	1.0
2	Av. Del Árbol	Zacatlán	Av. Benito Juárez	2.0
3	Av. Benito Juárez	Tezozomoc	Periférico	2.1
4	Av. Benito Juárez	Periférico	Av. De las Torres	0.2
5	Av. Benito Juárez	Zaramuyo	Constitución de 1917	0.5

Tabla 4-IV: Tramos homogéneos de la alternativa 2



Mapa 4-VIII: División de tramos homogéneos Alternativa 2 (Fuente: elaboración propia)

Tramo 1

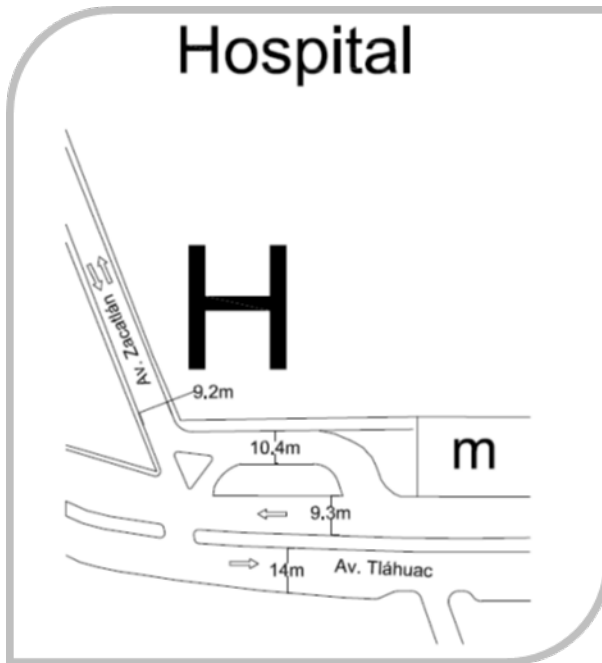


Ilustración 4-XVII: Alternativa 2, tramo 1 (fuente: Elaboración propia)

Al igual que para el primer corredor esta sección se localiza junto a lado de la estación Tezonco del metro Línea 12 recordemos que existe una base de transporte público concesionado.

En el mismo tramo como ya se describió en la alternativa 1 hay dos secciones diferentes, en la **ilustración 4-XVII** se muestra la primera de las dos secciones transversales de esta, la cual tiene un ancho de sección de 46.5 m sin contar las banquetas las cuales tienen 1.7 m de ancho en promedio.

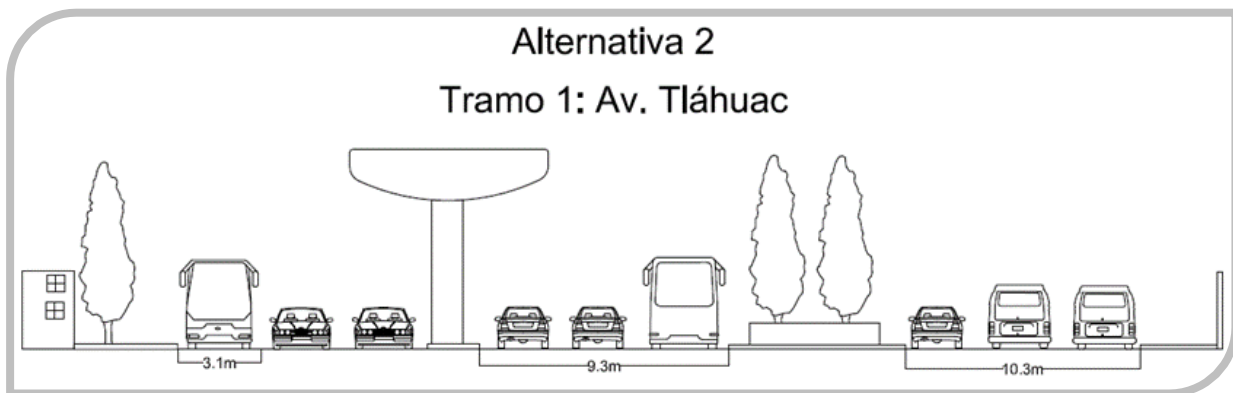


Ilustración 4-XVIII: Sección transversal en Av. Tiáhuac, tramo 1, alternativa 2 (elaboración Propia)

La sección que predomina en este tramo comienza en el cruce de Av. Zacatlán y Av. Tiáhuac, la sección transversal típica tiene un ancho de 9.9 m, esta permite el estacionamiento público dentro de vía, realizándose con mayor frecuencia al lado poniente de la vía, consecuentemente dejando libres 7 m. los que son utilizados para en libre tránsito y mismos que se dividen en dos carriles, uno por sentido.

Las banquetas son de 1.8 m en promedio aproximadamente, esta puede variar considerablemente en algunos tramos pequeños, las banquetas en este tramo se

encuentran en las mismas condiciones que en el tramo anterior, obstaculizadas por vegetación, publicidad, etcétera.

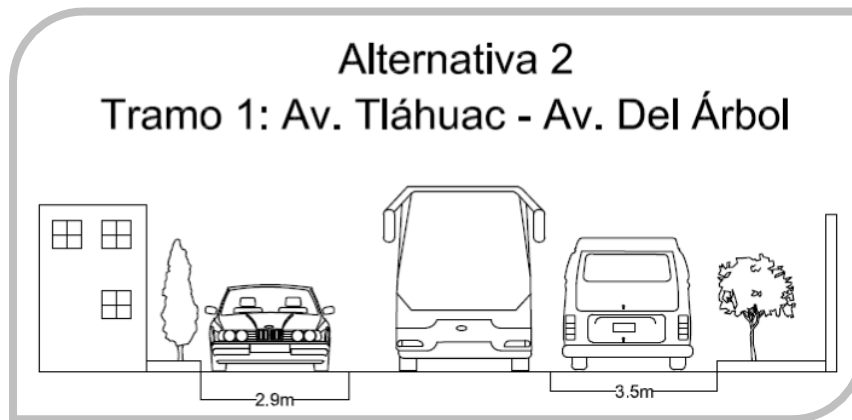


Ilustración 4-XIX: Alternativa 2 Tramo 1

Este punto coincide con la alternativa 1, por lo tanto sabemos que tiene una longitud de 70 m. y con 10.4 m. de ancho de sección transversal, recordemos que esta intersección tiene 7 accesos, y 17 maniobras permitidas, además de que en esta intersección convergen dos de las vialidades más importantes del área de estudio como son Av. Zacatlán y Av. Del Árbol, asimismo está permitido el estacionamiento. Los vehículos estacionados ocupan 2.1 m. a cada lado de la vía dejando sólo dos carriles, uno para cada sentido de circulación los cuales tienen aproximadamente 3.1 m. de ancho en promedio.



Ilustración 4-XX: Alternativa 2 tramo 1 Av. Zacatlán (fuente: elaboración propia)

Las banquetas tienen un ancho promedio de 2 m, a diferencia de los tramos anteriores estas son más amplias, sin embargo no dejan de estar obstruidas por diversos objetos que no permiten transitar libremente a los peatones

Tramo 2

Esta parte de la alternativa dos recorre toda Av. Del Árbol hasta cruzar con la Av. Benito Juárez desde Av. Zacatlán, tiene una longitud de 2.0 km con un ancho de sección promedio de 8.2 m, de la misma manera que en las demás secciones, en esta se permite el estacionamiento en la vía, es decir, no existe restricción para esta actividad, cabe mencionar que el estacionamiento en varios puntos de ésta sección se realiza sobre las banquetas, y en los puntos donde no se encuentra ésta situación, el espacio utilizado para el estacionamiento es de 2.1 m. a cada lado de la vía, consecuentemente quedan un espacio de 4.0 m. aproximadamente para la circulación en ambos sentidos del tránsito de la zona.

Las banquetas tienen en promedio 1.6 m de ancho, asimismo se encuentran obstruidas por diferentes elementos como son: el comercio ambulante, jardineras, materiales de construcción depositados en las banquetas (arena y grava), y los negocios que están en esta sección del tramo.

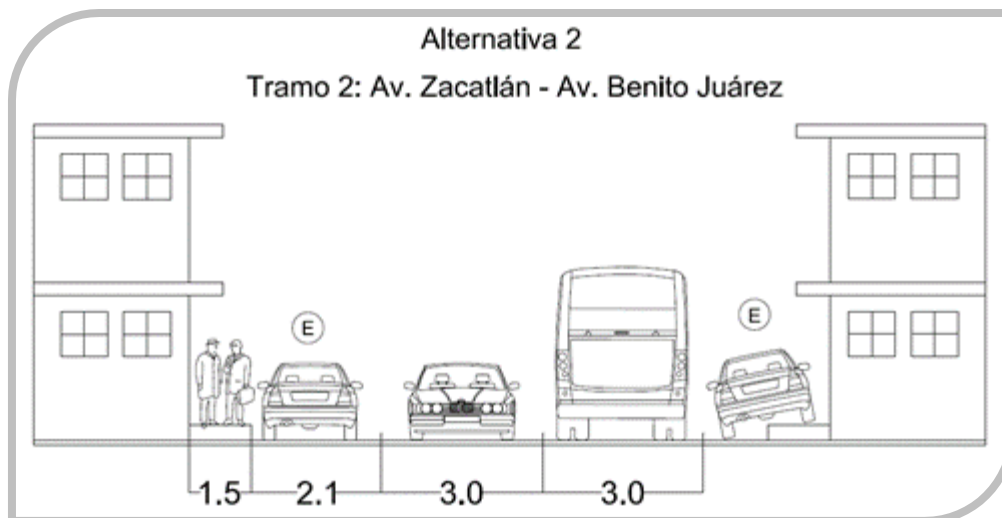


Ilustración 4-XXI: Alternativa 2 tramo 2 Av. Zacatlán (fuente: Elaboración propia)

Es importante mencionar que este tramo se caracteriza por tener la entrada principal de una mina y empresa fabricante de concretos, consecuentemente se nota fácilmente un flujo de vehículos pesados, (transporte de carga especializado).

Tramo 3

Este tramo tiene una longitud de 2.1 km donde el promedio del ancho de sección es de 9.4 m, el ancho de la sección disponible para el tránsito vehicular es de 5.4 m, más los 2.1 m a cada lado de la vía que se utilizan para estacionamiento.

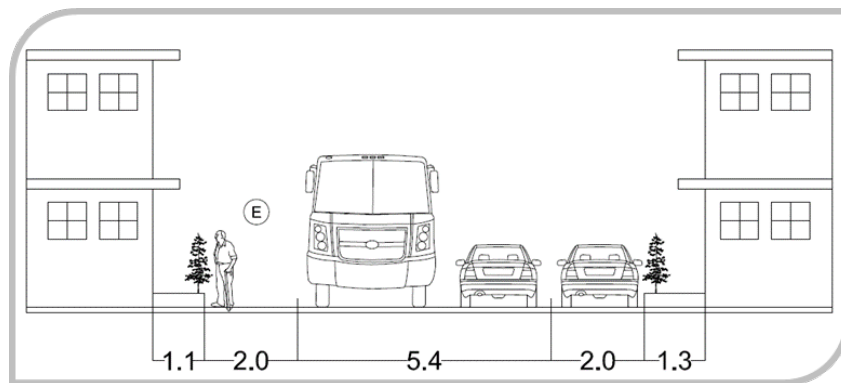


Ilustración 4-XXII: Sección transversal tipo del tramo 3 Alternativa 2: (elaboración Propia)

Las banquetas varían en su ancho, teniendo como el más angosto de 1.1 m y en el punto más amplio 1.3 m.

Tramo 4

Este es el tramo más pequeño, con una longitud de sólo 204 m, asimismo tiene un ancho de sección de 9.4 m en el punto más angosto.

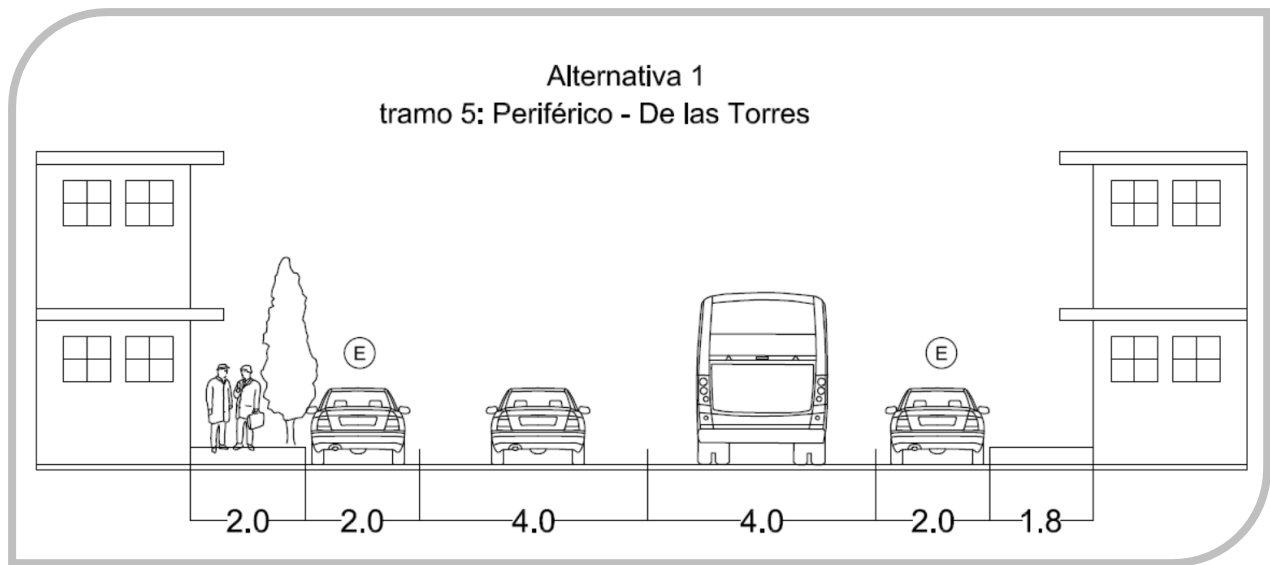


Ilustración 4-XXIII: Sección transversal tipo del tramo 4 Alternativa 2: (elaboración Propia)

Las banquetas tienen un ancho de 2 m en promedio para el lado sur y 1.8 m que se encuentra en el lado norte, de igual modo y como en la mayoría del trayecto del corredor, estas se encuentran con obstrucciones, las cuales se deben a las mismas causas de los tramos anteriores.

Tramo 5

Este es el último tramo de esta alternativa, tiene una longitud de 477 m y su ancho de sección es de 9.8 m en el punto más angosto, hasta el punto más amplio de 24.1 m.

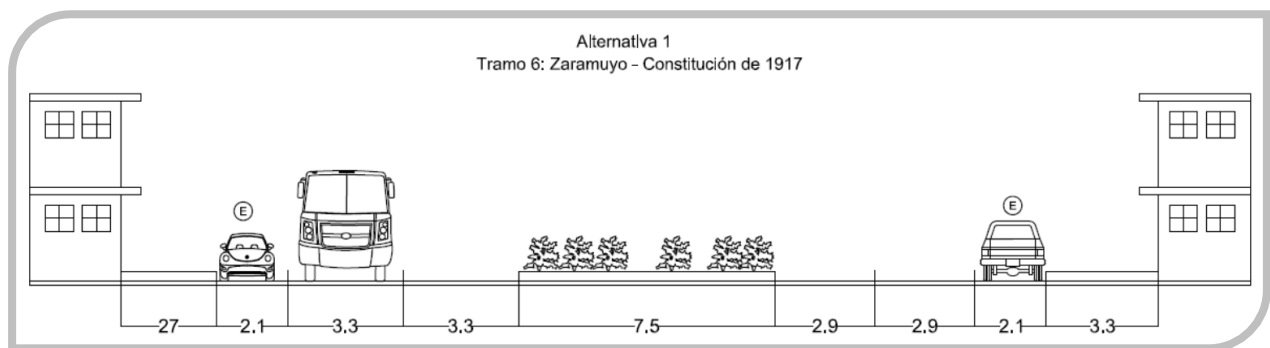


Ilustración 4-XXIV: Sección transversal tipo del tramo 5 Alternativa 2: (elaboración Propia)

I. Demanda Potencial A-2

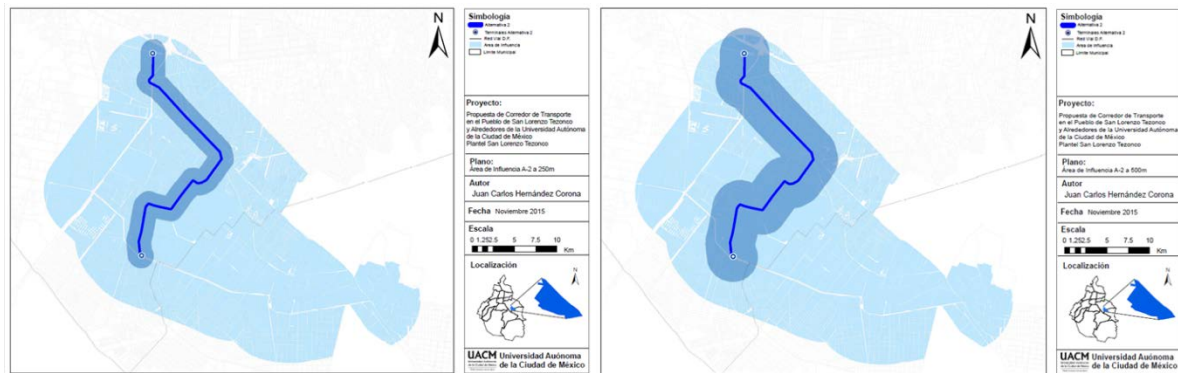
La segunda alternativa tiene una longitud de 5.96 kilómetros, considerando un área de 500 metros de influencia directa a este se obtiene que:

BUFFER 250 M		BUFFER 500 M	
PEA	37,907	PEA	64,798
UE	8,008	UE	14,429
TOTAL POB	45,915	TOTAL POB	79,227
REPARTO MODAL	67.5 %	REPARTO MODAL	67.5 %

Tabla 4-V: Estimación de la demanda potencial alternativa 2 en buffer de 250 y 500 m (Fuente Elaboración propia con datos de INEGI 2010)

$$DP_{250} = (37,907 + 8,008) \times 67.5\% = 30,993$$

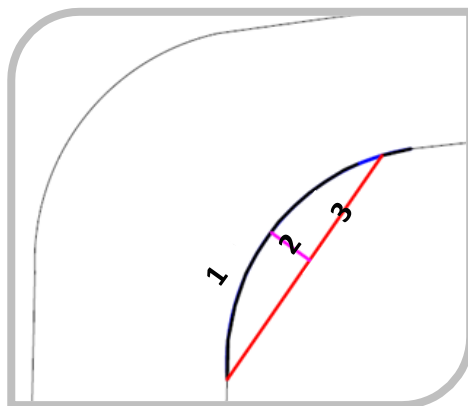
$$DP_{500} = (64,798 + 14,429) \times 67.5\% = 53,478$$



Mapa 4-IX: Delimitación de los buffer de 250 y 500 m respectivamente para la alternativa 2 (Fuente elaboración propia)

II. Radios de Giro de la Alternativa 2

En este caso se tienen 17 curvas horizontales, de las cuales el radio más pequeño es de 11 m y el mayor de 203 m. Como ejemplo para el cálculo se realiza la estimación del radio de giro en dos curvas horizontales para este caso, sin embargo en la **Tabla 4-III** se encuentra la estimación y los datos base de todas las curvas horizontales.



$$r = \frac{w^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

Elementos de cálculo de curva

- 1 **Perímetro Interior de curva**
- 2 **(h) Flecha | Altura**
- 3 **(w) Cuerda**

Curva 1:

Datos

Flecha (s) 1.642 m

Cuerda (C) 11.6 m

Radio (R) 11.06 m

$$R_1 = \frac{11.6^2}{8(1.642)} + \frac{1.642}{2} = 11.06m$$

Curva 2:

Datos

Flecha (s) 0.86 m

Cuerda (C) 10.9 m

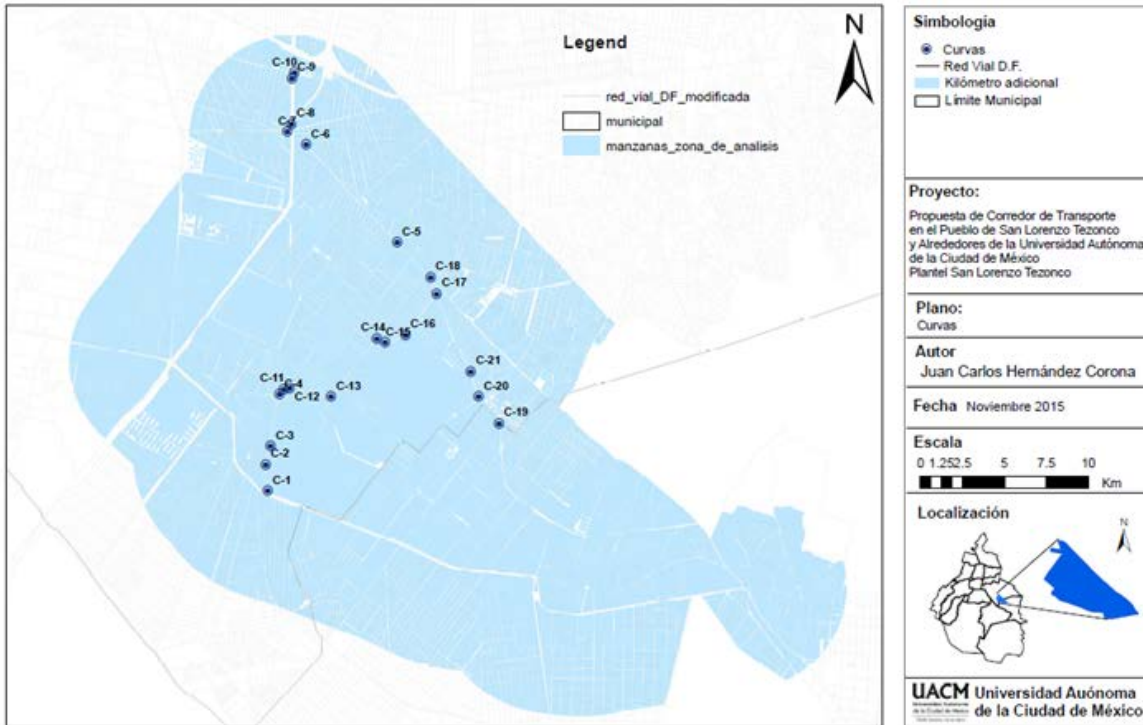
Radio (R) 17.8 m

$$R_2 = \frac{10.9^2}{8(0.86)} + \frac{0.86}{2} = 17.8m$$

En esta alternativa es la que tiene el mayor número de curvas con un total de 17 curvas de las cuales se calculó el radio de giro de cada una de ellas encontrando los siguientes resultados.

CURVA	INTERSECCIÓN	ALT. - 2 TRAMO	CUERDA (C)	FLECHA (S)	RADIO
C-1	Zacatlán – Av. Tláhuac	2-1	11.6	1.642	11.06
C-2	Zacatlán – Libertad	2-1	10.94	0.861	17.81
C-3	Zacatlán – Gorrión	2-1	45.78	1.658	158.84
C-4	Zacatlán – Av. Del Árbol	2-1	35.44	2.338	68.32
C-6	Benito Juárez – La paz	2-4	97.89	5.976	203.42
C-7	Puente Ramírez – 5 de Mayo	2-5	50.5	8.297	42.57
C-8	De las Torres – Zaramuyo	2-5	22.43	2.799	23.87
C-9	De las Torres – Del Rosal 1	2-6	27.84	1.12	87.06
C-10	De las Torres – Del Rosal 2	2-6	14.7	0.848	32.28
C-11	Av. Del Árbol - Geranios	2-2	16.56	1.088	32.05
C-12	Av. Del Árbol	2-2	31.98	1.55	83.25
C-13	Av. Del Árbol - Jacarandas	2-2	10.42	1.209	11.83
C-14	Av. Del Árbol - Palmilla	2-2	15.66	1.95	16.70
C-15	Av. Del Árbol - Granada	2-2	33.13	1.764	78.66
C-16	Av. Del Árbol - Manzana	2-2	20.38	1.238	42.56
C-17	Av. Del Árbol - Violeta	2-2	17.01	2.079	18.44
C-18	Av. Del Árbol - Benito Juárez	2-2	15.39	0.867	34.58

Tabla 4-VI: Radios de giro de las curvas de la alternativa 2 (Fuente Elaboración Propia)



Mapa 4-X: Curvas horizontales ubicadas en las alternativas de solución (Elaboración Propia con ArcGIS)

III. Pendientes en el Trazo

Para la segunda alternativa se procedió al mismo procedimiento de la anterior para crear un perfil de elevación utilizando la herramienta Google Earth, y la siguiente gráfica muestra el resultado de este.

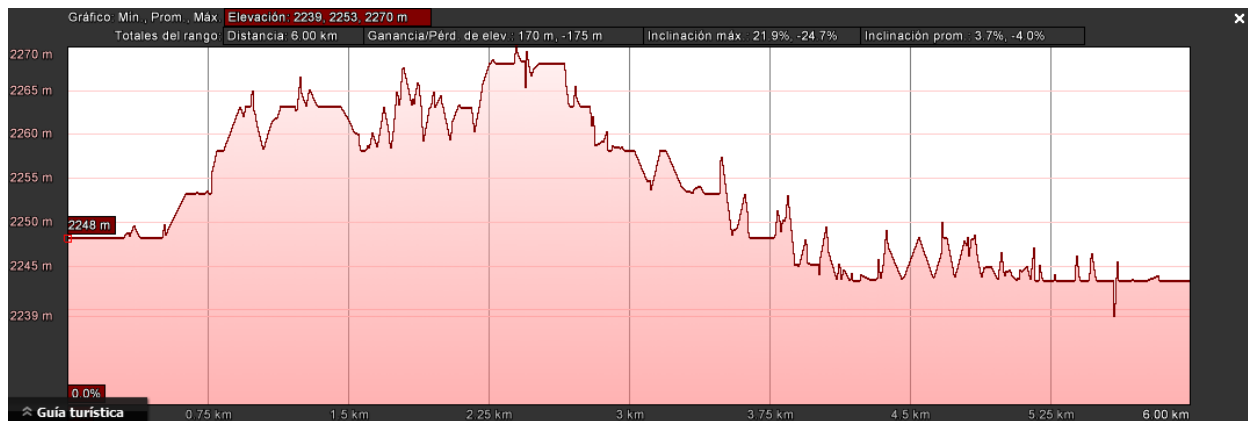


Ilustración 4-XXV: Perfil de pendientes del trazo (Fuente: Google Earth)

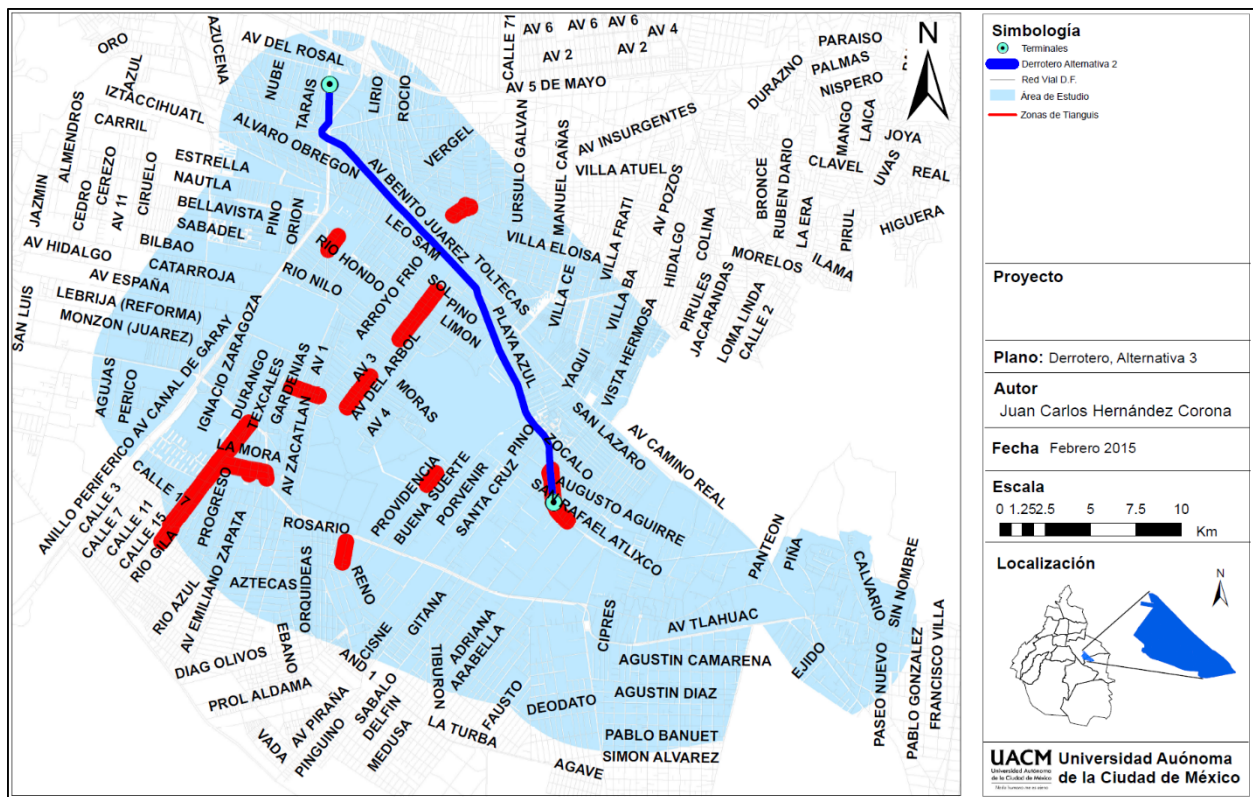
El punto de menor elevación se encuentra a los 0.12 km de distancia comenzando por el sur y este tiene una elevación de 2,244 m sobre el nivel del mar, en cuanto al punto más elevado, este se localiza a los 2.52 km con una elevación de 2,265 m sobre el nivel

del mar, tal y como se ve en el grafico anterior. Para este caso el porcentaje de pendiente máximo se ubica a los 3.6 km de igual forma partiendo de la parte sur con el 5.0% de pendiente.

4.2.3. Alternativa de Solución 3

Para el análisis de este caso se realizaron recorridos desde la estación del metro Nopalera L12, hasta la estación del metro Constitución de 1917 L8, buscando la mejor conexión entre estas dos estaciones, debido a que estas representan un modo importante de transporte para los habitantes de la zona de estudio, asimismo la Av. Juárez tiene continuidad hasta el cruce con Periférico y es una zona donde los servicios de transporte se encuentran en menor proporción.

Primero se analizó un trazo que va desde la estación del metro Nopalera de la L12 hasta la terminal Constitución de 1917 con una longitud de 4.8 km, no obstante esta opción presenta dificultades para la implantación de un sistema de transporte, debido a que, sobre la calle San Rafael Atlixco, entre las calles Manuel M. López y José María Pino Suarez, se establece un tianguis todos los Lunes, consecuentemente la circulación vehicular y del transporte público se torna difícil en esos días, motivo por el cual se decidió comenzar a partir del cruce de las calles San Rafael Atlixco y Estación Pino Suarez, ya que a partir de este cruce este sobre-ruedas ya no tiene incidencia en el tránsito vehicular.

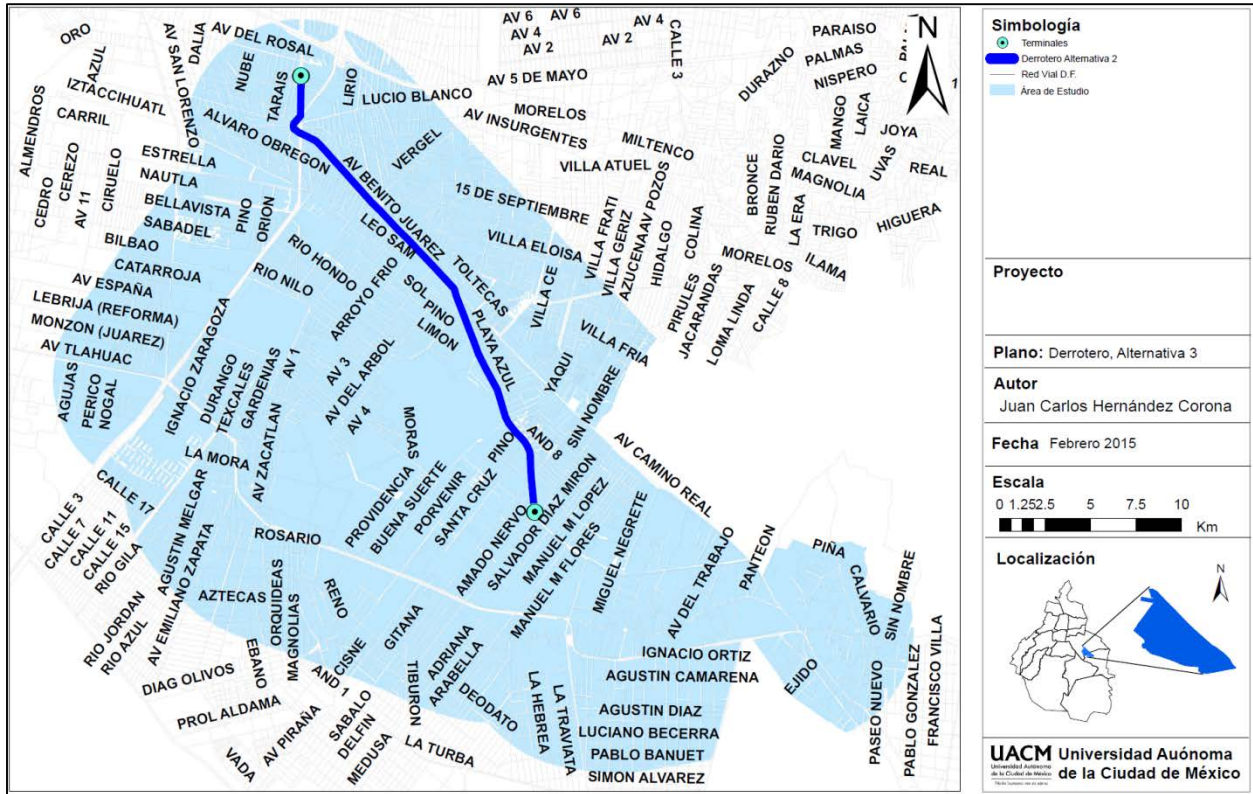


Mapa 4-XI: Sección transversal tipo del tamo 5 Alternativa 2: (elaboración Propia)

En la ilustración se muestra la ubicación de los puntos donde se ubican los sobre-ruedas junto con el derrotero propuesto para ésta alternativa, se puede observar que en la parte oriente del derrotero se junta con el sobre-ruedas, sin embargo cabe mencionar que la parte del sobre-ruedas que se sobrepone con el derrotero es posible reasignar al ambulante, toda vez, que éste tiene poca presencia en el punto.

el problema que presenta desplazarse en este punto, es un viaje 20 veces mayor en tiempo en comparación con los días en que no se instala el sobre-ruedas, éste utiliza aproximadamente la mitad de la vía, si se considera que este pequeño tramo tiene un ancho de sección promedio de 11 m y el tianguis utiliza cerca de 6 metros de la vialidad, distribuidos a ambos extremos de la misma, entonces quedan aproximadamente 5 m para el tránsito vehicular, eso sin considerar el tránsito de peatones en la zona que van realizar compras, así como motos y vehículos no motorizados (bicicletas) que circulan por la misma.

La propuesta de la alternativa 3 tiene una longitud de 4.83 km y comienza en el cruce de Estación Pino Suarez y la calle San Rafael Atlixco misma que metros más adelante cambia de nombre a Benito Juárez, así entonces sigue sobre Benito Juárez hasta llegar al Periférico, cruza esta avenida para seguir por la calle Puente Ramírez girando en esta calle a la derecha e incorporándose a la calle De las Torres y finalizar junto a la terminal Constitución de 1917 del metro L8.



Mapa 4-XII: Sección transversal tipo del tamo 5 Alternativa 2: (elaboración Propia)

Tramos Homogéneos

El procedimiento para la definición de los tramos homogéneos es la misma para todas las alternativas analizadas.

En la **tabla 4-IV** están definidos los tramos homogéneos.

TRAMOS	PRINCIPAL	CRUCE 1	CRUCE 2	Longitud (km)
Tramo 1	San Rafael Atlixco	Estación Pino Suarez	Panteones	0.31
Tramo 2	Benito Juárez	Panteones	Puerto Arista	0.88
Tramo 3	Benito Juárez	Puerto Arista	Tezozomoc	0.95
Tramo 4	Benito Juárez	Tezozomoc	Periférico	1.93
Tramo 5	Puente Ramírez	Periférico	De las Torres	0.21
Tramo 6	De las Torres	Zaramuyo	Constitución de 1917	0.47

Tabla 4-VII: Tramos homogéneos de la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia)

Tramo 1

Como se encuentra en la **tabla 4-IV** este tramo 1 tiene una longitud de 310 m, en dicha longitud el ancho de sección varía entre 12 a 18 m donde el punto más angosto es al inicio del tramo con 12.3 m de ancho y 5m son utilizados como estacionamiento en la vía, y los 7.3 m restantes se dividen en dos carriles efectivos de tránsito cada uno de 3.8 m.

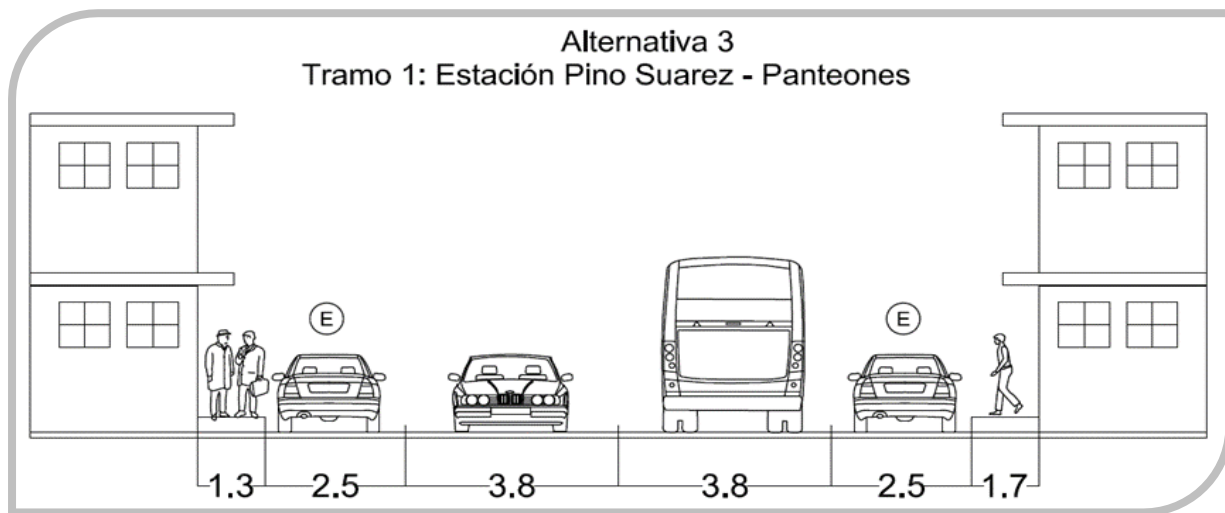


Ilustración 4-XXVI: Sección transversal tipo del tramo 1 Alternativa de corredor 3: (Elaboración propia)

Las banquetas son de un ancho de 1.4 m en promedio, mismas que se encuentran obstruidas por comercio principalmente, por lo cual, estos tienen que transitar por el arroyo vehicular.

Tramo 2

Este tiene 891 m de longitud, en el que se presentan anchos de sección que van desde los 7.6 m hasta los 13.2 m, es importante mencionar que este tramo es tangencial a una mina de tezontle a las faldas del cerro, sitio donde se encuentra la parte más angosta con un ancho de 7.6 m, también es importante destacar que este tramo tiene posibilidades de aumentar el ancho de sección, toda vez que, que existe espacio disponible y considerable en ambas orillas, dicho espacio está subutilizado. Hay que mencionar que la mayoría de viviendas son irregulares.

La avenida está dividida en dos carriles, uno por cada sentido de circulación y cada carril tiene 4 m. en promedio de ancho.

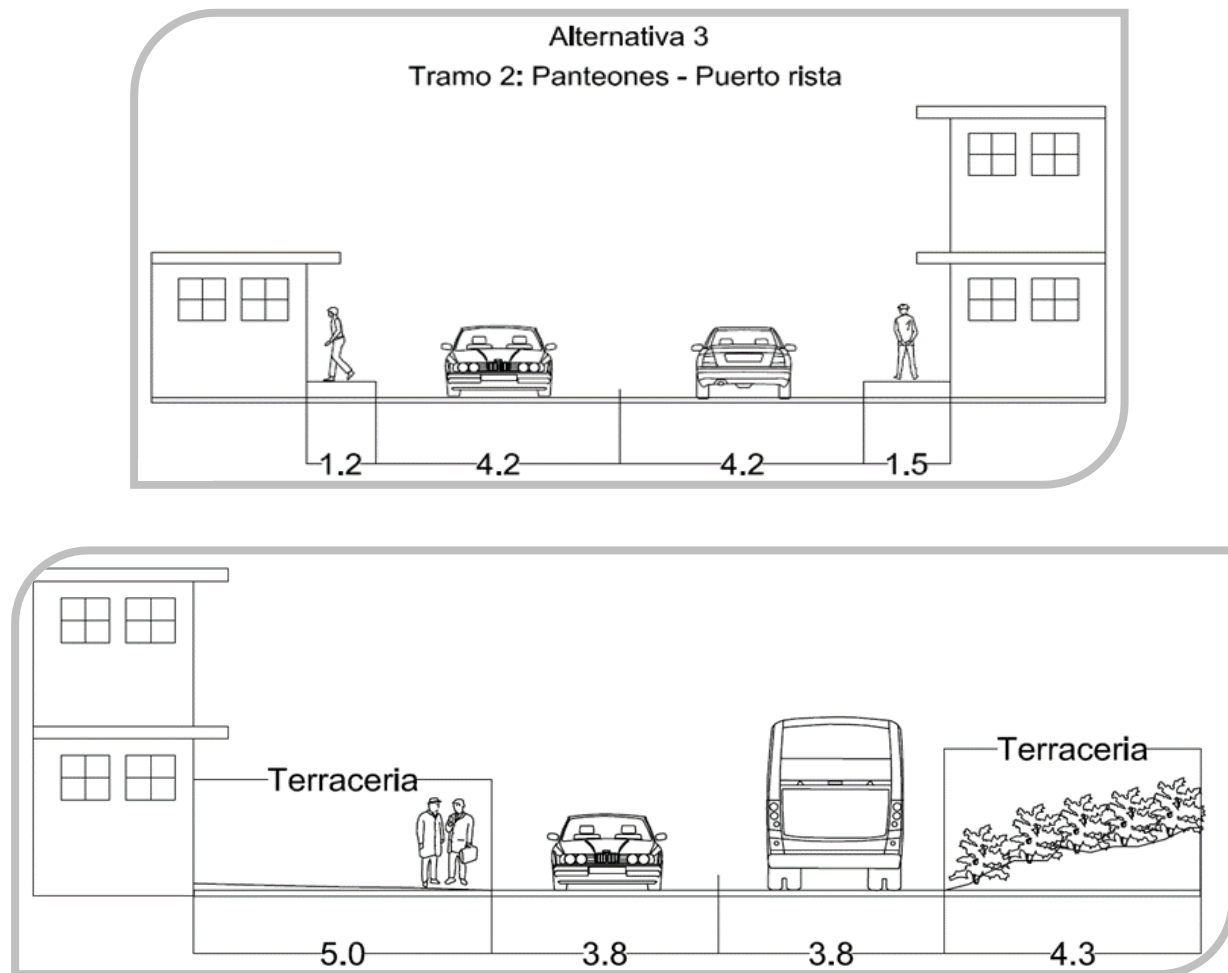


Ilustración 4-XXVII: Secciones transversales tipo del tamo 2 Alternativa 3.1: (elaboración propia)

Tramo 3

Este es un trazo de 951 m de longitud, el ancho de sección de este tramo varía entre 7.2 m, siendo el punto más angosto, llegando en algunas partes a tener hasta 14.0 m de ancho, donde se presentan mejores condiciones geométricas y espaciales. El tramo es muy similar a un embudo, ya que, el ancho de sección disminuye en dirección Oriente-Poniente. Este tiene dos carriles efectivos, uno por sentido, cada carril es de 4.4 m de ancho.

Las banquetas en el tramo tienen un ancho de 2.4 m. la ubicada en el lado Poniente y en el lado Oriente la banqueta tiene 1.3 m de ancho en promedio, las banquetas carecen de una continuidad, es decir, existen partes donde la banqueta simplemente no existe, o en otros casos la infraestructura se encuentra en mal estado, o son dañadas por el material orgánico (hierva mala, arbustos, árboles, etc.) que crece en ellas. Al igual que en las otras alternativas y demás tramos descritos, en este las banquetas están obstruidas en la mayor parte del tramo, las obstrucciones consisten principalmente en mobiliario urbano (jardineras), asimismo el comercio obstaculiza las banquetas.

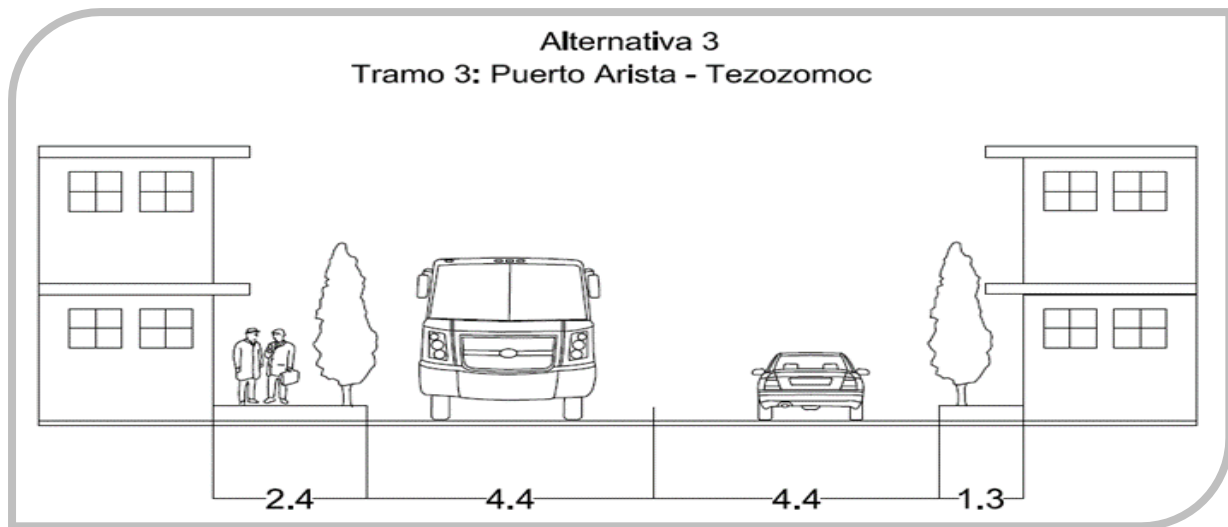


Ilustración 4-XXVIII: Sección transversal tipo del tramo 3 Alternativa de corredor 3: (elaboración Propia)

Tramo 4

Este tramo es de 1.9 km de longitud, teniendo un ancho de sección que de 9.4 m en el punto más angosto, va hasta los 11.1 m en el punto más ancho, siendo una

variación considerablemente pequeña en comparación con las otras secciones. En cuanto el ancho de carriles, en este caso, quitando los 2 m. que son utilizados para estacionamiento a cada lado, restan 5.4 m los cuales son utilizados para el tránsito vehicular en ambos sentidos.

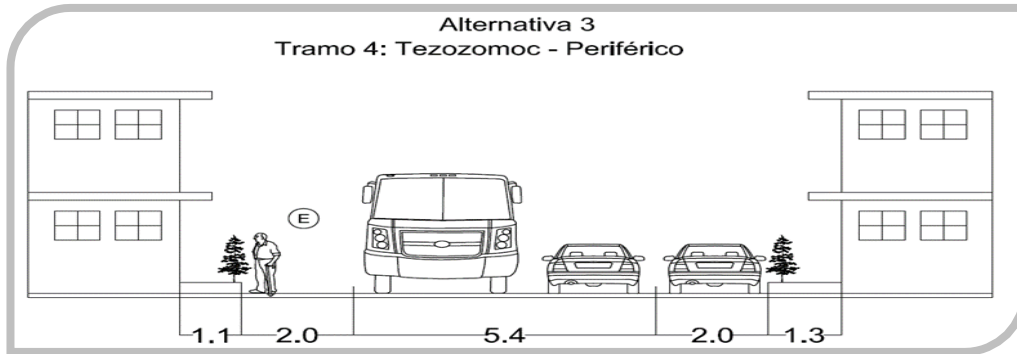


Ilustración 4-XXIX: Sección transversal tipo del tramo 4 Alternativa de corredor 3: (elaboración Propia)

Las banquetas en esta sección tienen en promedio 1.2 m de ancho, asimismo estas se encuentran obstruidas por igual, como ha pasado en los tramos anteriores referentes a esta alternativa.

Tramo 5

Este tramo tiene una longitud de 204 m, un ancho de sección de 9.4 m en el punto más angosto, en conclusión es el mismo tramo de la alternativa 1.

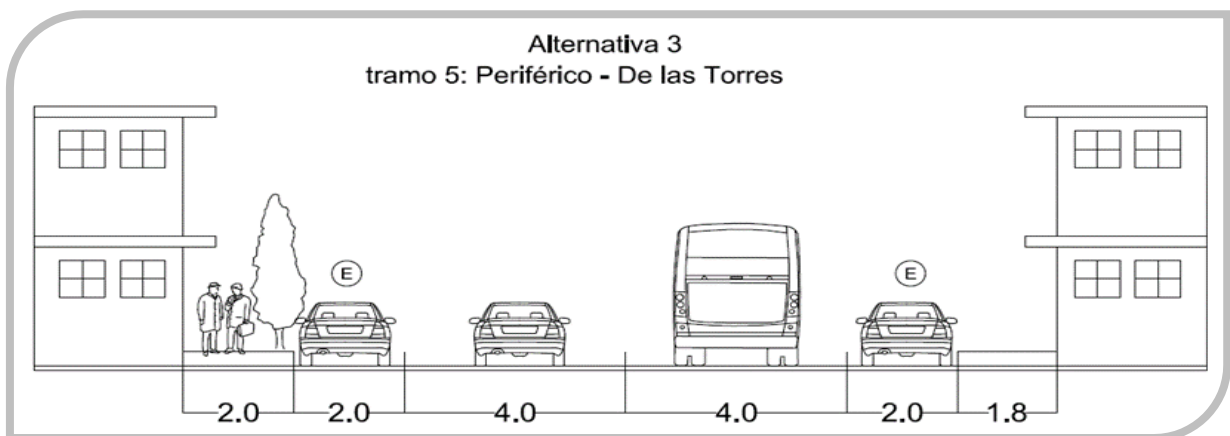


Ilustración 4-XXX: Sección transversal tipo del tramo 5 Alternativa de corredor 3: (elaboración Propia)

Las banquetas tienen un ancho de 2 m en promedio para el lado sur y 1.8 m la que se encuentra en el lado norte, de igual modo y como en la mayoría del trayecto del

corredor, estas se encuentran con obstrucciones, las cuales se deben a las mismas causas de los tramos anteriores.

Tramo 6

Este es el último tramo de esta alternativa, tiene una longitud de 477 m y su ancho de sección es de 9.8 m en el punto más angosto, hasta el punto más amplio de 24.1 m.

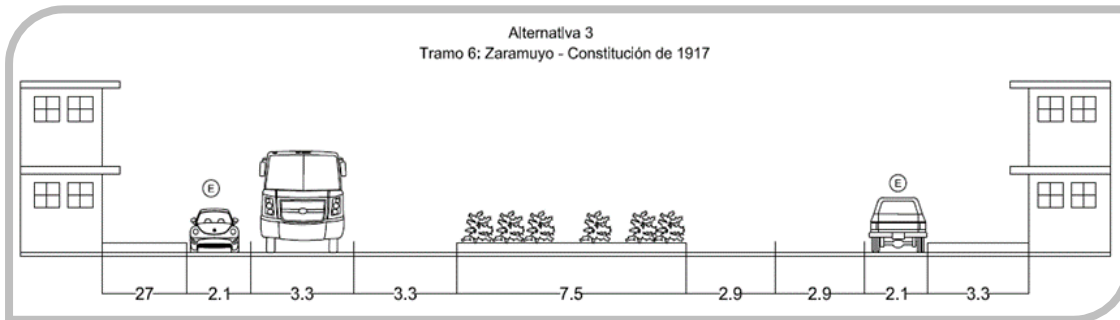


Ilustración 4-XXXI: Sección transversal tipo del tramo 6 Alternativa de corredor 3: (elaboración Propia)

I. Demanda Potencial A-3

La segunda alternativa tiene una longitud de 3.76 kilómetros, considerando un área de 500 metros de influencia directa a este se obtiene que:

BUFFER 250 M		BUFFER 500 M	
PEA	34,251	PEA	64,671
UE	6,404	UE	11,595
TOTAL POB	40,655	TOTAL POB	76,266
REPARTO MODAL	67.5 %	REPARTO MODAL	67.5 %

Tabla 4-VIII: Estimación de la demanda potencial para buffer de 250 m y 500m (Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y EOD 2007)

$$DP_{250} = (34,251 + 6,404) \times 67.5\% = 27,442$$

$$DP_{500} = (64,671 + 11,595) \times 67.5\% = 51,480$$

Donde:

DP Demanda Potencial
PEA Población Económicamente Activa
UE Unidades Económicas
RM Reparto Modal

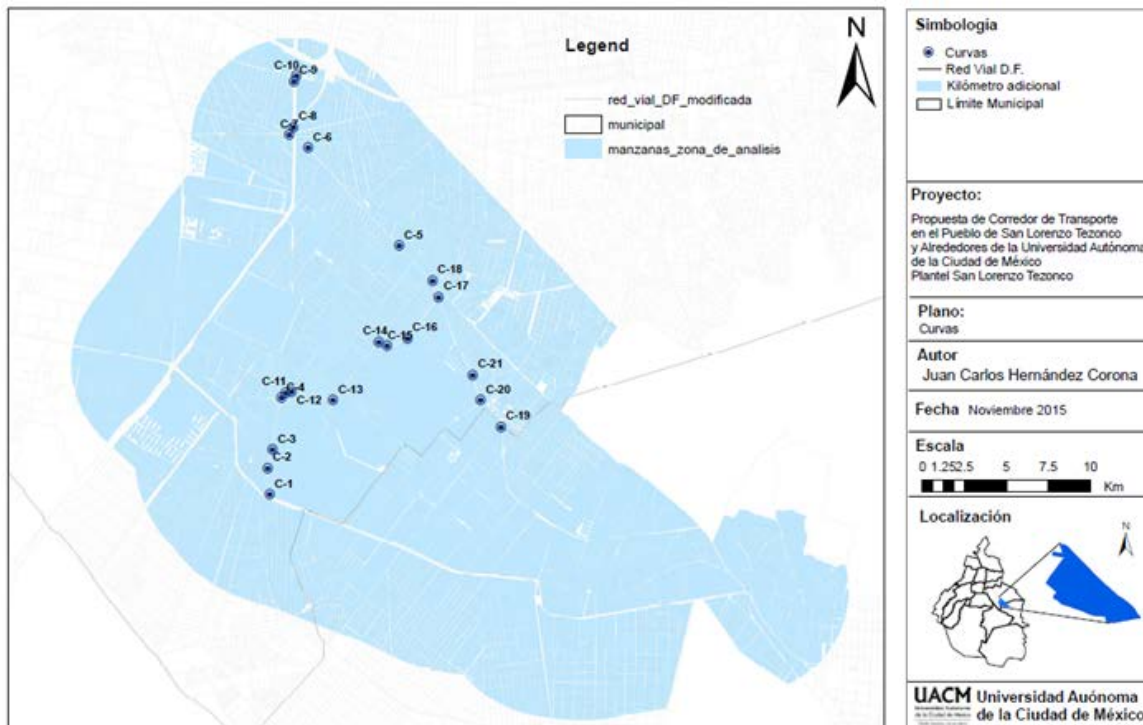
II. Radios de Giro de la Alternativa 3

En esta alternativa es la de mayor longitud, sin embargo es una trazo de mínima sinuosidad es la que tiene el mayor número de curvas con un total de 11 curvas de las cuales se calculó el radio de giro de cada una de ellas encontrando los siguientes resultados.

Observamos que en el trazo de esta alternativa de las 6 curvas que se localizan de las cuales

CURVA	INTERSECCIÓN	ALT. -3 TRAMO	CUERDA (C)	FLECHA (S)	RADIO
C-6	Benito Juárez – La paz	3-4	97.89	5.976	203.42
C-7	Puente Ramírez – 5 de Mayo	4-5	50.5	8.297	42.57
C-8	De las Torres – Zaramuyo	4-5	22.43	2.799	23.87
C-9	De las Torres – Del Rosal 1	4-6	27.84	1.12	87.06
C-10	De las Torres – Del Rosal 2	4-6	14.7	0.848	32.28
C-18	Av. Del Árbol - Benito Juárez	4-4	15.39	0.867	34.58
C-19	Benito Juárez – Sta. Cruz	4-4	52.24	2.837	121.66
C-20	Benito Juárez - Playa Grande	4-5	25.9	0.54	155.55
C-21	Benito Juárez - Puerto Arista	4-6	39.64	0.545	360.67

Tabla 4-IX: Calculo de los radios de giro de las curvas horizontales de la Alternativa 3 (Fuente Elaboración Propia)



Mapa 4-XIII: Curvas horizontales ubicadas en las alternativas de solución (Elaboración Propia con ArcGIS)

III. Pendientes en el Trazo

El perfil de elevación para la alternativa 3 está representado por el siguiente gráfico:

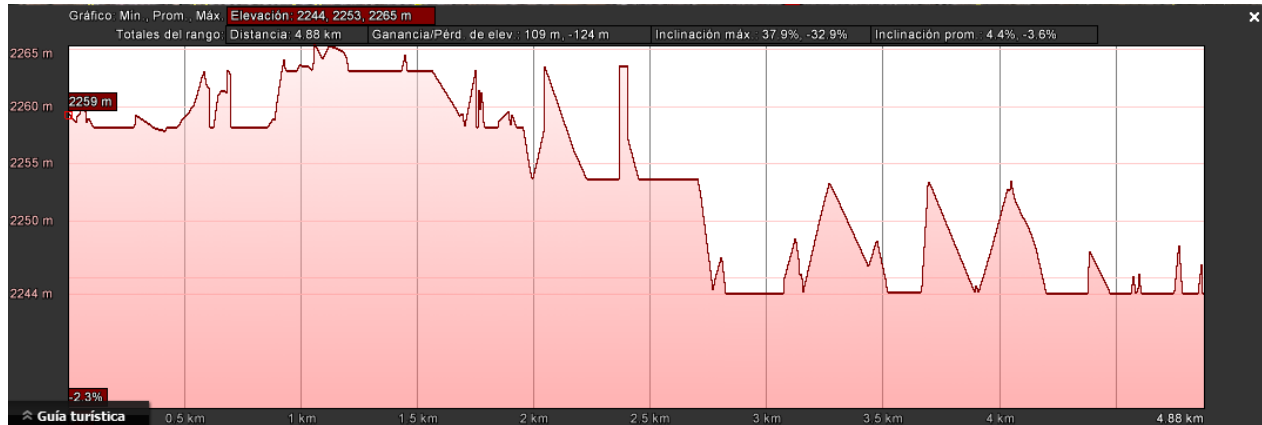


Ilustración 4-XXXII: Perfil de elevación del trazo de la Alternativa 3 (Fuente Google Earth)

Para la tercera opción que se describe en este trabajo se tiene que el punto de menor elevación está a 4.78 km de una longitud total de 4.84 km y el punto más elevado está a 0.90 km recorriendo el corredor de oriente a poniente, en cuanto al punto o segmento donde se localiza la máxima pendiente está en el kilómetro 2.5 del trazo y equivale a 5.7%.

4.3. ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Para la elección del corredor se evaluaron dos aspectos, descritos en orden importancia:

- 1) La población beneficiada por cada propuesta (demanda potencial en personas al día).
- 2) Las condiciones geométricas de cada alternativa, en esta se incluyen varios aspectos como lo son los radios de giro, ancho de sección y pendientes.

4.2.4. Demanda Potencial

Alternativa 1: Esta alternativa pretende conectar la estación del metro Tezonco de la L-12, con el norte de la zona de estudio en el cruce de Arroyo Frío y Av. Benito Juárez, con esto estaría en condiciones de realizar una conexión con el Sistema de

Transporte Colectivo, lo que es favorable para la población de la zona debido a la dinámica de movilidad de la misma, es decir, hay un gran porcentaje de viajes que se generan de la zona mediante este medio, asimismo esta opción tiene una demanda potencial de 32,079 pasajeros por día para un buffer de 500 m y 21,334 pasajeros al día para un buffer de 250 m.

Alternativa 2: En este caso se inicia y termina en los mismos puntos de la opción anterior, sin embargo el recorrido cambia, este se realiza por el corredor natural de la zona, es donde se concentra la actividad económica de la misma, y esta alternativa tiene una demanda potencial de 31,615 pasajeros al día para el buffer de 500 m y 26,990 pasajeros por día para el buffer de 250 m.

Alternativa 3: Esta propuesta inicia cerca de la estación Nopalera de la L-12 y finaliza en la terminal Constitución de 1917 de la L-8 del metro, además atiende una zona que escasea de un servicio de transporte, toda vez que es donde existe la menor densidad de transporte público, esta opción tiene una demanda potencial de 57,609 pasajeros por día para un buffer de 500 m y 38,176 pasajeros por día para un buffer de 250 m.

DEMANDA POTENCIAL		
ALTERNATIVAS	Buffer 500	Buffer 250
ALTERNATIVA 1	36,964	18,758
ALTERNATIVA 2	53,478	30,993
ALTERNATIVA 3	51,480	27,442

Tabla 4-X: Demanda potencial por alternativa según buffer (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar la alternativa 2 y 3 son las de mayor población beneficiaria. En ese sentido la opción 3 es la que ofrece una mejora conexión, debido a que conecta a la red del STC y al mismo tiempo atiende una zona carente del servicio de transporte público.

4.2.5. Mejores Condiciones Geométricas

Se realizó un análisis sobre las condiciones geométricas de cada una de las alternativas presentadas, en dicho análisis se evaluaron diferentes aspectos como lo son; derecho de vía disponible, radios de giro, ancho de sección y anchos de carril. En

el marco de esta evaluación se definirá la factibilidad física de cada alternativa, para la elección de aquella que presente las mejores condiciones.

Alternativa 1: En este caso, el trazo estudiado presentó secciones con dimensiones inferiores a las estipuladas en el apartado de “*CRITERIOS DE DECISIÓN*”, para ser más precisos, se encontraron anchos de sección de 4.8 m, que están por debajo del ancho mínimo para una sección sencilla que es de 5 m.

Las banquetas que están destinadas al tránsito de peatones y que tienen como objetivo otorgar seguridad a las personas que caminan en esta zona son un elemento de gran importancia en el desarrollo de un sistema de transporte, ya que dan acceso al usuario hacia el sistema.

Particularmente se carece de este elemento, en aproximadamente 250 m y en las secciones donde existe tiene dimensiones demasiado pequeñas que oscilan entre 1 m y 1.3 m en total, mismos que se reducen con los obstáculos encontrados como son basura, materiales de construcción colocados por los mismos residentes, vehículos estacionados sobre las banquetas, jardineras y obstáculos como propaganda y ambulante. Asimismo esta infraestructura tiene un trazo sinuoso, el que dificulta aún más el paso de las personas, especialmente de aquellos que son discapacitados o de adultos mayores, niños y mujeres embarazadas.

Alternativa 2: Este trazo presenta condiciones de ancho de sección con un mínimo de 9 metros y radios de giro mínimos de 22.17 metros, asimismo esta alternativa presenta pendientes de hasta 5.0%

Es importante mencionar que las condiciones de las banquetas presentan diversas dificultades para que las personas se desplacen sobre estas, especialmente las personas con discapacidad, menores de edad y personas de la tercera edad, debido a que hay secciones donde el ancho de las banquetas no es mayor a 1 m, asimismo el trazo de estas es sinuoso, debido a los constantes desniveles por entradas de cocheras, de la misma manera la infraestructura se encuentra dañada principalmente por las raíces de los árboles, también hay secciones donde las banquetas están totalmente obstruidas por diferentes obstáculos, como vehículos estacionados sobre estas, ambulante y

propaganda, consecuentemente las personas caminan sobre el arroyo vehicular lo que incrementa la probabilidad de accidentes de tráfico.

Alternativa 3: El trazo presenta un ancho de sección en su punto más angosto de 8 metros sin contar las banquetas, de igual manera presenta una pendiente máxima de 5.7% con un radio de giro mínimo de 23 metros.

Es importante mencionar que este trazo presenta diversas oportunidades de mejora en el paisaje urbano debido que está es una zona donde el desarrollo urbano es casi nulo y que cuenta con espacio que no se está aprovechando.

Debido al análisis que se realizó la alternativa 3 es la que presenta mejores condiciones físicas, radios de giro, anchos de sección, a pesar de que los porcentajes de pendientes son muy similares en las 3 alternativas, asimismo en esta se presenta una gran oportunidad de mejora en el diseño urbano y la seguridad vial, consecuentemente mejorará la seguridad de la zona y elevara la calidad de vida de las personas que en está habitan.

ALTERNATIVAS	DEMANDA POTENCIAL 250 M PAS/DÍA	DEMANDA POTENCIAL 500 M PAS/DÍA	ANCHO MÍN. DE SECCIÓN (M)	RADIO MÍN. DE GIRO (M)	PENDIENTE PROMEDIO (%)
1	18,758	36,964	7.8	9.59	4.2
2	30,993	53,478	8.2	11.06	3.7
3	27,442	51,480	10.0	23.87	4.4

Tabla 4-XI: Comparativo entre alternativas propuestas (Fuente: Elaboración propia)

4.4. ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

La elección de los vehículos para un servicio de transporte público de pasajeros depende de diversos factores, entre estos el principal es definir la sección de máxima demanda el cual es el volumen de diseño y programación de una ruta, otro de los factores importantes en la elección de la flota está en función del nivel de servicio que se desee ofertar y en contra parte los costos operativos, ya que elegir vehículos de grandes dimensiones puede generar ahorros en los costos de operación, sin embargo esto puede al mismo tiempo generar tiempos de espera prolongados, lo que no es muy deseable por el usuario y por último pero no menos importante, otro factor a considerar está en función de las condiciones geométricas de las vialidades donde se pretende prestar el servicio,

debido a que los vehículos deben tener las condiciones físico-geométricas para desplazarse con libertad y facilidad por la red vial.

En cuanto a la tecnología a utilizar, se hará una comparación entre un sistema de autobuses convencionales y un tranvía, esto debido a las características de la zona, que tiene una red vial de dimensiones que no permiten el confinamiento de derecho de vía y por su configuración geométrica, estos sistemas son los más viables para resolver los problemas de transporte.

Por lo que se debe elegir un vehículo de capacidad y dimensiones que permitan equilibrar entre los costos operativos y calidad del servicio.

Particularmente en este caso serán evaluadas dos alternativas de vehículos, de las que se obtendrán los pros y contras de cada una, la evaluación estará basada en las características físicas y operativas principalmente.

4.4.1. Autobús

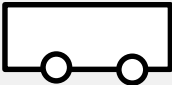


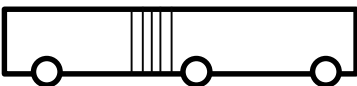
Este servicio es uno de los más comunes, el cual consiste en vehículos que operan en rutas fijas y horarios fijos, estos sistemas pueden variar en la capacidad que van de minibuses que tienen de 20 a 35 espacios hasta los autobuses articulados con hasta 160 espacios (Como el Metrobús de la Ciudad de México), estos últimos operan normalmente en derechos de vía tipo B, es decir carriles segregados del tránsito mixto, con cruces a nivel. El sistema de autobuses regulares está habilitado para operar en cualquier calle, vías primarias y arterias, sin embargo en esta última no es muy recomendable su operación. Los sistemas de autobuses regular, proveen de servicios que cubren una gran gama de niveles de servicio, desempeño, costos e impactos. (Vuchic, 2007).

Es un sistema que consiste en autobuses que operan regularmente en derroteros fijos y horarios fijos, en estos servicios pueden ser utilizados diferentes tipos de vehículos como los minibuses con capacidad de 12 a 20 asientos hasta un autobús estándar con capacidad de 35 a 55 asientos.

- Este tipo de servicios puede manejar una velocidad normal de operación de 15 a 25 Km/h y una velocidad de operación a capacidad de 8 a 15, es decir en horas de máxima demanda.
- La velocidad de operación es una variable que considera el tiempo de recorrido de una terminal a otra incluyendo el tiempo de parada en cada estación o sitio donde realiza maniobras de ascenso y descenso y se calcula así.
- La frecuencia máxima del sistema oscila entre 60 y 120 vehículos – hora
- La frecuencia máxima equivale a una capacidad de línea de 2,400 a 8,000 espacios – hora
- El derecho de vía requerido para este tipo de sistemas va de 6.0 m a 7.3 m por cada par de carriles
- El costo de inversión por cada par de carriles es aproximadamente de \$7, 250, 000 por kilómetro

En la siguiente tabla se especifican las dimensiones de los diferentes vehículos que regularmente son utilizados para este tipo de sistemas.

Tabla 4-XII: Diferentes tipos de vehículos (Vuchic, 2007)

Nombre	Bosquejo	Longitud (m)	Ancho (m)	Asientos Mín. / Máx.	Total de Espacios
Minibús		6 – 7	2.05	12 – 20	30
Midibús		8 – 10	2.05	16 – 30	50
Autobús Estándar		10 – 12	2.59	35 – 55	90 - 100
Autobús Articulado		16 – 18	2.55	40 – 75	160

Los midibuses tienen una longitud entre ocho y diez metros, por lo que son ligeramente más largos que el minibús, de la misma manera la cantidad de asientos con los que cuentan es de 16 a 30 para llegar a una capacidad total de 50 espacios. (Molinero, 2002)

En el caso del Autobús Regular o Estándar es un vehículo de una carrocería unitaria con una longitud que va desde los 10 hasta los 12 metros, este puede tener una capacidad total desde 50 hasta 110 espacios, aunque se recomienda un máximo de 90 para efectos de un adecuado nivel de servicio. (Vuchic, 2007)

Regularmente llevan un motor propulsado por diésel, este vehículo también está conformado por 2 ejes y en algunos casos hasta tres.

Ventajas y Desventajas

A. Ventajas

- Diversidad de las capacidades del material rodante disponible en el mercado, otorgando mayor facilidad para la adaptación de los sistemas a las variaciones de la demanda.
- Vehículos de fácil desplazamiento por calles estrechas.

- Bajos costos de inversión en infraestructura y material rodante.
- Posibilidad de segregar el derecho de vía por donde pasa el autobús y prioridad en los cruces a nivel.

B. Desventajas

- Puntos de paradas en distancias más cortas entre cada punto o parada.
- Constantes inversiones en mantenimiento principalmente en renovación del material rodante (10 años aproximadamente).
- Emisiones de gas contaminante tanto local como foráneo (mayor en comparación con sistemas eléctricos).
- Aspecto urbano menos amigable.
- No es posible acoplar más de un vehículo en cada Unidad Transportadora⁸
- Vehículos de menor capacidad que un tranvía.

4.4.2. Tranvía

Los sistemas férreos están compuestos por una guía externa, lo que quiere decir que el operador solo se encarga de regular la velocidad, de esta manera se utiliza el mínimo ancho de sección disponible. Aun que es un sistema guiado por riel este permite su operación en un derecho de vía tipo “C” es decir combinado con el tránsito mixto. (Molinero, 2002)

Son sistemas de propulsión eléctrica, asimismo pueden operar con un vehículo o tres a la vez, es decir, acoplar tres vehículos que circulan simultáneamente como si fueran uno solo, a lo que llamaremos Unidad Transportadora, cada vehículo con una capacidad de 80 a 300 espacios. (Vuchic, 2007)

El conjunto de la rueda de acero y el riel otorgan al tranvía una menor resistencia al rodamiento, lo que se traduce en ahorros de energía. (Molinero, 2002)

⁸ Unidad Transportadora (UT): es un vehículo que puede o no estar conformado por más de un carro, por ejemplo un tren es una UT compuesta por 9 carros regularmente en la Ciudad de México.



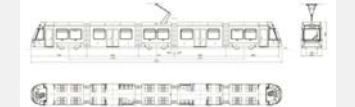
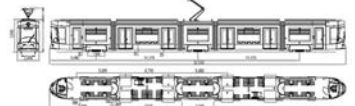
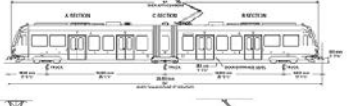

Sin embargo al desplazarse en condiciones de tránsito mixto se reduce la confiabilidad de la velocidad de operación, ya que esta se apega a las condiciones del flujo de tránsito mixto. (Molinero, 2002)

Los vehículos regularmente tienen de cuatro a seis ejes, con una longitud total de 14 a 21 metros, y las capacidades que presentan van de 100 a 180 por vehículo, de estos y según la configuración de los vehículos desde un 20 hasta un 40 % pueden ir sentados (Molinero, 2002)

Algunas de las características operativas se describen a continuación:

- La velocidad normal de operación está entre 12 y 20 km/h
- La velocidad de operación a capacidad, es decir en hora de máxima demanda, oscila entre 8 a 13 km/h.
- Es calculada de forma similar a la anterior (ver ecuación 4-1)
- Son sistemas que pueden tener frecuencias oscilantes entre 60 y 120 Unidades Transportadoras por hora.
- La capacidad de línea está entre 4,000 a 15,000 espacios – hora
- El derecho de vía necesario para estos vehículos está entre 6.0 y 6.7 m de ancho para un par de carriles
- El costo de inversión aproximado es de \$ 72,500,000 por kilómetro de par de carriles

Tabla 4-XIII: Ejemplo de dimensiones y capacidad de material rodante de tranvías que actualmente están en operación en Europa (Fuente: Sitio oficial Bombardier)

Nombre	Núm. De Módulos	Boceto	Longitud (m)	Ancho (m)	Asientos	Total de Espacios
FLEXITY Berlín, German	5		30	2.4	64	180
FLEXITY Berlín, German	7		40	2.4	88	239
FLEXITY 2 Blackpool, UK	5		32.2	2.6	74	222
FLEXITY Outlook Marseille, France	5		32.5	2.4	42	200
FLEXITY Swift Minneapolis, USA	2		28.6	2.6	66	246
FLEXITY Classic Plauen, Germany	2		21	2.3	50	119

Ventajas y Desventajas

A. Ventajas

- Reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero.
- Incremento de la calidad del aire en el ámbito urbano.
- Reducción del nivel de ruido generado por el tráfico.
- Reducción de la congestión.
- Incremento de la calidad del ambiente urbano.
- Reducción de la ocupación de suelo, ya que para una misma capacidad de transporte el tranvía ocupa 30 veces menos espacio que el automóvil.
- Reducción de los residuos generados por el transporte urbano, al usar equipos reutilizables y materiales reciclables como pasa en el eurotram de Porto, donde dichos materiales alcanzan el 84 por ciento del peso del tranvía al final del ciclo de vida útil.
- Reducción de los recursos naturales y materias primas utilizados en el transporte urbano.

B. Desventajas

- Costos de construcción y de operación

- Nula flexibilidad del sistema ante externalidades del servicio.
- Infraestructura robusta.
- Tiempos de implantación.

4.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA PROPUESTA

El éxito de una ruta de transporte depende de la calidad de servicio que sea ofertada por este, para establecer un alto nivel de servicio es necesario definir variables que están relacionadas con la comodidad y seguridad dentro de la unidad, así como de los tiempos empleados en la realización del viaje (tiempo que pasa dentro del vehículo) y la conveniencia y existencia de infraestructura que complemente el servicio. (Molinero, 2002)

Sin embargo existen variables que son fundamentales en el dimensionamiento de una ruta facilitando esta tarea, por lo que las variables principales son:

- Sección de máxima demanda
- Capacidad del vehículo.
- Frecuencia del Servicio
- Intervalo
- Capacidad de línea

4.5.1. Sección de máxima demanda

Es la sección dentro de la ruta o corredor donde se presenta la máxima demanda de pasajeros a bordo de las unidades y establece el volumen de diseño (dimensionamiento) del corredor y se representa por la letra **P**, este es el parámetro básico para determinar la capacidad de línea que debe ser ofertada.

4.5.2. Intervalo

Este es el lapso de tiempo que se define entre la salida de un vehículo y el siguiente inmediato, medido en minutos, sin embargo es una variable fundamental en el dimensionamiento, debido a que está relacionada con el nivel de servicio así como con los costos operativos ya que cuando el intervalo es mínimo el usuario percibe un mayor nivel de servicio (mínimo tiempo de espera), sin embargo el operador del servicio puede

elevar sus costos de operación, por lo que significa que el operador debe establecer criterios que definan el intervalo óptimo. Este indicador se representa con una i .

4.5.3. Frecuencia del servicio

Es el número de vehículos que pasan por un punto en un periodo de tiempo, siendo este el inverso del intervalo y se relacionan por la expresión.

Ecuación 4-1: Calculo de la frecuencia (Fuente: Molinero 2002)

$$f = \frac{60}{i}$$

donde:

- f Frecuencia de paso (Veh./hora)
- i Intervalo(Min)
- 60 Factor de conversión de minutos a horas

La frecuencia máxima está determinada por el intervalo mínimo que a su vez se define por las paradas donde se presentan mayor número de ascenso y descensos de pasajeros por lo que el intervalo mayor a lo largo del corredor representa el crítico consecuentemente corresponde al intervalo mínimo posible.

Las frecuencias dependen de la relación entre el volumen de la Sección de Máxima Demanda y la capacidad vehicular, es decir a mayor capacidad vehicular se requiere un menor número de frecuencias, asimismo la elección de un tipo de vehículo es dependiente de dos indicadores fundamentales, nivel de servicio y costos operativos. Mientras el usuario busca un alto nivel de servicio que en este caso está reflejado en el número de frecuencias, a mayor frecuencias, mejor nivel de servicio para el usuario, sin embargo las empresas operadoras buscan tener economías de escala, lo que se puede obtener con una flota de grandes capacidades ya que requerirán de menor número de vehículos para satisfacer la demanda lo que genera ahorros en los costos operativos, estas dos cosas son opuestas, por lo que los operadores deben buscar un punto de equilibrio entre ambas, siempre buscando satisfacer al usuarios optimizando sus recursos.

4.5.4. Capacidad Vehicular

Está dado por la suma del número de asientos y espacios disponibles dentro de los vehículos y se define por C_v .

4.5.5. Capacidad de Línea

Esta variable corresponde al número total de espacios ofrecidos en un punto durante una hora, este es básico en el diseño y es el producto entre la frecuencia y la capacidad vehicular. Por lo tanto este debe ser mayor o igual que el volumen de diseño y se representa por la letra C .

Ecuación 4-II: Calculo de la capacidad de Línea (Fuente: Molinero 2002)

$$C = f \times C_v$$

donde:

- C Capacidad de línea (pasajeros/hora)
- f Frecuencia (vehículos/hora)
- C_v Capacidad del vehículo (Pasajeros/vehículos)

En este caso para conocer el volumen de diseño se realizó un estudio de Frecuencia y Ocupación Visual que básicamente consiste en un conteo de pasajeros de las unidades y conteo y registro de los vehículos de las rutas que se pretenden estudiar.

La etapas de este estudio son las siguientes: identificar rutas que tienen participación en el corredor a estudiar, definir puntos de paso de las rutas en cuestión de preferencia considerar dos o más puntos para cada ruta.

La información más importante a obtener de este estudio se define a continuación:

- **Hora:** La hora y minuto en que pasa cada uno de los vehículos de las rutas dentro del proyecto.
- **Ruta:** El número o clave con la que se identifica la ruta/derrotero a la que pertenece los vehículos.
- **Número Económico (Eco):** El número específico que diferencia a cada vehículo de transporte.

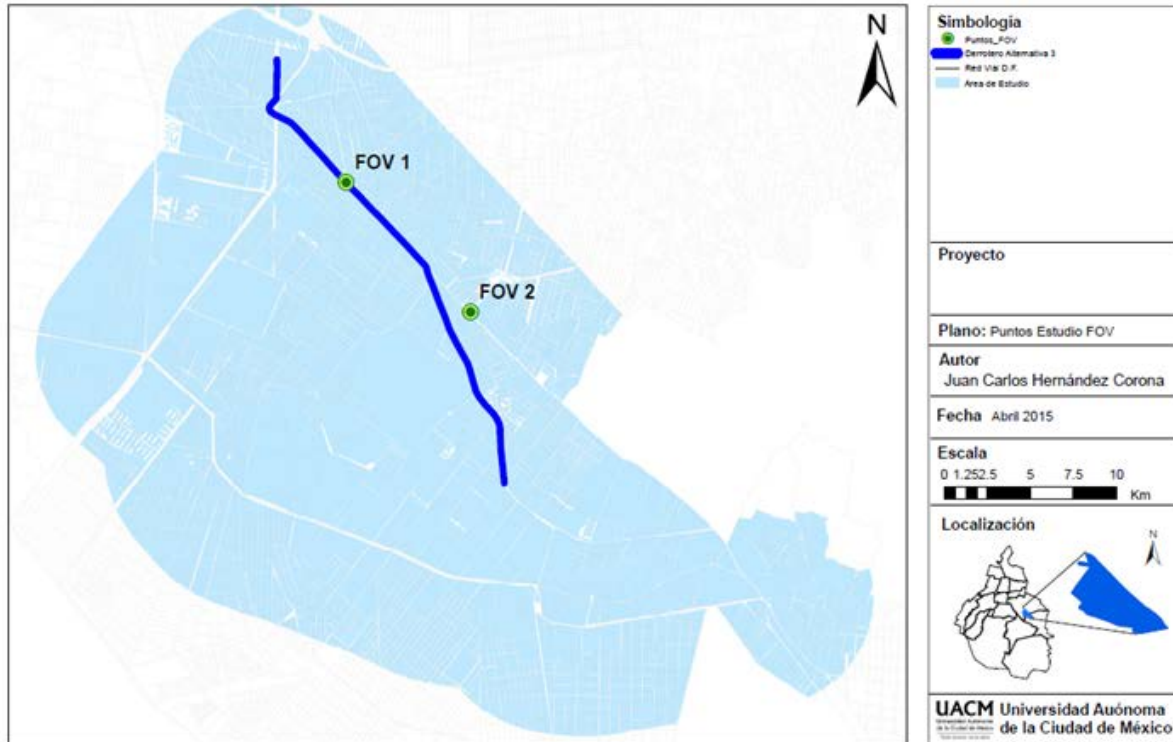
- **Ocupación:** El número de pasajeros a bordo de la unidad en el momento de paso por el punto de conteo.
- **Tipo de vehículo:** Tipo de la unidad que se observa, por ejemplo: Autobús tipo bóxer, autobús largo, microbús, Combi o Van, etc.
- **Sentido:** Sentido en el que circula el vehículo.

Los criterios para la elección de las rutas y los puntos fueron los siguientes:

- Las rutas son aquellas en las cuales circulan dentro del corredor propuesto.
- Los puntos elegidos preferentemente deben de seleccionarse sobre la vialidad del corredor propuesto y donde se identifiquen el mayor número de rutas.
- Se deben seleccionar puntos donde sea posible realizar una observación de los tres derroteros antes mencionados y que influyen directamente en el corredor.
- Se realizó una observación para identificar donde las unidades pasan más saturadas, con lo cual fue posible elegir los puntos de más altos volúmenes.

Para tener un mejor conteo en el estudio fue necesario realizar una inspección en campo, la cual permitió conocer los diferentes tipos de vehículos que operan en las diferentes rutas a estudiar, por lo que es posible definir la capacidad de cada tipología de los vehículos, toda vez que se conoce la estructura de los asientos y el espacio disponible, entonces al realizar una observación resulta más sencillo identificar la capacidad de los vehículos.

En la siguiente ilustración se presenta el formato utilizado en el levantamiento del campo.



Mapa 4-XIV: Localización de Puntos FOV (Elaboración Propia)

En recorridos que se realizaron sobre el corredor seleccionado se lograron identificar 7 rutas de transporte que operan y tienen relación con el corredor propuesto, ya sea que son paralelas, perpendiculares o tienen su inicio o fin en algún punto del mismo.

NO.	RUTA	ORIGEN	DESTINO	TIPO DE VEHÍCULO
1	119	UACM	Metro Constitución de 1917	Autobús Padrón
2	R14	Minas	Metro Constitución de 1917	Autobús bóxer
3	R14	Minas	Metro Iztapalapa	Autobús bóxer
4	R14	Minas	Central de Abasto	Autobús bóxer
5	R14	Reclusorio	Metro Constitución de 1917	Autobús bóxer Microbús
6	R37	Metropolitana	Metro Constitución de 1917	Autobús bóxer
7	R37	Minas	Metro Aeropuerto	Autobús bóxer

Tabla 4-XV: Descripción de la oferta de transporte con influencia en las alternativas propuestas (Fuente: Elaboración Propia)

De las rutas observadas se analizaron los trazos dando como resultado que sólo 4 rutas de las 7 identificadas, tienen influencia directa con el corredor propuesto, toda vez que las rutas 5, 6 y 7 descritas en la tabla anterior en ningún momento de su recorrido

operan dentro de la alternativa propuesta y sólo la atraviesan, es decir, su operación es perpendicular al corredor propuesto. Por lo que su participación en este no aporta demanda al corredor.

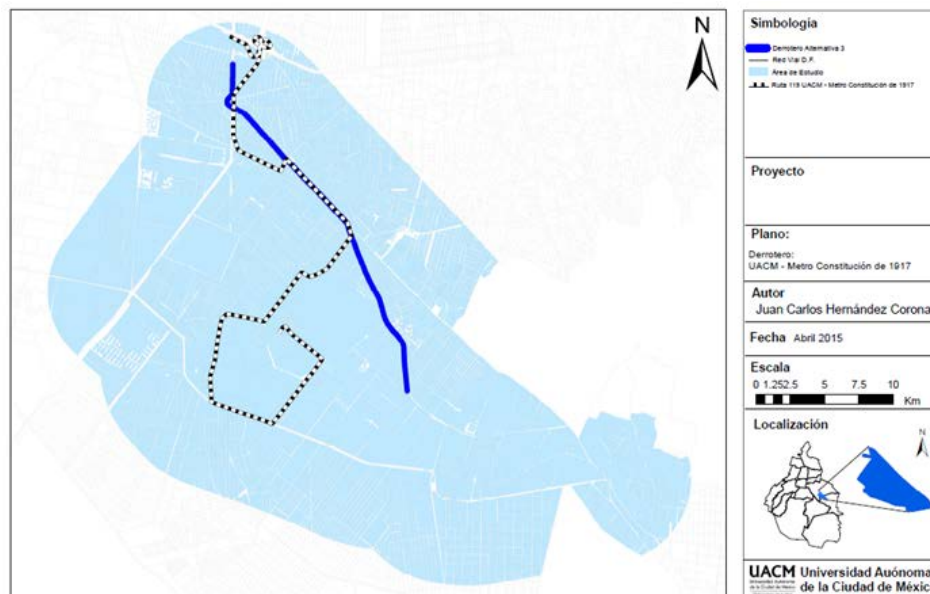
A continuación se presentan gráficamente los trazos de las 7 rutas observadas en campo.

4.5.6. Ruta 119 UACM – Metro Constitución de 1917

RUTA	ORIGEN – DESTINO	LONGITUD KM	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD VEHICULAR
37-1	UACM – Metro Constitución de 1917	10.0	Autobús Padrón	100
37-1	Metro Constitución de 1917 – UACM	9.4		

Tabla 4-XVI: Derrotero de la ruta 37 (Fuente: Elaboración propia)

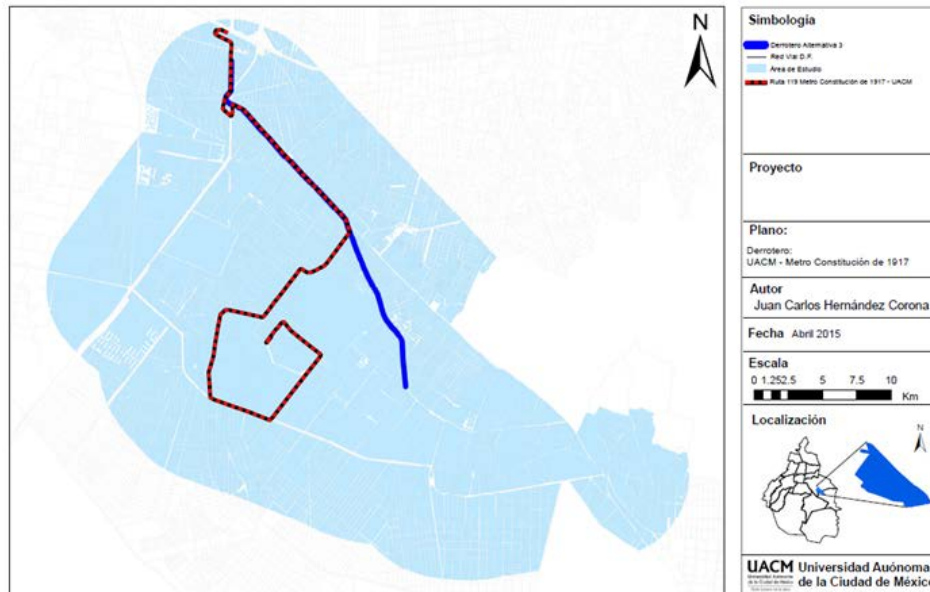
Sentido Oriente – Poniente: Esta ruta sale de la UACM plantel San Lorenzo Tezonco lo rodea y llega a Avenida Tláhuac por Providencia, continúa por Avenida Tláhuac hasta Avenida Zacatlán, gira en esta para después continuar por Avenida del Árbol, Avenida Benito Juárez, da vuelta en Anillo Periférico Canal de Garay hasta Eje 8 Sur calzada Ermita Iztapalapa y termina en el paradero del Metro constitución de 1917.



Mapa 4-XV: Derrotero Ruta 119 UACM – Metro Constitución de 1917 Sentido O – P (Fuente: Elaboración Propia)

Sentido Poniente – Oriente: En este sentido sale del paradero de Constitución y circula por avenida de las Torres hasta Vasco de Quiroga, sigue por Avenida Benito

Juárez, después Avenida del Árbol, sigue por Avenida Zacatlán, Avenida Tláhuac, Providencia y rodea la UACM plantel san Lorenzo Tezonco hasta llegar a la puerta principal.



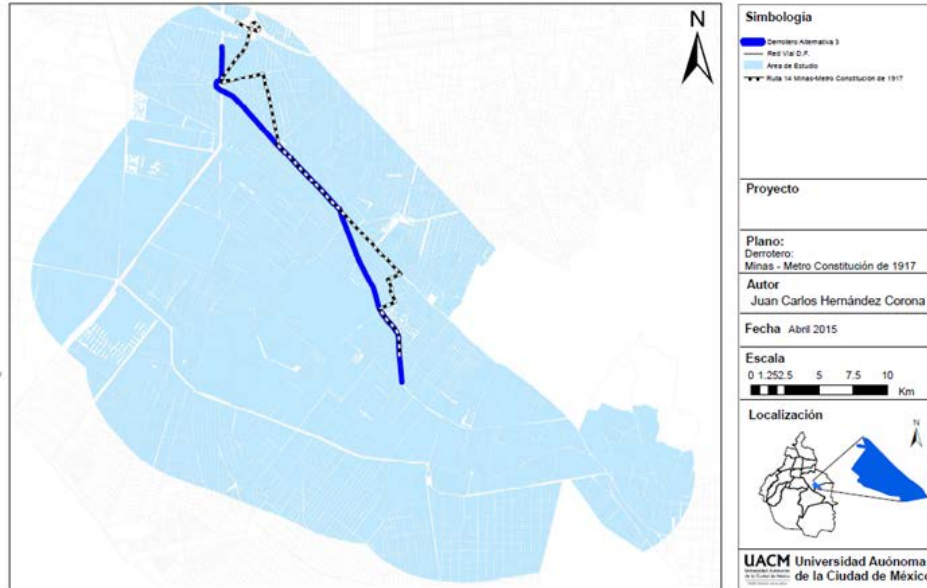
Mapa 4-XVI: Derrotero Ruta 119 UACM – Metro Constitución de 1917 sentido P – O (Fuente: Elaboración Propia)

4.5.7. Ruta 14: Ramal Minas –Metro constitución de 1917

RUTA	ORIGEN - DESTINO	LONGITUD KM	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD VEHICULAR
14-1	Minas-Metro Constitución de 1917	6.1	Autobús Bóxer	60
14-1	Metro Constitución de 1917-Minas	5.2		

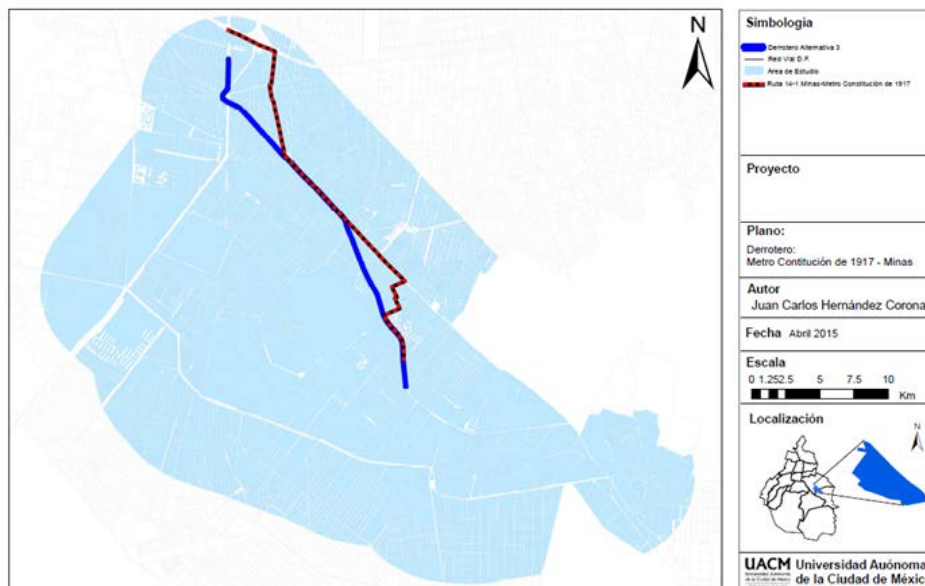
Tabla 4-XVII: Ruta 14 Minas - Metro Constitución (Fuente: Elaboración Propia)

Sentido Oriente – Poniente: Esta inicia en calle San Rafael Atlixco esquina con Gitana avanza por San Rafael Atlixco después Puerto Escondido, Playa Encantada, Puerto de Acapulco, Puerto Arista, San Francisco Tlaltenco, Avenida Benito Juárez, El Vergel, General Felipe Ángeles, Avenida 5 de Mayo, Anillo Periférico Avenida canal de Garay y Eje 8 Ermita Iztapalapa Junto a la terminal Constitución de 1917 del metro línea 8.



Mapa 4-XVII: Derrotero Ruta 14: Ramal Minas –Metro constitución de 1917 Sentido O – P (Fuente: Elaboración Propia)

Sentido Poniente – Oriente: Comienza en el Eje 8 Sur-Calzada Ermita Iztapalapa, continua por calle Lirio, Felipe Ángeles, El Vergel, Avenida Benito Juárez, sigue por calle Puerto Arista, Playa Encantada, Puerto Huatulco, Playa Grande y San Rafael Atlixco terminando en el cruce de esta última con calle Gitana.



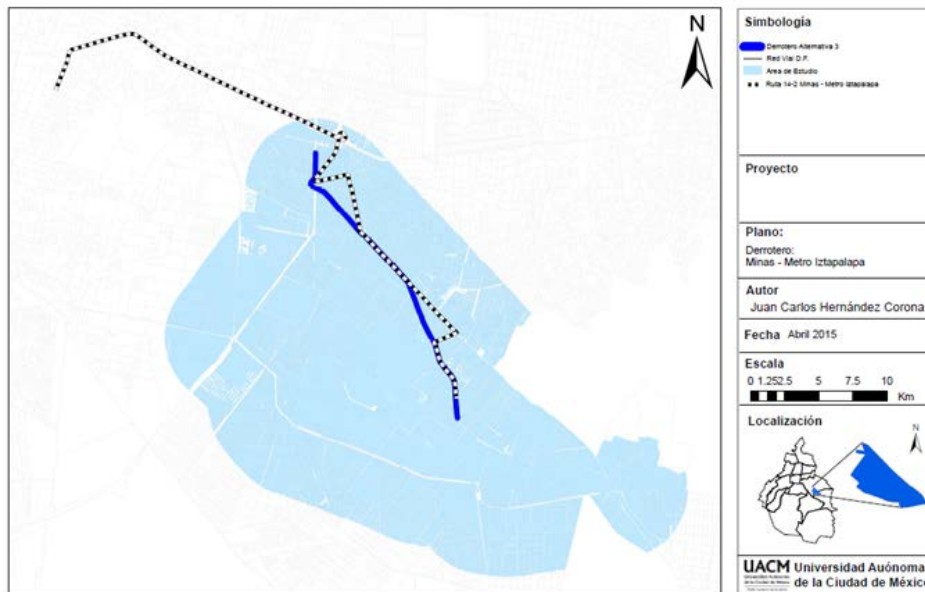
Mapa 4-XVIII: Derrotero Ruta 14: Ramal Minas –Metro constitución de 1917 sentido P - O (Fuente: Elaboración propia)

4.5.8. Ruta 14 Ramal Minas –Metro Iztapalapa

RUTA	ORIGEN - DESTINO	LONGITUD KM	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD VEHICULAR
14-2	Minas-Metro Iztapalapa	10.6	Autobús Bóxer	60
14-2	Metro Iztapalapa-Minas	10.3		

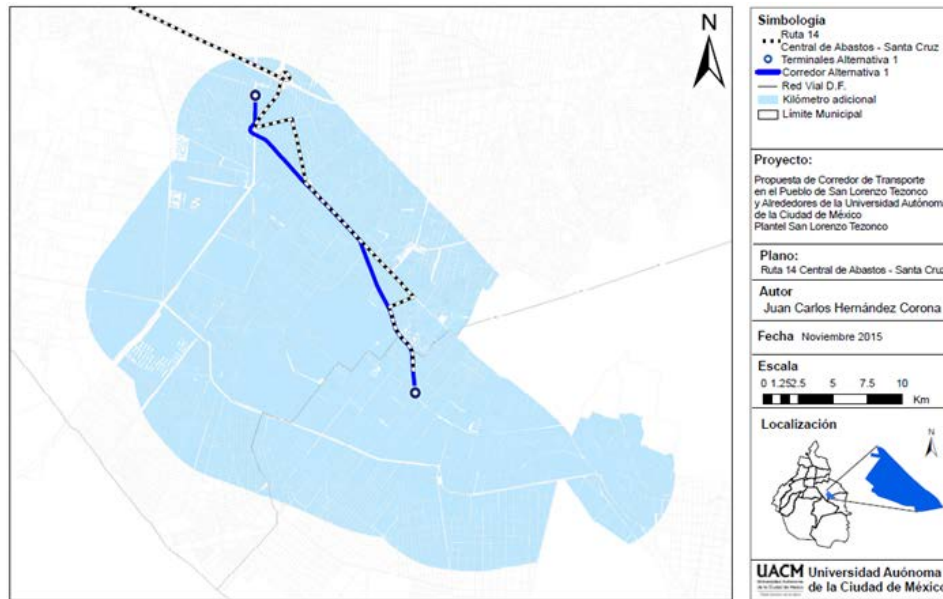
Tabla 4-XVIII: Ruta 14 Minas - Metro Iztapalapa (Fuente: Elaboración Propia)

Sentido Oriente – Poniente: Este derrotero tiene comienzo en San Rafael Atlixco y Gitana, continua por San Rafael Atlixco, Puerto Arista, Avenida San Francisco Tlaltenco, El vergel, General Felipe Ángeles, Avenida 5 de Mayo, Anillo Periférico Canal de Garay, Eje 8 Sur Calzada Ermita Iztapalapa, Puente Titla, Citlazin hasta Arroyo Tláloc.



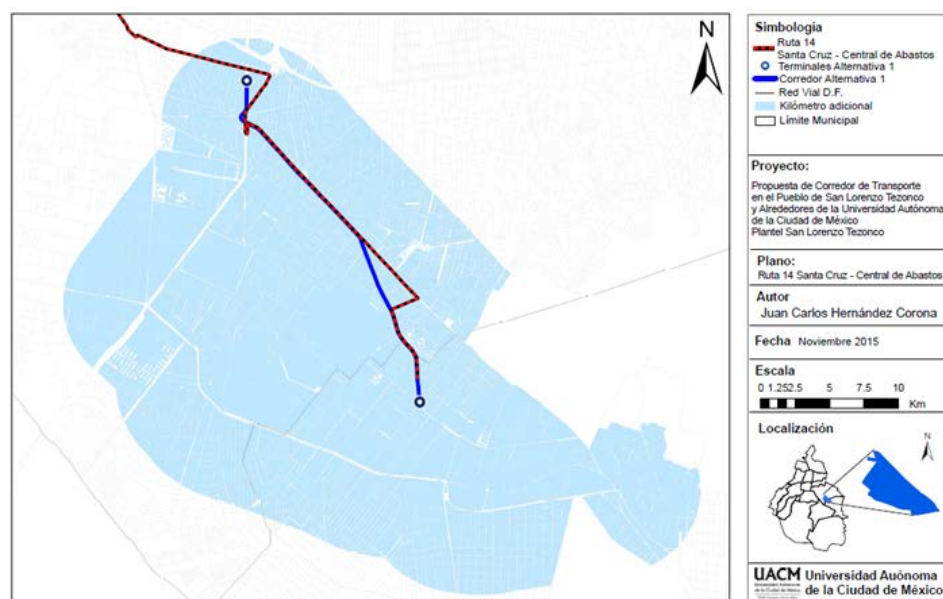
Mapa 4-XIX: Derrotero Ruta 14 Ramal Minas –Metro Iztapalapa Sentido O – P (Fuente: Elaboración propia)

Sentido Poniente – Oriente: Comienza en calle Puente Titla, siguiendo por Eje 8 Sur Calzada Ermita Iztapalapa, Avenida San Lorenzo, calle Santa Cruz, Bugambilia, Del Rosal, Anillo Periférico Canal de Garay, Av. Benito Juárez, Continua por Puerto Arista, Av. Benito Juárez hasta el cruce con Gitana.



Mapa 4-XX: Derrotero Ruta 14 Ramal Minas – Central de Abasto Sentido O – P (Fuente: Elaboración propia)

Sentido Poniente – Oriente: Sale de la Central de Abastos por el Eje 5 Ote dirección al Sur hasta llegar al Eje 8 Ermita Iztapalapa donde da vuelta a la izquierda hasta la calle fundición donde gira a la derecha y después a la izquierda en Camino Real a San Lorenzo para seguir por calle del rosal en dirección Ote. Hasta llegar al periférico y dar vuelta a la derecha, posteriormente gira a la izquierda para entrar por la calle Benito Juárez para seguir por esta hasta Puerto Arista donde da vuelta a la derecha y calles adelante a la izquierda donde sigue hasta el cruce con calle Panteones.



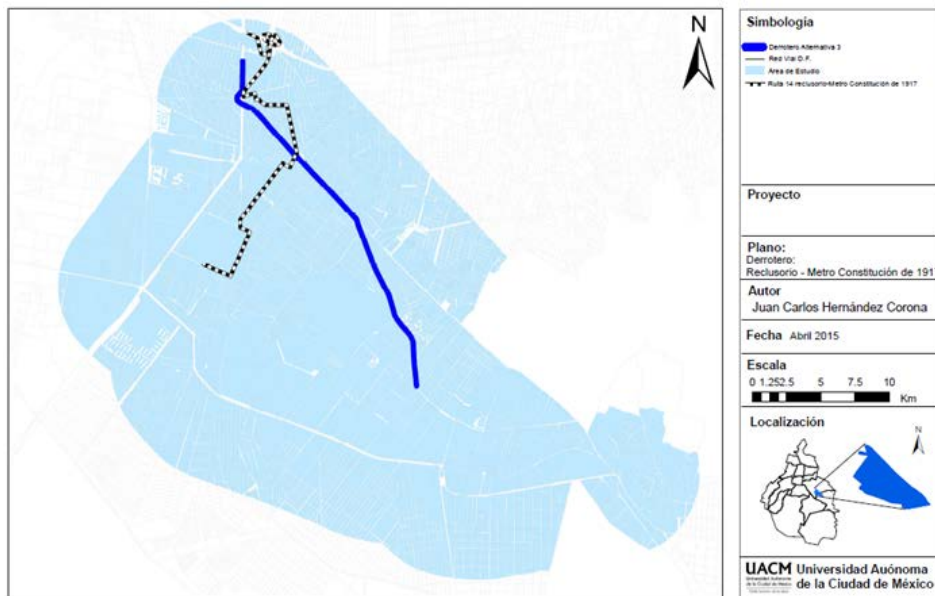
Mapa 4-XXI: Derrotero Ruta 14 Ramal Minas – Central de Abasto Sentido P – O (Fuente: Elaboración propia)

4.5.10. Ruta 14 Ramal Reclusorio – Metro Constitución de 1917

RUTA	ORIGEN - DESTINO	LONGITUD KM	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD VEHICULAR
14-4	Reclusorio-Metro Constitución de 1917	5.3	Autobús Bóxer	60
14-4	Metro Constitución de 1917–Reclusorio	5.1	Micro	40

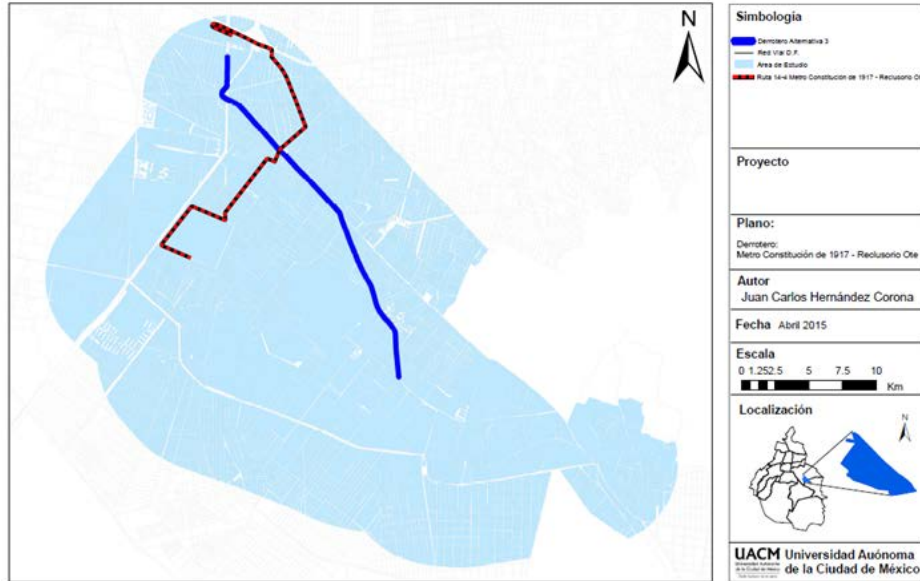
Tabla 4-XX: Ruta 14 Reclusorio - Metro Constitución de 1917 (Fuente Elaboración Propia)

Sentido Sur – Norte: Este derrotero comienza por la Av. Reforma en la aduana sur del Reclusorio oriente rodeando al reclusorio hasta Av. De las Torres continuando por esta, Río Peritas, después Av. José López Portillo, Adolfo Ruiz Cortines, Av. El Vergel, continuando por Felipe de los Ángeles, Centauro del Norte, Hacienda Capilla, Av. 5 de Mayo, Pasando por Anillo Periférico Canal de Garay, y al finalizar entra al paradero del Metro Constitución de 1917 por Eje 8 Sur Calzada Ermita Iztapalapa.



Mapa 4-XXII: Derrotero Ruta 14 Ramal Reclusorio – Metro Constitución de 1917 Sentido S – N (Elaboración propia)

Sentido Norte - Sur: El recorrido que realiza en el sentido opuesto al anterior descrito comienza al salir del paradero del Metro Constitución de 1917 siguiendo por Eje 8 Sur Calzada Ermita Iztapalapa continuando por calle Lirio, F.c. Terraplén San Rafael, sigue por El Vergel, Adolfo Ruiz Cortines, Av. José López Portillo, Venustiano Carranza, continua por Río Peritas, Av. De las Torres, Río Nilo rodeando el reclusorio hasta finalizar en la aduana sur del reclusorio.



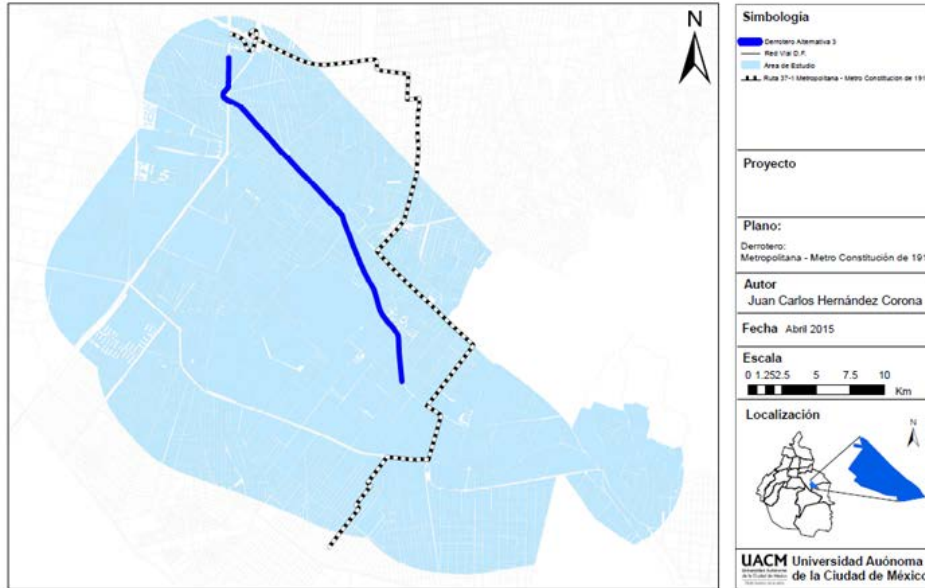
Mapa 4-XXIII: Derrotero Ruta 14 Ramal Reclusorio – Metro Constitución de 1917 sentido N – S (Fuente: Elaboración Propia)

4.5.11. Ruta 37 Ramal Metropolitana – Metro Constitución de 1917

RUTA	ORIGEN - DESTINO	LONGITUD KM	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD VEHICULAR
37-1	Metropolitana - Constitución de 1917	10.4	Autobús Bóxer	60
37-1	Metro Constitución de 1917–Metropolitana	10.3		

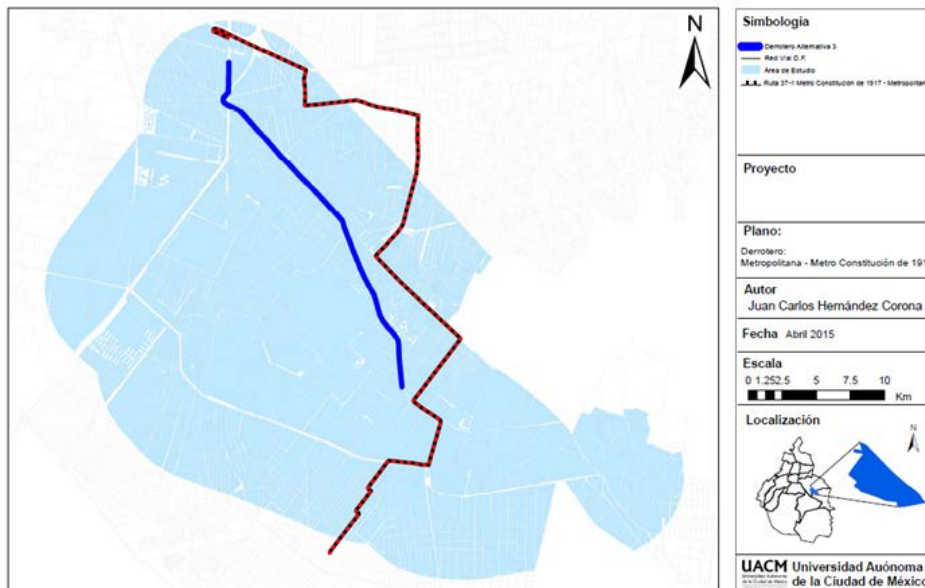
Tabla 4-XXI: Ruta 37 Metropolitana - Metro Constitución de 1917 (Fuente Elaboración Propia)

Sentido Oriente – Poniente: Este derrotero comienza en calle Jacobo de Lieja, Don Carlo, Nicolás Champion, Carmen, Gregorio Alegri, Arabella, continuando por Av. Tláhuac, Juan de Dios Peza, San Rafael Atlixco, Manuel M. López, Camino Real Zapotitlán, San francisco Tlaltenco, Manuel Cañas, Hidalgo, Guadalupe Victoria, Cuauhtémoc, después Ignacio Manuel Altamirano, continua por Eje 8 Sur Calzada Ermita Iztapalapa, terminando en el paradero del Metro Constitución de 1917.



Mapa 4-XXIV: derrotero Ruta 37 Ramal Metropolitana – Metro Constitución de 1917 Sentido O – P (Fuente: Elaboración Propia)

Sentido Poniente – Oriente: El recorrido de esta ruta sale del paradero del metro constitución de 1917 para circular por el Eje 8 Sur Calzada Ermita Iztapalapa, después por Juan de Dios Peza, Avenida Insurgentes, continua por Manuel Cañas, para después continuar por San Francisco Tlaltenco, Salvador Díaz Mirón, continua por San Rafael Atlixco, después Juan de Dios Peza, Avenida Tláhuac, Arabella, Calle Carmen, Don Carlo hasta Jacobo de Lieja.



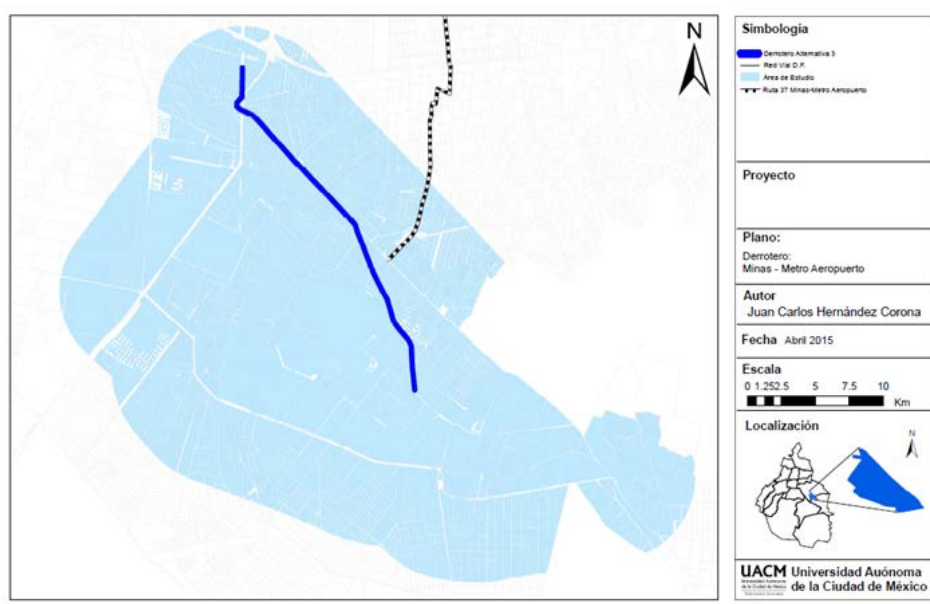
Mapa 4-XXV: Derrotero Ruta 37 Ramal Metropolitana – Metro Constitución de 1917 Sentido P – O (Fuente: Elaboración propia)

4.5.12. Ruta 37 Ramal Minas – Metro Constitución de 1917

RUTA	ORIGEN - DESTINO	LONGITUD KM	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD VEHICULAR
37-1	Minas – Aeropuerto	14.5	Autobús Bóxer	60
37-1	Aeropuerto - Minas	13.8		

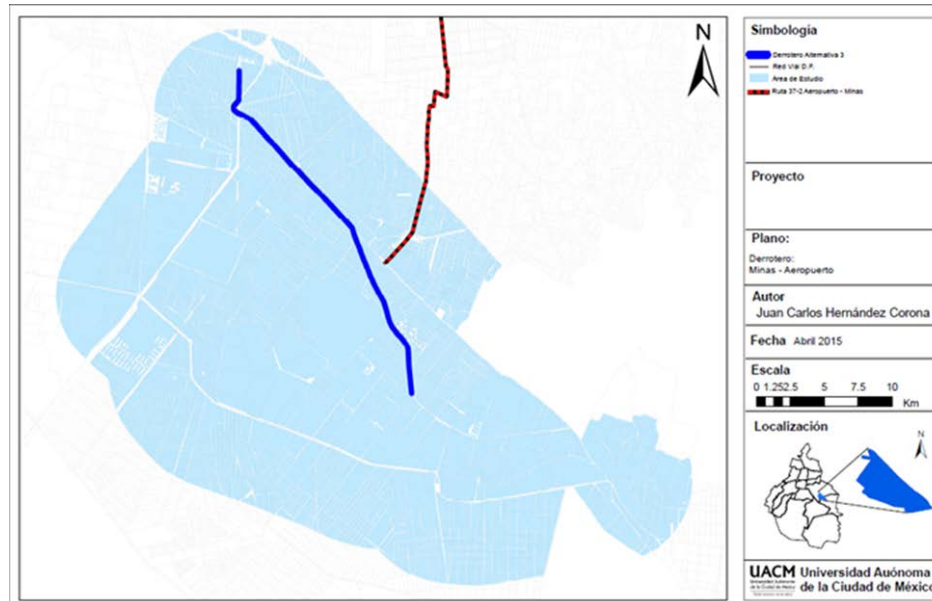
Tabla 4-XXII: Ruta 37 Minas - Metro Constitución de 1917 (Fuente: Elaboración Propia)

Sentido Oriente – Poniente: Este derrotero va por Manuel M. Cañas, sigue por Cuitláhuac, calle 39, Eje 7 Ote. Guelatao, avenida Zaragoza hasta Eje 4 Ote. Avenida Río Churubusco terminando en paradero de Pantitlán.



Mapa 4-XXVI: RUTA 37 - 2 Minas – Aeropuerto sentido O – P (Elaboración propia)

Sentido Poniente – Oriente: En el sentido opuesto comienza en el paradero de Pantitlán, sigue por Eje 4 Ote. Río Churubusco, continúa por Avenida Zaragoza, Eje 7 Ote. Guelatao, calle 39, Cuitláhuac, Manuel M. Cañas hasta San Francisco Tlaltenco.



Mapa 4-XXVII: Derrotero RUTA 37 - 2 Minas – Aeropuerto sentido P – O (Elaboración propia)

4.5.13. **Resultados de Estudio de Frecuencias y Ocupación Visual (FOV)**

El levantamiento se llevó a cabo el día miércoles 11 de marzo del 2015 en el **FOV 1** y el día jueves 19 de marzo del 2015 en el **FOV 2**, en un horario de 07:30 a 9:30 hrs.

Se realizó en este horario, debido a que en la encuesta origen destino realizada por el INEGI en 2007 indica como periodo de máxima demanda de las 7 y las 10 hrs.

El análisis de la información recolectada en el FOV se llevó a cabo considerando sólo información referente a las 4 rutas con influencia directa en el corredor, de estas se describen las rutas que se observaron en cada uno de los puntos en la siguiente tabla.

FOV	RUTA	ORIGEN	DESTINO
FOV 1	119	UACM	Metro Constitución de 1917
FOV 1	R14-1	Minas	Metro Constitución de 1917
FOV 1	R14-2	Minas	Metro Iztapalapa
FOV 1	R14-3	Minas	Central de Abasto
FOV 2	R14-1	Minas	Metro Constitución de 1917
FOV 2	R14-2	Minas	Metro Iztapalapa
FOV 2	R14-3	Minas	Central de Abasto

Tabla 4-XXIII: Rutas que se contabilizaron en el estudio FOV (Fuente: Elaboración Propia)

Hora	FOV 1		FOV 2	
	Sentido O-P	Sentido P-O	Sentido O-P	Sentido P-O
7:45:00	540	120	280	10
8:00:00	724	114	309	2
8:15:00	714	116	253	22
8:30:00	517	123	141	0
8:45:00	365	95	216	27
9:00:00	280	81	183	12
9:15:00	260	112	103	12
9:30:00	170	76	110	11

Tabla 4-XXIV: Volúmenes de pasajeros registrados en los puntos FOV en ambos sentidos

En la **tabla 4-XXIV** se muestran los volúmenes de carga en periodos de 15 minutos obtenidos del levantamiento realizado.

Hora	FOV 1		FOV 2	
	Sentido O-P	Sentido P-O	Sentido O-P	Sentido P-O
7:45 - 8:45	2,495	473	983	34
08:00 - 09:00	2,320	448	919	51
08:15 - 09:15	1,876	415	793	61
08:30 - 09:30	1,422	411	643	51
08:45 - 09:45	1,075	364	612	62

Tabla 4-XXV: Volúmenes de carga horaria (Fuente: Elaboración Propia)

Las **tabla 4-XXV** muestra los volúmenes de carga, donde se observa que la Hora de Máxima Demanda (HMD) es de 7:45 – 8:45 con un volumen de 2,495 pasa/hr en el sentido O – P, esto para el sentido más cargado cuando en la misma hora para el sentido opuesto el volumen corresponde a 473 pasajeros/hora/Sentido, consecuentemente el volumen de diseño para el corredor en estudio corresponde a 2,495 pas/hr.

Dado el volumen de diseño corresponde dimensionar el servicio que se ofertará en el proyecto, para lo cual es importante definir los indicadores anteriormente descritos, ya que son los fundamentales por estar relacionados con el nivel de servicio y los costos de operación. En la siguiente tabla se muestran los indicadores calculados para diferentes tipos de autobuses.

TECNOLOGÍA	CAPACIDAD UNITARIA	FRECUENCIA	INTERVALO	FRECUENCIA AJUSTADA	INTERVALO AJUSTADO	CAPACIDAD DE LÍNEA AJUSTADA	RELACIÓN OFERTA/CAPACIDAD
AUTOBUSES							
VW	45	55	1.1	60	1.0	2,700	1.08
BOXER	70	36	1.7	40	1.5	2,800	1.12
B 12M	90	28	2.2	30	2.0	2,700	1.08
B 15M	136	18	3.3	20	3.0	2,720	1.09
B 18M	160	16	3.8	20	3.0	3,200	1.28
B 18M	160	16	3.8	15	4.0	2,400	0.96

Tabla 4-XXVI: Dimensionamiento del servicio, de los principales indicadores operativos (Fuente: Elaboración Propia)

En la **Tabla 4-XXVII** se encuentran los resultados de las estimaciones de los parámetros principales (Frecuencia, Intervalo, Capacidad de Línea y la relación oferta/capacidad) para dimensionar un servicio de transporte para autobuses.

En un primer momento se realizaron las estimaciones para la frecuencia y para el intervalo, de dichos resultados se realizaron ajustes para regularizar las frecuencias a 60 min. Es importante aclarar que las capacidades de los diferentes vehículos están basadas en un estándar de cuatro personas por metro cuadrado.

Tomando en cuenta un intervalo aceptable de 3 a 5 min en el supuesto de que, para los usuarios esperar más de 5 min es demasiado tiempo cuando se trata de ir al trabajo, a la escuela, médico o abasto, asimismo un intervalo menor podría saturar el derrotero de vehículos o no ser óptimo en el tema financiero, y uno mayor aumentaría el tiempo de espera de los usuarios y en consecuencia el tiempo de viaje, lo que no es deseable. En ese sentido en la **Tabla 4-XXVII** se observa que se requiere de 60 autobuses VW a un intervalo de 1 min para lograr una capacidad de línea de 2,700 Espacios/Hora/Sentido, si la sección de máxima demanda es de 2495 significa que la oferta es mayor que la demanda en 8%, asimismo el intervalo está por debajo de lo idealizado y que podría generar congestión.

En cambio para el autobús B de 18 m con frecuencia ajustada de 15 vehículos e intervalo de 4 min, mantiene una holgura de tiempo entre unidades, permitiendo realizar las maniobras de acoplamiento en paradas y terminales, ascensos y descenso de usuarios asimismo es un tiempo considerablemente bajo, sin embargo la oferta está 4%

debajo de la demanda, esto aunado a la geometría del vehículo lo descartan para prestar un servicio de transporte de pasajeros en la zona de estudio.

Por lo que la tecnología más adecuada para este servicio es en el autobús B-15 m y B18 m con intervalo a 3 min desde el concepto operativo, no obstante entre estos podemos ver en la **Tabla 4-XXVII** que la capacidad es diferente, ya que el B-18 m tiene una capacidad de línea de 3,200 pas/hora/sentido a un intervalo de 3 min. lo que significaría una sobre oferta del servicio de 28% a diferencia del B-15 que su capacidad de línea es de 2,720 a un intervalo de 3 min que se traducen en una oferta 9% arriba de la demanda que se puede tomar en cuenta para el crecimiento de la demanda inducida⁹ por una mejora en el servicio.

En la siguiente tabla se describen los indicadores principales estimados para un servicio ofertado con diferentes tipos de tranvías.

TECNOLOGÍA	CAPACIDAD UNITARIA	FRECUENCIA	INTERVALO	FRECUENCIA AJUSTADA	INTERVALO AJUSTADO	CAPACIDAD DE LÍNEA AJUSTADA	RELACIÓN OFERTA/CAPACIDAD
TRANVÍAS							
TE-STE 1	300	8	7.2	9	7.0	2,400	0.96
TE-STE 2 (A)	374	8	7.5	8	7.5	2,992	1.20
TE-STE 2 (B)	374	7	8.6	7	8.5	2,640	1.06
TRANSLOHR 3	127	20	3.1	20	3.0	2,540	1.02
TRANSLOHR 4	170	15	4.1	15	4.0	2,550	1.02

Tabla 4-XXVII: Dimensionamiento del servicio, de los principales indicadores operativos (Fuente: Elaboración Propia)

De la tabla anterior se observa que los esquemas operativos para los tranvías TE-STE 1 y 2 no son recomendables para satisfacer la demanda de este caso de estudio, ya que en los tres casos el intervalo es muy amplio, lo que significaría un tiempo de espera prolongado para el usuario, mismo que no es conveniente, asimismo para el caso del TE-STE 1 la capacidad de línea está por debajo de lo necesario para cubrir la demanda y en el caso del TE-STE 2 (A) la capacidad de línea rebasa la demanda hasta por un 20%, esto es una sobreoferta que se traduce en costos operativos elevados y que se reflejarían en una alta tarifa.

⁹ Demanda Inducida: Nueva demanda de un sistema de transporte público nuevo que se da por la mejora operativa y de servicio del sistema.

Sin embargo, para el caso del tranvía Translohr la situación es totalmente distinta, debido a que ambos esquemas operativo se ajustan de manera adecuada a los requerimientos de la demanda y se pueden manejar intervalos de 3 a 4 min y una capacidad de línea que esta tan sólo 2% arriba de la demanda lo que le da un margen por si la demanda creciera consecuencia de un cambio modal por la mejora del servicio.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Existe una necesidad real y perentoria de mejorar la oferta de transporte público de pasajeros para los habitantes de la zona de estudio, principalmente en la parte norte de esta, dado que la cobertura del servicio de transporte público de pasajeros es insuficiente resultado del análisis realizado.

La mayor oferta de transporte público de pasajeros se presenta sobre las vialidades Tláhuac y Anillo Periférico, éstas representan los corredores o vías más importantes de la zona, debido a sus características físicas y de conectividad.

La oferta de transporte es insuficiente al norte del área de estudio, encontrándose únicamente sobre la calle Benito Juárez (Alternativa 3), por lo que esta vialidad, por donde se desarrolla la Alternativa 3, es de suma importancia dado que tiene continuidad y recorre la zona por el perímetro norte de oriente a poniente, conectando con los dos corredores principales; Av. Tláhuac y Anillo Periférico, lo que significa que tiene acceso a los principales modos de transporte de la región.

Asimismo, se concluye que las unidades que prestan el servicio de transporte, principalmente en la zona norte son de baja capacidad, van y microbuses con capacidad para 17 y 35 pasajeros respectivamente; si, se toma en cuenta que la **sección de máxima demanda** es de 2,495 pasajeros hora sentido, se requiere una frecuencia de 72 vehículos por hora utilizando microbuses, lo que es igual a un intervalo menor a un minuto, resultando más vehículos en la vía ocasionando congestionamiento y contaminación.

En función del análisis de frecuencias e intervalos realizado en el capítulo anterior se concluye que la necesidad de vehículos de mayor capacidad es necesaria para el nuevo sistema de transporte.

Por otro lado, pese a que la Alternativa 3 no presentó el mayor volumen de la demanda potencial con 27,442 personas por día para un área de cobertura de 250 metros y 51,480 personas al día para una cobertura de 500 m, lo que significa una

diferencia mínima que oscila entre los 3,500 y 2000 pasajeros por día respecto de la alternativa 2, dicha diferencia no se considera significativa, debido a que sólo representa entre el 12.0% y 3.8% respecto del total de la alternativa 2, por lo que se concluye que la demanda potencial estimada para la alternativa 3 representa un volumen importante y suficiente.

Finalmente, está vialidad da la opción a los habitantes de desplazarse ya sea a la estación Nopalera de la Línea 12 o a la terminal Constitución de 1917 de la Línea 8 del Metro, por lo que este sistema representa una opción de conectividad directa con el STC para los pobladores de la región para salir de la zona.

En ese sentido está vialidad presenta una oportunidad de conectividad tanto en transporte público como de la red vial y aunado a esto las características de demanda y la poca oferta de transporte representan una buena oportunidad para mejorar el servicio de transporte público de pasajeros en la zona.

Una característica adicional que se podría sumar a las ya mencionadas es la sinuosidad del trazo, dado que en su mayoría es una línea recta teniendo en cuenta que el conjunto de curvas de este trazo tienen un radio de giro superior a los 20 m, cuando las otras alternativas presentan radios menores a 10 m.

5.2. RECOMENDACIONES

Es importante que para el desarrollo del proyecto se lleven a cabo los estudios de transporte necesarios para recolectar y analizar información relevante que permita la correcta estimación de la demanda y los elementos de diseño para un servicio, por lo que estos estudios son:

- Encuesta origen destino que ayude a caracterizar a los usuarios desde un aspecto social y económico, así como los viajes que realizan, frecuencia, costos, tiempos y modos en los que se desplaza del sistema actual.
 - Un estudio de líneas de deseo el cual será obtenido básicamente de la información recabada por la Encuesta Origen Destino, ayudando a definir las regiones generadoras y a tractoras de viajes.

- Un estudio de frecuencia y ocupación visual identificando los puntos de medición más significativos para la estimación de la demanda.
- Un estudio de ascenso y descenso en las rutas que influyan directamente en el proyecto para obtener los polígonos de carga y al realizar el cruce de información con el punto anterior ayude a estimar la demanda diaria por ruta y de esta forma tener una estimación certera de la demanda.
- Variación horaria de la demanda para conocer los periodos valle y la Hora de Máxima Demanda durante el día lo que ayudara a facilitar y mejorar la programación de los servicio.

Es importante revisar la Ley de Movilidad del Distrito Federal documento que especifica en el Artículo 12, fracción XXVI, que son atribuciones de la secretaria: realizar o aprobar estudios que sustenten la necesidad de otorgar nuevas concesiones para la prestación del servicio de transporte público de pasajeros y de carga, así como para aprobar el establecimiento de nuevos sistemas, rutas y la modificación de las ya existentes. Asimismo en la fracción XXVIII, determinar las características y especificaciones técnicas de las unidades e infraestructura de los servicios del transporte. establece los requisitos que se deben presentar en el estudio de pre-factibilidad en la implementación de servicios de transporte público de pasajeros, aprueba el establecimiento de nuevos sistemas con base en los objetivos del Programa Integral de Movilidad y emite dictámenes para la realización de los proyectos de transporte.

Para obtener mejores resultados se debe realizar una evaluación completa de factibilidad de: demanda, física, operacional y financiera de los tres derroteros comentados en este trabajo, con base en los requerimientos de los estudios técnicos que solicite la Secretaria de Movilidad (SEMOVI).

Una vez que se tenga definido el derrotero es recomendable hacer un estudio con base en los resultados de la demanda recomendado en el párrafo anterior para definir paradas del nuevo sistema, ya que este elemento de infraestructura es muy importante en el desempeño de la operación, dado que:

- Limitan la capacidad de línea y el número de unidades de transporte que pueden operar.
- Su ubicación y espaciamiento deben ser los más adecuados para atraer al usuario.
- Ejercen influencia en el consumo de combustible en función del número de paradas definidas.

En ese sentido una variable importante a considerar en el desarrollo del proyecto es el tiempo de ascenso – descenso, ya que este es un factor que determina la capacidad de línea, en la siguiente tabla se describen los aspectos que influyen de cierta manera en el tiempo de parada, los cuales se recomienda revisar en un estudio posterior.

Tabla 5-1: Aspectos que influyen en el tiempo de parada (Fuente: Molinero 2007)

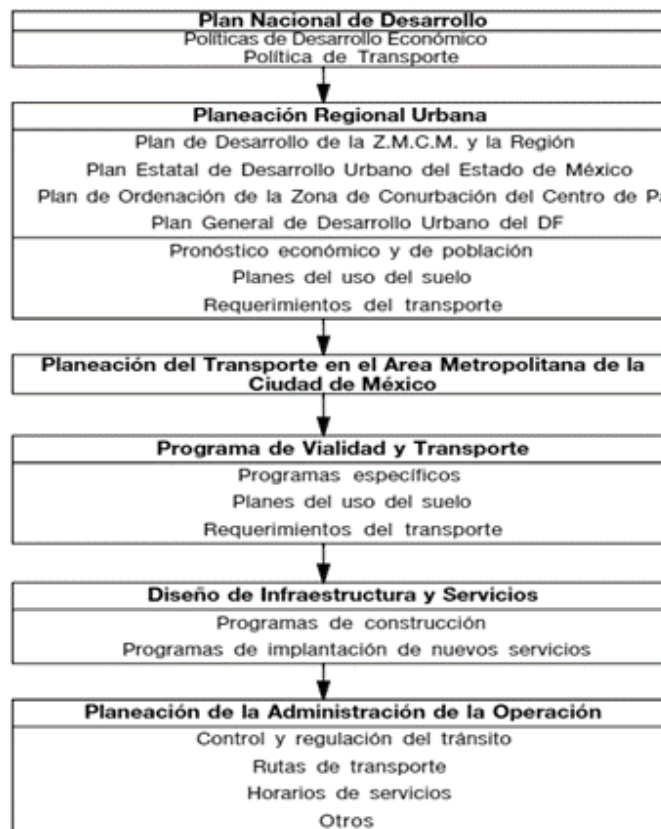
Concepto	Aspectos que influyen en el tiempo de parada
<i>Usuario</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afluencia de ascensos y descensos • Hábitos y educación • Capacidad física
<i>Vehículo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Desempeño del motor • Número de puertas para ascenso/descenso • Ancho de las puertas • Número y altura de los escalones • Obstáculos que promueven la acumulación de pasajeros antes del área de cobro • Capacidad de la unidad
<i>Paradas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación o proximidad de semáforos e intersecciones • Acceso a la unidad • Distancia de la unidad a la acera o plataforma • Altura de la acera • Cobertizos y bahías • Información al usuario
<i>Forma de cobro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pago de tarifa exacta o entrega de cambio • Cobro antes o después de abordar
<i>Vialidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de vehículos • Estado del pavimento • Inclinación • Prioridad • Número de unidades que utilizan la parada

Asimismo, se tiene que hacer un análisis a fondo que sirva para conocer la factibilidad de los tres derroteros mostrados en este estudio, teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Cobertura del área de servicio o cuenca de transporte.
- Sinuosidad del derrotero.
- Conectividad.
- Densidad del servicio.

Por último, es recomendable realizar un proceso de planificación para el desarrollo de nuevos sistemas de transporte, los cuales estén orientados hacia los objetivos definidos en los planes de desarrollo:

Tabla 5-II: Estructura jerárquica de la planeación del transporte público urbano para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Fuente: Molinero 2007)



TRABAJOS CITADOS

- AASHTO. (2001). A Policy on Geometric Desing of Haighways and Street. Washington D.C., Estados Unidos.
- Antonio Estevan, A. S. (1996). Hacia la reconversión ecológica del transporte en España. Bilbao, España.
- Ayuntamiento de Bilbao. (2015, Septiembre 19). *Bilbao.net*. Retrieved from Bilbao.net: http://www.bilbao.net/cs/Satellite?cid=3000028824&language=es&pagename=Bilbaonet%2FPa ge%2FBIO_contenidoFinal#inicio_pagina
- Barradas, J. L. (2009, Mayo/Junio). La inmovilidad de la movilidad de México: El caso de la ciudad de Jalapa. Xalapa, Veracruz, México.
- Cal y Mayor. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones*. México D. F.: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.
- Campos, C. G. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicio clave para ciudades mexicanas: Fundamentos, diseños y aplicación. Toluca, Estado de México, México.
- Corporación ciudad accesible. (2012, Mayo). Guia de consulta Ciudad Accesible. Santiago, Chile.
- Hoel, N. J. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*. México D.F.: CENGAGE Learning.
- INEGI. (2007). *Encuesta Origen-Destino 2007*. México DF.
- Láncara, J. L. (2002, Mayo). Nuevos tranvías en marcha en la península Ibérica. Madrid, Madrid, España.
- Moliner, Á. (2002). *Transporte Público Planeación, Diseño, Operación y Administración*. México DF: Fundación ICA, A. C.
- Mollinedo, C. L. (2006). Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI. Granada, España.
- PROTRAM. (2010, Junio). Guía metodología de análisis Costo - Beneficio para proyectos de transporte masivo. México.
- Secretaria de asentamientos humanos y obras públicas. (1991). Mnuual de proyecto geométrico de carreteras. México.
- Secretaria de Comunicaciones y Transporte, Intituto Mexicano del Transporte. (2004). Recomendaciones de actualización de algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras. Sanfandila, Querétaro , México.
- Secretaria de Obras y Servicios. (2008, Mayo 1). Normas de construcción de la administración pública del Distrito Federal | Servicios técnicos: Anteproyectos, estudios, trabajos de laboratorio,

proyectos ejecutivos arquitectonicos y de obras viales. Ciudad de México, Distrito Federal, México.

SEDESOL. (n.d.). Manual de diseño geometrico de vialidades. México.

Transportes, S. d. (8 agosto 2000). *Reglamento para el aprovechamiento del derecho de vía de carreteras federales y zonas aledañas*.

Vasconcellos, E. A. (2010, Septiembre). Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad. Bogotá, Colombia.

Vuchic, V. R. (2007). *Urban Transit "System and Technology"*. New Jersey: John Wiley & Sons. Inc.