



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD E INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**ETAPAS DE UN PROYECTO DE TRANSPORTE  
URBANO PARA ACCEDER AL PROTRAM**

**T E S I N A**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES**

PRESENTA:

**ING. ANDRES MAURICIO ARANA BUSTILLOS**

DIRECTOR DE TESINA: **M.I. FRANCISCO JAVIER GRANADOS  
VILLAFUERTE**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

**MARZO 2020**

## Agradecimientos

*A mi familia, mis papás Briggith y Jhony, mi hermana Stephani, por brindarme todo su apoyo a lo largo de mi vida, siempre me impulsaron a emprender nuevos retos y darme consejos en los momentos indicados; este momento no hubiera sido posible sin su apoyo incondicional.*

*Al M.I. Francisco Javier Granados Villafuerte por todo su tiempo y asesoramiento que recibí durante todo este tiempo para poder concretar la presente tesina, un profesor que me motivó durante mi licenciatura a enfocarme en el área de las vías terrestres.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma máter, por permitirme tener una educación universitaria de alto nivel, desde mis estudios de bachillerato, mis estudios de licenciatura en la Facultad de Ingeniería y este posgrado; por permitirme desarrollarme tanto personal como académicamente a lo largo de estos años y espero retribuirle en un futuro un poco de todo lo que me ha brindado.*

*A todos mis amigos que me han apoyado a lo largo del tiempo, todos muy importantes, los que conozco desde hace mucho tiempo hasta los que apenas conocí, por los que siguen y seguirán compartiendo una amistad conmigo.*

*A la fundación Telmex-Telcel por brindarme una de sus becas para poder solventar algunos gastos relacionados con mis estudios de licenciatura y de posgrado, uno de los programas de becas que impulsa el desarrollo de profesionales en el país.*

## Índice de Figuras

Figura 1 Sistema BRT Macrobús en Guadalajara, Jalisco .....	15
Figura 2 Sistema de Tranvía en Cuenca, Ecuador .....	16
Figura 3 Tren Ligero de Guadalajara, Jalisco.....	17
Figura 4 Metro de la Ciudad de México .....	19
Figura 5 Tren Suburbano Cuautitlán- Buenavista.....	20
Figura 6 Mexicable en Ecatepec, Estado de México .....	21
Figura 7 Ciclo del Proyecto PROTRAM.....	29
Figura 8 Carriles confinados para transporte público en Toluca, Estado de México .....	34
Figura 9 Pirámide movilidad de un PIMUS .....	36
Figura 10 Situación sin proyecto .....	38
Figura 11 Identificación de un Corredor Troncal.....	40
Figura 12 Sección transversal de un proyecto de transporte urbano masivo .....	42
Figura 13 Sistema de comunicación de un sistema de transporte .....	42
Figura 14 Estación tipo para un proyecto de BRT .....	43
Figura 15 Flota vehicular y depósito.....	44
Figura 16 Usuarios esperando en estación de metro de la CDMX.....	46
Figura 17 Sistema de prepago en SITEUR Guadalajara.....	47
Figura 18 Percepción de calidad por parte del usuario .....	49
Figura 19 Pronóstico de la demanda en corredores de transporte.....	51
Figura 20 Servicio Ordinario y Express en BRT .....	52
Figura 21 Distribución de espacio en una vía priorizando el transporte urbano .....	55
Figura 22 Sistema de recaudo del SITEUR en Guadalajara .....	58
Figura 23 Tren Ligero Línea 3 en Guadalajara, Jalisco.....	77
Figura 24 Avance en obras del Metrorrey línea 3 en Monterrey, Nuevo León.....	78
Figura 25 SIT Acabús, Mapa de rutas troncales y alimentadoras en Acapulco.....	79
Figura 26 BRT RUTA de Puebla, Puebla .....	80
Figura 27 Mexicable en Ecatepec, Estado de México .....	82
Figura 28 Trazo del teleférico de Magdalena Contreras.....	83
Figura 29 Trazo de sistema 2 de Trenes suburbanos de la Ciudad de México.....	85
Figura 30 Red de Ferrocarriles Suburbanos en la ZMVM .....	86
Figura 31 Trazo del sistema 3 de Trenes Suburbanos de la Ciudad de México .....	87

## Contenido

Introducción.....	6
Justificación.....	7
Objetivos.....	8
Planteamiento del Problema.....	8
Hipótesis.....	8
Capítulo I: Marco Teórico.....	9
1.1 Planeación.....	9
1.2 Sistemas de Transporte.....	10
1.2.1 Componentes de un sistema de transporte.....	11
1.2.2 Bus Rapid Transit BRT.....	14
1.2.3 Tranvías.....	16
1.2.4 Tren Ligero.....	17
1.2.5 Metro.....	18
1.2.6 Tren Suburbano.....	19
1.2.7 Teleféricos.....	20
1.2.8 Terminales o Centros de Transferencia Intermodal.....	21
Capítulo II: Programa Federal de Apoyo al Transporte Urbano Masivo.....	22
2.1 Marco Jurídico PROTRAM.....	22
2.1.1 Plan Nacional de Desarrollo.....	22
2.1.2 Programa Nacional de Infraestructura.....	23
2.1.3 Fondo Nacional de Infraestructura.....	24
2.2 PROTRAM.....	25
2.2.1 Objetivos del PROTRAM.....	26
2.2.2 Tipos de Apoyos PROTRAM.....	27
2.2.3 Fortalezas del PROTRAM.....	28
2.2.4 Ciclo de planeación de proyectos PROTRAM.....	29
Capítulo III: Fase I Planeación e Identificación del Proyecto PROTRAM.....	30
3.1 Diagnóstico de la Situación Actual sin proyecto.....	30
3.1.1 Antecedentes.....	31
3.1.2 Identificación de la problemática.....	31
3.1.3 Situación actual sin proyecto.....	32

3.1.4 Oferta Actual .....	32
3.1.5 Demanda Actual y Esperada .....	32
3.1.6 Optimizaciones .....	33
3.2 Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable .....	34
3.3 Análisis de Alternativas .....	36
3.4 Selección del Corredor y Tecnología .....	37
3.5 Estudio de prefactibilidad .....	37
3.6 Situación sin proyecto .....	38
Capítulo IV: Fase II Preparación del Proyecto PROTRAM a Nivel Factibilidad .....	39
4.1 Situación con proyecto .....	39
4.1.1 Características Principales del Proyecto de Infraestructura .....	39
4.1.1.1 Corredores Troncales de Transporte Masivo .....	40
4.1.1.2 Opción Tecnológica de Transporte Masivo .....	41
4.1.1.3 Dimensionamiento General del Proyecto .....	41
4.1.2 Características Básicas de la Calidad del Servicio .....	45
4.1.2.1 Tiempos de viaje y de espera .....	45
4.1.2.2 Tarifas y sistemas de prepago .....	46
4.1.2.3 Estaciones y Terminales .....	47
4.1.2.4 Calidad del servicio .....	48
4.1.3 Pronóstico de la Demanda .....	49
4.1.4 Diseño Conceptual del Proyecto .....	51
4.1.4.1 Diseño Conceptual del Servicio .....	52
4.1.4.2 Diseño Conceptual de la Infraestructura .....	54
4.1.4.3 Diseño Conceptual del Equipo de Transporte .....	57
4.1.4.4 Diseño conceptual de los sistemas comerciales .....	58
4.1.4.5 Diseño conceptual de las modificaciones a la infraestructura actual .....	59
4.1.4.6 Diseño conceptual de la integración intermodal .....	60
4.2 Modelos de concesión .....	61
4.2.1 Concesión Pura .....	62
4.2.2 Proyectos de Prestación de Servicios (PPS) .....	63
4.3 Análisis Costo-Beneficio .....	64
4.3.1 Costos .....	64

4.3.1.1 Costos en la etapa de ejecución .....	64
4.3.1.2 Costos en la etapa de operación .....	64
4.3.1.3 Costos en la etapa de mantenimiento.....	65
4.3.2 Beneficios.....	65
4.3.2.1 Beneficios por ahorro de tiempo de los usuarios .....	65
4.3.2.2 Beneficios por ahorro en costos de operación vehicular.....	65
4.3.2.3 Beneficios por ahorros en la reducción de emisiones contaminantes.....	66
4.3.2.4 Beneficios por reducción de la accidentabilidad .....	66
4.4 Evaluación Socioeconómica .....	67
4.4.1 Indicadores de Rentabilidad .....	68
4.5 Análisis Financiero.....	70
4.6 Análisis de Sensibilidad y riesgos .....	72
Capítulo V Estado del Arte Proyectos PROTRAM.....	73
5.1 Proyectos en Operación.....	73
5.1.1 Tren Ligero Guadalajara Línea 3.....	77
5.1.2 BERTRO Metrorrey Línea 3 .....	78
5.1.3 SIT Acapulco .....	79
5.1.4 BRT Puebla 2 .....	80
5.1.5 Mexicable Ecatepec .....	81
5.2 Proyectos no implementados.....	82
5.2.1 Teleférico Magdalena Contreras .....	82
5.2.2 Tren Suburbano Jardines de Morelos- Martín Carrera.....	84
5.2.3 Tren Suburbano Chalco-Santa Martha.....	86
Capítulo VI Conclusiones .....	88
Referencias .....	91

## Introducción

La presente tesina presentará al lector las etapas necesarias de un proyecto de transporte urbano masivo por desarrollar para que sea candidato para acceder a fondos del PROTRAM, un programa federal que impulsa el desarrollo de proyectos de transporte urbano masivo, en el contenido de cada capítulo se explica a detalle cada parte que compone un proyecto de transporte urbano masivo.

El desarrollo urbano de diversas ciudades en el país en los últimos años ha llevado a un incremento en la demanda de sistemas de transporte eficientes, seguros y confiables para trasladar a los habitantes de estas ciudades a sus centros de trabajo o estudios, sin embargo en la mayoría de las ciudades no se cuenta con un órgano regulador de transporte lo que ha provocado un desorden en el sector del transporte, lo que provoca una necesidad de mejora de la situación actual de la oferta de transporte público en diversas ciudades.

La implementación de mejores sistemas de transporte que satisfagan la demanda creciente de la población debe de tener previamente un proceso de planeación que analice correctamente la demanda futura del sistema y la oferta que se debe de prestar para que exista un equilibrio entre ambos. El transporte, al ser un área que impacta social, política y económicamente en los habitantes de una localidad debe de llevar a cabo los estudios necesarios que demuestren su factibilidad técnica, socioeconómica y financiera para que este cumpla con su objetivo principal.

La tesina cuenta con 6 capítulos, en el primero se establece un marco teórico necesario para entender los conceptos que se emplearán en los siguientes capítulos; en el segundo se investigó las características e historia del PROTRAM; en el tercero se detallará el contenido de la fase I de un proyecto PROTRAM; en el cuarto se explicará a detalle el contenido de la fase II de un proyecto PROTRAM; en el quinto se presentan los proyectos apoyados por PROTRAM hasta el momento y en el último capítulo se presentarán las conclusiones pertinentes de esta tesina.

## Justificación

Debido al crecimiento poblacional en diferentes centros urbanos del país, donde se concentra más del 52% de la población nacional, se han tenido diversos problemas de congestión en diversas vialidades de estas ciudades, ocasionando demoras considerables en tiempos de traslado y una baja productividad de sus habitantes. Los sistemas de transporte urbano masivo son una de las soluciones consideradas dentro de un Plan Integral de Movilidad Sustentable para resolver los problemas de congestión en las vialidades, mejorar los tiempos de traslado de la población y reducir la emisión de contaminantes causadas por los vehículos particulares.

Por lo antes mencionado es importante conocer los programas de apoyo que incentivan la implementación de sistemas de transporte urbano masivo en el país, en el 2008 se creó el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Infraestructura (FONADIN), creado para incentivar la creación de infraestructura de comunicaciones, transporte, agua, turismo y medio ambiente, el FONADIN creó el Programa de Apoyo al Transporte Urbano Masivo (PROTRAM), el cual es un programa que apoya el desarrollo de proyectos de transporte que articulen la transformación de los sistemas convencionales en sistemas de transporte eficientes y que sean rentables financieramente; busca fortalecer la planeación, regulación y administración de los sistemas de transporte público urbano al impulsar la competitividad de las ciudades mediante la movilidad urbana, promoviendo la planeación del desarrollo urbano y metropolitano atendiendo a políticas y proyectos de vialidad y transporte urbano sustentable.



## Objetivos

- ❖ Detallar los requerimientos que necesita un proyecto de transporte urbano para ser elegible y entrar a la cartera de proyectos del PROTRAM.
- ❖ Conocer la importancia de contar con un Plan Integral de Movilidad Sustentable para que un proyecto sea tomado en cuenta para acceder al PROTRAM.
- ❖ Valorar la importancia de la planeación y la organización en un proyecto de transporte urbano masivo que fomenta el PROTRAM.
- ❖ Evaluar el impacto económico, social y ambiental que tiene la implementación de sistemas de transporte urbano masivo en ciudades de gran tamaño poblacional consideradas como áreas metropolitanas.

## Planteamiento del Problema

¿Qué estudios y planes son necesarios para que un proyecto de transporte urbano sea considerado para obtener fondos del PROTRAM y sea realmente una solución al problema de movilidad de las grandes ciudades?

## Hipótesis

Si se cuenta con los estudios y planes que se requieren para demostrar la problemática de movilidad actual y la solución mediante la implementación de un sistema de transporte urbano masivo en una zona urbana de más de 500 000 habitantes entonces el proyecto será elegible para acceder a fondos del PROTRAM.

## Capítulo I: Marco Teórico

### 1.1 Planeación

La planeación es una parte muy importante en el proceso de vida de un proyecto de infraestructura, se sigue un proceso de inicio-planeación-diseño-construcción-operación y mantenimiento; en muchas ocasiones no se sigue este orden y se tienen resultados desfavorables. La planeación es una etapa muy importante en el proceso de construcción de cualquier infraestructura civil, al ser una disciplina racional es de suma importancia contar con elementos que permitan que la planeación sea adecuada y satisfaga las necesidades por las que se inicia un proyecto.

La planeación es una disciplina que permite prever, una actividad intelectual con orientación al futuro que obliga a usar métodos prospectivos, no determinísticos, que permite cumplir uno de sus propósitos fundamentales, el manejo de la incertidumbre.

Un proceso de planeación racional consiste en la identificación de la problemática, establecimiento de objetivos, alternativas de solución, evaluación, formulación del plan, implantación y control del plan.<sup>1</sup>

Debido a que vivimos en tiempos de grandes y rápidos cambios es de vital importancia que la planeación de proyectos de infraestructura cuente con elementos suficientes para reducir la incertidumbre de lo que puede ocurrir en un futuro para que cuando el proyecto entre en la fase de operación lo haga sin contratiempos y se esté en alguno de los escenarios planteados en la etapa de planeación.

---

<sup>1</sup> Figueroa Palacios Esteban M.C., Planeación de proyectos de Infraestructura, Un Enfoque Social, LIMUSA, México, 2017, pp. 20-23

Una de las etapas más importantes dentro de la planeación es el diagnóstico, en esta etapa podemos identificar el estado indeseable que se desea mejorar, para comprender mejor el problema a resolver es necesario identificar las causas que llevaron a este problema, para esto es necesario crear un análisis causa-efecto, los pasos que se siguen para la formulación de un diagnóstico oportuno son las siguientes:

- Detección de disonancias (estado indeseable o intolerable del sistema).
- Descripción del sistema.
- Identificación de los efectos inaceptables en el sistema.
- Identificación de los elementos clave en las disonancias.
- Asociación de efectos a posibles causas.
- Preparación del diagnóstico.<sup>2</sup>

## 1.2 Sistemas de Transporte

Para definir que es un sistema de transporte, primero debemos de tener en claro la definición de transporte; el transporte es una actividad básica del ser humano que surge de la necesidad de trasladarse de un punto a otro. El transporte es una actividad que permite el traslado de personal y carga de forma que facilita la conexión entre zonas industriales y zonas habitacionales, mejora la conectividad regional dentro del área de influencia de un sistema de transporte.<sup>3</sup>

El transporte tiene 3 tipos de funciones, la económica, la política y la social.

### ❖ Función Económica

La función económica de un sistema de transporte consiste en facilitar el traslado de trabajadores e insumos hasta los centros de producción de una ciudad, el contar con un sistema de transporte eficiente permite que los tiempos de traslado mejoren y se aumente la productividad de los usuarios.

---

<sup>2</sup> Figueroa Palacios Esteban M.C., Planeación de proyectos de Infraestructura, Un Enfoque Social, LIMUSA, México, 2017, pp. 164-175

<sup>3</sup> Truyols Mateu Sebastián, Introducción a la ingeniería del Transporte, Delta, España, 2012, pp.65-68

❖ Función Política.

La función política de un sistema de transporte consiste en conectar integralmente diferentes zonas de la ciudad permitiendo el traslado de personas y mercancías en zonas metropolitanas, de tal forma que permita que un área metropolitana tenga políticas conjuntas en materia de transporte y de esta forma pasar límites estatales sin tener que cambiar de modo de transporte.

❖ Función Social.

La función social de un sistema de transporte en muchas ocasiones permite que comunidades alejadas a los centros urbanos puedan trasladarse a estos y de esta forma puedan acceder a diversos productos que antes no tenían acceso, se puedan integrar tanto laboral, académicamente y tener un intercambio cultural entre las diversas comunidades que confluyen en una ciudad.

### 1.2.1 Componentes de un sistema de transporte

Un sistema de transporte se compone de diversos componentes que permiten que el sistema opere correctamente, principalmente se distinguen los siguientes componentes:

➤ Infraestructura

La infraestructura se refiere a la parte física de un sistema de transporte, si tomamos en cuenta un enfoque de redes podemos decir que la infraestructura se refiere a los nodos y a los arcos de un sistema de transporte.

Los nodos son los orígenes, puntos intermedios o destinos que tiene un sistema de transporte, se conocen como terminales y estaciones; las terminales son un espacio físico que permite a los usuarios intercambiar entre distintos modos de transporte y generalmente en las terminales se pueden tener patios de almacenamiento de los vehículos o talleres para su mantenimiento preventivo y correctivo.

Las estaciones se pueden definir como puntos de relevancia dentro de la ruta de un sistema de transporte, en estas los usuarios pueden acceder al sistema de transporte y tener intercambios con otros modos en cada estación.

La infraestructura también involucra los arcos, que en este caso son las vías por las que un sistema de transporte puede llegar de un nodo a otro, en una un área metropolitana por lo general los sistemas de transporte son terrestres, por lo que las vías terrestres representan una gran relevancia en un sistema de transporte, se pueden tener vialidades con una estructura de pavimento, rígido o flexible, o dependiendo el vehículo estructuras de vías férreas.

➤ Vehículo

En un sistema de transporte el vehículo o equipo es una parte muy importante en la operación y el diseño de la infraestructura necesaria para su funcionamiento, en el transporte existen diversos tipos de vehículo que tienen ventajas y desventajas cada uno de ellos, el vehículo es la parte móvil de un sistema que permite el traslado de usuarios de un punto a otro, un vehículo se caracteriza por su fuerza motriz, el combustible que usa y características técnicas como su capacidad y velocidad de operación.

➤ Fuerza Motriz

La fuerza motriz se refiere al sistema de un vehículo que permite su desplazamiento de un punto a otro, actualmente se pueden distinguir dos tipos de fuerza motriz, los motores de combustión interna y los motores eléctricos.

Los motores de combustión interna generalmente utilizan combustibles derivados del petróleo como fuente de energía, son los más utilizados y generan gases derivados de la combustión. Los motores eléctricos son los que utilizan electricidad como fuente de energía y permiten obtener la fuerza mecánica requerida para lograr velocidades y aceleraciones necesarias para lograr un desplazamiento, un caso en particular son los motores híbridos.

➤ Combustible

Como se mencionó en la fuerza motriz un sistema de transporte necesita de un combustible como fuente energía para lograr que un vehículo logre un desplazamiento, actualmente los diversos vehículos usados en el transporte pueden utilizar desde los convencionales como lo son la gasolina y el diésel, hasta los que utilizan gas natural, etanol, metanol y electricidad.

➤ Sistemas de control, comunicaciones y localización

Un componente muy importante en un sistema de transporte es el sistema de control utilizado para regular la operación del sistema, los sistemas de control pueden ser humanos, desde un operador de un vehículo, un regulador de tráfico o un controlador de salidas.

También pueden ser sistemas de control de tránsito como semáforos, señales de tránsito que pueden ser aplicados a sistemas de transporte que utilicen vialidades compartidas con automóviles o que interactúen con peatones o bicicletas.

En cuestión de localización actualmente se utiliza el sistema de posición geográfica GPS (Global Position System) que permite ubicar geográficamente a cada vehículo que conforma un sistema de transporte de forma que se pueden conocer tiempos estimado de llegada y calcular la velocidad de operación promedio del sistema.

A continuación se definen algunos tipos de opción tecnológica que pueden implementarse como sistemas de transporte urbano masivo:

### 1.2.2 Bus Rapid Transit BRT

Los sistemas Bus Rapid Transit (BRT) son los sistemas de transporte que han tenido mayor auge en fechas recientes tanto en México como en el mundo, esto debido a que por la naturaleza de un sistema BRT permite ser la parte troncal de una integración de transporte en ciudades medianas a grandes.

Existen diferentes soluciones de transporte que son consideradas como BRT y se pueden distinguir ciertas cosas en común para que un sistema de vehículos sea considerado un BRT, las más relevantes son:

- ✓ El BRT es un modo de transporte automotor que utiliza autobuses o trolebuses operando en carriles con derecho de paso exclusivo (Derecho de vía tipo B), con el objetivo de aumentar la velocidad comercial, mejorar la confiabilidad de los tiempos de operación y el confort del pasajero.
- ✓ Los sistemas BRT por lo general implementan soluciones tecnológicas y de infraestructura tendientes a maximizar la eficiencia de la operación y sirven para incentivar su utilización y un mayor confort del usuario respecto a sistemas tradicionales de autobuses.
- ✓ El uso de los carriles exclusivos no necesariamente debe hacerse en la totalidad del recorrido de los buses, se puede admitir que éstos circulen en tráfico mixto antes o después de su trayecto en el corredor BRT.
- ✓ En algunos corredores BRT se implementan servicios tipo Express, de forma que la operación de este servicio es mucho más eficiente que un servicio ordinario pero para que se de este tipo de servicio es necesario que se cuente con el espacio suficiente para crear carriles de rebase.

Resumiendo las ideas anteriores podemos decir que un corredor BRT es una intervención sobre la infraestructura vial que puede estar acompañada por el uso de vehículos específicos como buses articulados o por modificaciones en la forma de abordaje, incluyendo el pago por tarjetas recargables, el uso de ITS permitiendo una mejor operación del sistema.

Si los sistemas BRT se operan correctamente durante su implementación se podrán mejorar tres aspectos principalmente; la velocidad de operación, la confiabilidad del servicio y un mayor confort del usuario, al tener un derecho de vía tipo B se tiene una exclusividad en el uso del carril pero se tienen interacción con otros factores que pueden afectar la operación de los BRT como pueden ser: fases semafóricas de corta duración, bloqueos del carril por invasión de automóviles.<sup>4</sup>



*Figura 1 Sistema BRT Macrobus en Guadalajara, Jalisco*

---

<sup>4</sup> Unidad de Servicios de Infraestructura, ¿Qué es un BRT, o la implementación del Metrobús en la ciudad de Buenos Aires, Argentina?, CEPAL, Boletín FAL Edición 312 número 8 de 2012.



### 1.2.3 Tranvías

Los sistemas de tranvías están compuestos por vehículos que se guían por medio de rieles empotrados en el pavimento de las calles, alimentados con energía eléctrica, vía cables de conducción instalados a lo largo de la ruta, mejor conocidos como catenaria, o por un tercer carril bajo tierra, buscando no alterar la imagen urbana.

Por lo general tienen mayor capacidad que un autobús convencional, pero debido a que usa rieles como guía limita su desplazamiento, por lo que se recomienda que los tranvías cuenten con un carril exclusivo para evitar interrupciones en el servicio.

Los sistemas de tranvía moderno se implementan en muchas ciudades europeas con gran éxito, debido a que su derecho de vía no presenta obstrucciones que retrasen su recorrido y al ser eléctricos no emiten contaminantes directamente.



*Figura 2 Sistema de Tranvía en Cuenca, Ecuador*

### 1.2.4 Tren Ligero

Un tren ligero, light rail (LRT), es un sistema de transporte urbano perteneciente al modo ferroviario, el cual tiene mayor capacidad que un sistema de autobuses pero menor capacidad que un sistema de metro, una de las características de un tren ligero es que desarrolla velocidades mayores a las de un tranvía.

Un tren ligero utiliza electricidad por lo que no emite contaminantes atmosféricos directamente, se recomienda que un sistema de tren ligero tenga un derecho de vía tipo A pero en partes donde no es posible se permite un derecho de vía tipo B, lo que muchas veces lleva a la interacción con otros modos de transporte y puede generar conflictos viales y demoras en el servicio.

Una de las ventajas de implementar un sistema de tren ligero con respecto a un sistema de autobuses es que los costos de mantenimiento de los vehículos y de la superficie rodante es mucho menor a largo plazo, lo que vuelve más atractivo la implementación de este tipo de sistemas. También se puede aumentar la capacidad de los trenes al unir dos unidades en horas pico, lo que permite que el sistema se vuelva flexible ante una demanda creciente de transporte público.



*Figura 3 Tren Ligero de Guadalajara, Jalisco*

### 1.2.5 Metro

Los sistemas de Metro se pueden definir como sistemas metropolitanos de trenes de alta capacidad y una alta frecuencia de paso utilizando electricidad como fuente de energía y que cuenta con un derecho de vía tipo A, esto quiere decir que se cuenta con la infraestructura necesaria para que un sistema de metro no interactúe con otros modos de transporte, para lograr esto generalmente los sistemas de metro son subterráneos, a nivel de superficie y elevados, para lograr esto se utilizan túneles, viaductos y superficies a nivel con elementos físicos que permiten una separación del tránsito general.

Los sistemas de metro se han convertido a lo largo del tiempo en las columnas vertebrales de transporte en las grandes ciudades en el mundo, debido a que es un transporte masivo permite que los usuarios se desplacen en poco tiempo de una estación a otra evitando el tránsito generado por automóviles y por lo general los sistemas de metro cuentan con rutas alimentadoras de autobuses que permiten conectar a toda el área de influencia de este tipo de sistemas.

Cuando se tiene un sistema de Metro eficiente, confiable y asequible permite que la población opte por usarlo y de esta forma transporta grandes cantidades de personas en poco tiempo, permitiendo así el descongestionamiento de las vías urbanas y el ahorro de tiempos de traslado del usuario.

Cuando la demanda lo requiere es necesario implementar un sistema de transporte masivo de alta capacidad como lo es un sistema de metro, si se opta por un sistema de mediana capacidad generalmente se tienen niveles de saturación desde el principio de sus operaciones. Si bien la inversión inicial para un sistema de metro es alta con respecto a las otras opciones, los beneficios a largo plazo justifican esta inversión y permite que se impulse el uso del transporte público masivo.



*Figura 4 Metro de la Ciudad de México*

### 1.2.6 Tren Suburbano

Un tren suburbano es un sistema de tren de alta capacidad que desarrolla altas velocidades entre estaciones que permite conectar a los suburbios con la parte central de un área metropolitana, por lo general sirven como alimentadores a un sistema de transporte de mayor capacidad, tiene como finalidad que los habitantes de las zonas suburbanas tengan la posibilidad de llegar a su zona de trabajo.

Es importante que un sistema de trenes suburbanos cuente con rutas alimentadoras que permitan a los usuarios de zonas cercanas a las estaciones llegar al tren suburbano y de esta forma puedan llegar al área urbana con la que conecta el sistema.

En México el único sistema de tren suburbano es el que recorre de Buenavista-Cuautitlán, se tienen otros tres proyectos que pretenden aprovechar las vías de ferrocarril para implementar sistemas de tren suburbano que permitan conectar diferentes partes del Estado de México con la Ciudad de México, pero tienen muchos años en etapa de prefactibilidad.





Figura 5 Tren Suburbano Cuautitlán- Buenavista

### 1.2.7 Teleféricos

Recientemente en diversos países latinoamericanos se ha optado por implementar sistemas de teleféricos como sistemas de transporte, casos como el de Medellín, Colombia o el de La Paz. Bolivia, este tipo de modo de transporte utiliza un cable elevado para su desplazamiento y es de mucha utilidad en ciudades que tienen relieves muy irregulares o que cambian de altura súbitamente.

Se puede entender como teleférico al sistema de telecabinas suspendidos en el aire orientados por un cable. Los sistemas de teleféricos son de capacidad media y la frecuencia de paso de las cabinas depende de la demanda que se quiere atender. La importancia de los teleféricos como sistema de transporte es destacable ya que se podría aplicar en diversas partes de México donde el relieve hiciera propicio la implementación de un teleférico.

Al estar suspendido en el aire no se requiere que vaya en una vialidad todo el tiempo, dependiendo de la ruta se pueden atravesar casas sin tener que seguir el sentido de las vías existentes, esto representa una ventaja sobre los modos de transporte tradicionales.



*Figura 6 Mexicable en Ecatepec, Estado de México*

### 1.2.8 Terminales o Centros de Transferencia Intermodal

Las terminales de un sistema de transporte masivo son una parte muy importante ya que en estas se debe de contar con la infraestructura necesaria para que el usuario pueda cambiar de modo de transporte fácilmente y se tengan rutas alimentadoras al sistema de transporte masivo y de esta forma lograr una integración intermodal terrestre, que quiere decir, cuando diversos modos de transporte cuentan con la infraestructura necesaria para que el usuario cambie de modo de transporte sin salir de la terminal y así facilitar el intercambio de pasajeros entre diversos modos.

## Capítulo II: Programa Federal de Apoyo al Transporte Urbano Masivo

### 2.1 Marco Jurídico PROTRAM

El Programa Federal de Apoyo al Transporte Urbano Masivo, PROTRAM, es un programa creado por el gobierno federal de México en 2008, mismo año que se creó el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) cuyo objetivo es impulsar una movilidad urbana sustentable a partir de recursos económicos para llevar a cabo proyectos de infraestructura de alta rentabilidad social en áreas de comunicaciones, transportes, hidráulica, medio ambiente y turísticos.

Los programas como el PROTRAM pertenecientes al FONADIN se encuentran alineados con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo en primera instancia y también son una herramienta que tiene BANOBRAS para cumplir las metas del Programa Nacional de Infraestructura, por lo expresado en este párrafo es importante explicar cada uno de los planes y programas que se desarrollaron hasta llegar a la concepción del PROTRAM.

#### 2.1.1 Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo es un documento que presenta el poder ejecutivo federal cada 6 años y en este se incluyen los objetivos nacionales, estrategias y las prioridades que durante la administración del gobierno en turno deberá seguir para cumplir con sus objetivos.

Para la elaboración de los planes nacionales de desarrollo se realizan diversos foros para tomar en cuenta la opinión de expertos en el tema y de la población en general; la realización de un Plan Nacional de Desarrollo corresponde a los niveles más altos de planeación, la planeación estratégica, todas las dependencias de gobierno deben de seguir los ejes transversales y desarrollar sus programas sectoriales de acuerdo con lo establecido en el PND.

De acuerdo con el actual PND 2018-2024 el PROTRAM estaría dentro del eje transversal 3 “Territorio y Desarrollo Sostenible”, ya que es el único de los tres ejes que menciona el desarrollo territorial y la implementación de políticas públicas en beneficio de estas generaciones y las futuras. Y también con el objetivo 2.8 *“Fortalecer la rectoría y vinculación del ordenamiento territorial y ecológico de los asentamientos humanos y de la tenencia de la tierra, mediante el uso racional y equilibrado del territorio, promoviendo la accesibilidad y la movilidad eficiente”*.

### 2.1.2 Programa Nacional de Infraestructura

Los programas nacionales sectoriales tienen la finalidad de ser más específicos en los proyectos que se deben de realizar para cumplir con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo, generalmente expresan objetivos mucho más puntuales y se definen los proyectos por realizar durante el periodo que dure el gobierno en turno.

El primer Programa Nacional de Infraestructura surge en 2007 y es el primer documento en el que se mencionan las estrategias para lograr las metas relacionadas con los objetivos del PND 2007-2012 y siguiendo este plan se crea el Fondo Nacional de Infraestructura.



### 2.1.3 Fondo Nacional de Infraestructura

El Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) es un fideicomiso a cargo del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS), el FONADIN es un instrumento que le permite al Gobierno Federal desarrollar infraestructura en los sectores de comunicaciones, transporte, agua, medio ambiente y turismo.

El FONADIN participa en la planeación, diseño, construcción y transferencia de proyectos de infraestructura con impacto social o rentabilidad económica en los que puede participar el sector público y el sector privado. Alguno de los beneficios más notables, son los siguientes:

- ❖ Apoya el desarrollo del Programa Nacional de Infraestructura y Compromisos Presidenciales.
- ❖ Busca maximizar y facilitar la movilización de capital privado a proyectos de infraestructura.
- ❖ Es una plataforma financiera para promover la participación del sector público, privado y social en el desarrollo de la infraestructura.
- ❖ Toma riesgos que el mercado no está dispuesto a asumir.
- ❖ Hace bancables proyectos con rentabilidad social y/o con baja rentabilidad económica.
- ❖ Propicia el otorgamiento de financiamientos de largo plazo en condiciones competitivas
- ❖ Permite que los inversionistas privados tengan una rentabilidad atractiva en proyectos con alta rentabilidad social pero no económica.

## 2.2 PROTRAM

El PROTRAM surge de la necesidad de solucionar el problema del transporte urbano en las ciudades del país, se deben de adoptar medidas que fomenten una movilidad urbana sustentable que contemplen medidas como racionalizar el uso excesivo de automóviles particulares, fomentar sistemas de transporte público rápidos, eficientes, cómodos y accesibles en los que se contemplen sistemas integrados que sirvan como alimentadores al sistema en cuestión.

El PROTRAM contempla 11 ciudades de más de un millón de habitantes y 21 ciudades que tienen entre 500 000 y un millón de habitantes, la visión que se tiene con el PROTRAM es fomentar ciudades más densas y compactas, reducir los gases de efecto invernadero, priorizar el transporte público en una movilidad sustentable, racionalizar y desalentar el uso excesivo del automóvil e impulsar el uso de transporte no motorizado.<sup>5</sup>

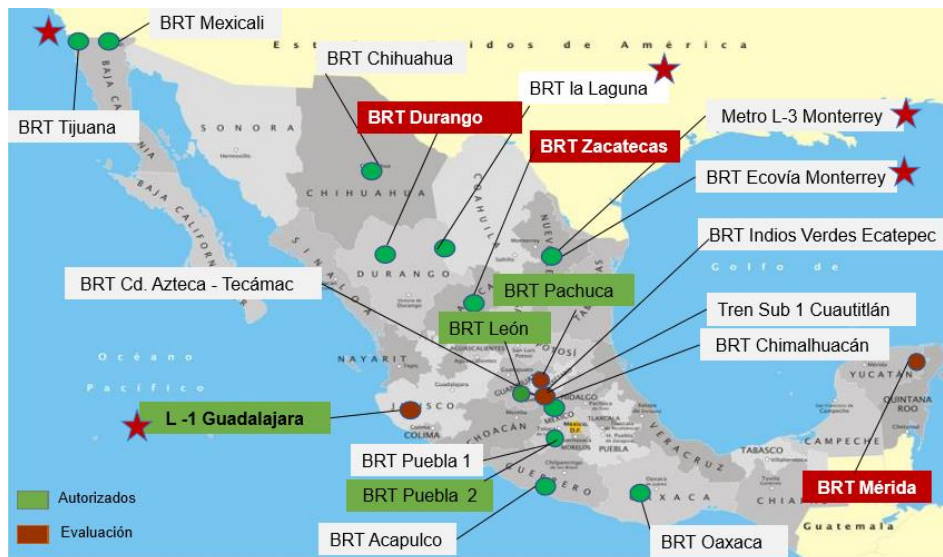


Figura 7 Mapa de las ciudades donde se han implementado sistemas con el apoyo del PROTRAM (2017)

<sup>5</sup> Mier y Terán Carlos Ing., Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo PROTRAM, BANOBRAS, 2013.

### 2.2.1 Objetivos del PROTRAM

El PROTRAM tiene la finalidad de resolver la problemática identificada que existe en el país relacionada al transporte urbano, se tienen identificadas las siguientes causas de esta problemática del transporte público en las grandes áreas urbanas a nivel nacional:

- Una urbanización creciente, ausente de planeación territorial y una falta de regulación de usos de suelo.
- Expansión de áreas urbanas cada vez más grandes, incitando un mayor desplazamiento de las personas desde su vivienda hasta su área de trabajo.
- La concentración de actividades económicas en determinadas ciudades, provocando la migración hacia estas ciudades.
- Un crecimiento acelerado del uso de automóviles particulares provocando congestionamiento vial, aumento en índices de contaminación y un alto número de accidentes viales.
- No contar con un instrumento de planeación, administración y regulación del transporte urbano en el país.

El PROTRAM tiene como objetivo primordial: impulsar la movilidad urbana sustentable preferentemente en ciudades mayores a 500 mil habitantes mediante:

- ❖ Otorgar apoyos para realizar proyectos de transporte masivo con alta rentabilidad social, complementando la inversión de gobiernos estatales y municipales y propiciando la participación de la inversión privada.
- ❖ Promover el fortalecimiento institucional de las autoridades locales en materia de planeación, regulación y administración de sistemas integrados de transporte público urbano.

## 2.2.2 Tipos de Apoyos PROTRAM

Dentro del PROTRAM se tienen diferentes tipos de apoyo usados para diferentes estudios:

- ✓ Apoyos no recuperables para estudios:

El PROTRAM puede otorgar apoyos no recuperables para estudios relacionados con proyectos de Infraestructura de Transporte Masivo, hasta por el 50% del costo sin incluir Impuesto al Valor Agregado. Estos apoyos no recuperables pueden ser aportaciones o subvenciones máximas del 50 % del total del estudio, son a bono perdido.

- ✓ Apoyos Recuperables en Inversión

El PROTRAM también otorga apoyos recuperables en cuestión de la inversión del proyecto, el apoyo será hasta del 50% de la inversión requerida y debe de contar al menos con un 34% de inversión privada. También se puede apoyar la deuda subordinada, garantías y capital, el apoyo varía dependiendo de la naturaleza de cada tipo de garantía, como se observa en la siguiente tabla:

		Apoyo	Características
NO RECUPERABLES	Aportaciones	Estudios (RS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 75% del gasto en proyectos de agua y MMA</li> <li>• Hasta 50% otros sectores</li> </ul>
		Inversiones Obra pública	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 50% de la inversión</li> </ul>
	Subvenciones		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el 50% del valor de la inversión</li> <li>• Compartición de excedentes si flujos &gt; IRR proyectada</li> </ul>
	Financiamiento – Estudios		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 70% del costo del estudio</li> <li>• 3 años</li> </ul>
RECUPERABLES	Mezzanine		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 15% del valor de la inversión o 20% de la deuda</li> <li>• Plazo: hasta el mismo plazo que la deuda senior</li> <li>• En caso de convertibilidad: 5 años de permanencia</li> </ul>
	Garantías	De crédito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el 70% del valor de la emisión</li> <li>• Plazo: el del crédito</li> </ul>
		Bursátiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el 50% del valor de la emisión</li> <li>• Plazo: el de la emisión.</li> </ul>
		Desempeño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el 15% de la inversión del proyecto</li> <li>• Hasta alcanzar 40% de los ingresos proyectados</li> <li>• Cobertura de eventos y montos predeterminados.</li> </ul>
		Riesgo político	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso por caso</li> </ul>
	Capital	Directo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el 49% del capital de la empresa concesionaria.</li> </ul>
Indirecto		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta el 20% del capital de los fondos de inversión.</li> </ul>	

Tabla 2.2.2 Tipos de Apoyo que otorga el PROTRAM (FONADIN, 2019)

### 2.2.3 Fortalezas del PROTRAM

El PROTRAM promueve el fortalecimiento institucional de autoridades locales mediante:

- Asistencia técnica para el desarrollo de Planes Integrales de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS).
- Apoya solamente iniciativas de transporte urbano masivo que cuenten con un PIMUS.
- Condiciona los apoyos a la mejora organizacional y normativa.
- Promueve la consolidación de empresas de transporte público y su profesionalización.
- Facilita la evolución del sector hacia un esquema de negocios más rentable.

También apoya el desarrollo de proyectos de transporte que articulen la transformación de los sistemas convencionales en sistemas integrados de transporte que contemplan lo siguiente:

- Una óptima gestión de la demanda.
- La integración efectiva entre diferentes modos de transporte (integración intermodal).
- El uso racional de la Infraestructura vial existente.
- El equipamiento con vehículos eficientes menos contaminantes.
- La automatización de la operación y de los sistemas de cobro.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Higuera Octavio, ¿Cómo acceder a recursos PROTRAM?, CTS EMBARQ, México, 2016, pp.31

## 2.2.4 Ciclo de planeación de proyectos PROTRAM

Todo proyecto de transporte masivo que desee acceder a fondos del PROTRAM debe de cumplir con cierta ruta que demuestre la necesidad de la implementación de un nuevo proyecto; la primera fase es la planeación e identificación del proyecto, en esta fase el proyecto se calificará para su futura adhesión a la cartera de proyectos del PROTRAM y podrá obtener apoyos económicos para sus estudios.

En la fase II se deberá de realizar un estudio a nivel factibilidad que demuestre los beneficios de la implementación del proyecto, esta etapa la deberán de realizar los promotores del proyecto, de tal forma que se presenten indicadores que permitan la evaluación del proyecto. En el siguiente esquema se observa el ciclo de planeación necesario para que un proyecto del PROTRAM sea implementado:

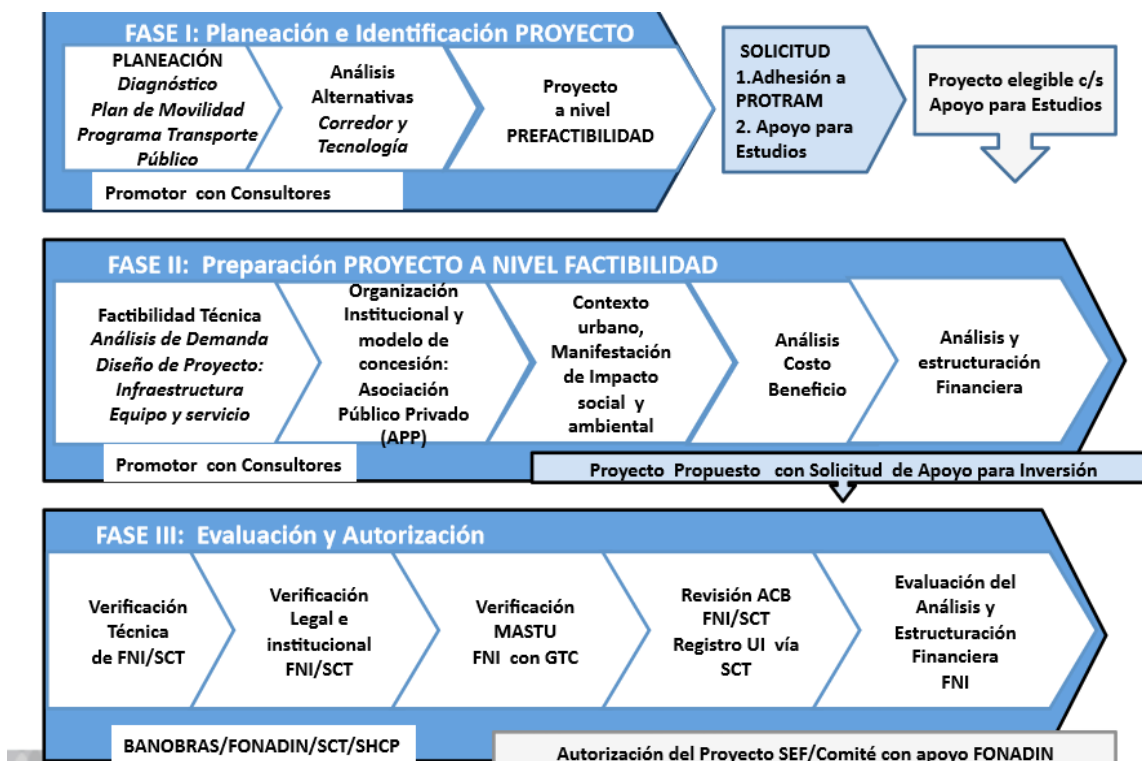


Figura 8 Ciclo del Proyecto PROTRAM

## Capítulo III: Fase I Planeación e Identificación del Proyecto PROTRAM

En la Fase I de un Proyecto de Transporte Urbano Masivo se busca definir el tipo de proyecto como solución a la problemática actual en alguna ciudad del País, en esta etapa se analizan los síntomas presentados por los problemas de transporte que enfrenta la población en general, a partir de identificar la problemática se plantean diversas soluciones y se opta por elegir la más adecuada para solucionar el problema del transporte público.

A partir de un Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable se incluye el proyecto de transporte de acuerdo con lo establecido en dicho plan, generando así un marco de movilidad integral considerando todos los modos de transporte que se pueden tener en una ciudad y de esta forma se garantiza que el proyecto de transporte urbano masivo ayuda a resolver los problemas en materia de transporte.

### 3.1 Diagnóstico de la Situación Actual sin proyecto

Esta etapa de la fase I es el inicio de todo proyecto de transporte, la etapa de diagnóstico de la situación actual permite obtener información sobre los problemas de movilidad urbana que tiene la zona metropolitana a analizar, de forma que permitan realizar un diagnóstico adecuado y como todo proceso racional de planeación se debe de seguir cierto orden para obtener la mejor solución.

### 3.1.1 Antecedentes

En esta parte de la etapa de Diagnóstico se pretende identificar los factores detonantes que llevaron a la problemática actual, tales como la tendencia poblacional de los últimos años, el crecimiento en el parque vehicular, la ampliación del área urbana que lleva a sus habitantes a realizar un mayor número de viajes hacia los centros de trabajo o inclusive se pueden incluir factores socioeconómicos que llevaron a los usuarios a cambiar el modo en el que se trasladan de un lugar a otro.

Los antecedentes permiten identificar también el área de influencia y de análisis que tendrá el proyecto de transporte masivo, al hacer una correcta identificación de los antecedentes que llevaron a la situación actual permite que en la solución propuesta no se cometan errores que ya ocurrieron anteriormente.

### 3.1.2 Identificación de la problemática

Una vez que se tienen identificados todos los antecedentes que llevaron a la situación actual se procede a identificar los factores que influyen en la problemática por resolver, en cuestión de transporte urbano la problemática más común es la falta de integración del transporte metropolitano lo que afecta directamente al usuario, la falta de planeación territorial en la distribución de uso de suelos, la falta de regulación de las concesiones de transporte público, entre otras particulares de cada ciudad.

Una correcta identificación de la problemática permite que el proceso de planeación tenga resultados satisfactorios, de no ser así muy probablemente se tendrían resultados adversos o que no solucionarían del todo la problemática actual. La problemática del transporte urbano generalmente puede incluir desde aspectos técnicos hasta aspectos económicos, políticos, sociales y ambientales, esto se debe a que el transporte es una actividad derivada y tiene una influencia considerable en muchos aspectos de la vida cotidiana de un ciudadano.



### 3.1.3 Definición de la situación actual sin proyecto

En esta parte se incluye una situación proyectada a cierto lapso de tiempo que permite tener una idea de lo que pasaría si no se modifica los componentes de la situación actual, en ciertos proyectos se incluye una situación actual optimizada, la cual se define como las acciones que las entidades encargadas del transporte ejecutarían si no se lleva a cabo el proyecto, estas acciones suelen ser de bajo costo que permita generar un mayor beneficio con los servicios actuales pero también estas acciones no tendrían el mismo impacto que tendría la implementación del proyecto. La situación sin proyecto se una parte muy importante que normalmente se usa para calcular los beneficios que tendría la obra y que se explicará más adelante.

### 3.1.4 Oferta Actual

La oferta se puede definir como la capacidad instalada con la que cuenta una ciudad, en materia de transporte esta capacidad instalada se refiere al número de rutas que proveen un servicio de transporte, las condiciones físicas y geométricas de la red vial de la ciudad.

La oferta actual se refiere a realizar un inventario del estado de las vías con las que cuenta una ciudad, el número de alternativas de transporte que existe en la ciudad, las secciones geométricas actuales de las vías donde se pretende intervenir con el proyecto y la distribución de las rutas que tienen presencia por estas vías.

### 3.1.5 Demanda Actual y Esperada

Es muy importante conocer la demanda actual de transporte y la futura, realizando diversos estudios como encuestas de origen destino, las cuales permiten conocer el número de viajes realizados, el modo de transporte utilizado, los puntos de mayor relevancia en una ciudad y conocer los hábitos de traslado como las horas pico de traslados.

Una vez que se cuenta con la demanda actual se emplean diversas formas de pronóstico que permiten conocer el comportamiento de la demanda en un determinado año siguiendo métodos estadísticos. Conocer la demanda actual y futura también nos permite conocer si la solución de transporte propuesta es la adecuada o si se necesita optar por otra, también permite saber la cantidad de usuarios del sistema de transporte masivo que tendrá desde su puesta en operación.

### 3.1.6 Optimizaciones

Después de identificar la problemática actual que presenta el corredor de transporte se recomienda que se revise la posibilidad de implementar soluciones de bajo costo que puedan mitigar la problemática actual, esto tiene la finalidad de identificar soluciones que aplicadas al sistema actual de transporte se logró un estado de satisfacción, de no ser así, la implementación de un proyecto de transporte urbano masivo estaría justificada ya que se requiere implementar un proyecto para la mejora del estado actual.

Las optimizaciones más comunes que se implementan para mejorar la situación actual con la infraestructura existentes son las siguientes:

- ✓ Sincronización de semáforos en el corredor que permitan un mejor flujo del tránsito, disminuyendo demoras.
- ✓ Reubicación, ordenamiento o inhabilitación de paradas y estaciones terminales, con el fin de hacer más eficiente el sistema existente.
- ✓ Reformular la frecuencia de salidas del transporte, en el caso de que no se esté utilizando de manera óptima.
- ✓ Mejoramiento de la señalización tanto horizontal como vertical.
- ✓ Creación de bahías y carriles confinados.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Meixuero Garmendia Javier M.D. I et al, "Guía Metodológica para la evaluación de proyectos de transporte masivo urbano", CEPEP, México, 2009, pp.7



Figura 9 Carriles confinados para transporte público en Toluca, Estado de México

### 3.2 Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable

Una propuesta integral de movilidad implica reconocer en cada plan, programa y proyecto urbano que la movilidad es un aspecto que involucra a toda la ciudad e impacta a todos los sectores. La movilidad debe planearse y gestionarse a través de un proyecto que integre al desarrollo urbano territorial ordenado y contribuya al cuidado del medio ambiente, de estas ideas surge el fundamento de crear un Plan Integral de Movilidad Sustentable.

En la “Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible” (IDAE, 2006), un Plan de Movilidad Urbano Sostenible se define como: “*Un conjunto de actuaciones que tienen como objetivo la implantación de formas de desplazamiento más sostenibles (caminar, bicicleta y transporte público) dentro de una ciudad; es decir, de modos de transporte que hagan compatibles crecimiento económico, cohesión social y defensa del medio ambiente, garantizando, de esta forma, una mejor calidad de vida para los ciudadanos.*”

Se puede definir entonces un Plan de Movilidad Urbana Sustentable como un documento que sirve para que los gobiernos o entidades encargadas del transporte definan los proyectos de vialidades troncales, programas de modernización en el servicio de transporte público que incentive el uso de diferentes modos de transporte y que se incluyan políticas de apoyo al transporte público y desincentiven el uso del transporte privado.

A diferencia de otros planes de movilidad, un PIMUS busca que se incluyan modos no motorizados como la bicicleta o ser peatón, para que un proyecto de transporte urbano sea elegible a fondos del PROTRAM es necesario que se enmarque en un PIMUS y resuelva integralmente la problemática de movilidad de una ciudad, también se contempla el ordenamiento y desarrollo urbano planeado y un mejor aprovechamiento de la infraestructura vial priorizando el uso del transporte público.

La “Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible”, contempla los siguientes objetivos como resultado deseados de la implementación de los PIMUS:

- ❖ Reducción de los trayectos y del tiempo de los viajes.
- ❖ Reducción del tránsito y embotellamientos, así como de los efectos derivados de la congestión: ruido, contaminación atmosférica, gases de efecto invernadero y accidentes.
- ❖ Reducción del consumo energético y fomento del consumo de combustibles renovables, como los biocombustibles, y otras energías más limpias.
- ❖ Mejora de la calidad del transporte público.
- ❖ Reducción del espacio destinado al tráfico e infraestructuras, aumentando el espacio público disponible.
- ❖ Mejora de la calidad de vida y del bienestar de los habitantes.
- ❖ Fomento del uso de transportes no motorizados.
- ❖ Disminución de la contaminación y el ruido, mejorando la calidad del medio ambiente urbano, incidiendo en la mejora de la salud de los habitantes.

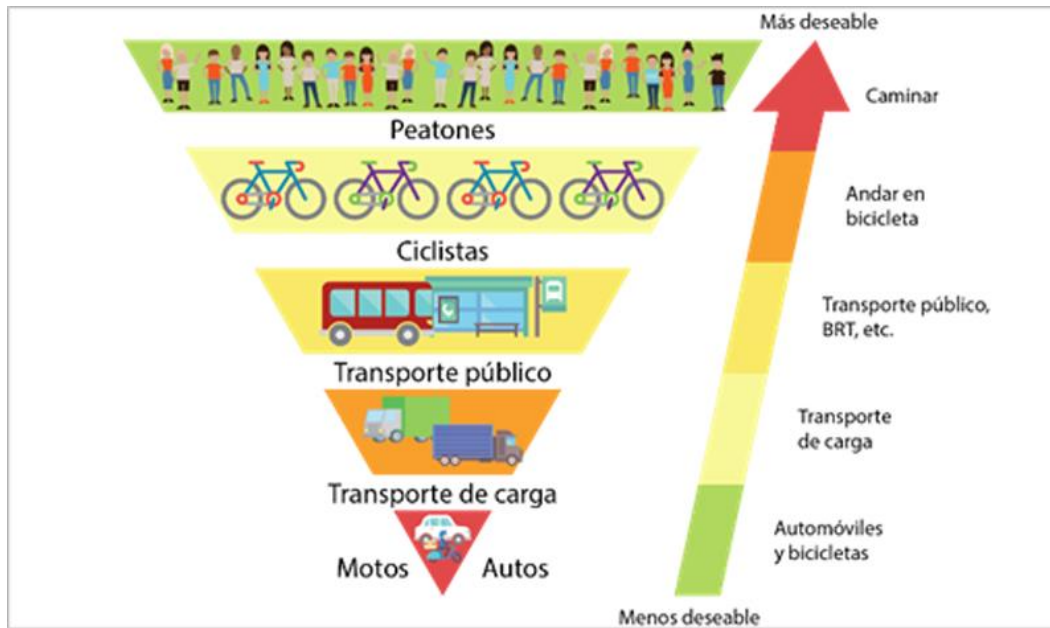


Figura 10 Pirámide movilidad de un PIMUS

### 3.3 Análisis de Alternativas

Una vez que se tiene un diagnóstico correcto de la problemática que se quiere resolver, se generan varias alternativas que la solucionen y se analiza el comportamiento que estas podrían tener en caso de implementarse en el entorno urbano, social, ambiental y los resultados financieros.

Por lo general en proyectos PROTRAM se analizan diferentes opciones tecnológicas que resuelvan la problemática analizada y se debería de elegir la que cumpla con la satisfacción de la demanda y la que represente mejores resultados en su implementación en el entorno del transporte urbano de la ciudad en cuestión.

Del total de alternativas se eligen las más destacadas o factibles de realizar y se evalúan con algunos parámetros que el proyectista fija para que se puedan comparar y elegir la mejor alternativa de solución entre estas. Una vez que se analizan los resultados de cada alternativa, se elige la más adecuada que optimicé la situación actual fundamentando las razones por la que se eligió respecto a las otras alternativas.

### 3.4 Selección del Corredor y Tecnología

Para la selección del corredor por donde recorrerá el proyecto PROTRAM se debe de conocer la situación actual de las vialidades que comprenden el corredor, tanto la oferta vial como la demanda de transporte.

Para conocer la oferta vial del corredor se realizan inventarios viales que permitan determinar las condiciones actuales que ofrece cada vialidad, tales como la sección geométrica, la distribución de espacios para los distintos modos de transporte y el estado de la superficie de rodamiento.

Para conocer la demanda en el corredor se deben de realizar encuestas de origen-destino en las rutas actuales de transporte que utilizan el corredor proyectado, en caso de que se remuevan las rutas actuales se debe de pensar en modificar su recorrido de forma que sirvan como alimentadores del nuevo sistema de transporte que se va a implementar.

Para la elección de la tecnología que se pretende utilizar, el PROTRAM menciona las posibles opciones que se pueden implementar dependiendo la demanda a satisfacer y son las siguientes:

<b>Bus Rapid Transit (BRT)</b>	<b>Tranvías</b>	<b>Tren Ligero</b>
<b>Metro</b>	<b>Teleféricos</b>	<b>Tren suburbano</b>

### 3.5 Estudio de prefactibilidad

En esta parte del proyecto se examina con un grado de detalle más fino los aspectos técnicos, económicos y sociales del proyecto, así como las alternativas viables que fueron determinadas, en general, en la etapa anterior; además, se efectúan las optimizaciones por tamaño, aspectos técnicos, localización y otras, eligiéndose de todas las alternativas de proyecto, la opción óptima. El énfasis erradica en medir los beneficios y costos identificados en la etapa de perfil, lo cual implica el uso de un nivel de recursos humanos y materiales significativamente superiores al utilizado en el estudio de perfil.



### 3.6 Situación sin proyecto

La situación sin proyecto surge de la implementación de las optimizaciones que se pueden aplicar en el corredor y los efectos que tendría en la velocidad promedio de circulación, en los tiempos de traslado para los usuarios, los costos de operación vehicular de los concesionarios, entre otros parámetros.

Se debe de plantear un horizonte de planeación adecuado para poder evaluar si las optimizaciones sin proyecto resuelven la problemática dentro de este plazo y se deben de fijar tasas de crecimiento en el número de usuarios, parque vehicular y crecimiento económico que puede influir en la operación del corredor sin proyecto. La finalidad de proyectar una situación sin proyecto es poder contrastar la situación con proyecto y poder evaluar la factibilidad del proyecto, tomando en cuenta diferentes indicadores.



*Figura 11 Situación sin proyecto*

## Capítulo IV: Fase II Preparación del Proyecto PROTRAM a Nivel Factibilidad

En la Fase II de un proyecto PROTRAM se realizan los estudios necesarios para demostrar la factibilidad y rentabilidad del proyecto, se analiza la parte técnica, socioeconómica, ambiental, financiera y el tipo de modelo de concesión que el nuevo sistema de transporte operé como empresa, con el fin de que se evalué los beneficios que tendrán los habitantes de la zona urbana donde se pretende realizar el proyecto.

### 4.1 Situación con proyecto

En la parte de situación con proyecto se deberá evaluar la factibilidad técnica del proyecto, se deberán especificar las principales características elegidas para resolver la problemática actual y futura, estas características deberán ser acordes al tipo de solución elegida y a continuación se detalla cada punto que debe de contener la factibilidad técnica de un proyecto PROTRAM.

#### 4.1.1 Características Principales del Proyecto de Infraestructura

Las características principales de un proyecto de transporte urbano masivo que se deben de tomar en cuenta para dimensionar correctamente el sistema de transporte consisten en la identificación de:

- ✓ Corredores Troncales de Transporte Masivo
- ✓ Opción Tecnológica de Transporte Masivo
- ✓ Dimensionamiento General del Proyecto



#### 4.1.1.1 Corredores Troncales de Transporte Masivo

Para todos los proyectos que quieran acceder a fondos del PROTRAM es necesario que se defina un corredor troncal del Proyecto de Transporte Masivo, el cual se define como la ruta principal del Sistema de Transporte que cubrirá la demanda del área de influencia del corredor, el cual será complementado por rutas alimentadoras al sistema.

El corredor troncal será alimentado por diferentes rutas de transporte urbano y de esta forma los usuarios que se encuentren más alejados del corredor troncal puedan llegar a este y utilizar el transporte urbano masivo permitiendo ahorros en los tiempos de traslado y un mayor orden vial en el corredor troncal.

Dependiendo el tipo de tecnología utilizada se definirá las características geométricas que debe de tener un corredor troncal y de acuerdo con el PIMUS de la zona se deberá incluir a los diferentes modos no motorizados y el transporte público deberá tener más importancia que el transporte privado.

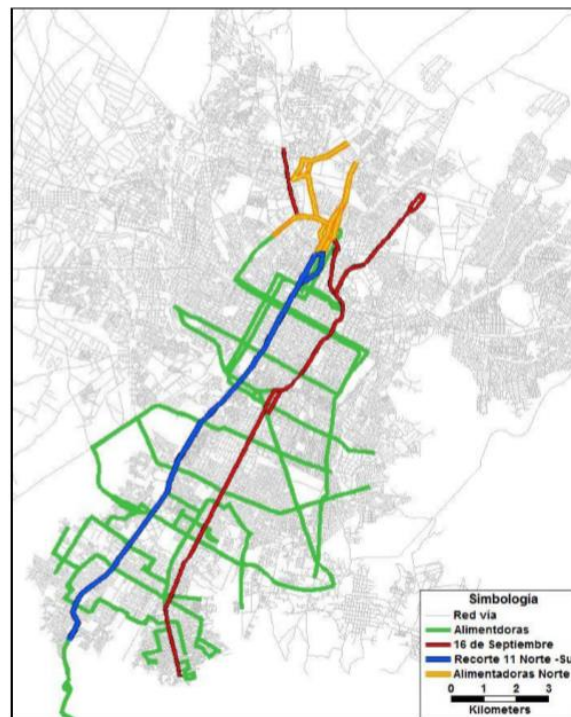


Figura 12 Identificación de un Corredor Troncal

#### 4.1.1.2 Opción Tecnológica de Transporte Masivo

Una parte muy importante en la operación de un sistema de transporte urbano masivo es la elección del tipo de tecnología que se utilizará para satisfacer la demanda actual y esperada y que definirá varias características del dimensionamiento general del proyecto.

El PROTRAM acepta las siguientes opciones tecnológicas:

<b>Bus Rapid Transit (BRT)</b>	<b>Tranvías</b>	<b>Tren Ligero</b>
<b>Metro</b>	<b>Teleféricos</b>	<b>Tren suburbano</b>

#### 4.1.1.3 Dimensionamiento General del Proyecto

En esta parte del proyecto se debe definir, tomando en cuenta la opción tecnológica elegida, las principales características que deben de cumplir las instalaciones fijas y las vialidades para que la operación del sistema de transporte sea la adecuada, para lograr esto se debe definir lo siguiente:

- Derecho de vía:

El derecho de vía se define como la superficie de terreno necesaria para poder construir la infraestructura necesaria para poder brindar el servicio de transporte, como lo son las estaciones y la vía del transporte.

El derecho de vía es una parte vital para empezar la construcción de cualquier obra civil, en algunos casos se deben de realizar las adquisiciones de terreno necesarias para que en la construcción no se afecte a terceros.

En sistemas de transporte como el metro se requiere un derecho de vía mayor que el de otros sistemas, debido a la magnitud de la obra; en sistemas de tranvía y tren ligero se recomienda que se tenga un confinamiento del tránsito ajeno a su operación para que no se tengan interrupciones en el servicio.



- Características de las estaciones:

El número y características de cada estación es algo muy importante, dependiendo del tipo de opción tecnológica elegida se deben de proyectar la distancia entre cada estación y el número total de estaciones, el número de estaciones es un factor que impacta en la operación de un sistema de transporte y la distancia entre cada estación también impacta en la velocidad de operación que puede alcanzar el vehículo.

Para el diseño de las estaciones se debe de tomar en cuenta las características del vehículo, el número de personas en espera en la Hora de Máxima Demanda, en el caso de ser una estación de correspondencia que interactúe con otro modo de transporte se deberá tomar en cuenta la forma en que el usuario cambie de modo adecuadamente y no tenga traslados importantes.



*Figura 15 Estación tipo para un proyecto de BRT*

- Características de la flota vehicular:

Una vez elegida la opción tecnológica por implementar se deberá de definir la cantidad necesaria de vehículos para satisfacer la demanda de proyecto, a este número se le deberá de incluir vehículos de reserva en caso de algún imprevisto o de un día atípico de alta demanda.

Las características del vehículo deberán ser las adecuadas para la operación del sistema, la capacidad, la fuerza motriz y sus dimensiones son los aspectos más importantes a la hora de la elección de los vehículos y también se debe de tomar en cuenta los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.



*Figura 16 Flota vehicular y depósito*

- Talleres y Depósitos:

Se deben adquirir los terrenos necesarios para que los vehículos se estacionen durante los periodos que no se brinde el servicio, los cuales son conocidos como depósitos y también se debe de contar con talleres de mantenimiento preventivo y correctivo ya sea en el mismo depósito o en otra localización de forma que los vehículos puedan tener una rutina de mantenimiento correcta y cumplan con su vida útil.

#### 4.1.2 Características Básicas de la Calidad del Servicio

En esta parte se indicará el tipo de Servicio de Transporte Masivo que se prestará, las características de este que permitan tener una calidad de servicio aceptable, los principales ejes de transporte, áreas urbanas y/o suburbanos que el sistema de transporte podrá cubrir cuando entre en operación y se establecerán algunas características que permitan que el usuario tenga un servicio de calidad, como las siguientes:

- Tiempos de viaje y espera
- Tarifas y sistemas de prepago
- Estaciones y Terminales
- Calidad del Servicio

##### 4.1.2.1 Tiempos de viaje y de espera

Una vez que entre en operación el sistema de transporte masivo se deben de tener tiempos de recorrido entre terminal y terminal “aceptables”, lo que quiere decir que la velocidad de los vehículos dentro del corredor sea cercana a las proyectadas en un inicio y representaban ahorros en los tiempos de viajes de los usuarios.

El tiempo de espera entre vehículo y vehículo es otro indicador operacional muy importante ya que se pueden tener tiempos de viaje aceptables, pero el intervalo entre cada vehículo puede ser muy amplio, por lo que se debe de contar con una flota adecuada que permita que el intervalo entre vehículos en horas pico satisfaga la demanda y no se saturen las estaciones, también que en horas de baja demanda el tiempo de espera no sea tan elevado.



Los tiempos de recorrido y de espera son muy importantes en la operación de cualquier sistema de transporte ya que este es el indicador que el usuario percibe de forma directa y muchas veces es el factor decisivo para que el usuario opte por una opción de transporte.



*Figura 17 Usuarios esperando en estación de metro de la CDMX*

#### 4.1.2.2 Tarifas y sistemas de prepago

En la operación la tarifa de un sistema de transporte muchas veces determina la demanda que se atenderá, esta debe de ser asequible para los usuarios y que sea proporcional a la calidad del servicio ofrecido, para esto es necesario realizar previamente encuestas socioeconómicas y un estudio de las tarifas ofrecidas actualmente por los concesionarios de ruta de transporte público.



También un proyecto que acceda a fondos del PROTRAM debe de contar con sistemas de prepago que permitan que la operación del sistema sea mejor, permitiendo la recaudación previa de la tarifa y mediante sistemas de torniquetes en las estaciones, los usuarios sólo esperan al transporte y ya no paguen al subir a las unidades.



*Figura 18 Sistema de prepago en SITEUR Guadalajara*

#### 4.1.2.3 Estaciones y Terminales

Dependiendo de la opción tecnológica elegida previamente se deberá de proyectar cada estación a distancias que permitan desarrollar velocidades cercanas a la de proyecto y de esta forma cumplir con tiempos de recorrido acordados en el proyecto. De no ser así el sistema no operará óptimamente y los tiempos de recorrido serán mayores y el usuario no se verá beneficiado con la implementación de este proyecto.

Tanto las estaciones como las terminales se deberán diseñar tomando en cuenta la cantidad de personas que se encontrarán en la estación en la Hora de Máxima Demanda y deberá contar con rampas que garanticen una movilidad correcta para personas con algún tipo de discapacidad motriz, también con guías en el piso para personas con debilidad visual y también se deberá de diseñar la altura de las estaciones que permitan que el vehículo y la estación estén al mismo nivel y todas las personas puedan acceder adecuadamente.

#### 4.1.2.4 Calidad del servicio

Para evaluar la calidad del servicio de un transporte urbano masivo se toman en cuenta diversos factores, como la seguridad que el usuario percibe al interior del transporte, tanto en estaciones como a bordo de las unidades de transporte, un transporte seguro permite que en el usuario se genere confianza y prefiera trasladarse por este modo de transporte.

Otro aspecto es la confiabilidad del sistema, esto quiere decir que se presenten intervalos de tiempo aceptables y constantes que permitan que el usuario tenga la certeza de que en determinado tiempo puede llegar de un punto a otro, de no ser así el usuario no confiará en el sistema y puede que no opte por usarlo.

También otro aspecto es la comodidad que tiene el usuario dentro del vehículo, para esto es necesario un diseño correcto de las especificaciones que deben de tener los vehículos y un dimensionamiento adecuado de la flota requerida para que no se presente demasiada saturación en el interior del vehículo.

Entre muchos otros factores que dependiendo del usuario clasificarán la calidad del servicio ofrecido, si se cumplen con los factores antes descritos la mayoría de los usuarios tendrán una opinión favorable respecto a la calidad del servicio ofrecido y generará aceptación social.



Figura 19 Percepción de calidad por parte del usuario

#### 4.1.3 Pronóstico de la Demanda

El pronóstico de la demanda se refiere a realizar una proyección de usuarios potenciales del sistema de transporte masivo en el horizonte de proyecto, normalmente se proyecta a 20 años, para realizar este pronóstico se debe de tomar en cuenta las acciones que se prevén realizar en este periodo enmarcadas en el Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable.

Dentro del pronóstico se deben de incluir los siguientes parámetros esperados:

- ❖ Cantidad anual de pasajeros
- ❖ Cantidad anual de pasajeros-km
- ❖ Demanda en días hábiles y de fin de semana
- ❖ Demanda en el pico y fuera del pico
- ❖ Cantidad de pasajeros por estación (ascenso-descenso)
- ❖ Cantidad de pasajeros en la sección de máxima demanda
- ❖ Recorrido promedio de los viajes

Estos parámetros son de gran utilidad para realizar el diseño de estaciones y vehículos adecuados para el periodo de máxima demanda que experimentará el sistema y de realizarse correctamente permitirán que el sistema cuando entre en operación opere de manera óptima en el periodo para el que fue realizado este pronóstico.

Para realizar el pronóstico de la demanda el primer paso es conocer la demanda actual que tiene el corredor, para esto se deberán de realizar los aforos necesarios en rutas que utilicen el corredor. Una vez que se tenga el total de la demanda actual se deberá de optar por alguna técnica de pronóstico que tome en cuenta lo siguiente:

- ✓ Crecimiento económico en la zona.
- ✓ Crecimiento de la población en la zona.
- ✓ Tarifas aplicadas y tiempos de viaje consideradas tanto de la nueva alternativa como de los modos de transporte alternativos.
- ✓ Los futuros intervalos de tiempo entre servicios y los tipos nuevos de servicio a ofrecer (locales, de paradas limitadas o exprés)
- ✓ El valor del tiempo de viaje considerado según motivo de viaje.

Se deberá de describir las características más importantes del modelo de proyección utilizado para realizar el pronóstico y además se deberá de incluir la información de los siguientes aspectos:

- El área de estudio y su zonificación.
- Ejes troncales y alimentadores de transporte.
- Las encuestas llevadas a cabo, especialmente las de Origen y Destino de los viajes y el tamaño de las muestras de cada una.
- El software empleado en caso de que se haya empleado un modelo de transporte.
- Otros aspectos que permitan entender la profundidad y calidad del análisis realizado con el modelo de transporte o el instrumento o metodología alternativa.

Con base en el resultado del pronóstico de la demanda se deberá de realizar una simulación tomando en cuenta los pares más habituales Origen-Destino y los parámetros antes mencionados.

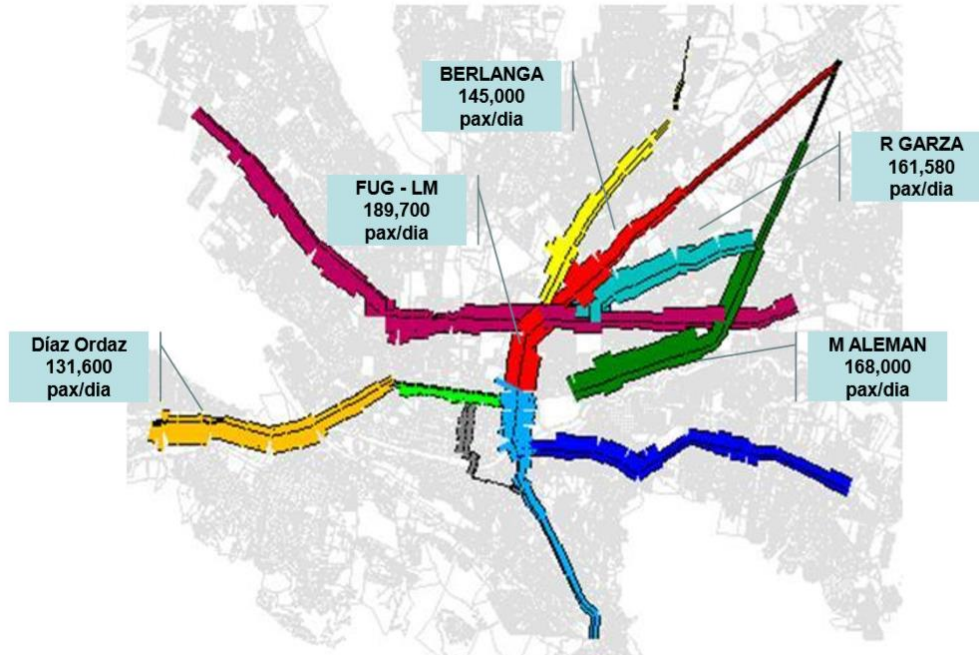


Figura 20 Pronóstico de la demanda en corredores de transporte

#### 4.1.4 Diseño Conceptual del Proyecto

Una de las partes más importantes en la etapa de factibilidad es el diseño conceptual del proyecto, nos permite conocer como operará el proyecto y los beneficios que traerá el proyecto para los usuarios en la prestación de un mejor servicio, una infraestructura de transporte adecuada y equipos que resuelvan las necesidades de los usuarios, el diseño conceptual se divide de la siguiente forma:

- ✓ Diseño Conceptual del Servicio
- ✓ Diseño Conceptual de la Infraestructura
- ✓ Diseño Conceptual del Equipo de Transporte
- ✓ Diseño Conceptual de los Sistemas Comerciales
- ✓ Diseño conceptual de las modificaciones a la infraestructura actual
- ✓ Diseño conceptual de la integración intermodal

#### 4.1.4.1 Diseño Conceptual del Servicio

El diseño conceptual del servicio se basa principalmente en la operación del sistema de transporte, en esta parte del diseño se deben de establecer las características operativas que debe de cumplir el proyecto para garantizar que se estará prestando un servicio de calidad a los usuarios y que contribuye a la mejora en el transporte en el área donde se pretende realizar el proyecto.

Los parámetros operativos que se deben de fijar son los siguientes:

❖ Capacidad del sistema de transporte.

Se debe de definir la cantidad de pasajeros que puede satisfacer el sistema en la sección de máxima demanda en la hora de máxima demanda, por cada sentido, la capacidad del sistema debe de cumplir mínimo con la demanda actual y con la de los primeros 5 años sin presentar niveles de saturación en este tiempo y también se debe de revisar que la capacidad sea adecuada para el periodo de diseño quinquenalmente.

En el caso de que el sistema preste diferentes tipos de servicio (local, express, de paradas limitadas) se deberá anexar la cantidad, ubicación y demanda por cada parada, con el fin de verificar que la capacidad del sistema es la correcta.



Figura 21 Servicio Ordinario y Express en BRT



❖ Frecuencia del servicio

Se debe de estimar el intervalo que se tendrá entre unidad y unidad, con el fin de satisfacer la demanda en la Hora de Máxima Demanda y en las horas valles que se presenten dentro del horario del servicio.

La frecuencia del servicio se puede presentar en unidades como servicios por hora o en unidades de tiempo entre cada vehículo (minutos, segundos)

❖ Factor de Comodidad

Es un indicador que refleja el espacio que ocupan los pasajeros que no se encuentren sentados en la unidad de transporte, se suele expresar en números de pasajeros por metro cuadrado ( $m^2$ ), entre mayor cantidad de usuarios por  $m^2$  será menor la comodidad perceptible por los usuarios.

❖ Factor de ocupación

Este indicador refleja el porcentaje ocupado por parte de los usuarios de la capacidad total de cada unidad de transporte, tanto sentados como parados, un factor de ocupación alto quiere decir que la unidad va cercana a su capacidad total y por lo tanto se necesitará de una menor flota para prestar el servicio pero para el usuario representará encontrar siempre las unidades llenas.

El factor de ocupación se debe de fijar tomando en cuenta la demanda de la sección de máxima demanda en la hora de máxima demanda encontrando un equilibrio que permita la satisfacción del usuario y de la empresa operadora del servicio.

❖ Velocidad máxima y velocidad comercial

Se debe de fijar la velocidad máxima de las unidades en todo el corredor, tomando en cuenta la seguridad del usuario y las especificaciones de los vehículos, esta velocidad no es la que establece el fabricante, más bien es una velocidad que permita desarrollar la operación del servicio de forma segura.



La velocidad comercial es la que se tiene de terminal a terminal a lo largo del corredor, esta incluye la demora en cada estación, la velocidad comercial del proyecto debe de ser mayor a la presentada por los actuales prestadores del servicio.

❖ Tiempo total de parada en estaciones

Es el tiempo que pasa una unidad de transporte en cada parada, se ve afectado por la cantidad de usuarios que ascienden y descienden en cada parada, las dimensiones de la puerta de la unidad, el tipo de recaudación con la que cuenta la unidad (tarjetas de prepago, prepago en la estación) y por las demoras que se presenten en cada estación por factores externos.

❖ Factor de Renovación

Es la relación entre el número de pasajeros promedio que se encuentran a bordo de la unidad de transporte y el número total de pasajeros que asciende y desciende entre terminales. Establecer un factor de renovación adecuado influye en la rentabilidad del proyecto y en el aprovechamiento de la capacidad de cada vehículo.

#### 4.1.4.2 Diseño Conceptual de la Infraestructura

Una vez que se tiene claro el concepto del servicio, se deberá de diseñar la infraestructura necesaria para que las unidades de transporte cumplan con los indicadores de calidad previamente establecidos. En el diseño conceptual de la infraestructura se deben definir los siguientes aspectos:

❖ *Características técnicas de la vía*

Se debe de establecer las dimensiones necesarias para que el tipo de acción tecnológica elegida previamente pueda cumplir con los indicadores operativos previamente establecidos.

En el caso de elegir un modo de transporte guiado o electrificado se deberá de diseñar las dimensiones de la vía, así como su fuente de alimentación y si se cuenta con una vía existente o si se construirá una nueva.



Se deberá de anexar la ubicación de cada estación y las dimensiones físicas donde se tiene planeado establecerla, para el diseño de toda la infraestructura de transporte se debe de tomar en cuenta la afluencia de usuarios en la hora de máxima demanda.

❖ *Características técnicas del Señalamiento, control de tráfico y monitoreo del servicio*

En esta parte se debe de establecer el señalamiento horizontal y vertical con el que contará el corredor para que se repete la prioridad de paso (en caso de que exista) del sistema de transporte.

También se deberá de diseñar un módulo de control de tráfico y monitoreo del servicio para poder controlar que se cumplan los estándares de calidad en el servicio, un centro de monitoreo debe de contar con la tecnología adecuada para conocer en tiempo real las situaciones que se presentan en el corredor.

❖ *Características técnicas de las instalaciones eléctricas*

En el caso de que la opción tecnológica elegida necesite de alimentación eléctrica se deberá de diseñar las subestaciones con las que contará el sistema, la forma de distribución de la energía por todo el corredor y la localización de cada subestación.

#### 4.1.4.3 Diseño Conceptual del Equipo de Transporte

Una vez que se cuenta con el diseño conceptual del servicio y de la infraestructura física con la que contará el corredor se deben establecer las especificaciones que requiere el equipo de transporte para poder operar correctamente.

Se deben de establecer las siguientes características técnicas:

##### ❖ *Vehículos*

Se debe de establecer las dimensiones que deben de tener los vehículos para que operen correctamente en la infraestructura de transporte, este proceso es iterativo y se debe de diseñar al mismo tiempo que se diseña la infraestructura de transporte, debido a que se tiene la restricción de que en el mercado existen medidas específicas para los vehículos.

Una correcta elección del tipo de vehículo y un diseño que tome en cuenta las características de este tienden a tener los mejores resultados cuando el proyecto entra en operación.

##### ❖ *Talleres de reparación y mantenimiento de los vehículos*

Se deben de contemplar talleres de mantenimiento preventivo y correctivo durante la operación del sistema tomando en cuenta el tamaño de la flota, se deben de diseñar áreas para cada tipo de mantenimiento y se deben de encontrar cercanas a los patios del sistema de transporte.

##### ❖ *Patios o depósitos*

Se debe de diseñar los patios de descanso de las unidades de transporte, ya sea por el almacenamiento de las unidades cuando no se presta el servicio o cuando no es necesario que las unidades estén prestando el servicio, en horas valle.

Generalmente se ubican cercanas a las terminales para poder contar con las unidades para reducir los costos de traslado entre los patios y el corredor atendido.

#### 4.1.4.4 Diseño conceptual de los sistemas comerciales

➤ *Características técnicas del sistema de recaudo y control de pasajes*

En esta parte se deberá definir la forma de recaudación que tendrá el nuevo sistema de transporte, ya sea en cada estación o en cada unidad de transporte de forma electrónica preferentemente. También se deberá establecer la tecnología que se usará para saber con certeza cuantos usuarios usan el sistema de transporte, de esta forma se permite conocer la demanda del transporte y si todos pagaron su pasaje.

Adicionalmente se debe de anexar el sistema tarifario que se aplicará dependiendo de las necesidades propias del proyecto y el grado de interacción tarifaria que se tendrá con otros modos de transporte.



Figura 23 Sistema de recaudo del SITEUR en Guadalajara

➤ *Características técnicas de los sistemas de información al público*

Se deberá de incluir los sistemas de información al usuario sobre la situación del servicio en tiempo real, de tal forma que le permitan al usuario programar sus viajes y tener certeza en sus tiempos de recorrido y llegada al destino, también se pueden desarrollar apps que muestren el estado real del servicio y poner pantallas en las estaciones con las próximas llegadas de unidades de transporte, lo que contribuye a que el usuario no experimente incertidumbre en el servicio.

4.1.4.5 Diseño conceptual de las modificaciones a la infraestructura actual

✓ *Grado de confinamiento*

Se deberá definir con base en el diseño conceptual del servicio, el trazo de la ruta y la frecuencia con la que se pretende operar el nuevo sistema, el confinamiento necesario de la vía para que opere el nuevo sistema de transporte, este confinamiento puede ser para uso exclusivo del transporte, uso prioritario del transporte o inclusive como carriles compartidos con otros modos de transporte como las bicicletas (carriles bus-bici).

✓ *Obras inducidas*

Es el conjunto de todas las obras necesarias para transformar la infraestructura actual en la pensada en el diseño conceptual, necesarias para permitir la convivencia del nuevo proyecto de transporte con el transporte privado y de preferencia de acuerdo con el PIMUS, tomando en cuenta otros modos de transporte, logrando una mejora en la convivencia de todos los modos (peatón, ciclistas, transporte urbano y transporte privado).

✓ *Afectaciones*

Se identificará el grado de afectación que se presente a la población cercana al corredor debido a las obras propias del sistema de transporte, las obras inducidas por este y se deben de proponer medidas de mitigación para estas, buscando que en la duración de la construcción no se presenten problemas de índole social que pudieran retrasar la puesta en marcha del proyecto.

4.1.4.6 Diseño conceptual de la integración intermodal

❖ *Grado de integración física*

Se refiere a la solución de la infraestructura física (estaciones, terminales) que se pretende realizar para que los usuarios tengan la posibilidad de intercambiar de modo de transporte de forma segura, accesible, que cuenten con una conexión entre diferentes modos de transporte y de esta forma garantizar la integración intermodal de transporte de los usuarios.

❖ *Grado de integración operativa*

Se refiere a la coordinación en la parte operacional entre los distintos modos de transporte, de forma que los usuarios se vean beneficiados en los cambios de modo, como coordinación en las salidas de diferentes rutas, sincronización entre estas, lo que permite que en el momento que un usuario llegue por un determinado modo al momento de intercambiar a otro modo no se encuentre con que tiene que esperar al siguiente porque acaba de salir una unidad.



❖ *Grado de integración tarifaria*

En sistemas integrados de transporte se recomienda que al usar más de un modo de transporte perteneciente al sistema, el usuario no pague el total del pasaje del segundo, si no que pague menos al ser un “transbordo” de un modo a otro, en diversas ciudades en el mundo pagas una tarifa en rutas alimentadoras, pagas con la misma tarjeta el metro y con la misma una ruta troncal de transporte y te sale más económico que pagar los tres por separado. La integración tarifaria es un aspecto importante para lograr una integración modal en el transporte y se incentiva el uso del transporte.

## 4.2 Modelos de concesión

Los modelos de concesión que actualmente se tienen en México son las denominadas APP, Asociación Público-Privada, las cuales representan un esquema de financiamiento complementario al de la Obra Pública Tradicional para el desarrollo de proyectos de infraestructura que permite la provisión de servicios públicos a la ciudadanía de una manera más eficiente, oportuna, confiable y económica, cuyo valor agregado consiste en:

- ✓ Gestión eficiente de la infraestructura.
- ✓ Asignación óptima de riesgos.
- ✓ Mayores niveles de calidad y supervisión de los proyectos.
- ✓ Modernización del Gobierno.

Las Asociaciones Público-Privadas (APP) son esquemas de inversión a largo plazo, que tienen por objeto la prestación de servicios al sector público con base en el desarrollo de infraestructura que construye y opera el sector privado.

Los proyectos de APP se clasifican en:

- ❖ APP Puro: Los pagos por los bienes y servicios públicos suministrados por el Desarrollador Privado en su totalidad provienen de recursos públicos del Gobierno Federal.
- ❖ APP Mixto: Los pagos por los bienes y servicios públicos suministrados por el Desarrollador Privado provienen de recursos presupuestarios del Gobierno Federal y de las tarifas cobradas a los usuarios.
- ❖ APP Autofinanciable: Los pagos por bienes y servicios suministrados por el Desarrollador Privado provienen en su totalidad de las tarifas cobradas a los usuarios.<sup>8</sup>

Actualmente se manejan dos modelos de APP en México, el modelo de concesión pura y el de Proyecto de prestación de servicios (PPS)

#### 4.2.1 Concesión Pura

El sistema de concesiones puras es el modelo de Asociación Público-Privada (APP) que se utilizó primero en México, en su mayoría las concesiones se obtienen mediante licitación pública, para esto la SCT entrega a los concursantes el proyecto ejecutivo y el derecho de vía liberado, también la SCT entrega a los licitantes un estudio de aforo pero no asume la responsabilidad por las variaciones resultantes.

La concesión se otorga al licitante que solicite el menor apoyo económico del gobierno, medido como la suma de la aportación inicial y del valor presente del compromiso de aportación subordinada.

---

<sup>8</sup> Preguntas Frecuentes Estrategia APP, SHCP, consultado de: <https://www.gob.mx/shcp/acciones-y-programas/preguntas-frecuentes-estrategia-app-96465> el 12 de agosto de 2019

El gobierno puede subvencionar la tarifa con recursos públicos, a través del FNI (Fondo Nacional de Infraestructura) o bien recibir por parte del concesionario una contraprestación inicial por única vez. Cuando los proyectos no requieran recursos públicos, la concesión se otorgará al licitante que cumpla con los requisitos legales, técnicos y financieros de la licitación y ofrezca la mayor contraprestación a la SCT.

#### 4.2.2 Proyectos de Prestación de Servicios (PPS)

Es una concesión otorgada mediante licitación pública que asegura al concesionario el derecho de que se le adjudique el contrato de prestación de servicios, el tiempo es de hasta 30 años y es fijo; el contrato establece una asociación entre la SCT y una empresa privada para diseñar, financiar, construir, mantener y operar una carretera.

La prestación de servicio es realizada por la empresa privada a cambio de pagos periódicos trimestrales por parte de la SHCP, este pago se basa en un mecanismo que considera la disponibilidad de la vía y su nivel de uso.

Cada licitante calcula un pago periódico en función de:

- Costo de construcción, conservación y operación.
- Rendimiento sobre el capital aportado (incluyendo costos financieros)
- Tránsito anual estimado
- Periodo de contratación

El VPN del flujo de pagos periódicos es la variable de decisión para el otorgamiento de la concesión, previa validación del cumplimiento de requisitos técnicos, legales y financieros. Una vez terminada la construcción, la carretera modernizada sigue operando como vía libre de peaje, en caso de las autopistas de cuota, el pago periódico se realiza mediante una combinación de tarifas y recursos presupuestales.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> SCT, Asociaciones Público-Privadas para el desarrollo carretero en México, de Dirección General de Desarrollo Carretero, Sitio web:  
<http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGD/Publicaciones/Presentaciones/asociaciones.pdf>

## 4.3 Análisis Costo-Beneficio

Un análisis costo-beneficio es la etapa en la que se toman en cuenta la totalidad de los costos del proyecto a lo largo de su vida útil, se cuantifican para cada año y al final se establece una relación entre la suma de costos y la suma de beneficios, si el cociente entre la suma de beneficios entre la suma de costos es mayor a uno entonces el proyecto genera mayores beneficios de lo que cuesta.

### 4.3.1 Costos

Los costos son el monto total de lo invertido para lograr alguna obra civil, puede ser una suma de recursos monetarios y humanos para lograr un objetivo en común. Existen diferentes tipos de costos involucrados en una obra de transporte urbano, para que sea entendible se analizarán los costos dependiendo de su fase en el proceso de vida de un proyecto y se analizarán en particular los costos sociales que en algunos proyectos representan los mayores retos por resolver antes de empezar una obra civil.

#### 4.3.1.1 Costos en la etapa de ejecución

Son los costos que se generan por la construcción de la infraestructura necesaria para la operación del sistema de transporte masivo, así como de la adquisición para alguno de los componentes de los sistemas.

En proyectos de transporte urbano masivo en esta fase se generan costos por todos los componentes descritos en el Diseño Conceptual de la Infraestructura.

#### 4.3.1.2 Costos en la etapa de operación

En esta parte se consideran todos los insumos necesarios para que el sistema de transporte pueda operar, estos dependen del rendimiento del vehículo de proyecto y se debe de estimar el costo aproximado de la operación del sistema.

#### 4.3.1.3 Costos en la etapa de mantenimiento

En esta parte se deben de estimar los costos de conservación de la infraestructura y la periodicidad de los trabajos que se realicen, tanto de las estaciones y terminales como de la vía terrestre que utilice el sistema de transporte masivo.

#### 4.3.2 Beneficios

La estimación de beneficios consiste en comparar la situación sin proyecto con la situación con proyecto y estimar todos los ahorros que se tendrían con el proyecto y así ver las ventajas sociales que representan para los habitantes donde se implementará el nuevo sistema de transporte.

##### 4.3.2.1 Beneficios por ahorro de tiempo de los usuarios

En esta parte se cuantifica el ahorro de tiempo que tendrían los usuarios al implementar el proyecto, primero se estima el tiempo que se ahorraría el usuario al contar con el proyecto en operación y después se opta por conocer el valor del tiempo de las personas del lugar o se utiliza algún estudio reciente para la región de forma que se pueda cuantificar el valor que representa el ahorro de tiempo para las personas.

##### 4.3.2.2 Beneficios por ahorro en costos de operación vehicular

En esta parte se estima el costo de operación vehicular que tendría el nuevo sistema de transporte, el COV mide en términos monetarios el costo que representa para un vehículo transitar por determinada ruta y se expresa en \$/km.

Para la estimación del COV se toma en cuenta los siguientes conceptos:

- Costo y consumo de combustibles.
- Costo y consumo de lubricantes.
- Desgaste de llantas
- Desgaste en frenos
- Deterioro del sistema de suspensión.
- Costos de refacciones y mantenimiento del vehículo.
- Características físicas de la vía terrestre.

#### 4.3.2.3 Beneficios por ahorros en la reducción de emisiones contaminantes

Todo sistema de transporte urbano masivo tiene como fin reducir el número de viajes realizados en automóvil, al reducir el volumen de autos que transitan por una vía se tiende a mejorar su nivel de servicio y la velocidad promedio de esta.

Se estima el volumen de vehículos por kilómetro que dejarían de circular por el corredor con la implementación del sistema de transporte masivo y se determina la emisión por tipo de contaminante para el volumen de autos que se cuantificó previamente y se estima un valor económico por la reducción de emisiones contaminantes.

#### 4.3.2.4 Beneficios por reducción de la accidentabilidad

Otro aspecto interesante en la implementación de un nuevo sistema de transporte urbano es la reducción en la tasa de accidentabilidad, este parámetro se determina con una tasa promedio de accidentes viales por un millón de vehículos, se le da un valor estimado a la vida de un ser humano y se cuantifica la cantidad que se ahorraría al implementar un sistema de transporte urbano, al reducir el volumen de autos dentro del corredor.

#### 4.4 Evaluación Socioeconómica

Una evaluación socioeconómica consiste en comparar los beneficios económicos y sociales, así como los costos que afectan a la sociedad y de esta forma se puede determinar el impacto del proyecto en el bienestar de la sociedad, el desarrollo económico del país o en generar mejores condiciones para que la población tenga acceso a los bienes y servicios generados en una determinada zona.

Para realizar una evaluación adecuada es muy importante identificar todas las actividades sociales que se verán afectadas o que se beneficiarán por la implementación del proyecto, para poder lograr esto se debe de comparar una situación sin proyecto con una situación con proyecto, así se puede identificar, cuantificar y valorar los beneficios y los costos sociales de cada situación, con el fin de comparar ambas y determinar la diferencia entre ambas.

La diferencia obtenida será tomada como el efecto neto generado por el proyecto, los beneficios quedan incluidos o representados por los recursos generados por el proyecto en beneficio de la sociedad; para la evaluación sólo se considerarán los factores que afectan en el área de influencia del proyecto, los beneficios serán considerados como los bienes o servicios que el proyecto otorga a la sociedad, mientras que los costos son los bienes y servicios que son destinados para que el proyecto entre en operación.



#### 4.4.1 Indicadores de Rentabilidad

Después de identificar todos los costos y beneficios que se tienen a lo largo de la vida del proyecto se determina el flujo del proyecto y se obtiene el beneficio neto de cada periodo, normalmente se utilizan años como unidad de tiempo, estos datos permitirán que se apliquen diferentes criterios que permitan conocer la rentabilidad del proyecto, los indicadores más usados en la evaluación de proyectos son los siguientes:

- Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo, representa una medida del beneficio que rinde un proyecto de inversión a través de toda su vida útil y se expresa en unidades monetarias.

Un elemento fundamental en la determinación de los principales indicadores de rentabilidad es la tasa social de descuento empleada, que representa el costo de oportunidad social del dinero. En este caso, se habla del costo de oportunidad de los recursos federales que se pretenden destinar a los proyectos por evaluar y que la SHCP ha fijado en 12% para todos los proyectos del subsector.

Se define como el valor actual del flujo de ingresos futuros menos el valor actual de su flujo de costos, descontados con una Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva (TREMA)

Cuando el VPN es mayor a cero es recomendable que el proyecto sea aceptado y se calcula de la siguiente forma:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^t}$$

En donde:

$B_t$  = beneficios totales en el año t

$C_t$  = costos totales en el año t

r = tasa social de descuento.

n = número de años del horizonte de evaluación.

t = año calendario

- Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) permite resumir las diferencias de importancia que existen entre alternativas de inversión, se define como la tasa de interés que permite reducir a cero el VPN.

A diferencia del VPN, el cual se expresa en unidades monetarias, la TIR se expresa en porcentaje y se compara con la TREMA y cuando la TIR es mayor que la TREMA se recomienda que el proyecto sea aceptado.

$$\sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + TIR)^t} = 0$$

- Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI)

La Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) es un indicador para determinar el año óptimo de la puesta en operación del proyecto, se determina de dividir el flujo de beneficios del primer año de operación del proyecto entre la inversión total y se expresa en porcentaje

El año óptimo para la puesta en operación del proyecto es cuando este índice es mayor a la TREMA y se calcula de la siguiente forma:

$$TRI = \frac{(B_{t+1} - C_{t+1})}{I_t}$$

En donde:

$B_{t+1}$  = beneficio total en el año t+1

$C_{t+1}$  = costo total en el año t+1

$I_t$  = inversión acumulada hasta el periodo t t = año anterior al primer año de operación

t+1 = primer año de operación

## 4.5 Análisis Financiero

Un análisis financiero toma en consideración la viabilidad, estabilidad y rentabilidad de un proyecto tomando en cuenta la estructura financiera que tendrá la nueva organización, en este análisis se debe de observar la influencia que tendría en el proyectos el apoyo otorgado por el PROTRAM, el cual debe de ser un complemento de la inversión estatal, municipal y de la inversión privada a través de capital y créditos para poder llevar a cabo todos los trabajos que requiere el proyecto para su puesta en operación.

Para poder evaluar financieramente un proyecto se deberán incluir las proyecciones de flujos, con su respectiva memoria de cálculo, para que se pueda observar la entrada y salida de recursos, las fuentes de repago, los intereses de las deudas y en esta evaluación financiera se deberán de establecer:

- ❖ Los costos de inversión de los elementos que conforman el diseño conceptual de la infraestructura. Se deberá incluir los costos de estudios previos, proyecto, Ingeniería y supervisión; así como un rubro de imprevistos para cada rubro.
- ❖ Los costos de operación y mantenimiento, que comprende la conservación de la vía, estaciones, terminales, los costos de operación y mantenimiento de los vehículos.
- ❖ Los ingresos propios por la explotación del servicio.
- ❖ Definición de las fuentes de financiamiento de la inversión del Proyecto, sus características, distribución de pagos, rendimientos esperados, incluyendo los recursos obtenidos de:
  - ✓ El Apoyo Federal por parte de PROTRAM.
  - ✓ Las aportaciones de los gobiernos estatales y/o municipales.
  - ✓ La participación de la inversión privada.
  - ✓ Los créditos externos e internos.
  - ✓ Otro tipo de fondos.

- ❖ La definición del esquema propuesto de recuperación para los distintos rubros de inversión, la cual debe estar asociada a la propuesta del modelo de administración del Proyecto:
  - *Infraestructura del corredor troncal:* puede estar a cargo de una entidad pública, como inversión en obra pública no recuperable, a cargo de una empresa privada mediante concesión o contratada a largo plazo como PPS.
  - *Prestación del servicio de transporte público masivo:* puede estar como una Asociación Público-Privada o de empresas privadas concesionarias del transporte troncal.
  - *El sistema de recaudo:* puede estar a cargo del prestador del servicio o por separado, el encargado recaudaría los fondos por pasajes y se destinarían a un fondo de la nueva empresa de transporte.
  - *Obra pública inducida y expropiaciones:* a cargo de los gobiernos estatales o municipales, no recuperables directamente.
  
- ❖ Subsidios requeridos: En el caso de que los ingresos directos por la prestación del servicio no sean suficientes para solventar los costos de este, el PROTRAM no otorga subsidios de operación de ningún tipo.
- ❖ Los indicadores de rentabilidad financiera del Proyecto, incluidos en la evaluación socioeconómica.
- ❖ Identificación de los principales riesgos, establecidos previamente en el Análisis de Riesgos y Sensibilidad.

## 4.6 Análisis de Sensibilidad y riesgos

Un análisis de sensibilidad permite determinar la viabilidad de un proyecto con base en las proyecciones financieras esperadas durante el horizonte de análisis, el tiempo en el que se recuperará la inversión y los riesgos que pueden influir en toda la vida del proyecto.

En los proyectos de transporte urbano se analizan principalmente las siguientes sensibilidades:

- ✓ Sensibilidad a la Demanda
- ✓ Sensibilidad a un aumento en los costos de operación y mantenimiento
- ✓ Sensibilidad a la tasa de descuento social
- ✓ Sensibilidad a los costos de inversión

Adicionalmente es recomendable identificar los posibles riesgos que puede tener el proyecto y las acciones que se deben contemplar para afrontar esos riesgos, los riesgos más comunes que enfrentan las obras de infraestructura actualmente son los siguientes:

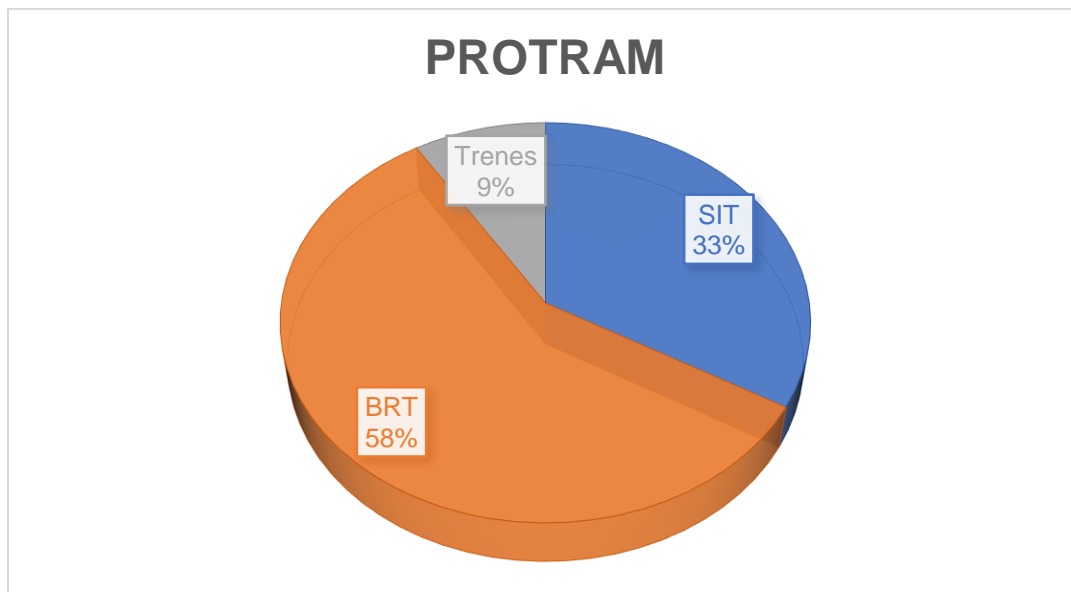
- ❖ Aumento en el costo de inversión por variaciones en el tipo de cambio
- ❖ Sobrecosto en obras y/o suministro
- ❖ Deficiencias en la construcción o diseño
- ❖ Liberación del derecho de vía
- ❖ Fenómenos Hidrometereológicos

Una vez identificados todos los riesgos posibles que pueden afectar el proyecto, se deben de establecer las acciones para evitarlo, reducirlo, asumirlo, transferirlo u obtener más información del riesgo para estar preparados en el caso de que ocurra y no afecte tanto al proyecto.

## Capítulo V: Estado del Arte Proyectos PROTRAM

### 5.1 Proyectos en Operación

Desde los inicios del PROTRAM en 2008 se han identificado 45 proyectos, de estos 15 fueron presentados como SIT (Sistema Integrado de Transporte), 26 como corredores troncales de servicio tipo BRT y 4 como líneas de tren ligero o tren suburbano<sup>10</sup>, en la siguiente gráfica se podrá observar la distribución de opción tecnológica por la que se ha inclinado el PROTRAM desde su operación.



Gráfica 5.1 Distribución de proyectos PROTRAM, elaboración propia con datos del PROTRAM

Del total de proyectos en el año de 2018 se tenían 11 en operación, 13 en construcción, 6 en aprobación y 15 en preparación de un total de 45, de los proyectos que se encuentran en la fase de preparación la mayoría cuenta con los estudios necesarios para su aprobación, pero por diversas razones llevan años en esta fase, la tercera parte de los proyectos accedieron a los fondos del PROTRAM para contar con los recursos necesarios para los estudios previos.

<sup>10</sup> BID, SEDATU, "Anatomía de la Movilidad en México, hacia dónde vamos", BID, México, 2018, pp. 44-46

Debido a la gran variedad que existe en los proyectos que accedieron a la cartera de proyectos del PROTRAM surgió la necesidad de investigar más sobre los proyectos implementados y que se encuentran en operación actualmente, así como los proyectos que siguen en la fase de preparación en espera de ser implementados.

En las siguientes tablas se puede observar a detalle los proyectos apoyados por PROTRAM y los montos de inversión destinados a cada uno, tanto por parte del FONADIN, gobiernos estatales e iniciativa privada.

No.	Proyecto de Transporte Urbano Masivo	Inversión	Aportación FONADIN	Estado / municipio	Privados	Demanda Estimada
		MDP	MDP	MDP	MDP	Viajes/día
1	Ferrocarril Suburbano 1 del Valle de México	10 558	5 492	-	5 066	190 000
2	BRT Chihuahua 1 Norte-Sur	893	228	371	294	78 000
3	BRT Puebla 1 Chachapa-Tlaxcalancingo	1 465	395	548	522	121 000
4	BRT Monterrey Eco vía 1	1 890	610	423	857	130 000
5	BRT Chimalhuacán-Pantitlán	1 930	266	742	922	265 000
6	SIT Acapulco-Cd. Renacimiento	1 912	645	841	426	90 000
7	BRT Puebla 2 Cuenca Norte-Sur	2 035	380	610	1 045	178 000
8	BRT Pachuca Centro Téllez	856	189	371	296	150 000
9	BRT Cd. Azteca-Tecamac	1 127	Garantía	280	847	130 000
10	SIT Optibús León 3° Etapa	790	197	278	315	143 000
11	SIT León Optibús 4° Etapa	338	84	119	135	62 000
<b>Total</b>		23 794	8 486	4 583	10 725	1 537 000

Tabla 5.1 Proyectos PROTRAM en operación, obtenida de: Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo PROTRAM, BANOBRAS.



No.	Proyecto de Transporte Urbano Masivo	Inversión	Aportación FONADIN	Estado / municipio	Privados	Demanda Estimada
		MDP	MDP	MDP	MDP	Viajes/día
1	Metro Ampliación Línea 1 Guadalajara	1 353	400	486	467	196 000
2	Metro Línea 3 Monterrey	7 663	2 417	2 873	2 373	300 000
3	BRT Mexicali Línea Express 1	713	233	134	346	66 000
4	BRT Tijuana	2 474	509	425	1 540	316 000
5	BRT ZM de la Laguna	1 647	466	592	589	197 000
6	BRT Oaxaca SIT 1° etapa	1 147	212	513	422	135 000
7	BRT Indios Verdes-Ecatepec	2 017	410	504	1 103	233 000
8	BRT San Luis Potosí	556	167	196	193	96 000
9	SIT Mérida	3 127	777	959	1 391	680 000
10	Línea 5 Metrobús CDMX Segunda Etapa	2 593	469	1 653	470	108 000
11	SIT de Cuernavaca	1 222	395	419	408	87 000
12	SIT Aguascalientes	1 793	394	747	652	290 000
13	BRT Puebla 3 Cuenca Norte-Sur	1 025	261	395	369	95 000
<b>Total</b>		26 368	7 176	9 864	10 353	2 799 000

Tabla 5.2 Proyectos PROTRAM en construcción, obtenida de: Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo PROTRAM, BANOBRAS.

No.	Proyecto de Transporte Urbano Masivo	Inversión	Aportación FONADIN	Estado / municipio	Privados
		MDP	MDP	MDP	MDP
1	BRT Chihuahua 2 y 3	790	190	300	300
2	BRT Durango	1 048	255	315	478
3	BRT Pachuca 2	1 382	420	461	501
4	BRT Monterrey Eco vías 2 y 3	1 793	448	628	717
5	BRT Mexibús Ojo de Agua. Tecámac	572	143	289	140
6	SIT ZM Villahermosa	1 277	306	541	430
7	BRT Hermosillo	709	200	270	239
8	BRT Morelia	1 400	360	475	565
9	Línea 6 Metrobús- CDMX	2 000	660	660	680
<b>Total</b>		10 971	2 982	3 939	4 050

Tabla 5.3 Proyectos PROTRAM en fase de aprobación, obtenida de: Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo PROTRAM.

No.	Proyecto de Transporte Urbano Masivo	Inversión	Aportación FONADIN	Estado / municipio	Privados
		MDP	MDP	MDP	MDP
1	BRT Zacatecas	1 182	250	370	562
2	BRT Tuxtla Gutiérrez	800	200	300	300
3	BRT Xalapa	650	195	234	221
4	BRT's Conectividad NAICM	3 500	1 155	1 155	1 190
5	BRT Tampico-Altamira	1 684	480	680	524
6	BRT Saltillo	903	202	394	307
7	BRT Veracruz-Boca del Río	1 469	570	619	280
8	SIT Culiacán	2 300	750	750	800
9	BRT Mazatlán	800	228	300	272
<b>Total</b>		13 288	4 030	4 802	4 456

Tabla 5.4 Proyectos en fase de identificación, obtenida de: Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo PROTRAM, BANOBRAS.

### 5.1.1 Tren Ligero Guadalajara Línea 3

El proyecto de transporte masivo de pasajeros en la modalidad de tren ligero entre los municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque es un proyecto que requirió acceder a fondos del PROTRAM debido a su naturaleza de transporte urbano masivo, sus estudios de factibilidad técnica fueron realizados en 2013 y actualmente se encuentra en la última etapa de su construcción.

Esta línea del tren ligero de Guadalajara tiene un recorrido de 21.960 km. en los cuales se localizan 18 estaciones que atraviesan la zona metropolitana de Guadalajara, esta línea tiene la particularidad de contar con tramos a nivel, con túnel y con viaducto elevado.

En el proyecto se estima una demanda de 220 000 pasajeros diarios aproximadamente y se estima que la frecuencia adecuada sería de 120 segundos, también se menciona que la velocidad comercial de los trenes sería de 35 km/h y se generarían importantes ahorros en los tiempos de recorrido de los usuarios, no especificados en el proyecto.



*Figura 24 Tren Ligero Línea 3 en Guadalajara, Jalisco*

### 5.1.2 BERTRO Metrorrey Línea 3

El proyecto de la línea 3 del Metrorrey que correrá de Monterrey a Apodaca comprende un corredor de 31 km. que ayudaría en la movilidad de los habitantes de la zona metropolitana de Monterrey, la cual es una de las ciudades más importantes del país y concentra el 86% de la población del estado de Nuevo León, con el fin de reducir el uso del automóvil en 1987 se creó el Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey, el cual cuenta con un plan maestro.

Este proyecto contemplaba el uso de sistema BRT en un inicio sobre la misma infraestructura civil que sería utilizada para el sistema de trenes, este proyecto contempla 28 estaciones, tanto a nivel como elevadas. Supone una velocidad comercial de 35 km/h y un intervalo de 40 segundos. Se tendría un ahorro de 21 minutos en toda la extensión del corredor.



*Figura 25 Avance en obras del Metrorrey línea 3 en Monterrey, Nuevo León*

### 5.1.3 SIT Acapulco

El Sistema Integrado de Transporte de la Zona Metropolitana de Acapulco comprende un conjunto de elementos de infraestructura, equipos de transporte y un control de operación que lleve a una integración de los diferentes modos de transporte de forma que se tenga un corredor troncal (sistema BRT) comprendido por 11 estaciones de paso, una estación terminal y una estación de integración en el centro de Acapulco con otras rutas alimentadoras del sistema.

La operación del corredor contempla 5 rutas del sistema troncal, 10 rutas auxiliares y 36 rutas alimentadoras, dependiendo de la demanda de cada una se utilizarán autobuses, microbuses o camionetas.

El SIT de Acapulco representa un proyecto de movilidad que involucra a toda el área metropolitana y plantea una coordinación de todas las rutas, así como la modernización de los vehículos de transporte público, se contemplaba la existencia de 4.9 km de carril confinado con pavimento de concreto hidráulico y 20 km. de repavimentación asfáltica para las rutas alimentadoras.



Figura 26 SIT Acabús, Mapa de rutas troncales y alimentadoras en Acapulco



### 5.1.4 BRT Puebla 2

El proyecto de Transporte Masivo de la cuenca Norte-Sur de la Zona Metropolitana de Puebla (ZMP) tiene como objetivo complementar al corredor BRT existente Chachapa Tlaxcalancingo que cruza de nororiente al sur de la ZMP, para esto se plantean dos ejes troncales complementarios, que se conectan entre sí y con el corredor existente.

También se contempla reestructurar el total de las rutas que operan en la cuenca Norte-Sur con el fin de alimentar los nuevos corredores troncales, que contemplan 11.4 km. de carriles exclusivos para el Troncal 11 Norte Sur y 22.05 km. para el Troncal 16 de septiembre y Boulevard Héroes del 5 de mayo, con la particularidad que para el troncal 11 se contempla estaciones estándar y para el troncal 16 de septiembre contemplan tótems como un sistema de autobuses con preferencia de paso. La implementación de estos corredores troncales traería un 20% de ahorro para los usuarios.

Para el corredor 11 Norte Sur se contemplan 27 autobuses articulados de 160 pasajeros, 38 autobuses convencionales de 100 personas y 85 de 40 personas; para el corredor 16 de septiembre se contemplaban 70 autobuses convencionales de 100 personas y 30 de 40 pasajeros



*Figura 27 BRT RUTA de Puebla, Puebla*

### 5.1.5 Mexicable Ecatepec

El proyecto de Transporte Masivo de la región de San Andrés de la Cañada en Ecatepec, Estado de México tiene como objetivo conectar la parte alta de la cañada de San Andrés con el área conocida como cerro Gordo, atravesando la autopista México-Pachuca sin interferir con el tránsito de esta autopista. Es el primer sistema de teleféricos en México que pretende ser un sistema de transporte masivo en zonas de difícil acceso para el transporte terrestre.

La línea 1 del Mexicable consta de 4.9 km, 7 estaciones, 36 postes de línea de aproximadamente 35 metros de altura en promedio, los sistemas de teleféricos al funcionar con electricidad se consideran de poco impacto ambiental, este sistema cuenta con dos motores de 1000 hp cada uno que permite a las 185 cabinas realizar el recorrido habitual por el cable.<sup>11</sup>

La capacidad instalada del mexicable es de 3000 usuarios/hora/sentido recorriendo los 4.9 km en 19 minutos, esto representa un ahorro en el tiempo de los usuarios de 40% en sus tiempos de traslado, antes del mexicable diferentes rutas de combis y microbuses atendían el corredor pero sufrían de constantes asaltos.

Los sistemas de teleféricos tienen la particularidad de no interferir con el tránsito urbano y no se ven afectados por la operación de semáforos o por la congestión vial, en cuestión de intermodalidad todas de las estaciones del mexicable cuentan con ciclo estacionamientos, el Mexicable cuenta con conexión directa con el Mexibús línea 4 en dirección Tecámac- Indios Verdes, lo que representa una importante línea de deseo de los habitantes de la cañada hacia este importante CETRAM.

---

<sup>11</sup> Historia Mexicable, Mexicable 2019 Recuperado de: <http://www.mexicable.com/historia.php>





*Figura 28 Mexicable en Ecatepec, Estado de México*

## 5.2 Proyectos no implementados

Del total de proyectos que accedieron a fondos del PROTRAM se tienen algunos proyectos que tuvieron acceso a los fondos para realizar los estudios de prefactibilidad necesarios pero que no fueron implementados por diversas razones, aun así se encuentran en la cartera de proyectos del PROTRAM por si llegan a retomarse.

### 5.2.1 Teleférico Magdalena Contreras

El proyecto del Sistema de Transporte tipo Teleférico en la delegación Magdalena Contreras que comprende un corredor de 8.65 km. de recorrido, el cual tiene su inicio en la colonia Las Palmas en la delegación Magdalena Contreras, recorre gran parte de la delegación y tiene su destino final en el metro Copilco en la delegación Coyoacán, entre ambas terminales se tiene que salvar un desnivel de 370 metros.

De los 8.65 km totales, 5 km se encuentran en la delegación Magdalena Contreras. 1 km en la delegación Álvaro Obregón y 2.6 km. en la delegación Coyoacán. El proyecto contempla 13 estaciones, el sistema tendría una capacidad inicial de 3000 pasajeros/hora/sentido y la velocidad del teleférico sería de 21.6 km/h esperando una capacidad final de 3600 pasajeros/hora/sentido, se contaría con 339 cabinas con capacidad de 10 personas y estaría compuesto por 3 tramos independientes: Las Palmas-Ocotepec, Ocotepec-Eje 10 Sur y Eje 10 Sur-Copilco. Los tres tramos se recorrerían en un tiempo de 32 minutos aproximadamente lo que representaría un ahorro en los tiempos de traslado para los usuarios que realizan este recorrido de cerca de 1 hora que pasan actualmente en autobuses y microbuses concesionados.

De haberlo ejecutado este sistema de Teleférico hubiera contribuido a una mejor movilidad de los habitantes de la Magdalena Contreras conectándolos con el STC Metro línea 3 y con la línea 1 del Metrobús, pero actualmente no se tiene contemplada su construcción y su implementación. Este es un ejemplo de cómo los fondos otorgados por el PROTRAM para los estudios previos se invierten hasta esta etapa pero por diversos factores el proyecto nunca se ejecuta y se quedan los recursos ahí.

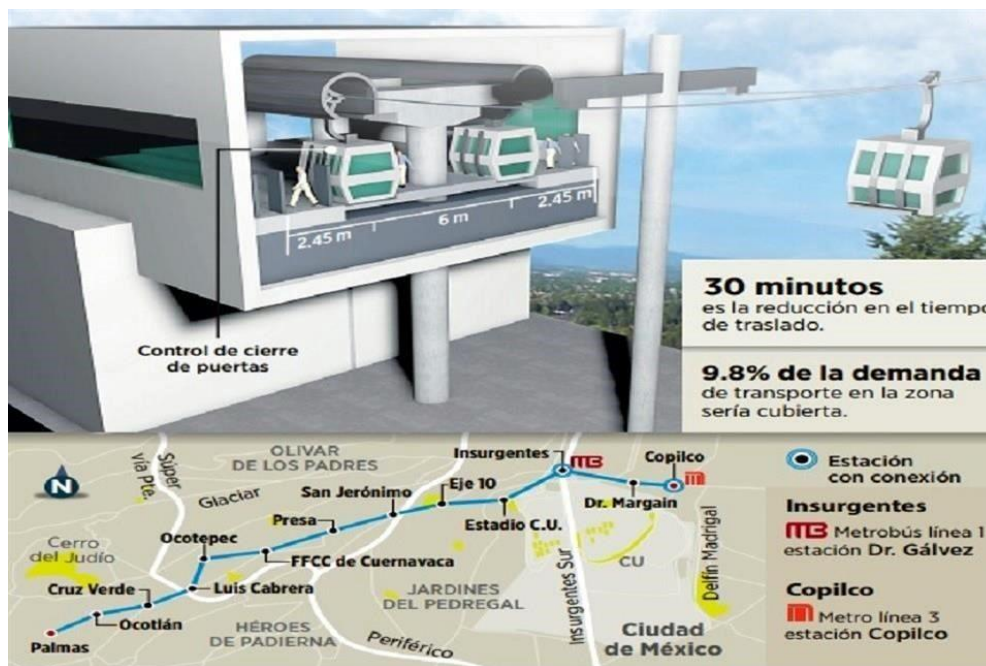


Figura 29 Trazo preliminar del teleférico de Magdalena Contreras

### 5.2.2 Tren Suburbano Jardines de Morelos- Martín Carrera

La red de Ferrocarriles Suburbanos de la Zona Metropolitana del Valle de México contemplaba 3 sistemas troncales que conectarían las zonas conurbadas con la Ciudad de México, con base en el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 tenía como una de sus estrategias impulsar el desarrollo de trenes suburbanos de pasajeros que reduzcan de manera significativa el tiempo de traslado de las personas de estas áreas y se establecía como meta poner en operación la primer etapa de los sistemas 1, 2 y 3 del tren suburbano, actualmente sólo se cuenta con el sistema 1 que corre de Buenavista a Cuautitlán pero se tenía contemplado su recorrido hasta Huehuetoca.

El Sistema 2 del tren Suburbano Jardines de Morelos-Martín Carrera pretendía que los usuarios ahorren tiempo de transporte, evitando el congestionamiento en la Autopista y Carretera federal México-Pachuca, de los habitantes de Ecatepec, Xalostoc, Coacalco y Jardines de Morelos hacia Metro Indios Verdes.

La implementación del sistema 2 contribuiría en la mejora de movilidad en la zona, la disminución de contaminación ambiental, una disminución en el uso de energéticos, a una mejora distribución de usuarios del metro disminuyendo la demanda de la línea 3 y aumentando la de las líneas 4 y 6, este proyecto ayudaría a una mejora urbana de la zona.

Según el proyecto la implementación de este sistema propiciaría reducir la oferta de autobuses en las rutas paralelas al trazo, favorecería la entrada de rutas alimentadoras hacia las estaciones del nuevo tren y se reorganizaría todo el esquema de viajes que se genera en esa parte de la ciudad. Se tendría un ahorro en los tiempos de traslado de 40 minutos aproximadamente.

El trazo contempla 20.09 km con 7 estaciones, de las cuales se proponen 9 estaciones elevadas y 4 superficiales, el trazo principalmente recorre la Calzada San Juan de Aragón de Chalco hasta Santa Martha, contempla una velocidad comercial de 60 km/h y un intervalo mínimo de 360 segundos, con 12 trenes de flota y atendería una demanda de 13 440 pasajeros/hora/sentido.

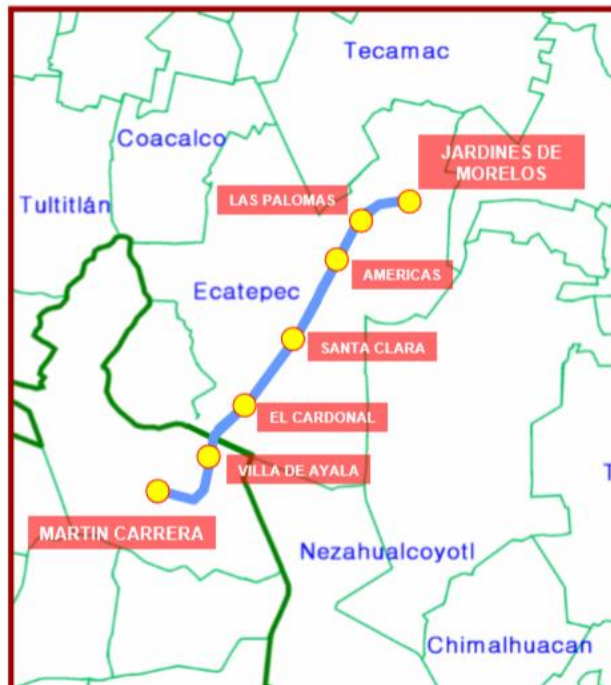


Figura 30 Trazo de sistema 2 de Trenes suburbanos de la Ciudad de México



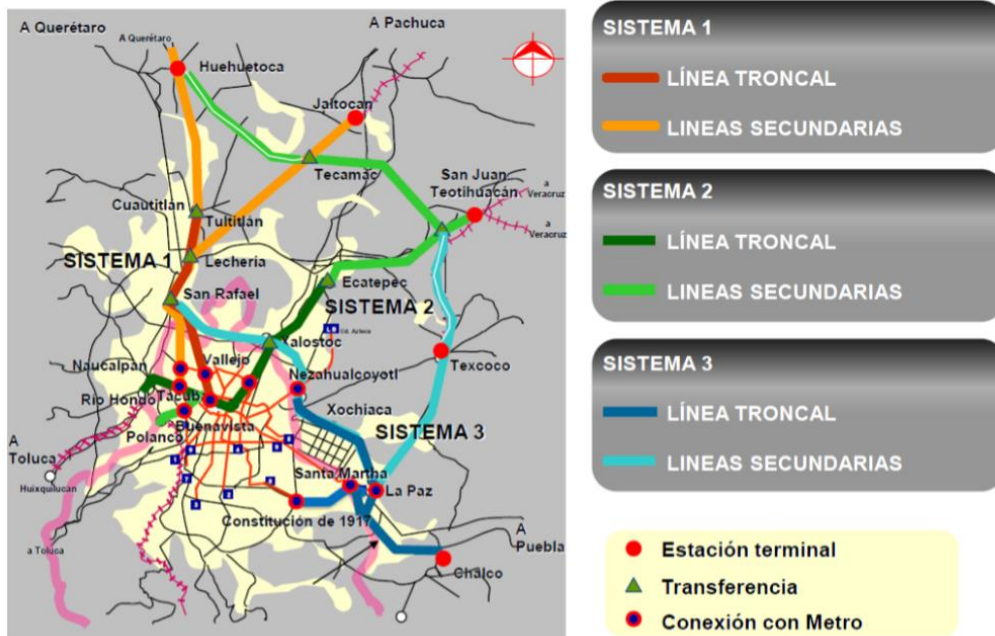


Figura 31 Red de Ferrocarriles Suburbanos en la ZMVM

### 5.2.3 Tren Suburbano Chalco-Santa Martha

El Sistema 3 del tren Suburbano Chalco-Santa Martha-Constitución de 1917 pretende que los usuarios ahorren tiempo de transporte, evitando el congestionamiento en la Autopista y Carretera federal México-Puebla, de los habitantes de Chalco, Valle de Chalco y Chimalhuacán hacia Metro Pantitlán.

La implementación del sistema 3 contribuiría en la mejora de movilidad en la zona, la disminución de contaminación ambiental, una disminución en el uso de energéticos y este proyecto ayudaría a una mejora urbana de la zona.

Según el proyecto los usuarios tendrían la opción de la entrada directa al centro de la ciudad de México con una sola correspondencia en la terminal de la línea 8 Constitución de 1917 en un tiempo de 60 minutos y esto reduciría la demanda en las líneas A, 1, 5 y 9 del STC Metro.

El trazo contempla 23.369 km con 13 estaciones, de las cuales se proponen 9 estaciones elevadas y 4 superficiales, el trazo principalmente recorre la autopista México-Puebla de Chalco hasta Santa Martha, contempla una velocidad comercial de 60 km/h y un intervalo mínimo de 180 segundos, con 18 trenes de flota, se atendería a una demanda de 22 630 pasajeros/hora/sentido.



Figura 32 Trazo del sistema 3 de Trenes Suburbanos de la Ciudad de México

## Capítulo VI: Conclusiones

El Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo, mejor conocido como PROTRAM, es de los pocos programas a nivel nacional que fomenta el desarrollo de sistemas de transporte urbano masivo mejor organizados, implementando nuevas tecnologías que permitan al usuario tener una mejor experiencia de viaje y que funcionen como una Asociación Público-Privada, sin embargo tiene ciertas deficiencias cuando el proyecto entra en operación no se cuenta con una supervisión por parte del PROTRAM que garantice que el nuevo proyecto cumpla con lo establecido para optimizar su funcionamiento, se han tenido casos en que el proyecto entra en crisis financiera por no realizar los estudios previos con la suficiente seriedad.

La metodología del PROTRAM toma en cuenta los tiempos de traslado de los usuarios como un parámetro que refleja los beneficios que se tendría por parte de la población del área urbana atendida pero no toma en cuenta criterios ambientales, que hoy en día son muy significativos como la emisión de gases de efecto invernadero, que podrían ser un aspecto importante para empezar a implementar sistemas de transportes eléctricos como trolebuses, el tranvía o el teleférico, estas últimas opciones inclusive podrían ser aptas para bonos verdes otorgados por el Banco Mundial.

Otro aspecto que valdría la pena implementar dentro de la metodología de proyectos PROTRAM sería el cálculo del nivel de servicio de las vías que comprende el corredor de transporte que se pretende satisfacer, ya que muchas veces no se considera la afectación producida a otros modos de transporte; en el cálculo de la demanda se debe de tomar en cuenta la demanda derivada que puede impactar en la demanda actual de transporte público debido a que cuando se implementa un sistema de transporte muchas veces el usuario que usualmente se transporta de diferente forma prefiere cambiarse al nuevo sistema de transporte.



En la evaluación socioeconómica se deberían de incluir mayores costos sociales como el de afectación a la población durante la duración de la obra, la accidentabilidad actual y la que se tendría con la implementación de un proyecto de transporte integral como los que se pretenden desarrollar en el PROTRAM.

Un aspecto que me resultó bastante interesante son los Planes Integrales de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS) que en su mayoría plantean el uso de diferentes modos de transporte no motorizados como el uso de bicicletas o ser peatón, en los proyectos PROTRAM se debería de contemplar la modificación del espacio urbano dentro del corredor que fomente la movilidad peatonal, ciclista y que permita la operación del transporte masivo. Considerando todos los modos de transporte se debería de calcular la mejora que se tendría en la nueva infraestructura tanto para ciclistas, peatones, transporte público y vehículos particulares, de esta forma se lograría observar el beneficio integral del entorno urbano en el corredor de transporte atendido.

El transporte es una de las áreas de la Ingeniería Civil que más perciben los ciudadanos de un área metropolitana, contar con un sistema de transporte eficiente, seguro y confiable permite a los habitantes mejorar su productividad y hacer atractiva el área metropolitana para futuros proyectos de inversión. Una ciudad con un sistema de transporte adecuado representa beneficios sociales y económicos para todos y se deben de implementar programas a niveles regionales que permitan mejorar la competitividad regional.

El problema de la movilidad en las grandes ciudades en el mundo es algo que resulta normal en la actualidad y representa una problemática para los habitantes que intentan llegar de un lugar a otro en el menor tiempo posible. La implementación de mejores sistemas masivos de transporte representa una solución a esta problemática pero se debe de atacar correctamente en coordinación con todos los sectores de la población, de no ser así los nuevos sistemas generan rechazo por parte de la población y no se ven los beneficios de la implementación de más sistemas de transporte.

Otro aspecto por resaltar es que de la totalidad de proyectos en operación, la gran parte se implementó de forma distinta a la del proyecto, muchos eran proyectos BRT y terminaron siendo SIT o inclusive existen algunos donde sólo se implementó un carril exclusivo para las rutas actuales, por lo que es necesario que se modifiquen los lineamientos del PROTRAM en la parte de construcción y operación de los nuevos sistemas supervisando que se ejecuten conforme al proyecto.

Existen muchos tipos de modo de transporte no convencionales que se implementan en otras partes del mundo, como los sistemas de teleférico, los sistemas de tranvía moderno (tram), trenes ligeros, entre otros que contribuyen a satisfacer la demanda y tienen el beneficio de no emitir contaminantes directamente, así como una baja en los costos de mantenimiento a largo plazo, si bien tienen un costo inicial más elevado que un BRT tiene beneficios a largo plazo que vuelven a estos modos más atractivos.

También se debe de mejorar los tiempos de ejecución de los proyectos PROTRAM, ya que la gran mayoría de los proyectos en operación sufrieron retrasos importantes, que afecta la imagen del proyecto en la percepción del usuario, en algunos no se tuvo una correcta planeación y los estudios previos no fueron consistentes lo que provocó que la demanda actual fuera inferior a la proyectada, un caso es el tren suburbano línea 1 que actualmente está subutilizado y no cuenta con rutas alimentadoras que lo abastezcan.

## Referencias

### Capítulo I: Marco Teórico

- ✓ Figueroa Palacios Esteban M.C., Planeación de proyectos de Infraestructura, Un Enfoque Social, LIMUSA, México, 2017, pp.20-23, 164-175
- ✓ Truyols Mateu Sebastián, Introducción a la ingeniería del Transporte, Delta, España, 2012, pp.65-68
- ✓ Cal y Mayor Rafael y Cárdenas Grisales James, Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones, Alfaomega, México, 2018 pp.711
- ✓ Unidad de Servicios de Infraestructura, ¿Qué es un BRT, o la implementación del Metrobús en la ciudad de Buenos Aires, Argentina?, CEPAL, Boletín FAL Edición 312 número 8 de 2012.
- ✓ Metro, light rail and tram systems in Europe. (2009). 1st ed. [ebook] Bélgica: Tansconsult, pp.18-37. Available at: [https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/errac\\_metrolr\\_tramsystemsineurope.pdf](https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/errac_metrolr_tramsystemsineurope.pdf) [Accessed 26 jun. 2019].

### Capítulo II: Programa Federal de Apoyo al Transporte Urbano Masivo

- ✓ *LINEAMIENTOS DEL PROGRAMA DE APOYO FEDERAL AL TRANSPORTE MASIVO.* (2008). 1st ed. [ebook] Ciudad de México: Fondo Nacional de Infraestructura, pp.18. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Lineamientos\\_Programa\\_Transporte.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Lineamientos_Programa_Transporte.pdf) [Accessed 4 jul. 2019].
- ✓ Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo. (2013). 1st ed. [ebook] Ciudad de México: Slideshare, pp.22. Available at: <https://es.slideshare.net/sibr/programa-federal-de-apoyo-al-transporte-masivo-prtotram-carlos-mier-y-tern> [Accessed 9 jul. 2019].
- ✓ Fondo Nacional de Infraestructura. (2018). Programa de Apoyo Federal al Transporte Urbano Masivo. 12 jul. 2019, de FONADIN Sitio web: <http://www.fonadin.gob.mx/productos-fonadin/programas-sectoriales/programa-federal-de-apoyo-al-transporte-urbano-masivo/>
- ✓ *¿Cómo acceder a recursos PROTRAM?.* (2016). 1st ed. [ebook] Ciudad de México: Ing. Octavio Higuera, pp.8-14. Available at: <http://movilidadamable.org/recursos/item/protram> [Accessed 21 jul. 2019].

### Capítulo III: Fase I Planeación e Identificación del Proyecto PROTRAM

- ✓ Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo. (2013). 1st ed. [ebook] Ciudad de México: Slideshare, pp.22. Available at: <https://es.slideshare.net/sibr/programa-federal-de-apoyo-al-transporte-masivo-prtotram-carlos-mier-y-tern> [Accessed 9 jul. 2019].
- ✓ *GUIA DE PRESENTACION Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE MASIVO.* (2016). 1st ed. [ebook] México: FONADIN, pp.1-13. Available at: <http://www.fonadin.gob.mx/wp->

- content/uploads/2016/08/Guia\_Presentacion\_EvaluacionPROTRAM.pdf [Accessed 9 jul. 2019].
- ✓ Fondo Nacional de Infraestructura. (2018). Programa de Apoyo Federal al Transporte Urbano Masivo. 12 jul. 2019, de FONADIN Sitio web: <http://www.fonadin.gob.mx/productos-fonadin/programas-sectoriales/programa-federal-de-apoyo-al-transporte-urbano-masivo/>
  - ✓ Meixueiro Garmendia Javier M.D. I et al. (2009). 1st ed. [ebook] México: CEPEP, pp.1-15. Available at [https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/metodologia\\_transporte\\_masivo.pdf](https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/metodologia_transporte_masivo.pdf) [Accessed 29 jul. 2019].
  - ✓ Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible. (2006). 1st ed. [ebook] Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, pp.49-60. Available at: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10251\\_Guia\\_PMUS\\_06\\_2735e0c1.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10251_Guia_PMUS_06_2735e0c1.pdf) [Accessed 2 ago. 2019].
  - ✓ Planes Integrales de Movilidad Lineamientos para una movilidad urbana y sustentable. (2012). 1st ed. [ebook] México: ITDP: Salvador Medina Ramírez y Jimena Veloz Rosas., pp.26-32. Available at: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Planes-integrales-de-movilidad-lineamientos.pdf> [Accessed 5 ago. 2019].

#### Capítulo IV: Fase II Preparación del Proyecto PROTRAM a Nivel Factibilidad

- ✓ Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo. (2013). 1st ed. [ebook] Ciudad de México: Slideshare, pp.22. Available at: <https://es.slideshare.net/sibr/programa-federal-de-apoyo-al-transporte-masivo-prtotram-carlos-mier-y-tern> [Accessed 9 ago. 2019].
- ✓ ANEXO-1: GUIA DE PRESENTACION Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE MASIVO. (2016). 1st ed. [ebook] México: FONADIN, pp.7-18. Available at [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Guia\\_Presentacion\\_EvaluacionPROTRAM.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Guia_Presentacion_EvaluacionPROTRAM.pdf) [Accessed 9 jul. 2019].
- ✓ Fondo Nacional de Infraestructura. (2018). Programa de Apoyo Federal al Transporte Urbano Masivo. 12 ago. 2019, de FONADIN Sitio web: <http://www.fonadin.gob.mx/productos-fonadin/programas-sectoriales/programa-federal-de-apoyo-al-transporte-urbano-masivo/>
- ✓ Análisis Costo Beneficio de la Línea 3 del Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey. (2012). 1st ed. [ebook] Monterrey: Felipe Ochoa y Asociados S.C Consultores, pp.7-150. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_BERTRO.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_BERTRO.pdf) [Accessed 19 ago. 2019].
- ✓ Proyecto de Movilidad Urbana FASE II de Sistema Tronco Alimentador de Transporte BRT Macrobus en Zona Metropolitana de Guadalajara. (2009). 1st ed. [ebook] Guadalajara: Corporación Rehovot S.A. de C.V., pp.7-187. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_FASE2\\_MACROBUS.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_FASE2_MACROBUS.pdf) [Accessed 21 ago. 2019].
- ✓ Actualización del Análisis Costo Beneficio del Proyecto de Transporte Masivo de la Cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla. (2015). 1st ed. [ebook] Puebla: Modelisitica S.A. de C.V., pp.16-200. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_Puebla2NorteSur.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_Puebla2NorteSur.pdf) [Accessed 23 ago. 2019].
- ✓ Análisis Costo Beneficio BRT Tuzo-bus Corredor 1 Centro-Téllez. (2012). 1st ed. [ebook] Pachuca: Corporación Rehovot S.A. de C.V., pp.9-150. Available at:

[http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_Tuzobus.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_Tuzobus.pdf) [Accessed 24 ago. 2019].

- ✓ Análisis Costo Beneficio del Sistema Integrado de Transporte (SIT) de la Zona Metropolitana de Acapulco a nivel prefactibilidad. (2011). 1st ed. [ebook] Acapulco: Transconsult, pp.1-133. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_ACAPULCO.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_ACAPULCO.pdf) [Accessed 26 ago. 2019].

## Capítulo V: Estado del Arte Proyectos PROTRAM

- ✓ Proyecto de transporte masivo de pasajeros en la modalidad de tren ligero entre los municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco. (2013). 1st ed. [ebook] Guadalajara: SENER y Transconsult, pp.2-35. Available at: [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGTFM/Proyectos\\_Pasajeros/Tren-Guadalajara/04\\_Factibilidad\\_Tecnica.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGTFM/Proyectos_Pasajeros/Tren-Guadalajara/04_Factibilidad_Tecnica.pdf) [Accessed 2 Sep. 2019].
- ✓ Análisis Costo Beneficio de la Línea 3 del Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey. (2012). 1st ed. [ebook] Monterrey: Felipe Ochoa y Asociados S.C Consultores, pp 81-97. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_BERTRO.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_BERTRO.pdf) [Accessed 2 Sep. 2019].
- ✓ Análisis Costo Beneficio del Sistema Integrado de Transporte (SIT) de la Zona Metropolitana de Acapulco a nivel prefactibilidad. (2011). 1st ed. [ebook] Acapulco: Transconsult, pp.51-70. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_ACAPULCO.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_ACAPULCO.pdf) [Accessed 3 Sep. 2019].
- ✓ Actualización del Análisis Costo Beneficio del Proyecto de Transporte Masivo de la Cuenca Norte Sur de la Zona Metropolitana de Puebla. (2015). 1st ed. [ebook] Puebla: Modelisitica S.A. de C.V., pp.179-190. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_Puebla2NorteSur.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_Puebla2NorteSur.pdf) [Accessed 23 ago. 2019].
- ✓ Análisis Costo Beneficio del Ferrocarril Suburbano del Valle de México Sistema 2 Jardines de Morelos-Martín Carrera. (2008). 1st ed. [ebook] México: S.C.T, pp 39-45. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_SUBURBANO2.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_SUBURBANO2.pdf) [Accessed 2 Sep. 2019].
- ✓ Análisis Costo Beneficio del Tren Suburbano Sistema 3 en la ruta Chalco –Santa Martha –Constitución de 1917. (2011). 1st ed. [ebook] México: Felipe Ochoa y Asociados S.C Consultores, pp 11-22. Available at: [http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB\\_SUBURBANO3.pdf](http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/ACB_SUBURBANO3.pdf) [Accessed 3 Sep. 2019].