



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Manual para la elaboración de

Planes

Reguladores

de Rutas



**PERÚ****Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones****Viceministerio
de Transportes****Dirección General de
Políticas y Regulación en
Transporte Multimodal**

MANUAL PARA LA ELABORACION DE PLANES REGULADORES DE RUTAS

© Ministerio de Transportes y Comunicaciones

www.gob.pe/mtc

Se agradece a la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza - SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto "Apoyo en la implementación de la Política Nacional de Transporte Urbano en el Perú – CIMO", el apoyo brindado para la elaboración de este documento.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Ministro

Raúl Ricardo Pérez-Reyes Espejo

Viceministerio de Transportes
Viceministro

Ismael Sutta Soto

Dirección General de Políticas y Regulación en Transporte Multimodal
Director

Víctor Adrián Arroyo Tocto

Dirección de Políticas y Normas en Transporte Vial
Directora

Ofelia Doris Soriano Ramos

Equipo técnico responsable del contenido
Carmen del Pilar Saavedra Raya, MTC
Giovanna Sue Vásquez De Las Casas, MTC

Contenidos

Dante Alí Ramírez Julca
Pedrito Martín Ninahuanca Cubas
Ivo Darky Díaz Ortega
Franck Edwar Gómez Santillana
Percy Pardavé Livia
Renzo Daniel Casanova Gonzáles
Harry Mamani Condori
Gustavo Alfonso Ibarra Illescas
Lusdali Castillo Delgado

Tabla de contenido

PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO I CONSIDERACIONES GENERALES.....	10
1.1 PLAN REGULADOR DE RUTAS	14
1.1.1. <i>Concepto</i>	14
1.1.2. <i>Propósito del Plan Regulador de Rutas.....</i>	14
1.1.3. <i>¿Qué se entiende por servicio de transporte público de pasajeros? ..</i>	15
1.1.4. <i>Planificación del servicio de transporte de pasajeros y herramientas de gestión</i>	15
1.1.5. <i>¿Qué entidades deben contar con un Plan Regulador de Rutas?.....</i>	17
1.2 ACTORES INVOLUCRADOS Y COMPETENCIAS	18
1.3 MARCO LEGAL	19
CAPÍTULO II ACCIONES PREVIAS AL PLAN REGULADOR DE RUTAS.....	21
2.1 PLAN REGULADOR POR NIVELES.....	21
2.2.1. <i>Asignación de Niveles de PRR a provincias.....</i>	21
2.2.2. <i>Contenido del Plan Regulador de Rutas por Niveles</i>	25
2.2.3. <i>Recursos Humanos para la Planificación del Transporte</i>	26
2.2.3.1. <i>Recursos Humanos Municipales</i>	26
2.2.3.2. <i>Recursos Humanos para la Elaboración del PRR</i>	28
2.2 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	29
2.2.1. <i>Autorizaciones y empresas operadoras</i>	29
2.2.2. <i>Georreferenciación de datos.....</i>	31
2.2.3. <i>Proceso de Planificación</i>	32
2.3 VEHÍCULO PATRÓN	34
2.3.1. <i>Aspectos metodológicos para la elección de un vehículo de transporte público.....</i>	34
2.3.2. <i>Descripción general de las tipologías vehiculares.....</i>	37
CAPÍTULO III ELABORACIÓN DEL PLAN REGULADOR DE RUTAS	41
3.1 ASPECTOS GENERALES	41
3.1.1. <i>Antecedentes.....</i>	41
3.1.2. <i>Objetivos.....</i>	41
3.1.3. <i>Marco Conceptual</i>	41
3.1.4. <i>Marco Legal.....</i>	41
3.1.5. <i>Ubicación y Alcance del Plan</i>	42
3.2 DIAGNÓSTICO GENERAL PROVINCIAL.....	42
3.2.1. <i>Población.....</i>	42
3.2.1.1. <i>Indicadores Socioeconómicos</i>	43
3.2.1.2. <i>Aspectos Geográficos</i>	43
3.2.1.3. <i>Aspectos Culturales.....</i>	44
3.2.2. <i>Diagnóstico del Transporte y la Vialidad</i>	45
3.2.2.1. <i>Planes Municipales.....</i>	45
3.2.2.2. <i>Aspectos Legales.....</i>	45
3.2.2.3. <i>Características Cualitativas del Tránsito.....</i>	46

3.2.2.4.	Características del Transporte Público.....	47
3.2.2.5.	Integración Multimodal.....	48
3.3	LEVANTAMIENTO Y PROCESO DE INFORMACIÓN DE CAMPO	48
3.3.1.	<i>Construcción de la Red Vial</i>	48
3.3.1.1.	Jerarquización y Características Físicas	49
3.3.1.2.	Digitalización de la Red Vial.....	58
3.3.2.	<i>Construcción de las Rutas de Transporte</i>	59
3.3.2.1.	Fuentes de Información	59
3.3.2.2.	Inventario de rutas:.....	60
3.3.3.	<i>Recolección de Información del Tránsito</i>	61
3.3.3.1.	Aforos vehiculares en principales vías.....	61
3.3.3.2.	Velocidades de circulación en principales vías	67
3.3.4.	<i>Recolección de Información de Demanda del Transporte</i>	70
3.3.4.1.	Embarque y Desembarque de Pasajeros.....	70
3.3.4.2.	Frecuencia y Ocupación Vehicular.....	73
3.3.4.3.	Encuestas Origen – Destino Domiciliarias.....	75
3.3.4.4.	Encuestas Origen – Destino de Interceptación	79
3.3.4.5.	Encuestas de preferencias reveladas.....	84
3.3.4.6.	Encuestas de preferencias declaradas.....	84
3.3.5.	<i>Recolección de información de la Oferta del Transporte</i>	85
3.3.5.1.	Mapeo de Rutas de Transporte con GPS.....	86
3.3.5.2.	Identificación de Tarifas.....	88
3.3.5.3.	Estimación de la Oferta Informal.....	88
3.3.5.4.	Supervisión de trabajos de campo.....	89
3.4	PROCESO DE MODELACIÓN DE TRANSPORTE	89
3.4.1.	<i>Modelos de Transporte</i>	90
3.4.2.1.	Definiciones de Modelos de Transporte.....	90
3.4.2.2.	Importancia de los Modelos de Transporte.....	90
3.4.2.3.	Clasificación de los modelos	91
3.4.2.4.	Softwares de Modelación	96
3.4.2.5.	Contexto Temporal.....	101
3.4.2.6.	Periodo de Análisis	103
3.4.2.	<i>Modelo de Planeamiento de Transporte</i>	104
3.4.2.1.	Selección de Metodología de Modelo.....	104
3.4.2.2.	Desarrollo de las Metodologías.....	104
3.4.3.	<i>Construcción de Base de Datos Geográfica del Modelo</i>	116
3.4.3.1.	Áreas de Estudio	117
3.4.3.2.	Zonas de Tránsito.....	119
3.4.3.3.	Red Vial.....	123
3.4.3.4.	Rutas de Transporte	127
3.4.4.	<i>Construcción de Matriz</i>	130
3.4.4.1.	Matrices	130
3.4.4.2.	Construcción de Matrices.....	132
3.4.5.	<i>Métodos de Selección de Rutas</i>	133
3.4.5.1.	Líneas de Deseo de Viajes.....	133
3.4.6.	<i>Asignación de Transporte</i>	136
3.4.6.1.	Tipos de Asignación	136
3.4.6.2.	Asignación de Transporte Privado	137
3.4.6.3.	Asignación de Transporte Público.....	140

3.4.7.	<i>Calibración del Modelo</i>	144
3.4.8.	<i>Escenarios del Modelo</i>	149
3.4.8.1.	Temporales:.....	149
3.4.8.2.	Ordenamiento:.....	149
3.4.8.3.	Tarifarios.....	150
3.4.9.	<i>Proyecciones del Modelo</i>	151
3.4.9.1.	Modelo de 4 etapas.....	152
3.4.9.2.	Método de Fratar:.....	152
3.4.9.3.	Regresiones Lineales.....	154
3.4.9.4.	Método del Factor de Crecimiento.....	154
3.4.10.	<i>Tipo de Modelo según Clasificación de Ciudad</i>	154
3.5	DISEÑO DEL SISTEMA DE RUTAS.....	157
3.5.1.	<i>Criterios para el Diseño</i>	157
3.5.1.1.	Cobertura del área o cuenca de transporte:.....	159
3.5.1.2.	Líneas de Deseo:.....	160
3.5.1.3.	Sinuosidad de una ruta:.....	161
3.5.1.4.	Conectividad:.....	162
3.5.1.5.	Trasbordos:.....	163
3.5.1.6.	Velocidad:.....	164
3.5.2.	<i>Estructura física de la Red</i>	166
3.5.2.1.	Red Ortogonal:.....	166
3.5.2.2.	Red Radial:.....	167
3.5.2.3.	Red Irregular:.....	168
3.5.3.	<i>Estructura Física de las Rutas</i>	168
3.5.4.	<i>Estructura de Rutas por tipo de Operación</i>	172
3.5.4.1.	Rutas Troncales.....	172
3.5.4.2.	Rutas Alimentadoras.....	172
3.5.4.3.	Rutas Urbanas.....	172
3.5.4.4.	Rutas Interurbanas.....	173
3.5.4.5.	Rutas Periféricas.....	173
3.5.4.6.	Rutas Interconexión.....	173
3.5.5.	<i>Diseño según Clasificación</i>	174
3.5.6.	<i>Análisis de Rutas</i>	174
3.5.7.	<i>Elección de la tecnología en sistemas de transporte público</i>	176
3.5.8.	<i>Definir la oferta del servicio del proyecto</i>	177
3.5.9.	<i>Parámetros operacionales para la elaboración de la Ficha Técnica</i> ..	180
3.5.10.	<i>Evaluación Económica – Financiera</i>	184
3.5.10.1.	Definiciones Principales.....	184
3.5.10.2.	Criterios de Decisión.....	185
3.5.10.3.	Métodos de Cálculo.....	189
3.5.10.4.	Identificación de variables y/o supuestos.....	190
3.5.10.5.	Resultados.....	192
3.5.10.6.	Casos Prácticos de Evaluación Socioeconómica.....	193
CAPÍTULO IV IMPLEMENTACIÓN DEL PRR		210
4.1	PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN.....	210
4.1.1.	<i>Identificación de Grupos de Interés</i>	210
4.1.1.1.	Sensibilidad de los Recursos.....	211
4.1.1.2.	Deseabilidad de cada Grupo.....	212

4.1.1.3. Urgencia de cada Grupo.....	212
4.1.1.4. El Interés y las Expectativas de cada Grupo:.....	212
4.1.1.5. Incidencia del interés Político en la Implementación del PRR.....	212
4.1.2. <i>Lineamientos para el Proceso de Implementación</i>	213
4.1.2.1. Lineamientos de Implementación Legal	213
4.1.2.3. Lineamientos de Implementación Operacional	214
4.1.3. <i>Estrategias de Implementación</i>	215
4.1.3.1. Estrategia de Implementación Legal.....	215
4.1.3.2. Estrategia de Implementación Operacional.....	216
4.1.3.3. Proceso Participativo y Estrategia Comunicacional	216
GLOSARIO DE TÉRMINOS	219
LISTADO DE SIGLAS	222
BIBLIOGRAFÍA	223
ANEXO I EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CIUDADES POR NIVELES DE PRR	226
ANEXO II MECANISMOS DE OTORGAMIENTO DE ACCESO AL SERVICIO	229
ANEXO III CONDICIONES BÁSICAS DE OPERACIÓN	232
ANEXO IV RÉGIMEN DE GESTIÓN COMÚN	247
ANEXO V FORMATOS UTILIZADOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS DE CAMPO	252
ANEXO VI TÉRMINOS DE REFERENCIA DE PROFESIONALES MÍNIMOS PARA CONFORMAR EL EQUIPO TÉCNICO PARA EL DESARROLLO DE UN PRR	262
ANEXO VII CONTENIDO MÍNIMO DE LA ESTRUCTURA DEL ESTUDIO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PRR	264

PRESENTACIÓN

En el marco de las actividades del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), al margen del desarrollo ordenado de la infraestructura de transporte y de su conservación, también se orienta a la promoción de la calidad de los servicios públicos de transporte, la seguridad vial y la reducción de la contaminación ambiental producida por la operación de dichos sistemas; por eso, en concordancia con el desarrollo y fortalecimiento de capacidades de los gobiernos locales en materia de transporte público, se ha elaborado y, a su vez se pone a disposición de las autoridades administrativas el presente **“Manual para la Elaboración de Planes Reguladores de Rutas”**.

Considerando la grave problemática actual del transporte urbano en las principales ciudades del país, el MTC viene apoyando a los gobiernos locales en la implementación de sistemas de transporte eficientes y sostenibles; asimismo, viene formulando lineamientos de políticas y estrategias generales que se constituyan en una adecuada orientación de los gobiernos locales formulen sus propias políticas y realicen con eficiencia la gestión del transporte urbano en sus ciudades.

El Manual se ha elaborado recopilando experiencia, casuística y material bibliográfico relacionado con los sistemas de transporte nacional y sus particularidades, así como casos de ciudades del extranjero para la promoción de buenas prácticas; de la misma manera se llevó a cabo un taller con especialistas del sector que con sus aportaciones intelectuales y vivenciales han elevado el nivel del Manual haciendo de este un documento enriquecido en su contenido para que de una manera práctica y sencilla pueda ser utilizado por los gobiernos locales.

Finalmente, es importante señalar que el **“Manual para la Elaboración de Planes Reguladores de Rutas”** se enmarca, principalmente en la legislación vigente sobre la materia, incorporando asimismo conceptos y criterios relacionados con la eficiencia de la red, mejoras en los tiempos de viajes y la calidad de servicio al promover el establecimiento de parámetros operacionales de las rutas, generando elementos para una adecuada fiscalización y control por parte de la autoridad administrativa.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, la planificación del transporte ha sido una tarea sumamente compleja y muchas veces no ha logrado los objetivos trazados, debido principalmente a la carencia de herramientas de gestión que han originado que los funcionarios de los diversos gobiernos locales y regionales no observen un horizonte claro y coherente, de acuerdo con las necesidades de la población y el crecimiento de las áreas urbano-rurales, en su mayoría de los casos, un crecimiento horizontal.

Las herramientas de gestión, como los Planes de Movilidad Urbana están contribuyendo de manera eficiente de las gestiones locales para planificar el transporte y tránsito, pero aún muchas regiones y provincias no han podido implementarlo, debido a diversas causas. Una de las herramientas de gestión para la planificación del transporte son los Planes Reguladores de Rutas, los mismos que se han utilizado con una mayor frecuencia en diversas provincias del país, por ser una herramienta que permite establecer una regulación en la oferta de transporte público y evitar, de esta manera, un sistema sobreofertado e inseguro. Sin embargo, al observar sus estructuras metodológicas, apreciamos una falta de estandarización en cuanto a las diversas técnicas empleadas para la determinación de la demanda y oferta del servicio, generando inestabilidad entre los transportistas y el público usuario.

La elaboración del Manual de Planes Reguladores de Rutas (en adelante **Manual PRR**), tiene como objetivo principal ser una guía metodológica que permita a los gobiernos locales conocer la importancia y magnitud de esa herramienta de gestión estableciendo una serie de lineamientos de carácter técnico, legal y social para diseñar una red de rutas que optimice los viajes de los usuarios del servicio, en todo su ámbito de aplicación, orientado, principalmente, a racionalizar o regular la cantidad de oferta de transporte para una determinada demanda, elaborándose de manera metodológica y considerando las diversas características geográficas y socioeconómicas de las ciudades.

El Manual PRR está organizado en 4 capítulos: capítulo I CONSIDERACIONES GENERALES, se desarrolla el concepto del plan regulador de rutas, el propósito del Plan y qué se entiende por servicio de transporte público. Asimismo, el lector podrá encontrar información acerca de otras herramientas de gestión compatibles con el PRR, qué entidad debe contar con un Plan y las autoridades competentes con el marco legal que lo sustenta.

En el capítulo II ACCIONES PREVIAS AL PLAN REGULADOR DE RUTAS se desarrollan los requerimientos y actividades previas a la elaboración del PRR, las clasificaciones por niveles de las ciudades, recursos humanos mínimos necesarios para la elaboración del Plan y la necesidad de la digitalización de la información acerca de las autorizaciones del servicio de transporte público vigente en la entidad. Asimismo, con la finalidad de optimizar la operación del vehículo de transporte con menores costos operativos, mayor eficiencia y mejor nivel de

servicio, en este capítulo el lector podrá encontrar información acerca del vehículo patrón que permitirá estandarizar las diferentes tipologías de los vehículos y así de esta manera estandarizar la infraestructura vial.

En el capítulo III ELABORACIÓN DEL PLAN REGULADOR DE RUTAS, en este capítulo podrá encontrar información del esquema y contenido mínimo del Plan Regulador de Rutas, donde se detalla la información mínima necesaria para poder presentar el Plan. Asimismo, se desarrolla cada uno de los puntos, tales como aspectos generales, diagnóstico general de la provincia, levantamiento y procesamiento de la información, proceso de la modelación del transporte y el diseño del sistema de rutas.

Y en el capítulo IV IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN REGULADOR DE RUTAS, se desarrolla el proceso para aplicar la propuesta del Plan, inicialmente la parte administrativa donde se describe los lineamientos a seguir para luego implementar la parte operativa, asimismo en este capítulo el lector podrá encontrar información acerca de la identificación de los involucrados en la ejecución del plan regulador de rutas y la relación que deben tener con la autoridad como lo es la municipalidad provincial.

Finalmente, el presente manual contiene información acerca del glosario de términos, bibliografía y siete (7) anexos sobre mecanismos de otorgamiento de acceso al servicio, condiciones básicas de operación, régimen de gestión común entre las entidades involucradas y los formatos a utilizar para la recopilación de datos de campo.

Por otro lado, es recomendable mencionar que el Manual PRR emplea un conjunto de componentes de alta especialización, tales como la descripción de la infraestructura vial, la modelación, evaluación económica-financiera, entre otros. Por ello, no es posible profundizar en estos temas, de manera particular. Si el lector pretende conocer acerca de estos puntos, podrá recurrir a guías, manuales o bibliografía más específica.

A continuación, se procederá a realizar la descripción de la metodología técnica-administrativa-legal con base en el diagnóstico de la gestión del transporte, con información recopilada como base para el Manual por el MTC y complementada por el equipo consultor en coordinación con los funcionarios de las municipalidades provinciales. La elaboración del Manual considerará las principales fortalezas y debilidades de las gestiones enfocadas hacia la implementación de Planes Reguladores considerando también su marco normativo nacional y local.

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

En este capítulo se describirán los aspectos generales que todo Plan Regulador de Rutas (PRR) debe desarrollar, enmarcado en los componentes conceptuales, objetivos, actores involucrados y el marco legal actual que regula la prestación del servicio. El propósito del Manual es establecer los principios metodológicos para la elaboración de los PRR en todas las provincias de nuestro país, con excepción de Lima Metropolitana y Callao, y definir los lineamientos y contenidos mínimos que las municipalidades provinciales del interior del país deberán desarrollar para una correcta planificación y gestión de sus servicios de transporte público regular de personas, considerando los diversos enfoques de Movilidad Urbana Sostenible y la Política Nacional de Transporte Urbano.

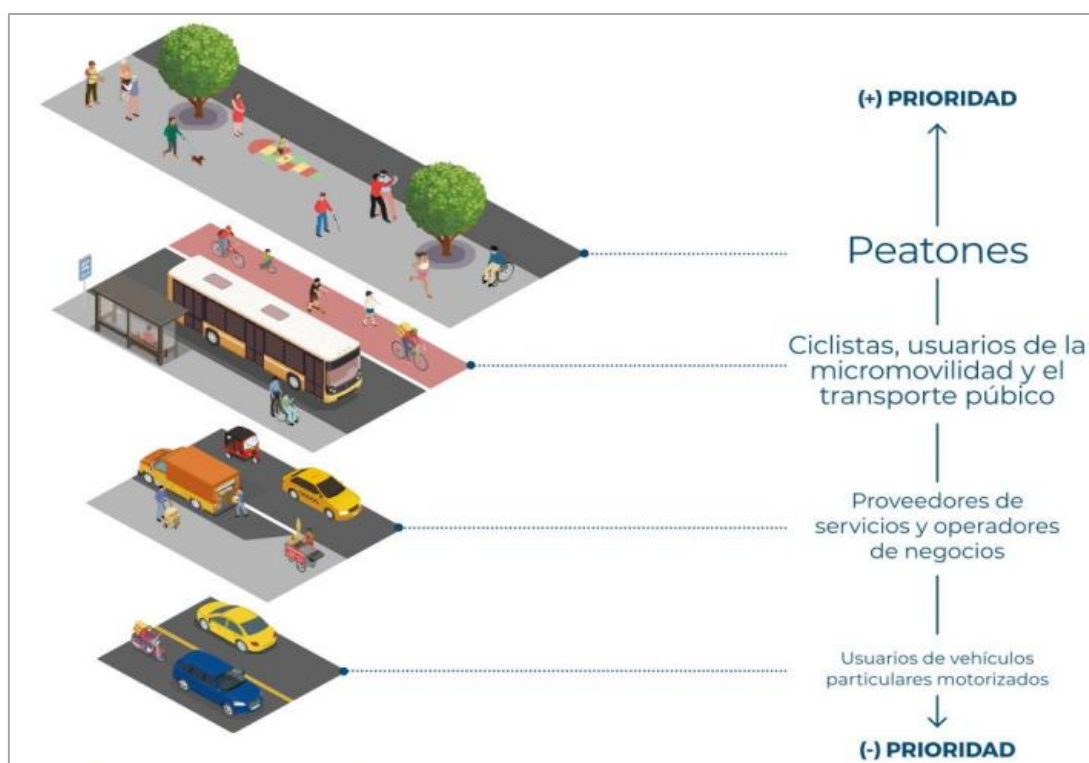
Las ciudades tienen un crecimiento económico, en infraestructura y poblacional, así como una gran demanda de productos y servicios. Como resultado de ello tenemos un aumento importante en el número de desplazamientos que las personas realizan a diario con diversas motivaciones, los cuales generan las **necesidades de viajes**.

En la actualidad, el crecimiento de la ciudad debería ser sostenible, de forma que en el presente y futuro cuente con los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas, dotándola de un equipamiento urbano accesible que permita que las personas puedan trasladarse de manera eficiente y segura con un costo razonable.

Como visión de una nueva agenda urbana la jerarquización de la movilidad prioriza al peatón, seguido por los ciclistas, el transporte público, el transporte de carga y, por último, los vehículos particulares. Para el caso del transporte público, **la prioridad es el "usuario" o "pasajero"**, porque ellos son el fin fundamental de la prestación del servicio. Por ello, todas las medidas o lineamientos de este manual van a estar referidas a generar una mayor eficiencia en sus viajes.

Favorecer el cambio modal, incentivando el uso del transporte público y el transporte no motorizado, reduciendo el uso del vehículo particular debe ser la principal política de la actual gestión municipal, y debe complementarse con proyectos de desarrollo en infraestructura urbana que permitan establecer mejores condiciones para la accesibilidad e intermodalidad.

Imagen 1-1: Pirámide de Jerarquía de la Movilidad Urbana



Fuente: Guía para el Diseño de Vías Accesibles - MVCS

Dar prioridad al transporte público es hacer eficiente el transporte. La prioridad al transporte público ha tomado mucho auge en las ciudades latinoamericanas, donde los ingresos de sus habitantes limitan su capacidad para adquirir un vehículo propio para efectuar sus desplazamientos y viajes. Cuando la demanda del tránsito excede la capacidad vial permitida en una cierta hora del día, punto, día, área, vía, etc., entonces se produce el congestionamiento. Incluso después de que se toman medidas para mejorar la capacidad vial, realizando mejoras en la infraestructura vial, como estaciones o paraderos, la optimización de semáforos, el aprovechamiento del espacio vial, estacionamientos privados y otros; el problema del congestionamiento se presentará después de algunos años. Los gobiernos de las ciudades consideran muchas alternativas para mejorar la capacidad vial, especialmente en aquellos lugares que son puntos centrales en el comercio, donde se aprecia el congestionamiento de manera diaria en las horas de máxima demanda. En estos lugares se producen largas filas y los usuarios buscan mejores alternativas para realizar sus viajes. Por esta razón se busca mejorar el transporte público, priorizando sistemas masivos de transporte, aunque esto no termina con el congestionamiento, pero sí lo reduce en términos de los costos sociales que produce. A continuación, vamos a presentar algunas razones por la cual se debe priorizar al transporte público:

- Un ómnibus o cualquier modo de transporte público masivo puede transportar más personas que un auto propio o un conjunto de ellos, generando también un impacto ambiental positivo, al reducir la cantidad de emisiones.

- Disminuir la tendencia del uso del transporte particular, ya que cuando los autos particulares y el transporte público utilizan el mismo espacio, el congestionamiento se agrava y el tiempo de viaje se incrementa para los usuarios de ambos modos de transporte.
- Si además de priorizar el transporte público por zonas congestionadas, se consideran medidas de confort y uso de herramientas tecnológicas en este medio de transporte, se podrá verificar mejoras de tiempo de viaje y por tanto mayor eficiencia.
- Las concentraciones de población y actividades económicas bien definidas sobre zonas justifican el hecho de dar prioridad al transporte público.

Una alternativa para dar prioridad al transporte público bajo la modalidad de ómnibus de gran capacidad se puede implementar asignando y diseñando carriles exclusivos o reservados para su circulación. Los carriles exclusivos pueden diseñarse de diferentes maneras, siempre buscando mejorar la capacidad vial. Algunos ejemplos de los diseños de carriles exclusivos utilizados son:

- Carriles exclusivos en el centro de la vía, donde se ubican las paradas y los buses circulan en ambos sentidos.
- Carriles exclusivos ubicados a la derecha de la vía y en el mismo sentido.
- Carriles exclusivos en sentido contrario a la vía. En estos casos la puerta de los buses está ubicada en el lado izquierdo.

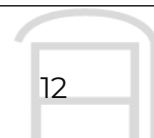
Estas definiciones se complementan con las siguientes:

- **Carril(es) Bus Exclusivo(s):** Es un espacio de la calzada para el uso exclusivo de transporte público en buses. Este puede ser delimitado a través de elementos de segregación física o señalización en su totalidad o por tramos.
- **Carril(es) Bus Preferente(s):** Es un espacio de la calzada para el uso preferente de transporte público en buses. Este puede ser delimitado a través de señalización en su totalidad o por tramos.

Si bien las recomendaciones descritas en el párrafo anterior no podrían adaptarse en muchas provincias del interior del país, debido principalmente a la diversidad de secciones viales y otros elementos de la infraestructura vial; la priorización del transporte público debe ser promovida por los gobiernos locales a través de políticas y promoción de la inversión privada, orientadas al reforzamiento de los operadores de dicha modalidad.

POLÍTICA NACIONAL DE TRANSPORTE URBANO – PNTU

El transporte público a lo largo de las últimas décadas del siglo pasado hasta la actualidad se ha caracterizado por tener un crecimiento sin planificación y sin un marco regulatorio adecuado para las diversas realidades que existen en las provincias desde el punto de vista social, geográfico y económico, trayendo consigo el deterioro en la calidad e informalidad en la prestación del servicio. Por



eso se ha visto como una necesidad de alcance nacional establecer los lineamientos políticos para hacer frente a toda la problemática que hasta la actualidad predomina, generando un costo social elevado por conflictos en el desplazamiento impactando negativamente en la economía y, de la misma manera, afectando el medio ambiente.

La Política Nacional de Transporte Urbano - PNTU, aprobada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, se convierte en uno de los ejes de la movilidad urbana y, por lo tanto, el Manual para la elaboración de los PRR constituye una herramienta principal para direccionar los objetivos prioritarios puesto que los PRR, desde su proceso de elaboración hasta su implementación, contribuirá con materializar la solución del problema público:

PERSONAS Y MERCANCÍAS PRESENTAN LIMITACIONES PARA EL DESPLAZAMIENTO EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO

Es preciso señalar que la PNTU, que se plantea para un horizonte temporal al año 2030, tiene como objetivos prioritarios: i) contar con sistemas de transporte urbano público eficientes; ii) mejorar la gobernanza del transporte urbano; iii) desarrollar servicios de transporte urbano con adecuada infraestructura; iv) satisfacer las necesidades de transporte urbano de la población, en concordancia con el desarrollo urbano. A partir de estos objetivos y como medios para su consecución, se plantean catorce lineamientos de política y trece servicios principales, con el objetivo general de *"dotar a las ciudades de sistemas de transporte seguros, confiables, inclusivos, accesibles, con altos estándares de calidad, institucionalmente coordinados, financiera, económica y ambientalmente sostenibles"*.¹

Tabla 1-1: Objetivos Prioritarios PNTU

Objetivo Prioritario 1	Contar con sistemas de transporte urbano público eficaces para el desplazamiento de las personas.
Objetivo Prioritario 2	Mejorar la gobernanza del transporte urbano de personas y mercancías.
Objetivo Prioritario 3	Desarrollar servicios de transporte urbano con adecuada infraestructura, para los usuarios.
Objetivo Prioritario 4	Satisfacer las necesidades de transporte urbano de la población, en concordancia con el desarrollo urbano.

¹ Política Nacional de Transporte Urbano, página 11

La elaboración de los PRR sobre la base del Manual contribuye al cumplimiento de 3 de los 4 objetivos prioritarios de la PNTU, i) contar con sistemas de transporte urbano público eficientes, al optimizar el sistema de rutas sobre la red vial existente disminuyendo los tiempos de viajes; ii) mejorar la gobernanza del transporte urbano, al establecer condiciones para el acceso, permanencia y operación del servicio, a través de un mejor gerenciamiento, control y fiscalización; iv) Satisfacer las necesidades de transporte urbano de la población, en concordancia con el desarrollo urbano, al establecer una cobertura eficiente en toda la provincia generando mejores condiciones de accesibilidad al sistema de transporte público.

1.1 Plan Regulador de Rutas

1.1.1. Concepto

Es una herramienta de gestión técnico-normativa de ámbito provincial que permite racionalizar y estructurar la oferta de transporte de pasajeros con base en la demanda de usuarios a través de una red de rutas, logrando un apropiado uso de la infraestructura vial y, a su vez, generando mejores condiciones de viaje.

El PRR constituye un elemento fundamental de planificación del transporte público que comprende el desarrollo e implementación de un proceso técnico, legal y administrativo, los cuales deben estar en concordancia con otras herramientas de gestión.

1.1.2. Propósito del Plan Regulador de Rutas

El Plan Regulador de Rutas como Herramienta de Gestión para las Municipalidades Provinciales tiene como propósito lo siguiente:

- Establecer una herramienta de gestión de largo plazo que otorgue equilibrio adecuado entre la oferta y la demanda del servicio de transporte público en la provincia.
- Otorgar al usuario del servicio los mejores niveles de servicio para el desarrollo de su viaje.
- Ordenar y racionalizar la oferta de transporte en la jurisdicción provincial dotando de servicio a los todos los centros poblados incluyendo las zonas periféricas.
- Usar, de manera racional y adecuada, la infraestructura urbana y red vial existentes, con el fin de ampliar la cobertura del sistema de rutas mejorando la accesibilidad de los usuarios al sistema de transporte.
- Mejorar la eficiencia del sistema de rutas permitiendo diseñar, rediseñar y/u optimizar los recorridos de ruta, garantizando su sostenibilidad operativa, económica, financiera y socioambiental.

- Establecer las características técnicas y parámetros operacionales de las rutas, tales como recorrido, frecuencia, tiempos de viaje, tipo de vehículo a operar en cada tipo de ruta, tamaño de flota vehicular, entre otros.
- Actualizar información para la planificación del transporte urbano que permita generar una eficiente administración de rutas por parte de la autoridad administrativa.

1.1.3. ¿Qué se entiende por servicio de transporte público de pasajeros?

Considerando los efectos que el transporte terrestre de personas, en sus diversas modalidades, tiene tanto al interior de la estructura estatal, como en los particulares -puesto que implica una restricción o ampliación de las facultades para el Estado; así como oportunidades de negocio para los particulares o limitaciones en el ejercicio de su libertad de empresa-; este servicio se realiza para satisfacer necesidades colectivas de viaje de carácter general, a través de una ruta determinada, mediante un **título habilitante** y es prestado por una persona jurídica autorizada para dicho fin, a cambio de una contraprestación económica.

1.1.4. Planificación del servicio de transporte de pasajeros y herramientas de gestión

La Planificación del Servicio de Transporte de Pasajeros se define como un proyecto que estudia demandas presentes y futuras de movilidad de personas. Estos proyectos están precedidos por estudios de movimientos que necesariamente involucran a los diferentes medios de transporte. La planificación es la base fundamental del proceso de desarrollo y organización del transporte, pues es la que permite conocer los problemas, diseñar o crear soluciones y, en definitiva, optimizar y organizar los recursos para enfocarlos a atender la demanda de movilidad. En ella hay que destacar la importancia de asignar en los presupuestos los recursos necesarios para su realización, la cual incluye la elaboración y ejecución del Plan Regulador de Rutas.

El transporte de personas es uno de los elementos más importantes de la movilidad; por lo tanto, su planificación debe ser compatible con otras herramientas de gestión que consideren al transporte dentro de sus componentes a tratar como lo son:

a) Plan Temático de Movilidad Urbana Sostenible

Constituye un producto del proceso a cargo de las municipalidades provinciales orientado a planificar el Sistema de Movilidad Urbana comprendido en un Plan de Desarrollo Metropolitano (PDM) o en un Plan de Desarrollo Urbano (PDU), con el fin de mejorar la interconexión de continuos poblados cuando se presentan procesos de crecimiento socioeconómico dinámicos y considerables respecto a la movilidad de personas y mercancías, reduciendo los tiempos de desplazamiento, minimizando los costos ambientales y/o favoreciendo los modelos de transportes que consuman menos recursos naturales y/o los menos contaminantes, a fin de

volverlos más eficientes, accesibles, seguros, y asequibles. Requiere de un sustento técnico para su formulación y, una vez aprobado, pasa a formar parte del cuerpo normativo aplicable a la jurisdicción que corresponda.

Los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) tienen como objetivo promover las formas de desplazamiento más sostenibles en los continuos poblados, a través de un conjunto de actuaciones o intervenciones urbanísticas en concordancia con lo dispuesto en los PDM o PDU, según sea el caso, a fin de asegurar la sostenibilidad social, económica y ambiental de la movilidad.²

b) Plan Maestro de Transporte

Herramienta de planificación que guía el desarrollo del sistema de transporte en áreas urbanas y establece, a mediano y largo plazo, las líneas maestras de la inversión y operación de los sistemas de transportes.

c) Plan de Acondicionamiento Territorial (PAT)

Es el producto del proceso a cargo de la municipalidad provincial que orienta y regula la organización físico-espacial del territorio de una provincia, cuenca o litoral; a fin de lograr una adecuada ocupación del territorio, mediante el aprovechamiento sostenible de los recursos, así como la conservación, protección y patrimonio natural y cultural. Establece la categoría, rango jerárquico y el rol y caracterización de las ciudades y centros poblados, orientando y promoviendo la inversión en los ámbitos urbano y rural del ámbito de intervención. Asimismo, determina la ocupación y el uso planificado del territorio, para lograr el mejoramiento de los niveles y calidad de vida de la población urbana y rural, bajo el enfoque territorial prospectivo, competitivo y de sostenibilidad, en concordancia con las Políticas Nacionales, las regulaciones regionales y nacionales y el Sistema de Ciudades y Centros Poblados (SICCEP), en armonía con el medio ambiente. Una vez aprobado, el Plan de Acondicionamiento Territorial integra parte del cuerpo normativo aplicable a la jurisdicción que corresponda. Se elabora en concordancia con las políticas y regulaciones nacionales y regionales, así como con el Plan de Desarrollo Provincial Concertado, al cual complementa. De esta manera, actualiza el rango jerárquico, el rol y caracterización de las ciudades y centros poblados del SICCEP que se encuentran en el ámbito de intervención del PAT, de ser el caso.

d) Plan de Desarrollo Metropolitano (PDM)

Es el producto del proceso a cargo de las municipalidades provinciales, que orienta y regula la gestión territorial y el desarrollo urbano sostenible de las áreas metropolitanas identificadas en el SICCEP; así como también dirige y promueve el desarrollo de la inversión pública y privada en el ámbito de intervención. Una vez aprobado, pasa a formar parte del cuerpo normativo aplicable a la jurisdicción que

² Art. 84° y 85° del D.S. 012-2022-Viv.

corresponda. Se elabora en concordancia con el PAT, previamente aprobado; y con los Planes de Desarrollo Concertado vigentes, los cuales complementa. Cuando el área metropolitana involucre más de una jurisdicción provincial, se formula un único Plan de Desarrollo Metropolitano, el cual se denomina “Plan de Desarrollo Metropolitano Interprovincial”.

e) Plan de Desarrollo Urbano (PDU)

Es el producto del proceso a cargo de las municipalidades que orienta y regula la planificación y el desarrollo urbano sostenible, y dirige y promueve el desarrollo de la inversión pública y privada en las ciudades mayores, intermedias y menores, conforme a la categorización establecida en el SICCEP (Sistema de Ciudades y Centros Poblados). Una vez aprobado, pasa a formar parte del cuerpo normativo aplicable a la jurisdicción que corresponda.

1.1.5. ¿Qué entidades deben contar con un Plan Regulador de Rutas?

El Artículo 81 “Tránsito, Vialidad y Transporte Público” de la Ley Orgánica de Municipalidades establece:

Cuadro 1-1: Artículo 81 de la Ley 27972

Artículo 81 Tránsito, Vialidad y Transporte Público

1. Funciones específicas exclusivas de las municipalidades provinciales:
 - 1.1. Normar, regular y planificar el transporte terrestre, fluvial y lacustre a nivel provincial.
 - 1.2. Normar y regular el servicio público de transporte terrestre urbano e interurbano de su jurisdicción, de conformidad con las leyes y reglamentos nacionales.

Fuente: Ley Orgánica de Municipalidades

Además, en el Artículo 157 “Atribuciones” se señala:

Cuadro 1-2: Artículo 157 de la Ley 27972

Artículo 157 Atribuciones

12. Aprobar planes y programas metropolitanos en materia de acondicionamiento territorial y urbanístico, infraestructura urbana, vivienda, seguridad ciudadana, población, salud, protección del medio ambiente, educación, cultura, conservación de monumentos, turismo, recreación, deporte, abastecimiento, comercialización de productos, transporte, circulación, tránsito y participación ciudadana, planes y programas destinados a lograr el desarrollo integral y armónico de la capital de la República, así como el bienestar de los vecinos de su jurisdicción. Los planes y programas metropolitanos relacionados con inmuebles integrantes del patrimonio cultural de la Nación deberán contar con opinión favorable previa del Instituto Nacional de Cultura;
21. Regular el funcionamiento del transporte público, la circulación y el tránsito metropolitano

Fuente: Ley Orgánica de Municipalidades

De la misma manera, en el Artículo 161 “Competencias y funciones” se precisa:

Cuadro 1-3: Artículo 161 de la Ley 27972

Artículo 161 Competencias y funciones

7. En materia de transportes y comunicaciones:
 - 7.1. Planificar, regular y gestionar el transporte público;
 - 7.4. Otorgar las concesiones, autorizaciones y permisos de operación para la prestación de las distintas modalidades de servicios públicos de transporte de pasajeros y carga, de ámbito urbano e interurbano, así como de las instalaciones conexas.

Fuente: Ley Orgánica de Municipalidades

Por lo antes mencionado, la responsabilidad del desarrollo y la ejecución de los Planes Reguladores de Rutas corresponden a las municipalidades provinciales que, a través de sus autoridades políticas y sus órganos de línea, deberán gestionar el proceso, la elaboración e implementación de estos instrumentos.

Un PRR no adecuado o desfasado tiene siempre un impacto negativo en el servicio, puesto que mantiene los altos costos de horas/hombre, no permite la oferta del servicio formal, su cobertura es limitada por un mal diseño de rutas, generando transbordos que inciden negativamente en los tiempos de viaje y en la economía de los habitantes de una provincia.

A largo plazo, la incidencia negativa se presenta como una oferta del servicio cada vez más limitada y atomizada, dado el desarrollo de zonas urbanas y crecimiento poblacional que requieren inmediata atención y solución.

1.2 Actores Involucrados y Competencias

a) Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Según el artículo 16 de la Ley 27181, Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, el MTC es el órgano rector en materia de transporte y tránsito terrestre, a través de la Dirección General de Políticas y Regulación en Transporte Multimodal, responsable del diseño, formulación, supervisión y evaluación de las políticas nacionales y regulaciones en materia de infraestructura y servicios de transporte terrestre, acuático, ferroviario, multimodal, entre otros; así como plataformas logísticas, puertos, vías navegables, circulación, seguridad vial y tránsito terrestre, en el ámbito de competencia del ministerio.

b) Municipalidades provinciales.

La Ley 27181, Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, en su artículo 17 establece que las municipalidades provinciales, en materia de transporte terrestre, se encuentran facultadas, para dictar normas complementarias aplicables a su jurisdicción, sujetándose a los criterios previstos en la Ley, al Reglamento y los demás reglamentos nacionales. En ningún caso, las normas complementarias pueden desconocer, exceder o desnaturalizar lo previsto en las disposiciones nacionales en materia de transporte.

Ejerce su competencia de **gestión y fiscalización del transporte terrestre** de personas de ámbito provincial a través de la Dirección o Gerencia correspondiente.

En cuanto a su competencia de fiscalización del servicio de transporte público, de acuerdo con el artículo 17 de la Ley 27181, es función exclusiva de la autoridad competente en el ámbito de su jurisdicción, salvo que por otra norma con el mismo rango disponga lo contrario. Es posible delegar la supervisión del servicio de transporte a entidades privadas, debidamente autorizadas.

Las municipalidades provinciales tienen competencia para emitir normas complementarias, aplicables en su respectiva jurisdicción, sin contravenir, desconocer, exceder o desnaturalizar lo establecido en las normas nacionales en materia de transporte terrestre que rigen en todos los niveles de la organización administrativa nacional y en todo el territorio de la República.

Para tales fines, las normas complementarias deberán ser expedidas, previa coordinación con la Dirección General de Políticas y Regulación en Transporte Multimodal, a fin de que esta última emita opinión en el sentido que no existe contravención, desconocimiento, exceso o desnaturalización con la normativa nacional en materia de transporte terrestre.

c) Policía Nacional del Perú

A la autoridad policial le compete colaborar y brindar apoyo a la función fiscalizadora que desarrolla la autoridad competente, además de ejercer las funciones en materia de tránsito, que por la normatividad vigente le corresponden.

d) Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI

Es el encargado de actuar, de acuerdo con sus competencias y facultades, en materia de acceso al mercado, libre competencia, defensa de los derechos del consumidor y sobre los demás temas que, de acuerdo con la normatividad vigente, le corresponde; además de fiscalizar la calidad del servicio.

e) Transportista

Persona jurídica debidamente autorizada que presta el servicio de transporte público de pasajeros bajo las condiciones de acceso y permanencia establecido en las normas legales de su respectiva provincia.

f) Sociedad civil

Es la designación de la diversidad de personas que con categoría de ciudadanos y, generalmente, de manera colectiva, actúa para tomar decisiones en el ámbito público, en el que consideran a todo individuo que se halla fuera de las estructuras gubernamentales.

1.3 Marco Legal

- Ley N° 27181 - Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre

- D.S. N° 016-2009-MTC – Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito.
- DS 017-2009-MTC - Reglamento Nacional de Administración del Transporte y sus modificatorias.
- Ley N° 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades.
- D.S. N° 058-2003-MTC - Reglamento Nacional de Vehículos y sus modificatorias.
- R.D. N° 4848-2006-MTC - Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares.
- Ley N° 27444 - Ley de Procedimiento Administrativo General.
- D.S. N° 024-2002-MTC Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Responsabilidad y Seguros Obligatorios por Accidentes de Tránsito.
- D.S. N° 017-2007-MTC Reglamento de Jerarquización Vial.
- D. S. N° 007-2016-MTC- Reglamento Nacional de Licencias de Conducir y sus normas modificatorias.
- D.S. N° 012-2019-MTC- Política Nacional de Transporte Urbano.
- Ley N° 31313 - Ley de Desarrollo Urbano Sostenible.
- D.S. N° 012-2022-VIVIENDA - Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Planificación Urbana del Desarrollo Urbano Sostenible.
- Y otras relacionadas al sector.

CAPÍTULO II

ACCIONES PREVIAS AL PLAN REGULADOR DE RUTAS

El presente capítulo describe los requerimientos y actividades previas a considerar para la planificación y posterior elaboración del Plan Regulador de Rutas. Estos requisitos se agrupan en tres grandes grupos de información, los cuales se dividen en gestión de los datos municipales, el nivel de Plan Regulador a desarrollar y el equipo técnico mínimo que debe elaborarlo.

2.1 Plan Regulador por Niveles

El Manual define distintos niveles para la elaboración de los PRR. La metodología para la clasificación en niveles se puede apreciar a detalle en el "ANEXO I - Evaluación y Clasificación de Ciudades por Niveles de PRR", que forma parte del presente documento. Además, el anexo presenta una tabla de resultados de clasificación que deberá emplear cada provincia al determinar el rango según su condición actual.

El factor de nivel resultante de la aplicación de la metodología definirá la calificación de la ciudad y será ubicado en rangos para poder asignar una adecuada metodología para su desarrollo.

2.2.1. Asignación de Niveles de PRR a provincias

A continuación, se detalla las características de los niveles de Planes Reguladores de Rutas y los rangos de factor de nivel que han sido definidos con base en el DS 012-2022-VIVIENDA Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible, el cual define el Sistema de Ciudades y Centros Poblados (**SICCEP**) y clasifica a las ciudades en función a su población total de la siguiente manera:

Tabla 2-1: Rangos para la Asignación de Nivel PRR

	Unidades Espaciales	CATEGORÍA DE CONTINUO POBLADO	Población	Rango Jerárquico	Nivel de ciudad
		Continuo Dinamizador			
SISTEMA DE CIUDADES Y CENTROS POBLADOS	Dinamiza: Sistema Nacional	Metrópoli (Urbano) Nacional	-	1º	Lima Metropolitana no aplica
	Dinamiza: Macrosistema Sistema	Metrópoli (Urbano) Regional	-	2º	A
	Dinamiza: Sistema Subsistema	Ciudad Mayor (Urbano)	De 100,001 a 500,000 habitantes	3º	B
		Ciudad Intermedia (Urbano)	De 20,001 a 100,000 habitantes	4º	C
		Ciudad Menor (Urbano)	De 5,001 a 20,000 habitantes	5º	D
		Villa (Urbano)	De 2,001 a 5,000 habitantes	6º	E

Fuente: DS 012-2022-VIVIENDA -Equipo consultor

Nivel A

Las provincias que obtengan esta posición serán clasificadas dentro del máximo nivel de planes reguladores. El diseño de rutas para el servicio de transporte regular comprende la planificación de un sistema de transporte de tipo tronco alimentador o de rutas con diseño de tipo diametral, en ambos casos se identificarán corredores viales donde solo podrán circular unidades de Categoría M3 Clase II, de la misma manera para las rutas alimentadoras. De manera excepcional, las rutas alimentadoras podrán pertenecer a la categoría M2 con más de 2,500 Kg de Peso Bruto Vehicular (en adelante PBV) y 16 asientos como mínimo cuando las condiciones geográficas y de las vías no permitan la circulación de unidades M3.

En el caso del servicio no regular interurbano, las autorizaciones de tipología M2 con más de 2,500 Kg de PBV y 16 asientos como mínimo y M3 podrán otorgarse con la condicional donde los paraderos iniciales estarán ubicados en el área periférica de la ciudad con destino a distritos y centros poblados fuera del perímetro de la ciudad capital.

Nivel B

Las provincias que se encuentren incluidas en este nivel deberán considerar la identificación de corredores para transporte público. El diseño de rutas será de tipo rutas diametrales o tangenciales, teniendo en cuenta los corredores viales identificados, vías arteriales y/o regionales, se podrán autorizar de manera excepcional vehículos M2 con más de 2,500 Kg de PBV y 16 asientos como mínimo, cuando las condiciones geográficas y de las vías no permitan las unidades de Categoría M3.

Para el servicio de transporte no regular en el ámbito interurbano la tipología a autorizar puede variar entre M2 con más de 2,500 Kg de PBV y 16 asientos como mínimo, y M3 con sus paraderos iniciales ubicados en el área periférica de la ciudad con destino a distritos y centros poblados fuera del perímetro de la ciudad o el área urbana.

Nivel C

Este nivel aplicará a las provincias que posean la población según la tabla anterior. El diseño de rutas será radial, diametral o tangencial. Las tipologías M2 con más de 2,500 Kg de PBV y 16 asientos como mínimo, y M3 tendrán prioridad para circular en vías arteriales y regionales. Estas condiciones aplican tanto al servicio regular como no regular y en los ámbitos urbano e interurbano.

Nivel D

Las provincias que posean una población como se aprecia en la tabla anterior, estarán clasificadas en este nivel. Los diseños de rutas pueden ser de tipo radial, diametral o tangencial, tipología libre a autorizar entre M2 con más de 2,500 kg de PBV y 16 asientos como mínimo, y M3, con la priorización de este último para la circulación en las vías arteriales y/o regionales. Estas consideraciones serán aplicadas tanto en el ámbito urbano e interurbano.

Nivel E

Comprende a las provincias que posean una población menor según la tabla anterior en la calificación de ciudades. En este nivel el diseño de rutas del Plan Regulador no contiene restricción alguna, tanto en el servicio regular y no regular, debido a la baja demanda del servicio existente tanto en el ámbito urbano e interurbano. Las tipologías por proponer serán como mínimo M2 con más de 2,500 kg de PBV y 16 asientos como mínimo. La municipalidad provincial cumplirá un rol facilitador para la autorización del servicio.

Cabe mencionar que la definición y descripción de los diversos tipos de “Diseños de Rutas” se encuentran en el ítem “3.5.2. Estructura Física de la Red”.

A continuación, se muestra el resumen de la Clasificación de Ciudades por Niveles de Plan Regulador de Rutas, y de la misma manera en el Anexo I del presente Manual se muestran los resultados de la clasificación de todas las provincias del país, según lo establecido en el D.S. N° 012-2022-VIVIENDA. Conforme se actualicen los valores de los criterios en el transcurso de los años, estos resultados deben ser reposicionados.

Tabla 2-2: Niveles de Plan Regulador de Rutas

Plan Regulador	Diseño de Rutas	Servicio	Ámbito	Tipologías	Restricción
Nivel A	Sistema Tronco Alimentador o Rutas Diametrales	Regular	Urbano	M3: Rutas Troncales Rutas Diametrales Rutas Alimentadoras *M2: Rutas Alimentadoras a manera de excepción	Prioridad para la circulación en Corredores
		No Regular	Interurbano	M3 – M2: Rutas periféricas	Paraderos en la periferia de la Ciudad, destino a CP
Nivel B	Rutas Diametrales o Tangenciales - Prioridad de Vehículos de Mayor Capacidad	Regular	Urbano y/o Interurbano	M3: Rutas Diametrales - Tangenciales *M2: Rutas Diametrales – Tangenciales a manera de excepción	Prioridad para la circulación en Corredores
		No Regular	Interurbano	M3 – M2: Rutas Periféricas	Paraderos en la periferia de la Ciudad, destino a CP
Nivel C	Diseño de Rutas Radial, Diametrales o Tangenciales	Regular y/o No Regular	Urbano y/o Interurbano	M3: Prioridad Rutas Diametrales o Radiales M2: Rutas Diametrales o Radiales o Tangenciales	Prioridad para la circulación en vías arteriales
				M2: Rutas Diametrales o Radiales o Tangenciales	Cambio de Tipología a mediano y largo plazo
Nivel D	Diseño de Rutas Radial, Diametrales o Tangenciales, tipología libre	Regular y/o No Regular	Urbano y/o Interurbano	M2: Rutas Diametrales o Radiales o Tangenciales	Prioridad para la circulación en vías arteriales y/o regionales -
Nivel E	Sin Restricciones	Regular o No Regular	Urbano o Interurbano	M2: Rutas Diametrales o Radiales o Tangenciales	-

* Nota A manera de excepción, cuando las condiciones geográficas y de las vías no permiten la circulación de unidades Categoría M3.

* Nota La descripción de la tipología estará relacionada a la Clasificación Vehicular del Reglamento Nacional de Vehículos y el detalle está descrito en el ítem.2.2.1. Asignación de Niveles de PRR a provincias.

Fuente: Equipo consultor

2.2.2. Contenido del Plan Regulador de Rutas por Niveles

Establecido el nivel de PRR que corresponde la provincia en estudio se deberá desarrollar considerar en la elaboración como contenidos mínimos lo siguiente:

Tabla 2-3: Contenido por Niveles de Plan Regulador de Rutas

Ítems a desarrollar	Consideraciones por Nivel				
	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel D	Nivel E
1 Aspectos Generales					
1.1 Antecedentes	Todos los niveles deberán desarrollar este ítem y sus respectivos componentes.				
1.2 Objetivos					
1.3 Marco Conceptual					
1.4 Marco legal					
1.5 Ubicación y Alcance					
2 Diagnóstico Provincial					
2.1 Diagnóstico Urbano	Todos los niveles deberán realizar un diagnóstico actual de estos componentes.				
2.2 Diagnóstico del Transporte y la Vialidad					
3 Levantamiento y Proceso de Información de Campo					
3.1 Construcción de la Red Vial	El desarrollo de estos componentes debe estar acorde a los métodos planteados en el presente Manual y en con el ítem 3.4.10. "Tipo de Modelo según Clasificación de Ciudad".				
3.2 Construcción de las Rutas de Transporte					
3.3 Recolección de Información del Tránsito					
3.4 Recolección de Información de Demanda de Transporte					
3.5 Indicadores de Oferta del Transporte					
4 Proceso de Modelación de Transporte					
4.1 Modelos de Transporte	El desarrollo de estos componentes está definido en la metodología del presente Manual, de manera específica en las consideraciones planteadas en el ítem 3.4.10. "Tipo de Modelo según Clasificación de Ciudad", la cual describe los diversos procesos de modelación para cada nivel.				
4.2 Modelo de Planeamiento de Transporte					
4.3 Construcción de Base de Datos Geográfica del Modelo					
4.4 Construcción de Matriz					
4.5 Métodos de Selección de Rutas					
4.6 Asignación de Transporte					
4.7 Calibración del Modelo					
4.8 Escenarios del Modelo					
4.9 Proyecciones del Modelo					
5 Diseño del Sistema de Rutas					
5.1 Criterios para el diseño	El alcance del desarrollo de estos componentes aplica para todos los niveles de Plan Regulador.				
5.2 Estructura física de la red					

Ítems a desarrollar	Consideraciones por Nivel				
	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel D	Nivel E
5.3 Estructura física de las rutas					
5.4 Determinación de Parámetros Operacionales por Ruta					
5.4 Evaluación Económica - Financiera	Solo aplica a los niveles A y B				
6 Proceso de Implementación					
6.1 Identificación de Grupos de interés	El desarrollo del proceso de implementación aplica a todos los niveles, conforme a los parámetros descritos en el presente Manual.				
6.2 Lineamientos para el Proceso de Implementación					
6.3 Estrategias de Implementación					
7 Conclusiones	Las conclusiones deben estar relacionadas con los objetivos planteados al inicio del desarrollo del PRR.				
8 Recomendaciones	Las recomendaciones deben estar relacionadas y acordes con el ítem anterior.				
Anexos	Deberá incluir como mínimo: planos de rutas, fichas técnicas por ruta, plano de ubicación de paradas, formatos de campo de todos los trabajos de campo realizados.				

Fuente: Equipo consultor

El detalle de los contenidos del Plan Regulador se describe el Capítulo III “Elaboración del Plan Regulador de Rutas.”

2.2.3. Recursos Humanos para la Planificación del Transporte

Las municipalidades provinciales deberán contar con un equipo técnico para la planificación de transporte y otro para la elaboración del Plan Regulador. Este equipo deberá estar encabezado por profesionales especialistas en tránsito y transporte con experiencia en planificación de transporte.

La conformación específica de estos equipos está regida según el nivel de PRR, obtenido en la clasificación de provincias.

2.2.3.1. Recursos Humanos Municipales

Para el desarrollo de actividades de planificación de transporte el municipio provincial deberá establecer en primera instancia un área de “Planificación de Transporte” adscrita a la Gerencia correspondiente que tenga encargada la gestión del tránsito y transporte de la provincia.

Como mínimo se requiere por nivel de Plan Regulador el siguiente personal:

Tabla 2-4: Equipo Técnico Municipal para la Gestión del Transporte

Cargo	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel D	Nivel E
Jefe de área	1	1	1	1	1
Especialista en Gestión del Transporte	2	2	1	1	
Personal Técnico con conocimientos GIS y otros softwares de Ingeniería relacionada al transporte.	3	2	1	1	1
Especialista Legal (*)	1	1			
Personal de Campo	Cantidad variable según nivel y estaciones de control para cada trabajo de campo a realizar. No se requiere personal permanente.				

Fuente: Equipo consultor

(*) Se recomienda que los especialistas legales de los niveles A y B sean personal permanente del área de transporte.

Las principales funciones de los diversos encargados del equipo técnico municipal son:

- **Jefe de Área:** personal de confianza encargado de la gestión de los diversos recursos como son: humanos y económicos. Tiene bajo su responsabilidad la adecuada gestión del Tránsito, Transporte y Seguridad Vial de toda la provincia. El jefe de área puede tener formación en Derecho, Ingeniería de Transportes o Administración con especialización en Gestión Pública.
- **Especialista en Gestión del Transporte:** el encargado deberá realizar una adecuada gestión de la información concerniente al registro de personas jurídicas autorizadas y vehículos habilitados para el transporte público, adecuado archivo de documentación, así como la programación de operativos de control y de levantamiento de información de campo.
- **Personal Técnico:** las actividades que debe realizar son el procesamiento de la información de campo (jerarquización de red vial, inventario vial, aforos vehiculares, entre otros), utilizando hojas de cálculo y otros softwares de modelación y gestión de transporte.
- **Especialista Legal:** encargado de establecer las pautas legales en cada actividad del área con base en la normatividad nacional y provincial. También propone reformas o mejoras a la normativa de acuerdo con su competencia.
- **Personal de campo:** encargados del levantamiento de datos de campo (geometría vial, inventarios viales, aforos, entre otros).

2.2.3.2. Recursos Humanos para la Elaboración del PRR

Para la elaboración del PRR las áreas de planificación de transporte deberán contar con el siguiente equipo técnico mínimo según el nivel que le corresponda.

Tabla 2-5: Equipo Técnico para Elaboración del PRR

Cargo	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel D	Nivel E
Jefe de Proyecto	1	1	1	1	1
Especialista en Transporte	2	1	1	1	
Especialista en Modelación	1	1	1		
Especialista Legal	1	1	1	1	1
Personal Técnico con conocimientos GIS y otros softwares de Ingeniería relacionada al transporte	3	2	1	1	1
Economista	1	1	-	-	-
Personal de Campo	Cantidad variable según nivel y estaciones de control para cada trabajo de campo a realizar.				

Fuente: Equipo consultor

Las principales funciones de los diversos encargados del equipo técnico municipal son:

- **Jefe de Proyecto:** personal de la municipalidad o del equipo de consultoría encargado de la gestión de los diversos recursos como son: humanos y económicos. Tiene bajo su responsabilidad la adecuada planificación de la recolección de información, procesamiento y elaboración de informe final del PRR de toda la provincia. El jefe de área debe tener formación en Ingeniería de Transportes o Civil.
- **Especialista en Transporte:** el encargado deberá realizar una adecuada recopilación y procesamiento de la información concerniente a la demanda y la oferta del servicio, así como de la construcción de la red vial y demás elementos previos a la modelación.
- **Especialista en Modelación:** el encargado procesará la información correspondiente a la red vial, demanda y oferta de servicio dentro de un software de modelación con la finalidad de determinar la carga de pasajeros por corredor para dimensionar la flota del nuevo sistema de rutas.
- **Especialista Legal:** encargado de establecer las pautas legales para la elaboración del PRR con base en la normatividad nacional y provincial.
- **Personal Técnico:** las actividades que deben realizar son el procesamiento de la información de campo (jerarquización de red vial, inventario vial,

aforos vehiculares, entre otros) utilizando hojas de cálculo y otros softwares de modelación y gestión de transporte.

- **Economista:** profesional encargado de evaluar la sostenibilidad económica de las rutas con base en la demanda y las tarifas.
- **Personal de campo:** encargados del levantamiento de datos de campo (geometría vial, inventarios viales, aforos, entre otros).

El equipo técnico deberá ceñir su participación a toda la elaboración del PRR cuya duración esta diferenciada también por niveles según la siguiente tabla:

Tabla 2-6: Plazo de ejecución referencial para elaboración del PRR

Nivel	Duración
A	120 días
B	105 días
C	90 días
D	75 días
E	60 días

Fuente: Equipo consultor

Solo el personal de campo no permanecerá en la totalidad del plazo, ya que su participación está enfocada netamente al desarrollo de actividades de campo.

2.2 Gestión de la Información

El área de transporte correspondiente en cada municipio deberá almacenar en forma digital y gestionar de manera organizada y actualizada los siguientes tipos de datos:

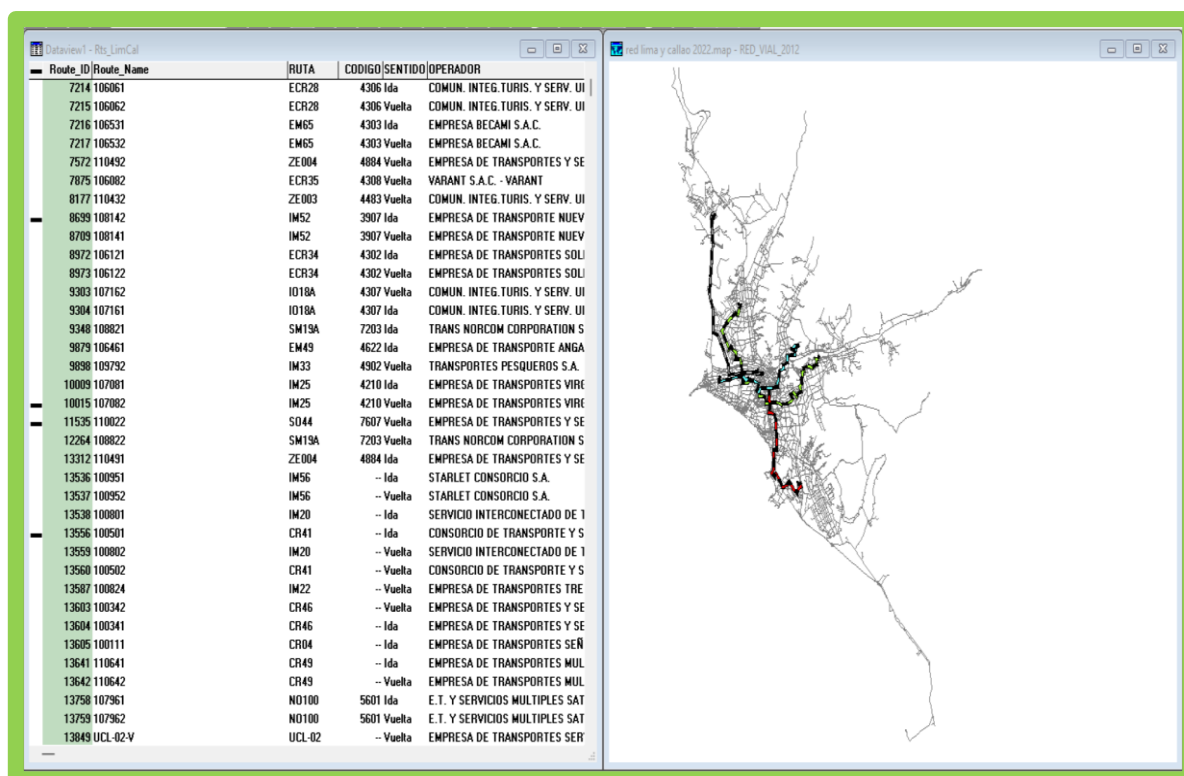
2.2.1. Autorizaciones y empresas operadoras

Cada operador cuenta con una autorización que contiene los siguientes datos:

- Número o código de autorización
- Representante legal y contacto
- Ubicación de zonas de estacionamiento inicial y final
- Itinerario
- Tipologías autorizadas
- Cantidad de unidades
- Fecha de autorización y vigencia

Estos documentos deberán ser almacenados de forma digital, escaneados con todas las firmas y sellos que lo validan. De la misma manera, se deberá registrar los cambios y modificaciones de itinerario, flota u otro de los aspectos que formen parte del documento de autorización original, a fin de identificar la cadena de modificatorias que han ocurrido sobre determinada ruta.

Imagen 2-1: Digitalización de Rutas de Transporte



Fuente: Elaboración equipo consultor

Adicionalmente, se deberá tener registrado por empresa los datos de los vehículos autorizados a prestar servicio, como mínimo se requiere:

- Empresa autorizada
- Placa
- Número de Tarjeta de Circulación con fecha de emisión y vigencia
- Propietario
- Cantidad de pasajeros
- Marca
- Modelo
- Categoría
- Año de fabricación
- Número de serie
- Inspección Técnica Vehicular
- SOAT

El almacenamiento digital de estos datos se puede realizar en alguna de las siguientes plataformas de manejo de base de datos. Sin embargo, la entidad puede manejar los datos con un software propio, siempre y cuando se considere el almacenamiento de los campos descritos.

Tabla 2-7: Softwares para gestión de Base de Datos

Microsoft Access	Microsoft Visual FoxPro	My SQL	Microsoft SQL Server	Oracle
				

Fuente: Equipo consultor

El software que utilizará la municipalidad provincial debe tener compatibilidad y capacidad de transmisión de información al SINARETT (Sistema Nacional de Registro de Transporte y Tránsito, aprobado por R.M. N° 789-2013-MTC), encargado de la gestión de todos los registros administrativos de transporte y tránsito terrestre del MTC, los Gobiernos Regionales y las municipalidades. El SINARETT tendrá carácter nacional y en él se registrarán, entre otros, todos los actos relacionados al transporte de personas, mercancías y mixto, al transporte privado, a los conductores habilitados e infraestructura complementaria de transporte habilitada; y en materia de tránsito se registrarán todos los actos relacionados con las licencias de conducir, las infracciones de tránsito en que incurran sus titulares y las sanciones que se les imponga como consecuencia de procedimientos administrativos o judiciales. Igualmente, se registrarán las autorizaciones otorgadas a empresas y entidades privadas para realizar actividades relacionadas con el transporte y tránsito terrestre.

Imagen 2-2: Plataforma SINARETT


Fuente: <https://sinarett.mtc.gob.pe/frmLogin.aspx>

2.2.2. Georreferenciación de datos

Los datos que deben ser georreferenciados son:

- Ubicación de zonas de estacionamiento inicial y final.

- Itinerario.

La georreferenciación de esta información implica la utilización de software de tipo SIG - Sistema de Información Geográfica GIS, por sus siglas en inglés, Geographic Information System), que es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión. Entre los softwares más utilizados tenemos: ArcGIS, QGIS, SAGA GIS, entre otros.

El procedimiento para realizar la georreferenciación se describe en el ítem “Levantamiento y Proceso de Información de Campo” del presente manual.

2.2.3. Proceso de Planificación

El conocimiento del sistema de transporte público a nivel de detalle compatible con las necesidades de planeación, diseño de programación, operación, control o fiscalización, se obtiene mediante una toma de datos sobre las características básicas de la oferta y la demanda. La información con la que normalmente se debe contar corresponde a:

Información a nivel de sistema de transporte público de la ciudad

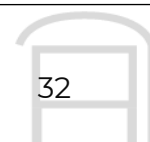
- Demanda total de pasajeros
- Patrones de viajes (matrices origen – destino)
- Períodos de servicio (hora de inicio y de término del servicio)
- Tiempo y distancia promedio de recorrido de los usuarios
- Costos de operación promedio y tarifas
- Condiciones de las infraestructuras de apoyo (vías, paraderos, terminales)
- Condiciones del tránsito en las vías de la red de transporte público
- Marco legal que regula la prestación del servicio

Información a nivel de empresa operadora

- Característica de las unidades administradas
- Característica de las infraestructuras (terminal o patio, oficinas, talleres, garajes, estaciones, entre otros)
- Costos de operación
- Ingresos
- Rentabilidad

Información a nivel de ruta

- Longitud de rutas, distancias de tramos y entre paraderos
- Velocidad comercial y de operación
- Condiciones del tránsito en los derroteros de las rutas



- Condiciones de las infraestructuras de apoyo (vías, paraderos, terminales)
- Pasajeros movilizados (ascensos y descensos por períodos característicos)
- Cargas máximas por períodos característicos del servicio
- Tramos críticos por carga (polígonos de carga)

En un proceso de planeación, diseño de la programación, operación y control de los componentes del sistema de transporte público se distinguen las etapas de toma de datos, diagnóstico, formulación de alternativas y la evaluación. En la siguiente imagen se presentan los componentes de caracterización y análisis generales del sistema de transporte público.

Imagen 2-3: Etapas básicas del proceso de planeación, diseño y operación del sistema de transporte público



Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, Cal y Mayor

En la fase de planeación, diseño y operación del transporte público no se puede desconocer la necesidad de interacción con el componente de tránsito. Los análisis

de la vía, los paraderos y terminales comprenden aspectos de operación funcional y de capacidad. Asimismo, el análisis de las condiciones del tránsito a lo largo de los itinerarios de las rutas es parte de la fase de planeación, diseño y operación.

2.3 Vehículo Patrón

Definición. - Es aquel modelo y tipo de vehículo utilizado para la prestación del servicio de transporte público regular de personas que tiene características técnicas, mecánicas y electrónicas definidas. La importancia de contar con un Vehículo Patrón permite estandarizar las dimensiones de las diferentes tipologías enunciadas por el presente manual. El hecho de contar con un Vehículo Patrón conlleva beneficios en el diseño de la infraestructura en el transporte público, ya que conocer las dimensiones definidas (altura de piso) de los vehículos permitirá crear paraderos más adecuados para la operación (paraderos con una altura similar a la altura del vehículo o con una dimensión acorde para el embarque y desembarque de los pasajeros).

El especialista recomendado para determinar el Bus Patrón para una ciudad sería un Ingeniero Mecánico o de Transportes, especializado en Gestión de la Innovación Tecnológica, Diseño, Ergonomía y Medio Ambiente.

2.3.1. Aspectos metodológicos para la elección de un vehículo de transporte público

Para obtener un rendimiento optimizado en la operación de un vehículo de transporte público con menores costos para los operadores, mayor eficiencia para las empresas y mejor nivel de servicio (con posibilidades de menores tarifas para los pasajeros), es necesario tener vehículos de diferentes capacidades, potencias, pesos y características especiales. Constantemente, se introducen perfeccionamientos tecnológicos en los productos, acompañando las necesidades de los empresarios y los anhelos de los usuarios, siempre en aras de un mayor desempeño, durabilidad, facilidad de mantenimiento, seguridad y confort.

Otro de los aspectos a considerar en la metodología para la elección de un vehículo de transporte público es considerar que sean unidades menos contaminantes, de acuerdo con la realidad económica de la provincia con la posibilidad de ofertar vehículos que funcionen con GNV, GLP, electricidad o híbridos. Se debe considerar que, a la fecha, los vehículos eléctricos e híbridos son de muy alto costo, pero su precio disminuye lenta y gradualmente con la incipiente demanda que existe, sobre todo en la capital del país. Sin embargo, hay propuestas promocionales que buscan la aprobación de leyes en el Congreso de la República de una Ley Marco de promoción de la Electromovilidad que considere exoneraciones de aranceles y de IGV en la compra e importación de buses eléctricos, así como medidas promocionales en la implementación de puntos de recarga de energía eléctrica o electrolineras.

- a) La vanguardia tecnológica ha ido al encuentro de la satisfacción de ese binomio empresario de transportes-usuario. Así, se puede apreciar cada vez más en el

mercado una competencia de todas las empresas carroceras de vehículos urbanos que ofrecen un producto que se ajuste a las necesidades reales de la ciudad y con un alto grado de confiabilidad y calidad en sus unidades.

b) Características Generales:

En el proceso de elección de una determinada tecnología existe un conjunto de factores que afectan esta selección, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

Características de la demanda: La demanda de pasajeros por día y, específicamente, el volumen de pasajeros en la hora punta, así como su comportamiento durante los periodos de servicio (pendular o permanente) serán algunos de los factores primordiales que definirán qué tipo de tecnología vehicular se debe implementar. Esto pasa no solo por el hecho de considerar el ómnibus, sino otros medios de transporte de mayor capacidad. Es decir, este factor va a definir, en una primera instancia, la capacidad del vehículo, comenzando desde los más pequeños, como una camioneta rural, pasando por el ómnibus convencional hasta los articulados.

Condiciones de la operación: La forma de operación es uno de los factores que está vinculado íntimamente a las características de la demanda, porque, basados en estas características, el planificador de transporte puede implementar diversas formas de operar (máxima capacidad, con un nivel de servicio escogido o implantado por el órgano gestor, tipo de frecuencias o la operación en convoyes, etc.).

Condiciones en el itinerario: Este factor está vinculado a varios subfactores tales como:

a. Recorrido: identifica el itinerario que el vehículo debe recorrer (condiciones geométricas como radios de giro, usos del suelo, etc.), así como también especifica la topografía de la red vial y el tipo de pavimento, todo ello relacionado con el tipo de motor, torque, aceleración y desaceleración, tipo de neumáticos y de combustible del vehículo.

b. Seguridad: identificados por la estructura de la carrocería del vehículo, el chasis, la suspensión, los tipos de puertas y sus mecanismos de apertura/cierre, frenos, etc.

c. Confort: un aspecto considerado “tradicionalmente negativo”, si se compara con el transporte privado. El confort va a estar definido por el nivel de servicio que el órgano gestor planifique para la operación. Los elementos del vehículo que directamente influyen en el confort del usuario son el número de puertas, número y posición de los asientos, pasamanos, balaustres, ventilación natural y/o aire acondicionado, tamaño y posición de las ventanas, ancho de pasillo, limpieza, entre otros.

- **Mantenimiento:** Este es un ítem importante en la selección del vehículo. Las unidades deben ser de fácil mantenimiento, minimizando el costo de

este servicio. En la compra del vehículo este aspecto debe ser tomado en consideración seriamente, por lo que uno de los aspectos a tener en consideración es la disponibilidad de repuestos inmediatos por parte de las empresas. De este modo, el dimensionado de la flota sería más ajustada a la realidad, así como la operación y el servicio ofrecido.

- **Medio ambiente:** Los efectos del medio ambiente (polución del aire, niveles de ruido y vibraciones), son sensibles para los usuarios, especialmente en áreas congestionadas. Estos factores, si bien es cierto que son controlados por el órgano gestor, están determinados por el tipo de motor, tipo de la caja de cambios, tipo de combustible, etc.

c) El vehículo

El tipo de vehículo se puede clasificar principalmente por el tipo de propulsión que presenta, tal como se detalla a continuación:

- a. **Diésel:** dentro del transporte público es el de uso más generalizado, debido a la durabilidad y sencillez que presenta el motor; a sus costes de operación más bajos, con relación al motor de gasolina; a un mantenimiento más sencillo y a una menor contaminación del aire. Sin embargo, presenta mayores problemas en cuanto a las emisiones de humo, vibraciones y ruido.
- b. **Gasolina:** este motor, dentro del transporte público, se utiliza en minibuses y algunos tipos de microbuses, ya que es más eficiente debido al poco peso de estas unidades y al hecho de que necesita producir poca potencia.
- c. **Gas Natural:** es un hidrocarburo gaseoso compuesto predominantemente por metano (CH_4) con un pequeño porcentaje de etano, extraído mediante la perforación de pozos sobre yacimientos ubicados en el subsuelo (tierra y mar). Es un combustible de menor emisión de gases contaminantes, económico y su aplicación permite una mayor vida útil a los componentes. Su uso en nuestro país se encuentra en plena expansión.
- d. **Electricidad:** Es una fuente de energía que no emite ninguna emisión contaminante, ruido, olores ni vibraciones. El nivel de confort y de rodadura es mayor y el costo de la energía es menor, comparado con los vehículos que utilicen combustibles fósiles (diésel, gasolina y gas).
- e. **Híbridos:** Fuente de energía de combustible fósil y energía eléctrica de uso sucesivo en el mismo vehículo (híbridos convencionales o enchufables). Sus emisiones son reducidas.

d) El tamaño de los vehículos

El tamaño adecuado de un autobús está basado en los siguientes principios:

- a. **Costo de operación:** el costo de operación por unidad de capacidad ofrecida (espacios/km) disminuye cuando se consideran vehículos de mayor capacidad, principalmente debido a la productividad laboral, al menor consumo de energía y al mantenimiento.

- b. Capacidad:** la capacidad de línea se incrementa con relación a las dimensiones del vehículo. Esto se debe, principalmente, a que son requeridos en menor número de vehículos, lo cual trae como consecuencia un menor congestionamiento y una mayor velocidad.
- c. Maniobrabilidad:** la maniobrabilidad del vehículo decrece con el tamaño del mismo, siempre y cuando la carrocería esté formada por un solo cuerpo.
- d. Confort:** el confort se incrementa con el tamaño del vehículo, cuando este está formado por un solo cuerpo. El confort en los articulados decrece, sobre todo en la parte posterior y en la propia rotula, debido al mayor bamboleo.

2.3.2. Descripción general de las tipologías vehiculares

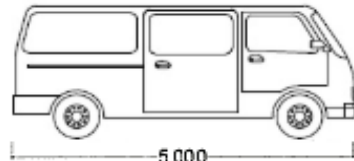
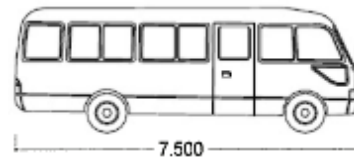
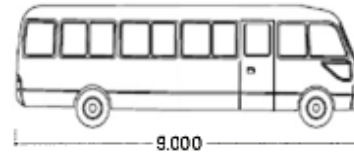
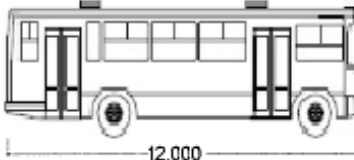
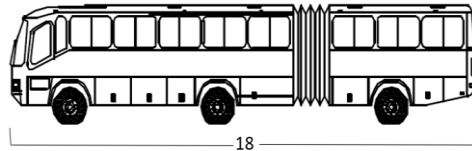
De acuerdo con el Reglamento Nacional de Vehículos y a la Directiva de Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares, las tipologías de vehículos usuales para espacios rurales y urbanos en los que conviven diferentes operadores son las siguientes:

- a. Microbús:** Vehículo de Categoría M2 de cualquier clase de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor, y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos (para el caso del Diseño de Rutas, para este tipo de unidades se exige tener un peso mayor a los 2,500 kg y contar con un mínimo de 16 asientos. Este vehículo es idóneo para servir como alimentadoras en zonas de baja densidad, y en las que la topografía dificulta el acceso.
- b. Minibús:** Vehículo de Categoría M3 de 17 a 33 asientos, incluyendo el asiento del conductor; no tiene más de 6,000 kg y su peso es mayor que 4,500 kg de peso bruto vehicular.
- c. Ómnibus I:** Vehículo de Categoría M3 con más de 33 asientos, incluyendo el asiento del conductor. Excepcionalmente, los vehículos de la Clase I pueden tener 33 asientos o menos, y su PBV no debe ser menor a los 7,000 kg.
- d. Ómnibus II:** Vehículo de Categoría M3 con más de 33 asientos, incluyendo el asiento del conductor. Excepcionalmente, los vehículos de la Clase I pueden tener 33 asientos o menos, y su PBV no debe ser menor a los 15,000 kg.

Imagen 2-4: Tipologías de Vehículo Patrón

MICROBUS	MINIBUS
	
OMNIBUS I	OMNIBUS II
	
OMNIBUS III	
	

Tabla 2-8: Características y especificaciones técnicas del Vehículo Patrón

Nº	Tipo y categoría vehicular	Longitud Referencial (m)	Puertas	Motor	Configuración del RNV	PBV mínimo en Toneladas	Diseño y medidas referenciales
1	Microbús (M2)	5 +/- 10%	1	Delantero	B2	2.5	
2	Minibús (M3)	7.5 +/- 10%	1 o 2	Delantero , central o posterior	B2	4.5	
3	Ómnibus I (M3)	9 +/- 10%	1 o 2	Delantero , central o posterior	B2	7	
4	Ómnibus II (M3)	12 +/- 10%	2 o más	Delantero , central o posterior	B2	18	
5	Ómnibus III (M3)	18 +/- 10%	2 o más	Delantero o posterior	BA1	25	

Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, Equipo consultor

Tabla 2-9: Tipología vehicular propuesta por tipo de Plan Regulador de Rutas

Plan Regulador	Diseño de Rutas	Tipología Vehicular	Diseño referencial
Nivel A	Sistema Tronco Alimentador o Rutas Diametrales	• Microbús (Rutas Alimentadoras) • Minibús (Rutas Alimentadoras o diametrales) • Ómnibus I (Rutas Troncales) • Ómnibus II (Rutas Troncales) • Ómnibus III (Rutas Troncales)	
Nivel B	Rutas Diametrales o Tangenciales - Prioridad de Vehículos de Mayor Capacidad	• Microbús (Rutas Tangenciales) • Minibús (Rutas Diametrales) • Ómnibus I (Rutas Diametrales)	
Nivel C	Diseño de Rutas Radial, Diametrales o Tangenciales	• Microbús • Minibús Rutas Radiales, Diametrales o Tangenciales	
Nivel D	Diseño de Rutas Radial, Diametrales o Tangenciales, tipología libre	• Microbús • Minibús Rutas Radiales, Diametrales o Tangenciales	
Nivel E	Sin Restricciones	• Microbús • Minibús Rutas Radiales, Diametrales o Tangenciales	

Fuente: Equipo consultor

CAPÍTULO III

ELABORACIÓN DEL PLAN REGULADOR DE RUTAS

Para la elaboración del PRR se deberá desarrollar los siguientes componentes, de acuerdo con el nivel de Plan obtenido en la clasificación de ciudades, que estará relacionado con el contenido mínimo de la estructura de un PRR presentado en el Anexo VII.

3.1 Aspectos Generales

Dentro de los aspectos generales a considerar para el desarrollo del PRR, además de la redacción de la “Introducción” del documento, el cual deberá contener una referencia general de la problemática del transporte urbano nacional y su implicancia en la provincia donde se desarrolla, y por consiguiente deberá especificar cómo su elaboración contribuirá en el mejoramiento de la calidad de vida de la población, ampliando la cobertura y mejorando el diseño de la red de rutas reduciendo los tiempos de viaje; también se deberá considerar los siguientes temas enfocados en el contexto y coyuntura provincial:

3.1.1. Antecedentes

Se considerará la mención de hechos, circunstancias o acciones ocurridos en el ámbito del transporte urbano e interurbano que servirán como marco referencial para comprender con mayor exactitud el escenario actual del transporte en la provincia. De la misma manera, se deberá mencionar la problemática que es percibida por la actual gestión administrativa y grupos de interés, y cómo esta promueve parte de la solución a través de la elaboración de un PRR.

3.1.2. Objetivos

Dentro de este ítem se deberá definir los objetivos tanto generales como específicos, considerando la finalidad y los métodos específicos para la obtención de resultados planteados en el presente manual, los cuales deberán mantener coherencia con las “conclusiones” y “recomendaciones”.

3.1.3. Marco Conceptual

El marco conceptual de los Planes Reguladores de Rutas estará basado en las disposiciones o especificaciones técnicas que se presentan en este manual. Esto quiere decir que deberá mencionarse la metodología que se aplicará según la clasificación de la ciudad objetivo. En caso se requiera, la aplicación de conceptos adicionales deberá ser considerada en el presente capítulo sin que estos desvirtúen los procedimientos ni métodos del manual.

3.1.4. Marco Legal

Se deberá mencionar la normativa nacional vigente con énfasis en los artículos que estén relacionados directamente con la competencia y regulación del transporte de pasajeros de ámbito provincial. Además, se deberá mencionar la normativa local donde se dispongan las condiciones de acceso y permanencia en

el servicio y otras normas que se relacionen directamente con la operación del transporte.

3.1.5. Ubicación y Alcance del Plan

En este ítem se deberá describir la ubicación geográfica de la provincia en estudio, límites, extensión, división administrativa y alcance del estudio. Se complementará lo descrito con imágenes para un mejor entendimiento.

3.2 Diagnóstico General Provincial

El diagnóstico de la situación actual nos permitirá determinar las potencialidades, falencias y demás características que favorecen o afectan el sistema de transporte público de pasajeros, considerando los criterios principales, tales como:

- Población
- Actividades socioeconómicas
- Características geográficas
- Aspectos culturales

El análisis de estos indicadores tiene por finalidad identificar y determinar los factores o indicadores que se relacionen con la demanda del transporte e impacten de manera positiva o negativa a la oferta de este.

3.2.1. Población

La población es uno de los criterios más importantes para el desarrollo de los estudios de PRR. Por ello, es importante analizar las características y distribución espacial de esta, así como sus tendencias de crecimiento y futuras variaciones.

Tabla 3-1: Aspectos Poblacionales

Aspecto	Variable	Fuente	Finalidad
Población	➤ Tendencias de crecimiento poblacional. ➤ Densidad poblacional. ➤ Distribución Espacial de la población urbana. ➤ Porcentaje de la población urbana/Población total. ➤ Porcentaje de la población urbana/Población total distrito-Provincia-Región. ➤ Porcentaje de la población urbana del área de estudio/Total. ➤ Porcentaje de población urbana/Superficie urbana.	➤ Información oficial de Ministerios ➤ INEI ➤ Plan de Desarrollo Urbano (PDU) ➤ Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) ➤ Otras fuentes oficiales actualizadas	➤ Identificar la distribución espacial de la población urbana y rural ➤ Determinar la evolución del crecimiento de la población urbana. ➤ Estimar el crecimiento futuro de la población urbana. ➤ Promover sistemas de transporte sostenible y multimodal.

Fuente: Equipo consultor

3.2.1.1. Indicadores Socioeconómicos

El estudio deberá plasmar los indicadores de crecimiento y social de la provincia; los cuales serán obtenidos de fuentes con datos actualizados a fechas más cercanas a la elaboración del PRR.

Tabla 3-2: Aspectos Socioeconómicos

Aspecto	Variable	Fuente	Finalidad
Características Socioeconómicas	➤ PEA ➤ Actividades productivas. ➤ Distribución espacial de las actividades económicas. ➤ Diversificación sectorial. ➤ Actividad PEA a nivel de la provincia. ➤ Ingreso familiar (niveles socioeconómicos). ➤ Población Estudiantil. ➤ Índice de Desarrollo humano.	➤ Información oficial de Ministerios ➤ INEI ➤ Plan de Desarrollo Urbano (PDU) ➤ Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) ➤ Otras fuentes oficiales actualizadas	➤ Porcentaje de PEA ocupada. ➤ Porcentaje de población urbana desocupada. ➤ Niveles de ingresos. ➤ Cobertura del servicio por nivel educativo. ➤ Caracterización de la dinámica económica local. ➤ Caracterización social de la población local. ➤ Determinar su principal actividad productiva para articular corredores económicos que favorezcan a esta para su desarrollo. ➤ Promover sistemas de transporte sostenible y multimodal.

Fuente: Equipo consultor

3.2.1.2. Aspectos Geográficos

Los aspectos geográficos por considerar parten desde las características geográficas y morfológicas, división administrativa de la provincia, la distribución espacial de la urbe, centros poblados, anexos, entre otros. Además, se deberá identificar los centros a tractores de viajes más relevantes.

Tabla 3-3: Aspectos Geográficos

Aspecto	Variable	Fuentes	Finalidad
Características físicas de la Provincia	Morfología Geográfica	➤ Información oficial de Ministerios	Identificación de la estructura geográfica provincial.
	División Administrativa	➤ Instituto Geofísico del Perú	Identificación de la composición y distribución provincial.
	Expansión Urbano - Rural	➤ INEI	
	Centros Atractores	➤ Planos Catastrales	Identificación de la distribución de la población sobre el área provincial.
	Provincias conurbadas	➤ Plan de Desarrollo Urbano (PDU)	
		➤ Trabajos de Campo	Identificación de predio y conglomerados atractores de viajes.
		➤ Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS)	Identificación de zonas urbanas con continuidad en otra provincia.
		➤ Plano de zonificación	Promover sistemas de transporte sostenible y multimodal.

Fuente: Equipo consultor

3.2.1.3. Aspectos Culturales

El transporte es uno de los soportes del desarrollo material y cultural, al facilitar la transmisión del conocimiento, la aproximación entre distintas comunidades para los intercambios espirituales y materiales; el tránsito y el transporte, en todo nivel, y el desplazamiento de personas y mercancías y con ellas de otras culturas y formas de vida.

Se debe considerar los aspectos culturales de la provincia para poder implementar un PRR viable que esté acorde con aspectos como usos y costumbres de la población, con preferencias de tipologías vehiculares y comportamientos viales muy insertados en la vida cotidiana. Asimismo, debe tenerse en cuenta que la implementación de un nuevo sistema de transporte tiene un impacto cultural, pues requiere estrategias comunicacionales y de información para generar un nuevo comportamiento guiado hacia el ordenamiento, tanto del usuario pasajero como del operador, que muchas veces puede impactar en usos y costumbres muy arraigados. En ese sentido, es importante señalar que el transporte público es integrador de diversos espacios territoriales y en ese sentido, el aspecto cultural debe ser tomado en cuenta, conociendo las costumbres de cada provincia que

puedan tener una incidencia. Hay fechas y festividades culturales importantes que impactan grandemente en una población, deteniendo, incluso, sus actividades económicas, y para cuyo desarrollo se utilizan importantes vías.

3.2.2. Diagnóstico del Transporte y la Vialidad

En el diagnóstico del transporte y la vialidad es necesario evaluar los siguientes aspectos:

- Planes municipales
- Aspectos legales
- Características cualitativas del Tránsito
- Características del Transporte Público
- Integración multimodal

De estos aspectos se requiere evaluar, como mínimo, las siguientes variables e indicadores:

3.2.2.1. Planes Municipales

Con respecto a los planes municipales, se deberá considerar a aquellos que presenten propuestas de planificación con relación al transporte. Cabe resaltar que lo planteado en el PRR servirá de base para la planificación de estudios o planes de mayor envergadura.

Tabla 3-4: Planes Municipales

Aspecto	Variable	Fuente
Recopilación de información institucional.	Continuidad urbana.	➤ Plan de Acondicionamiento Territorial (PAT)
	Sistema vial y con clasificación vial.	➤ Plan Temático de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS)
	Futuros proyectos urbanos y viales.	➤ Plan de Desarrollo Metropolitano (PDM)
	Zonificación urbana.	➤ Plan de Desarrollo Urbano (PDU) ➤ Clasificación o Jerarquización Vial ➤ Plan Regulador de Rutas ➤ Estudios de Homologación Vehicular

Fuente: Equipo consultor

3.2.2.2. Aspectos Legales

En cuanto al aspecto legal, se debe considerar todas las normas que influyen directamente en la regulación del transporte y en la operación de este. Se debe evaluar los criterios, planteamientos y efectos causados en el desarrollo del transporte público de pasajeros.

Tabla 3-5: Aspectos Legales

Aspecto	Normativa	Indicadores	Finalidad
Regulación del Transporte	Regulación del Transporte Urbano e Interurbano	Condiciones de acceso y permanencia	Identificar las deficiencias en la gestión de autorizaciones y las condiciones de acceso y permanencia en el servicio.
		Promoción de la inversión en servicios de transporte de pasajeros	Otorgamiento de títulos habilitantes con plazos mayores (10 años) que posibiliten inversión en flota vehicular de mayor capacidad, calidad y tecnología, como en infraestructura complementaria.
	Determinación de Corredores y/o Creación de SIT o BRT	Componentes, infraestructura y gestión del SIT	Identificar los servicios de transporte regular y no regular que componen el SIT, las vías donde se desarrolla el SIT y gestión de las concesiones otorgadas.
Factores que afectan la operación	Declaración de Áreas Saturadas	Áreas declaradas, condiciones y restricciones	Identificación de las zonas saturadas considerando los sustentos técnicos para la determinación de estas.
	Declaración de Zonas Rígidas	Vías y/o áreas con restricciones	Identificación de las condiciones de restricción en las vías afectadas.
	Régimen de Gestión Común	Condiciones urbanas y legales	Análisis de los parámetros de continuidad urbana y de la gestión de las rutas autorizadas bajo este régimen.

Fuente: Equipo consultor

3.2.2.3. Características Cualitativas del Tránsito

El diagnóstico del tránsito debe abarcar dos componentes principales: las cualidades del tránsito y los dispositivos de control del mismo. Se deberán identificar los indicadores y realizar el análisis respectivo, a fin de contextualizar el comportamiento del tránsito en la provincia.

Tabla 3-6: Características Cualitativas del Tránsito

Variable	Indicadores	Fuente	Finalidad
Características Tránsito	Tipos de vehículos predominantes en circulación	➤ Trabajos de Campo ➤ Análisis de Gabinete	Identificación de tipologías que predominan en la circulación del tránsito.
	Sistema Vial Provincial	➤ Municipalidad Provincial (PDU) ➤ Instituto Vial Provincial	Identificación de clasificación vial y de posibles corredores.

Variable	Indicadores	Fuente	Finalidad
		➤ Plan de Desarrollo Metropolitano (PDM)	
	Infraestructura del Sistema Vial	➤ Trabajos de Campo ➤ Análisis de Gabinete	Identificación de la superficie de rodadura y el estado de conservación de la vía.
Dispositivos de Control	Señalización Vertical y Horizontal Reductores de Velocidad	➤ Trabajos de Campo ➤ Análisis de Gabinete	Verificación del Estado de Conservación y/o Ausencia de Señalización.
	Dispositivos Semafóricos	➤ Municipalidad Provincial	Identificación de intersecciones semaforizadas y sus respectivas características.

Fuente: Equipo consultor

3.2.2.4. Características del Transporte Público

El transporte público de pasajeros urbano e interurbano será analizado en sus principales componentes a fin de poder identificar recorridos, composición vehicular de la flota, antigüedad, modalidad de operación, paraderos, entre otros. Con estos componentes podemos obtener un amplio panorama de cómo se desarrolla el servicio de transporte en la ciudad e identificar sus principales falencias.

Tabla 3-7: Características del Transporte Público Urbano e Interurbano

Variable	Indicadores	Fuente	Finalidad
Resolución de Autorización para prestar el servicio de Transporte de Pasajeros	Zonas de Estacionamiento	➤ Registros de la Municipalidad Provincial	Identificación de los predios y verificación de infraestructura.
	Itinerario		Identificación de vías que componen los recorridos autorizados.
	Tipologías existentes		Identificar los tipos de vehículos autorizados para prestar servicio.
	Flota Autorizada		Identificar la cantidad de vehículos inscritos por empresa, antigüedad, otros.
	Estatus Legal		Identificar las condiciones de acceso al servicio y la vigencia de las autorizaciones.
Características Generales de la Red Rutas	Diseño Actual	➤ Trabajos de Campo ➤ Análisis de Gabinete ➤ Big Data	Identificación del tipo de diseño actual de la red rutas.
	Modo de Operación		Identificación del transporte urbano e interurbano y sus características operativas.
	Paraderos		Identificación de paraderos en las principales vías de la provincia.

Fuente: Equipo consultor

3.2.2.5. Integración Multimodal

El diagnóstico de la situación actual de la provincia en cuanto a las conexiones multimodales deberá considerar la identificación, ubicación, modo de conexión con la red de rutas o futuros proyectos a corto y mediano plazo.

Tabla 3-8: Integración Multimodal

Variable	Indicador	Fuente	Finalidad
Modos de Transporte que operan en la provincia	Aeropuertos y aeródromos	➤ Planes Municipales ➤ Plano Catastral Actualizado ➤ Proyectos en Desarrollo	Considerar entre los criterios para el diseño de rutas y su conexión con distintos modos de transporte en caso la demanda lo requiera.
	Trenes, ferrocarriles, metros y sus variaciones	➤ Proyectos Futuros ➤ Trabajos de Campo ➤ Análisis de Gabinete ➤ Plan de Desarrollo Urbano (PDA)	
	Puertos marítimos, lacustres y fluviales	➤ Plan de Desarrollo Metropolitano (PDM) ➤ Planes para el Acondicionamiento Territorial	
	Red Transporte no Motorizado (Ciclovías)	➤ Plan de Desarrollo Urbano	

Fuente: Equipo consultor

3.3 Levantamiento y Proceso de Información de Campo

La información de campo, así como su procesamiento, consiste en el relevamiento de datos captados de los diversos componentes del sistema de transporte de la provincia, tales como los usuarios (demanda), los transportistas autorizados (oferta) y la red vial (infraestructura vial); para lo cual detallaremos a continuación los principales aspectos que deben tenerse en cuenta en el procesamiento de información que servirá de base para la construcción del modelo:

3.3.1. Construcción de la Red Vial

Para la construcción de la red vial es necesario obtener información base proveniente principalmente de:

- Redes viales censales, Instituto Nacional de Estadística e Informática, que se encuentra en formato shp.
- Inventarios viales nacionales, departamentales y vecinales, Ministerio de Transportes y Comunicaciones (en formato shp) los cuales se encuentran

disponibles en el siguiente enlace web: <http://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html> u otro enlace dentro del portal del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su Oficina de Estadística en caso de que el link anterior sufra alguna modificación o eliminación.

- Páginas web: googlemaps, google earth, openstreetmap, entre otros, que pueden ser exportables por algunos softwares de modelación.
- Estudios y modelos anteriores, ya sean planes de desarrollo, planes de movilidad, planes maestros, entre otros.
- Planos en general de la ciudad (catastro, zonificación, entre otros), en formato CAD.
- Construir la información a partir de las regulaciones existentes, tales como ordenanzas u otros que contengan la clasificación vial.

Esta información debe ser contrastada y complementada con lo hallado en las inspecciones de campo en las cuales se deberá:

- Verificar la cantidad de carriles en las vías principales.
- Verificar los sentidos de tránsito a lo largo del corredor o de los principales corredores.
- Identificar las restricciones de circulación de tránsito (giros a la izquierda, giros en U, penalidades de giros, etc.).
- Identificar algunas singularidades (zonas de estrechamiento o ensanchamiento de la vía, zonas de estacionamiento en calzadas, entre otros) que puedan generar efectos en la velocidad y capacidad.

Se puede ahondar en detalles de tránsito cuando, a partir del modelo macro, se requiere generar modelos meso o micro. Algunos softwares de modelación ya incluyen la exportación de parte de las redes viales y su información para submodelos. La información complementaria para requerir en estos casos podría ser:

- Realizar el inventario semafórico en las intersecciones de los corredores en estudio, así como del equipamiento, tipo, cantidad y ubicación.
- Realizar el inventario de la señalización horizontal y vertical.

3.3.1.1. Jerarquización y Características Físicas

a) Clasificación de la Red Vial

La red vial de una ciudad está constituida por toda la infraestructura (superficie de rodadura y aceras) que sirve como base del tránsito y transporte.

Esta información debería estar establecida o contenida en:

- Ordenanzas Municipales (OM)
- Planes de Desarrollo Urbano (PDU)

- Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS)
- Planes Maestros de Transporte
- Planes Viales
- Esquemas de Acondicionamiento Urbano
- Otros estudios precedentes

En caso de no contarse con esta información, para fines del modelo, las autoridades respectivas deberán proporcionar una jerarquización preliminar en base a su conocimiento de la ciudad o, en su defecto, el consultor podrá realizar una clasificación en base a su experiencia, comparando con casos similares de otras ciudades.

La siguiente es una clasificación de la red vial de manera simplificada, donde se adopta una codificación, que en modelos pueden servir para fines prácticos de selección rápida.

Tabla 3-9: Clasificación Vial adoptada

Tipo	Clasificación Vial
10	Vía Peatonal
20	Ciclovía
30	Vía Local
40	Vía Colectora
50	Vía Arterial
60	Vía Expresa
70	Corredor Segregado de Bus
80	Vía Férrea

Fuente: Equipo consultor

En la tabla a continuación se muestra un ejemplo de subclasificación usado en el estudio de Factibilidad de la Línea 4 del Metro de Lima.

Tabla 3-10: Clasificación Vial desagregada

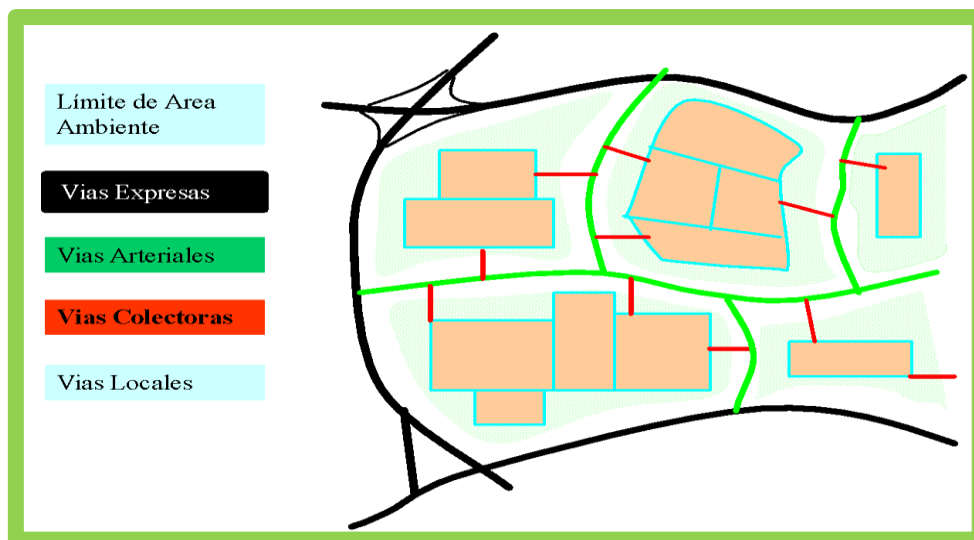
Clasificación	Tipología	Velocidad Flujo Libre (km/h)	Carriles/sentido
Vías expresas	1	80	-
Metropolitanas	2	70	-
	3	60	-
	4	50	-
	5	40	-
Vías expresas	10	80	2 +
regionales	11	80	1
	12	70	2 +
	13	70	1

Clasificación	Tipología	Velocidad Flujo Libre (km/h)	Carriles/sentido
	14	60	2 +
	15	60	1
	16	50	2 +
	17	50	1
	18	40	2 +
	19	40	1
Vías arteriales	20	50	-
	21	50	-
	22	45	-
	23	45	-
	24	40	2 +
	25	40	2 +
	26	40	1
	27	35	2 +
	28	35	2 +
	29	35	1
	30	30	2 +
	31	30	2 +
	32	30	1
	33	25	2 +
	34	25	2 +
	35	25	1
Vías colectoras	40	40	2 +
	41	40	2 +
	42	40	1
	43	35	2 +
	44	35	2 +
	45	35	1
	46	30	2 +
	47	30	2 +
	48	30	1
	49	25	2 +
	50	25	2 +
	51	25	1
Vías locales	60	20	-
Vías mal pavimentadas	61	15	-
Vías sin pavimentar	62	10	-

Fuente: Consultoría Integral del Concurso de Proyectos Integrales para la Concesión de la Línea 4 de la Red Básica del Metro de Lima y Callao

A continuación, una descripción de los principales tipos de vías:

Imagen 3-1: Esquema del sistema vial de una ciudad



Fuente: Vías – Jeisson Ferney Rodríguez Villamil/Sarith Alejandra Rojas Montaña

- **Vía Expresa Tipo 01 – Tramo A:** Permiten conexiones metropolitanas y urbanas de alta fluidez. Unen macrozonas urbanas con altos volúmenes de desplazamientos multimodales de personas y mercancías a alta velocidad, en carriles preferentes y accesibilidad a usos urbanos adyacentes a través de carriles auxiliares. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad. El transporte público de personas se efectúa mediante modos de alta capacidad en espacios de circulación dedicados o con paraderos estaciones.
- **Vía Expresa Tipo 01 – Tramo B:** Permiten conexiones metropolitanas y urbanas de alta fluidez. Unen macrozonas urbanas con altos volúmenes de desplazamiento multimodales de personas y mercancías a alta velocidad, en carriles preferentes y accesibilidad a usos urbanos adyacentes a través de carriles auxiliares. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad. El transporte público de personas se efectúa mediante modos de alta capacidad en espacios de circulación dedicados y con paraderos o estaciones.
- **Vía Arterial Tipo 01- Tramo A:** Permiten conexiones urbanas con fluidez media y accesibilidad a usos urbanos adyacentes a través de carriles auxiliares. Se integran con el sistema de vías expresas y permiten una buena distribución y recepción del tránsito hacia y desde las vías colectoras y locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad. El Transporte público de personas se efectúa mediante modos de alta y media capacidad en espacios dedicados y con paraderos o estaciones.

- **Vía Arterial A Tipo 01 – Tramo B:** Permiten conexiones urbanas con fluidez media y accesibilidad a usos urbanos adyacentes a través de carriles auxiliares. Se integran con el sistema de vías expresas y permiten una buena distribución y recepción del tránsito hacia y desde las vías colectoras y locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad. El transporte público de personas se efectúa mediante modos de alta y media capacidad en espacios dedicados y con paraderos o estaciones.
- **Vía Arterial Tipo 02 – Tramo A:** Permiten conexiones urbanas con fluidez media y accesibilidad a usos urbanos adyacentes a través de carriles auxiliares. Se integran con el sistema de vías expresas y permiten una buena distribución y recepción del tránsito hacia y desde las vías colectoras y locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad. El transporte público de personas se efectúa mediante modos de alta y media capacidad en espacios dedicados y con paraderos o estaciones.
- **Vía Arterial Tipo 02 – Tramo B:** Permiten conexiones urbanas con fluidez media y accesibilidad a usos urbanos adyacentes a través de carriles auxiliares. Se integran con el sistema de vías expresas y permiten una buena distribución y recepción del tránsito hacia y desde las vías colectoras y locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad. El transporte público de personas se efectúa mediante modos de alta y media capacidad en espacios dedicados y con paraderos o estaciones.
- **Vía Colectora Tipo 01 – 4 Carriles:** Sirven para derivar los flujos de tránsito de las vías locales a las arteriales y brindar acceso a las propiedades adyacentes. Sus flujos son interrumpidos frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando se interceptan con vías arteriales y colectoras, así como con controles simples con señalización horizontal y vertical en los cruces con vías locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia recreación paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad, incluido el transporte público de personas de media y baja capacidad.
- **Vía Colectora Tipo 02 – 4 Carriles:** Sirven para derivar los flujos de tránsito de las vías locales a las arteriales y brindar acceso a las propiedades adyacentes. Sus flujos son interrumpidos frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando se interceptan con vías arteriales y colectoras, así como con controles simples con señalización horizontal y vertical en los cruces con vías locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación paisajismo, estacionamiento entre otros. Se usan

por todo tipo de usuarios y modos, incluido el transporte público de personas de media y baja capacidad.

- **Vía Colectora Tipo 03 – 4 Carriles:** Sirven para derivar los flujos de tránsito de las vías locales y a las arteriales y brindar acceso a las propiedades adyacentes. Sus flujos son interrumpidos frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando se interceptan por vías arteriales y colectoras, así como con controles simples con señalización horizontal y vertical en los cruces con vías locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia recreación paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad, incluido el transporte público de personas de media y baja capacidad.
- **Vía Colectora Tipo 01 – 3 carriles:** Sirven para derivar los flujos de tránsito de las vías locales a las arteriales y brindar acceso a las propiedades adyacentes. Sus flujos interrumpidos frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando empalman con vías arteriales y colectoras, así como con controles simples con señalización horizontal o vertical cuando empalman con vías locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y diversos modos de movilidad.
- **Vía Colectora Tipo 02 – 3 carriles:** Sirven para derivar los flujos de tránsito de las vías locales a las arteriales y brindar acceso a las propiedades adyacentes. Sus flujos interrumpidos frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando se interceptan con vías arteriales y colectoras y con controles simples con señalización horizontal o vertical en los cruces con vías locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y diversos modos de movilidad, incluido el transporte público de personas de media y baja capacidad.
- **Vía Colectora Tipo 01 – 2 carriles:** Sirven para derivar los flujos de tránsito de las vías locales a las arteriales y brindar acceso a las propiedades adyacentes. Sus flujos interrumpidos frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando se interceptan con vías arteriales y colectoras y con controles simples con señalización horizontal o vertical en los cruces con vías locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y diversos modos de movilidad, incluido el transporte público de personas de media y baja capacidad.
- **Vía Colectora Tipo 02 – 2 carriles:** Sirven para derivar los flujos de tránsito de las vías locales a las arteriales y brindar acceso a las propiedades adyacentes. Sus flujos interrumpidos frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando se interceptan con vías arteriales y colectoras y con controles simples con señalización horizontal o vertical en los cruces con vías locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia,

recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad, incluido el transporte público de personas de media y baja capacidad.

- **Vía Colectora Tipo 03 – Vía Verde:** Sirven para derivar los flujos de tránsito de las vías locales a las arteriales y brindar acceso a las propiedades adyacentes. Sus flujos interrumpidos frecuentemente por intersecciones semaforizadas cuando se intersectan con vías arteriales y colectoras y con controles simples con señalización horizontal o vertical en los cruces con vías locales. Cuentan con franjas de servicio para diversos fines de estancia, recreación, paisajismo, estacionamiento, entre otros. Se usan por todo tipo de usuarios y modos de movilidad, incluido el transporte público de personas de media y baja capacidad.³
- **Vías Locales:** Contribuyen con el movimiento de flujos dentro de las áreas de actividad, cuyo rol fundamental es la integración entre la vía y la propiedad. Son de ámbito local y de acceso directo a la propiedad y a intersecciones a nivel. Las velocidades del movimiento son desestimadas.
- **Ciclovías:** Son vías habilitadas solo para el paso de bicicletas o vehículos de movilidad personal (VMP). Pueden ser vías compartidas (con el tráfico regular) o vías segregadas.
- **Vías Peatonales:** Son vías habilitadas solo para el paso de peatones. Pueden ser calles peatonales, bulevares, puentes peatonales, rampas de acceso a paraderos o estaciones de transporte.
- **Vías Férreas:** Son vías por las que se desplazan ferrocarriles (de carga o pasajeros) interurbanos o urbanos. Pueden ser líneas de metro, tranvía, entre otros.

Para consideraciones de diseño de algunos de estos tipos de vías, se puede consultar la “Guía de Vías Accesibles” del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

b) Capacidad Vial

Es necesario caracterizar la red en relación con su capacidad, para permitir la operación de los flujos de vehículos bajo condiciones aceptables. Esta caracterización se representa mediante la asignación de capacidad vial a cada tramo de la red.

La capacidad de las carreteras, expresada en términos del máximo número de vehículos que pueden cruzar una sección o tramo dado, es una función de las

³ Guía para el Diseño de Vías Accesibles - Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento

características geométricas de la carretera, la composición y distribución del tránsito y el entorno de la vía.

Las características geométricas y el entorno de la vía forman parte del inventario vial, mientras que las características del tránsito se determinan sobre la base del análisis de la demanda.

El Manual de diseño geométrico de carreteras del MTC se refiere, explícitamente en su Anexo 01: "Capacidades y niveles de servicio", a la teoría de capacidad de carreteras desarrollada por el TRB.

Sobre la base del HCM, el cálculo de capacidad se realiza por separado para carreteras de dos carriles y carreteras de múltiples carriles.

Cabe destacar que los cálculos de capacidad se aplican a las carreteras pavimentadas. Para las carreteras de tipo afirmadas o trochas carrozables, los proyectos requeridos se identifican en relación con el nivel de tránsito y los resultados del modelo en términos de capacidad o congestión no se toman en cuenta.

Para el cálculo de la capacidad se toman en cuenta los siguientes elementos:

- Ancho de carretera y de bermas
- Topografía o tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso, pendientes críticas)
- Entorno (rural, semiurbano, urbano)
- Porcentaje de buses (número de buses/tránsito total)
- Porcentaje de camiones (número de camiones/tránsito total)
- Factor de concentración horaria (tránsito de hora pico/tránsito diario)

El Highway Capacity Manual, en su versión del año 2000, define los siguientes conceptos:

V : Duración de la fase verde (se permite el paso de vehículos) [seg]

R : Duración de la fase roja (no se permite el paso de vehículos) [seg]

T : Ciclo del semáforo = V + R [seg]

Mientras el semáforo esté en su fase de verde podrá pasar por el acceso un número máximo de vehículos hora, que constituye lo que se denomina **intensidad de saturación**. Multiplicando esta intensidad de saturación por la relación entre la duración de la fase de verde y la del ciclo, se obtiene el máximo número de vehículos que pueden pasar en una hora (**capacidad**).

$$C = S \cdot \frac{V}{T} \quad \text{siendo} \quad \begin{array}{l} C : \text{Capacidad (vehículos/hora)} \\ S : \text{Intensidad de saturación (vehículos/hora)} \\ V : \text{Duración de la fase de verde (segundos)} \\ T : \text{Duración del ciclo (segundos)} \end{array}$$

Si en un tramo existen carriles reservados para determinados movimientos, como giros a la izquierda o a la derecha, se estudian separadamente de los demás carriles del acceso. Se forman así, dentro de un mismo tramo, varios grupos de carriles que se analizan de manera separada. El procedimiento para el cálculo de la intensidad de saturación para cada grupo es el siguiente:

$$S = 1900 N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_{gd} f_{gi} \quad \text{siendo} \quad \begin{array}{l} S : \text{Intensidad de saturación (vehículos/hora)} \\ N : \text{Número de carriles} \\ f_a, f_{vp}, f_i, f_e, f_b, f_z, f_{gd}, f_{gi} : \text{Factores de corrección} \end{array}$$

Imagen 3-2: Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación.

Factores de corrección			
f	Corrección por	Fórmula	Variable
f_a	Anchura del carril	$(5,4+A)/9$	A : anchura del carril (m)
f_{vp}	Vehículos pesados	$100/(100+P)$	P : Porcentaje de pesados (%)
f_i	Inclinación de la rasante	$1-I/100$	I : Inclinación de la rasante
f_e	Estacionamiento	$1-(0.1+M/20)/N$	M : Movimientos de estacionamiento en una hora
f_b	Paradas autobús	$1-B/(250N)$	B : Autobuses que paran por hora
f_z	Situación	(0,9-1)	En centro urbano 0,9, en otras zonas 1
f_{gd}	Giros a la derecha	$1 - 0.15P$	P : Proporción de vehículos que giran a la derecha
f_{gl}	Giros a la izquierda	$1/(1+0.05P)$	P : Proporción de vehículos que giran a la izquierda

Fuente: HCM 2000

c) Velocidad y Tiempo de Viaje

Dentro de la formulación de la función volumen-capacidad, uno de los parámetros considerados es el tiempo a flujo libre, cuyo cálculo proviene de la velocidad al

vacío (velocidad de flujo libre). Esto quiere decir la velocidad a la cual un vehículo puede circular cuando el tráfico está muy por debajo de la capacidad de la vía.

Cabe resaltar que el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018) establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, tiene los siguientes parámetros para las velocidades de diseño:

Imagen 3-3: Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

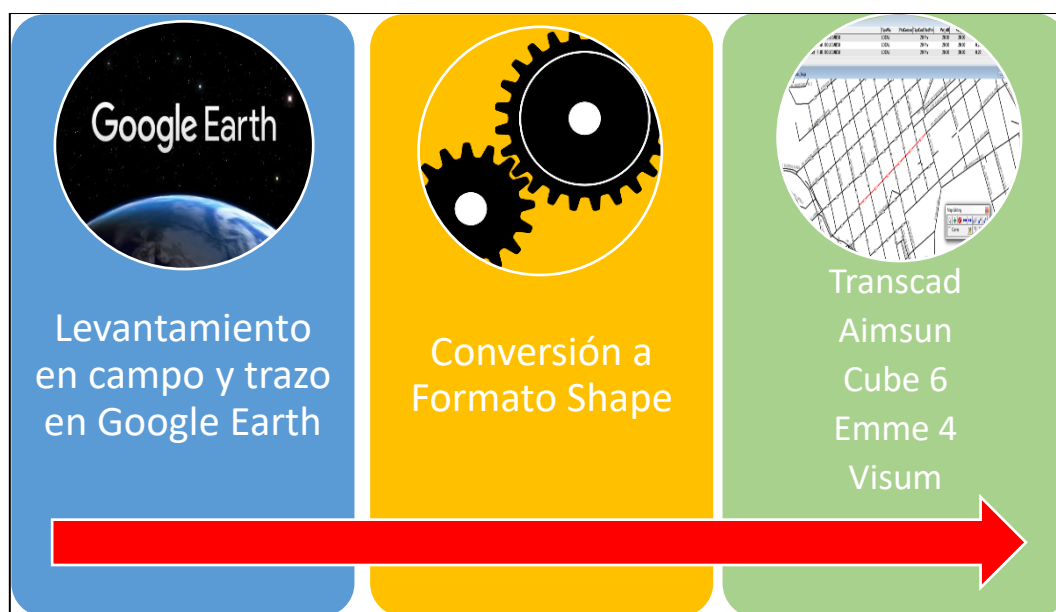
Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018)

El modelo durante el proceso de asignación de flujos puede calcular las mejores rutas en función de optimizar los tiempos de viaje y, justamente, para el cálculo de tiempos de viaje, es necesario contar con el dato de las velocidades. El otro dato necesario para el cálculo del tiempo es la longitud de los tramos. Se obtiene con el software, a partir de los trazos de los archivos geográficos.

3.3.1.2. Digitalización de la Red Vial

Para digitalizar la red vial existen diversos métodos, siendo el más utilizado aquel donde se realizan los trazos en Google Earth sobre el área de trabajo, para luego migrar esa capa a un formato Shape (*.shp), que es el estándar compatible con diversos softwares de modelación que se muestran en el punto "3.4.2.4. Software de modelación".

Imagen 3-4: Proceso de elaboración de Red Vial



Fuente: Equipo consultor

3.3.2. Construcción de las Rutas de Transporte

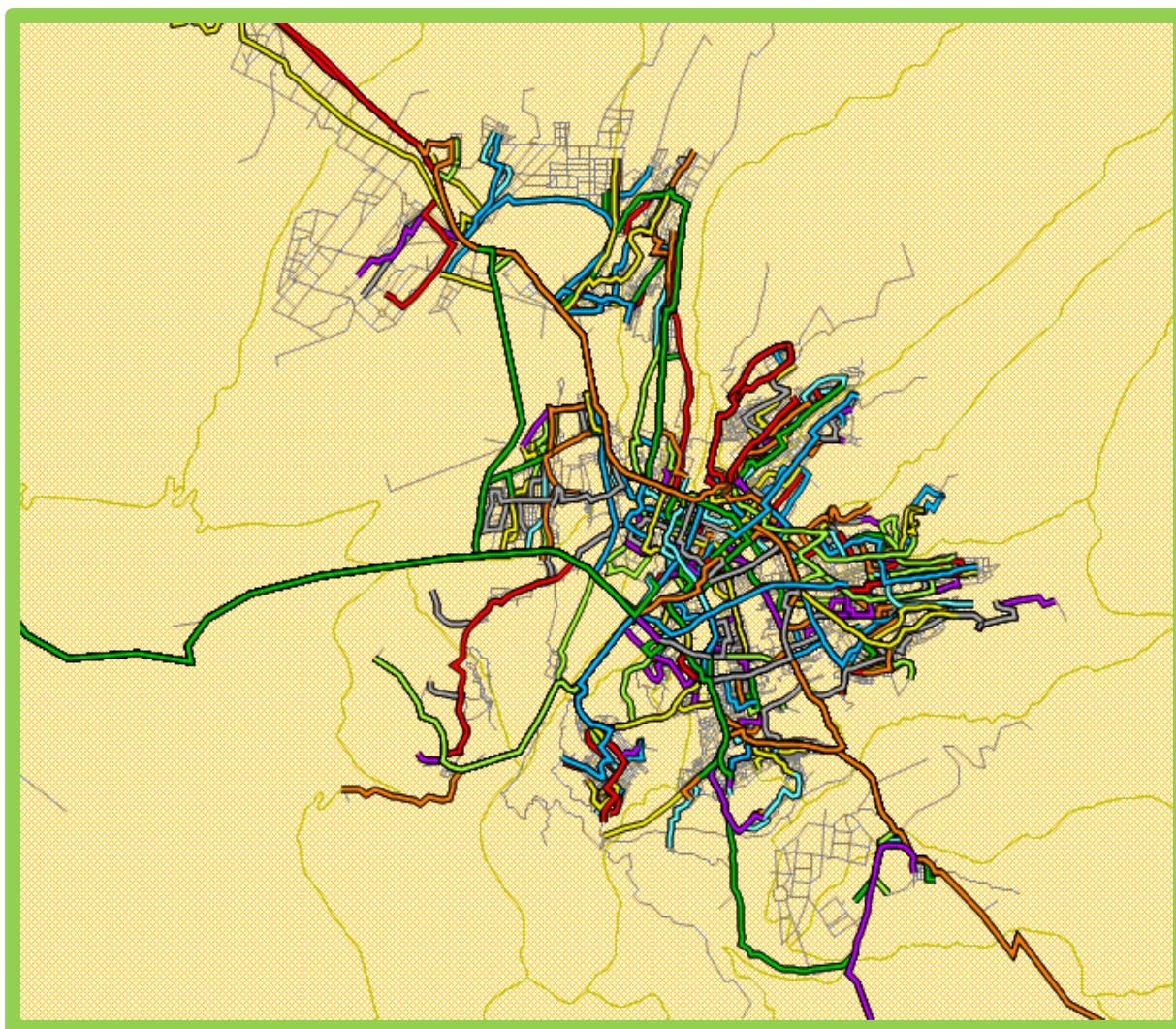
3.3.2.1. Fuentes de Información

La información de las rutas de transporte público es administrada por las municipalidades provinciales. Por lo general contiene lo siguiente:

- Resoluciones de autorización, hojas de ruta, fichas técnicas, entre otros.
- Planos con la representación gráfica de los recorridos.
- Geodatabase o en modelos de transporte.

Este último solo es común en las ciudades más representativas del país y en las cuales se han desarrollado planes reguladores, estudios de movilidad o de planificación de transporte masivo. Tal es el caso de Lima, Arequipa, Trujillo y Piura, entre las más representativas. Sin embargo, se debe actualizar la información, dado que los itinerarios cambian de acuerdo con las solicitudes de las empresas de transporte y a las necesidades de la demanda (expansión urbana-rural); motivo por el cual, se debe hacer la recopilación en campo. Con la ayuda de dispositivos GPS o de algún aplicativo similar en un teléfono inteligente (*smartphone*), se puede hacer seguimiento de los recorridos para luego representarlos en el modelo.

Imagen 3-5: Rutas de Transporte de un modelo



Fuente: Modelo de Transporte de la Ciudad de Arequipa

3.3.2.2. Inventario de rutas:

- **Actualización del número de rutas:** considera las rutas que operan en la ciudad, teniendo en cuenta el itinerario, frecuencia, flota, antigüedad, capacidad, etc. Esta información puede estar contenida en documentos de las respectivas municipalidades. En su defecto, se deberá obtener mediante trabajos de campo en determinados corredores de interés.
- **Actualización de paraderos de transporte público:** los paraderos pueden modificarse en el tiempo (cambiar de ubicación, aumentar en cantidad, disminuir, operarse por horarios, entre otros.) de acuerdo con los nuevos desarrollos en la ciudad y/o la aparición de nuevos polos generadores/atractores de demanda, ya sea dentro de la ciudad o en su periferia.
- **Verificación del total de las rutas:** considera las rutas que operan en la ciudad, con prioridad de aquellas que circulan por el eje troncal o corredor

de estudio. Esta información se obtiene en campo, mediante el uso de GPS, validando el itinerario de las rutas, extensión y velocidades de operación.

- **Caracterización de las rutas:** considera el número de empresas, flota, frecuencia, etc. Esta información se obtiene a través de entrevistas en empresas de transporte, trabajo de campo en terminales o en ejes viales, mediante toma de intervalos de paso.
- **Inventario de tarifas de transporte público:** esto se realiza en los trabajos de campo, como parte de las preguntas dentro de las encuestas origen-destino de interceptación o también como un trabajo de campo independiente de sondeos de tarifas en paraderos o dentro de los vehículos de transporte público.

3.3.3. Recolección de Información del Tránsito

Este punto contiene aspectos relacionados con los diversos procesos de levantamiento de información empleados en un Estudio de Tránsito. Con el propósito de darle una mayor claridad, describe los procedimientos de campo y los diferentes formatos que se requieren para la toma de la información.

Cabe mencionar que todos los formatos empleados en los diversos procedimientos de toma de datos se encuentran en el Anexo V "Formatos utilizados para la recolección de datos de campo".

3.3.3.1. Aforos vehiculares en principales vías

Una de las más importantes mediciones es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad de la vía.

Para los estudios de modelación de transporte se requiere, principalmente, conteos lineales, a fin de cubrir varios segmentos representativos de la red vial. En el caso que se requiera aforar intersecciones importantes para un mayor nivel de detalle, que deba considerar simulación complementaria, se solicitará excepcionalmente conteos direccionales.

Estos cuatro parámetros se relacionan estrechamente entre sí y se expresan en las mismas unidades o similares. Sin embargo, no significan lo mismo, tal como se precisa a continuación:

- El volumen es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico.
- La tasa de flujo es la frecuencia a la cual pasan los vehículos (o personas) durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente.
- La demanda es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico.

- La capacidad es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico. Es una característica del sistema vial y representa su oferta. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real. Sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad estimada o calculada es superada por la demanda.

Donde existe congestión, la demanda es mayor que el volumen actual, ya que algunos viajes se desvían hacia rutas alternas y otros simplemente no se realizan, debido a las restricciones del sistema vial.

Para la elaboración del Estudio de Tránsito, los conteos son de vital importancia, debido a que identifica la intensidad de cada movimiento vehicular, su volumen y composición modal, a fin de conocer las actuales condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal. Se clasifica en los siguientes tipos:

a) Tipos de Conteos

- **Conteos en Estaciones Maestras**

Se realizarán conteos vehiculares de 18 horas en puntos representativos del corredor y la ciudad, que sirvan para determinar la forma de la curva de demanda diaria y los horarios punta del sistema.

- **Conteos en Horas Punta**

Los conteos de volumen de tránsito vehicular se realizarán en las tres fases principales del flujo vehicular por día, considerando que cada fase se compone - por lo menos- de 3 horas continuas (fases de horas pico de la mañana (HPM), de la tarde (HPT) y de la noche (HPN), así como las horas valle (HV).

Estos horarios serán resultantes del perfil horario de la toma de datos de las estaciones maestras, justificando de manera numérica y metodológica la presencia del periodo punta y valle.

El resultado de estos horarios y periodos depende mucho de las actividades que se realizan en la ciudad y/o su interrelación con otros centros urbanos cercanos.

Por lo general la HPM ronda entre las 06:00 y 09:00 horas; mientras que la HV se encuentra alrededor del mediodía (11:00 y 14:00 horas) y la HPT está entre las 17:00 y 20:00 horas.

Los horarios punta son los más representativos, dado que son las horas más críticas con las que se suele dimensionar los tamaños de flota de transporte público para un corredor o diversas rutas de la ciudad.

La información de las horas valle también permite cuantificar la flota necesaria en los horarios de menor demanda, de tal manera que no propone frecuencias que puedan generar que circulen buses vacíos, con el consiguiente aumento de costos.

En algunas ciudades, aun se dan horas punta alrededor del mediodía, en que algunos horarios son más flexibles y algunos trabajadores pueden retornar a sus hogares o realizar algunos trámites.

Se procurará que todos los conteos se realicen en un máximo de seis (6) días diferentes; de la misma manera. En el total de la muestra se debe considerar un día atípico (fin de semana, feriado, días de ferias comerciales u otro que afecte de manera regular el comportamiento habitual del tránsito).

- **Conteo de flujos no motorizados**

Referido al tránsito peatonal, de ciclistas y usuarios de VMP. Se realiza en un día útil (excepto lunes y viernes) por lo menos en las intersecciones significativas y en las 3 fases previstas en los conteos en horas punta.

b) Métodos de muestreo

Para la realización de los aforos vehiculares se puede utilizar métodos convencionales, así como también innovaciones tecnológicas. Dentro los más utilizados, actualmente, se presentan los siguientes:

- **Aforos Manuales:**

- Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.
- La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.
- El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo, hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.
- Durante periodos de tránsito alto, es necesario contar con más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

- **Contadores Mecánicos:**

- Contadores permanentes son usados para aforar el tránsito continuamente. Es usado a menudo para estudios de tendencias. Pueden ser actuados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

- **Contadores Portátiles:**

- Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Pueden ser tubos neumáticos u otro tipo de detector portátil. Entre sus ventajas destacan: una sola persona puede mantener varios contadores y, además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el periodo del aforo. Entre sus desventajas figuran: no permiten clasificar los volúmenes por tipo de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales, ya que muchos contadores (en particular los de tubo neumático) cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas.

- **Conteo mediante Cámaras:**

- Se usan cámaras en la vía que graban el paso de los vehículos, de tal manera que pueden ser procesadas por softwares de detección vehicular, que brindan las cantidades de vehículos agrupados en grandes categorías (motos, autos, buses y camiones, por ejemplo), dado que se guían por las dimensiones de los vehículos.
- La ubicación, ángulos y tipo de vehículos requieren ser ingresados en el aplicativo y calibrados para probar su correcto funcionamiento.
- Entre sus ventajas están que, al ser elaborados por aplicativos, brindan los resultados ya procesados directamente en hojas de cálculo por periodos y tipos de vehículos. Entregan la información tras un periodo de tiempo de procesamiento (horas o días) y en algunos casos en tiempo real.
- Entre sus desventajas están que estos desarrollos aun no logran diferenciar en diversas categorías, por ejemplo, entre ejes, debido a la dificultad de ubicación de cámaras en campo, los ángulos, la cantidad de carriles, entre otros, que dificultan llegar a determinados niveles de detalle.

Los formatos por utilizar en estos trabajos de campo se detallan en el Anexo "Formatos utilizados para el Levantamiento de Información de Campo".

c) Programación y Ubicación

El número de horas de aforo varía con el método usado y el propósito. Los contadores mecánicos pueden estar contando las 24 horas del día. Es conveniente que los aforos manuales se lleven a cabo por un mínimo de 16 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Aforos por periodos de tiempo de 18 horas, proveen más información.

En cuanto a la muestra, lo mínimo que se requiere es 3 días, ya que en caso de haber algún resultado atípico (por algún evento inusual en un corredor o en la ciudad), aún se tendría 2 datos de contraste que permitirán validar el promedio de tráfico. La recomendación es realizar los conteos entre martes y jueves, que son los días más regulares durante la semana, aunque, lo ideal es contar con más información, lo cual depende mucho del presupuesto con que se cuente. Por ejemplo, se puede contar con datos de una semana completa que permitan conocer el comportamiento del tráfico los fines de semana. Además de los días típicos, se debe registrar un día atípico en el cual se desarrolle alguna actividad que modifique el comportamiento del tráfico semanal, como es el caso de las ferias comerciales que se desarrollan los fines de semana en algunas provincias originando esto un comportamiento distinto de la demanda de transporte.

La ubicación de las estaciones de conteo se distribuirá a lo largo de los corredores y puntos importantes y críticos de la ciudad. Se recomienda utilizar la ubicación de tipo cordón la cual define áreas de estudio de tráfico (ver detalles en el ítem

“Encuestas Origen – Destino”). No existe un número exacto de estaciones de conteo, ya que esto está sujeto a la distribución espacial de la provincia. Sin embargo, el número de estaciones a aforar se puede minimizar empleando barreras naturales, como por ejemplo los ríos. Todas las calles que crucen la línea de cordón son estaciones de aforo con la excepción de calles con volúmenes tan bajos que sean despreciables.

Para resumir los resultados de los aforos de cordón se usan curvas de acumulación. Este tipo de curvas indica la acumulación de vehículos y/o pasajeros dentro de un área acordonada. También indican los movimientos hacia adentro y hacia afuera del área y el modo de viaje en diversos periodos de tiempo.

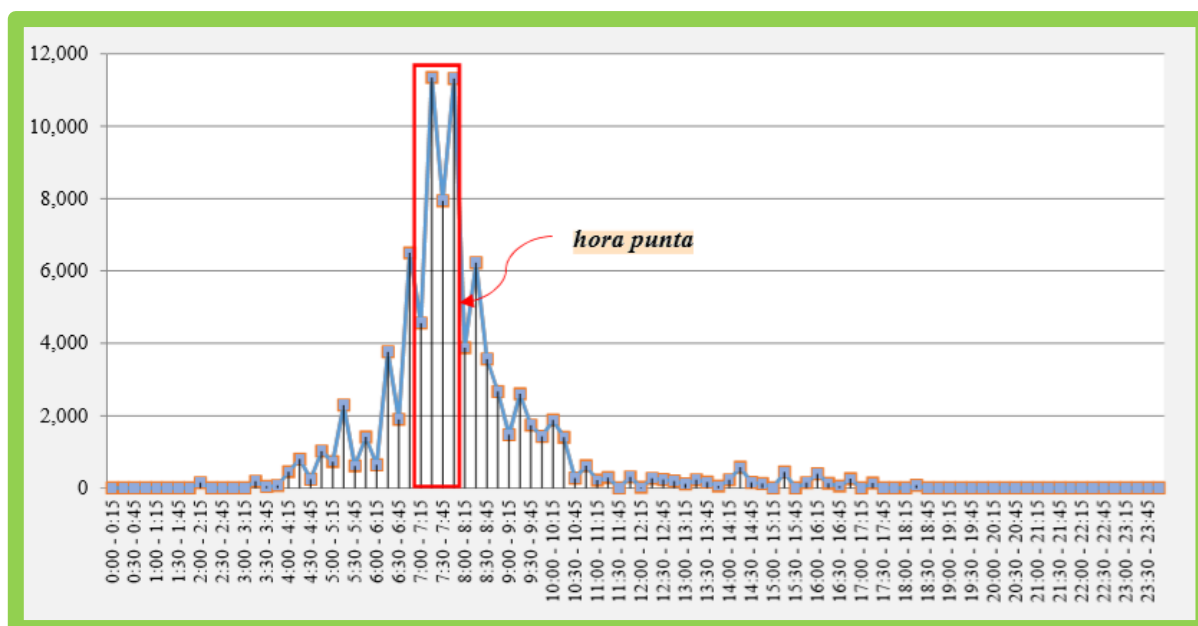
Se considera como posibles inconvenientes lo siguiente:

- **La inseguridad de la zona**, por la delincuencia que puede afectar al aforador o por el mal estado de la infraestructura vial que pueda presentar la intersección en estudio exponiendo al riesgo la seguridad del personal.
- **Hostilidad vecinal** por la presencia de los aforadores que se ubican cerca de los predios en periodos prolongados de tiempo, generando temor o desconfianza.
- **Los accidentes en la vía** pueden alterar el flujo vehicular y/o peatonal que puede prolongarse por horas, de manera que distorsione la información obtenida. En caso ocurriese este evento, se debe reprogramar el conteo.
- **El refrigerio para el personal de campo**, en caso se encuentre en zonas alejadas de la zona urbana, donde deberá proveerse una logística de sus alimentos a cargo del supervisor de campo.
- **Las condiciones climáticas de la provincia** pueden dificultar el trabajo del personal de campo o, en el peor de los casos, suspender el día de trabajo.

d) Identificación de Hora Punta

La definición del periodo punta del sistema parte del procesamiento de los datos de campo. Se construye el histograma en intervalos de 15 minutos (cuartos de hora), periodo en el cual se identifica el horario de mayor demanda durante el día. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de histograma con valores cada 15 minutos y en el cual se han agrupado los 4 intervalos que correspondan a los 60 minutos consecutivos donde se busca captar el mayor volumen de vehículos.

Imagen 3-6: Volumen de vehículos en día laborable

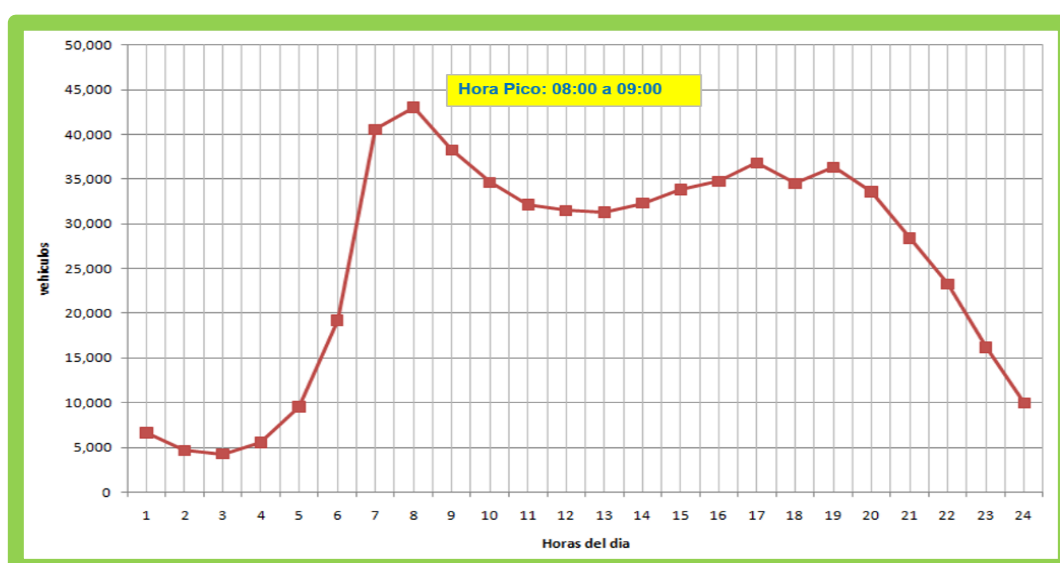


Fuente: Análisis y Determinación de los Corredores Viales por la Matriz Origen Destino en el Cono Sur de Arequipa (Jacobo Hunter, J. L. B. y R., Socabaya y Characato).

Se puede observar que la extensión del periodo pico de la mañana es de 06:45 a 08:30 horas, siendo la hora pico entre las 07:00 y 08:00 horas. Es importante resaltar que esta definición de período pico tiene base en el volumen vehicular y se debe diferenciar respecto al mayor flujo de pasajeros, que no necesariamente coincide en todos los casos.

Como segundo ejemplo, durante la elaboración del Plan Maestro del 2004, se realizaron conteos de 24 horas en la Línea Cortina del Río Rímac, a partir del cual se pueden determinar fácilmente las horas punta las cuales se grafican de la siguiente manera:

Imagen 3-7: Conteos en Línea Cortina del Río Rímac



Fuente: Metodología de Actualización del modelo de Transportes de Lima Metropolitana

e) Conteos en Horas Punta

Los conteos de volumen de tránsito vehicular se harán en tres periodos principales del flujo vehicular por día, considerando que cada periodo se compone -por lo menos- de 2 a 3 horas continuas (HPM, HPT y HV o fuera de punta).

Estos horarios serán resultantes del perfil horario de la toma de datos de las estaciones maestras, justificando de manera numérica y metodológica la presencia del periodo punta y valle.

El resultado de estos horarios y periodos depende mucho de las actividades que se realizan en la ciudad y/o su interrelación con otros centros urbanos cercanos.

Por lo general la hora punta de la mañana ronda entre las 6 y 9 am, mientras la hora valle se encuentra alrededor de mediodía (11 am a 2 pm), en tanto que la hora punta de la tarde está entre las 5 y 8 pm.

Los horarios punta son los más representativos, dado que son las horas más críticas y con ellos se suele dimensionar los tamaños de flota de transporte público para un corredor o diversas rutas de la ciudad.

La información de las horas valle también permite cuantificar la flota necesaria en los horarios de menor demanda, de tal manera que no se proponga frecuencias que generen la circulación de buses vacíos con el consecuente aumento de costos.

En algunas ciudades, aun se generan horas punta alrededor del mediodía, en que algunos horarios son más flexibles y algunos trabajadores pueden retornar a sus hogares o realizar algunos trámites alrededor del mediodía.

Se procurará que todos los conteos se realicen en un máximo de seis (6) días diferentes; de la misma manera, entre el total de la muestra se debe considerar un día atípico (fin de semana, feriado, día de feria u otro que afecte de manera regular el comportamiento habitual del tránsito).

f) Conteo de flujos no motorizados

Referido al tránsito peatonal y de ciclistas, en un día útil (excepto lunes y viernes) por lo menos en las intersecciones significativas, en las 3 fases previstas en los conteos en horas punta.

3.3.3.2. Velocidades de circulación en principales vías

El encargado de la elaboración del PRR deberá hacer mediciones de los tiempos de recorrido actuales de las rutas de transporte público que operan, parcial o totalmente, en los ejes viales principales y para los tipos de vehículos que circulan por ellas (privado y público). Básicamente consiste en:

- Determinar el tiempo de paso establecido por unidad de transporte público, según ruta, modo de transporte y/o vía de circulación.
- Determinar las velocidades con respecto a los tiempos de viajes y las distancias recorridas, evaluando el desempeño de la ruta en determinados tramos de su recorrido.

Estas mediciones serán tomadas en muestras representativas, de tal manera que se puedan realizar inferencias estadísticas significativas. Los tiempos de recorrido se medirán para las 3 fases de horas punta en función al tamaño muestral calculado para el volumen vehicular de cada fase, por tramo, por sentido y por tipo de vehículo de transporte para el caso de los niveles A y B. En los otros niveles solo se tomarán muestras de los vehículos de transporte público.

a) Métodos de muestreo

Los métodos por considerar para la toma de velocidades en las principales vías de la provincia son los siguientes:

- **Método de placas**

El método de placas consiste en colocar dos brigadas por sentido de circulación en cada uno de los tramos en que se realice la medición. Las brigadas estarán formadas por dos personas cada una y deberán ubicarse en lugares estratégicos del tramo, de tal suerte que una persona tome la lectura de la placa y la otra, con cronómetro en mano, la hora de lectura. Estos sitios pueden ser la entrada o salida de la estación Origen-Destino, los reductores de velocidad por el paso por poblaciones, topes, puntos de inspección militar o fitosanitaria, entre otros.

La realización de otros trabajos de campo no es una condición necesaria para llevar a cabo los estudios de tiempo de recorrido, ya que éstos pueden realizarse por separado.

El número de brigadas dependerá del número de tramos en que se seccione la vía para realizar los estudios de tiempos de recorrido y velocidades de operación. La información que deberá asentar cada integrante de la brigada en los formatos establecidos para su estudio es: nombre de la vía, identificación del tramo, fecha, hora de inicio y hora de terminación de la lectura, tipo de vehículo, número de matrícula (placa) y hora en que pasa por el punto de lectura.

Al revisar los números de matrícula, se seleccionan aquellos que coinciden en ambos puntos de lectura del tramo, se clasifican por tipo de vehículo y se obtiene el tiempo de recorrido promedio por sentido de circulación en el tramo, a partir del cual puede ser estimada la velocidad de operación promedio.

Para obtener la velocidad de operación y tiempo total de recorrido de la carretera o de toda la ruta, se obtiene la velocidad ponderada por tipo de vehículo y, a partir de ella, el tiempo total de recorrido.

- **Método del vehículo de prueba o flotante**

El método del vehículo flotante consiste en cronometrar el tiempo de recorrido de cada tipo de vehículo. Los responsables del estudio de campo realizan esta medición por persecución, es decir, se da seguimiento al tipo de vehículo que se está muestreando.

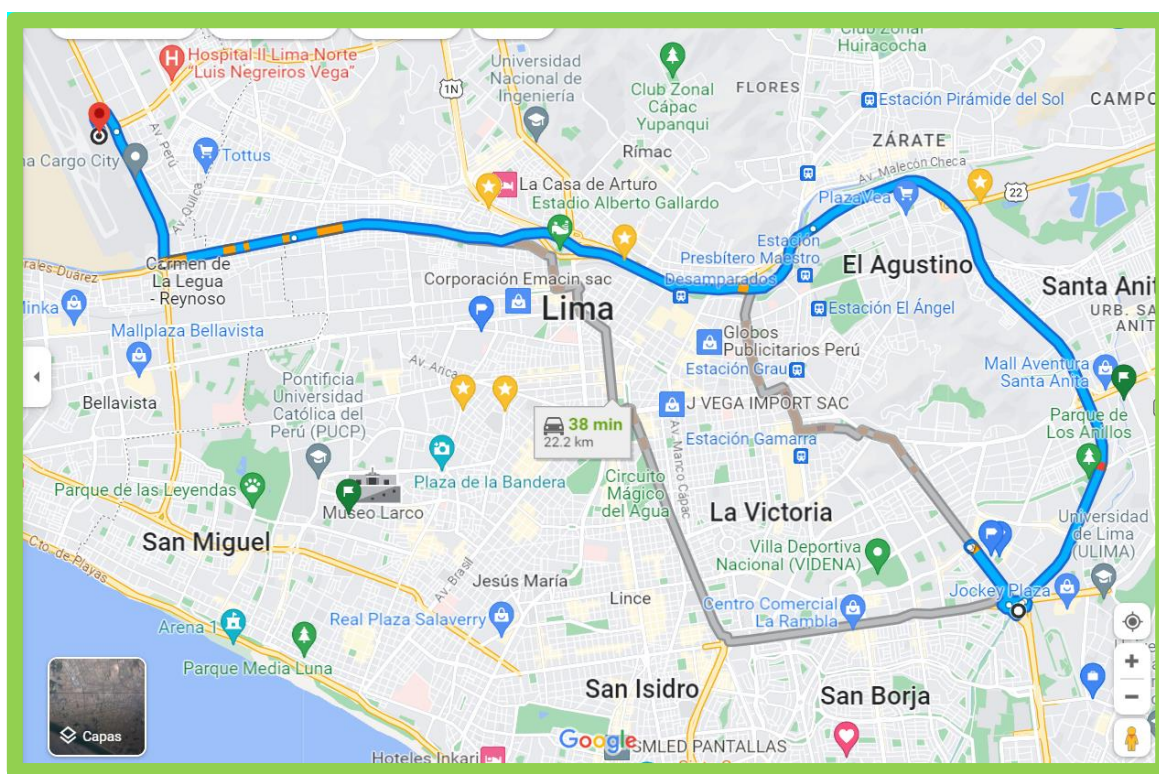
Cuando se trate de vehículos de pasajeros, los responsables de medir los tiempos de recorrido se incorporan como usuarios en el vehículo objeto de la muestra,

cronometrando los recorridos, considerando los tiempos muertos por paradas continuas (ascenso y descenso de pasajeros y tiempo para tomar algún refrigerio). Esta toma de tiempos puede realizarse con apoyo de un equipo GPS y/o cronómetro, así como un formato para el registro de la información, el cual forma parte de los anexos del manual.

- **Método por aplicativos**

Últimamente se usan aplicativos como el Google maps, para hacer consultas periódicas a determinados segmentos o rutas de la red vial. Se pueden programar toma de datos recurrentes durante diversos horarios y frecuencias. La ventaja es su flexibilidad, su implementación requiere más desarrollo informático que toma de datos en campo, pero puede brindar grandes tamaños de muestra sin mayores costos. Su desventaja es que no diferencia entre modos de transporte, brinda una velocidad y/o tiempo de viaje promedio por segmento o ruta.

Imagen 3-8: Ejemplo de toma tiempos y velocidad por Googlemaps



Fuente: Elaboración equipo consultor

Tamaño de muestra

Un tamaño de muestra debe contener mínimo de 3 mediciones de velocidad por eje/ruta, en cada periodo horario. De esta manera, en el caso de que alguna de las muestras esté distorsionada por algún evento, se puede retirar de la muestra atípica y quedarse con el promedio de las otras 2. Mientras sea mayor la cantidad de muestra homogénea, mejor será el resultado del estudio. Sin embargo, se habla en torno a una muestra mínima, dado que el desarrollo de estos estudios mediante plaqueo o vehículo flotante puede ser costoso.

Los posibles inconvenientes que se pueden presentar durante el desarrollo del trabajo de campo son:

- Los accidentes de tránsito u obras en las vías pueden alterar la muestra, ocasionando demoras y desvíos en el recorrido que no forman parte del itinerario.
- Se puede generar hostilidad y/o desconfianza al conductor, si no existe previa coordinación con la empresa que apoyará para realización del estudio o, en caso contrario, se recomienda que el personal realice la toma de datos con mucha discreción.
- La conducta delictiva es otra posible amenaza dentro del vehículo o fuera de éste, ya que el personal puede correr el riesgo de ser asaltado y perder los equipos tecnológicos con los que cuenta para la recopilación de información.
- El uso de un equipo GPS puede presentar conflicto con la captación de la señal satelital cuando se realice la toma de muestras en zonas con condiciones desfavorables para tal fin (edificios altos, túneles, montañas, etc.) o por condiciones climáticas, causando alteraciones en el resultado. Por ello, se debe tomar todas las medidas necesarias para prevenir esos inconvenientes.

3.3.4. Recolección de Información de Demanda del Transporte

Dentro del sistema de transporte de una ciudad tenemos a los “Usuarios”, que son los que utilizan los diversos modos de transporte para trasladarse de un lugar a otro utilizando la infraestructura vial disponible para tal fin.

En el proceso de planificación es necesario conocer el comportamiento de la demanda en cuanto a la caracterización de sus viajes, por eso a continuación se describen los principales trabajos de campo que servirán de insumo para la gestión del transporte, así como para el proceso de modelación.

Cabe mencionar que todos los formatos empleados en los diversos procedimientos de toma de datos se encuentran en el Anexo V - “Formatos utilizados para la recolección de datos de campo”.

3.3.4.1. Embarque y Desembarque de Pasajeros

Realizar conteos de ascenso y descenso de pasajeros en las rutas de transporte público que recorren las vías de la ciudad tiene por finalidad conocer la demanda de pasajeros y los puntos de mayor afluencia de usuarios para el ascenso y descenso de las unidades. Esta actividad deberá ser realizada en paralelo con la toma de muestras de velocidades con GPS dentro de las horas punta. Se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones adicionales:

- Tomar, por lo menos, 3 muestras en un día típico (1 muestra por turno) por ruta en ambos sentidos.

- Marcar un Waypoint con el GPS en cada parada para el ascenso y descenso de pasajeros.
- Llenar un formato indicando en el encabezado el nombre de la empresa, fecha, hora de inicio y fin, código de ruta, tipo de vehículo, placa, turno y sentido.
- Describir en el cuerpo del referido formato las vías que componen el itinerario, los códigos de waypoint registrados y cuantos pasajeros subieron y bajaron en cada parada.
- Colocar en el formato el nombre del personal de campo y del supervisor respectivo.
- Si el vehículo de muestra posee dos puertas, deberá ir un personal de campo por cada puerta.

Al momento de realizar la ejecución de este trabajo de campo se pueden presentar los siguientes inconvenientes:

- El operador del vehículo se niega a colaborar con el personal para que acceda a la unidad y realice su trabajo. Por ello se recomienda que, previamente, exista una coordinación con la empresa que apoyará para la realización del estudio o, en caso contrario, que el personal realice la toma de datos con mucha discreción.
- La negligencia del operador del vehículo que no respeta la ruta de la empresa, alterando la información recopilada por el personal.
- Desvíos en el recorrido por presencia de accidentes en la vía o por el excesivo tráfico que pueda presentarse.
- La detención del vehículo por alguna infracción y no puede continuar con su recorrido. En este caso se recomienda que el personal aborde una unidad que cuente con su documentación en regla y tenga un conductor responsable que sea aprobado por la empresa para realizar dicho estudio.
- La conducta delictiva es otra posible amenaza dentro del vehículo o fuera de éste, ya que el personal puede correr el riesgo de ser asaltado y perder los equipos tecnológicos con los que cuenta para la recopilación de información.

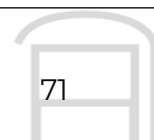


Imagen 3-9: Esquema de Embarque y Desembarque de Pasajeros en el eje de la Línea 1 del metro



Fuente: Metodología de Actualización del modelo de Transportes de Lima Metropolitana

Imagen 3-10: Ejemplo de Formatos de Embarque y Desembarque de Pasajeros

The form is titled "ENCUESTAS DE ORIGEN DESTINO 1999" and includes a section for "Estimado Pasajero:" with a message: "Estamos trabajando para mejorar la calidad del servicio. Agradecemos su colaboración devolviendo el presente cartón a nuestros encuestadores al momento de bajar del Bus. Muchas gracias." The form also features a grid for recording passenger data:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Fuente: Metodología de Actualización del modelo de Transportes de Lima Metropolitana

Para el procesamiento de la información se deberá tabular los formatos, identificar la carga total de pasajeros transportados y los tramos críticos de carga en ruta. Además, se deberá procesar los Waypoint a manera de aglomeración con las otras rutas del sistema para identificar los lugares donde se realizan la mayor cantidad de paradas.

Imagen 3-11: Tabulación de Formatos de Embarque y Desembarque de Pasajeros

HOJA DE EMBARQUE Y DESEMBARQUE DE PASAJEROS									
EMPRESA: E.T. VIRGEN DE LA ASUNCION S.A.			RUTA: IM-25						
AFORADOR PUERTA 1:			JOSE CASTILLO						
AFORADOR PUERTA 2:			MARIA CASAS						
INICIO:			ATE / HORA: 06:10		FINAL: SMP / HORA:		8:52:00		
PLACA:			A9K - 759		FECHA:		20/04/2015		
TIPO:			OMNIBUS		SENTIDO: IDA				
				PUERTA 1		PUERTA 2		SUBTOTAL	
N°	PARADERO	REFERENCIA	WAYPOINT #	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN
1	AV. GAVIOTAS	LAS GAVIOTAS		0	0	0	0	0	0
2	AV. GAVIOTAS	MZ "A" LT 8	001	0	0	1	0	1	0
3	AV. GAVIOTAS	LAS ALONDRAS	002	3	0	0	0	3	0
4	AV. SAN JUAN	EL ROSAL DE STA ANITA	003	1	0	0	0	1	0
5	AV. CAMINO REAL	AV. CAMINO REAL CDRA. 03	004	1	0	0	0	1	0
6	AV. CAMINO REAL	AV. LA CULTURA	005	0	0	1	0	1	0
7	AV. LA CULTURA	JR. CHOCANO	006	0	0	0	1	0	1
8	AV. LA CULTURA	AV. LOS VIRREYES	007	1	0	1	0	2	0
9	AV. LA CULTURA	SAN FERNANDO		0	0	0	0	0	0
10	AV. LA CULTURA	AV. METROPOLITANA		0	0	0	0	0	0
11	AV. METROPOLITANA	CALLE 08	010	1	0	1	0	2	0
12	AV. METROPOLITANA	AV. HUAROCHIRI	011	1	0	0	0	1	0
13	AV. METROPOLITANA	CALLE 48	012	0	0	1	0	1	0
14	AV. METROPOLITANA	PARQUE 02 SAN CARLOS	013	2	0	2	0	4	0

Fuente: Estudios de embarque y desembarque de pasajeros MML

3.3.4.2. Frecuencia y Ocupación Vehicular

La Ocupación Vehicular es un estudio de utilización del servicio de transporte público que permite determinar la carga de pasajeros en un punto determinado de la red y dentro de un período de tiempo definido. Básicamente, consiste en contar o estimar el número de pasajeros que hace uso del servicio en el tramo en el cual se ubica la estación de control.

La frecuencia del servicio es tan importante como el nivel de ocupación; mientras que el primer parámetro da el número de pasajeros, el segundo determina el tiempo transcurrido entre el paso de dos unidades consecutivas de las diferentes rutas que utilizan el corredor bajo análisis.

La estación de control se debe ubicar estratégicamente a lo largo del itinerario de la ruta, en especial donde haya una fuerte concentración de actividades que produzca una alta generación y atracción de viajes. Los estudios de frecuencia y ocupación vehicular dan una información más sucinta que los estudios de ascenso y descenso de pasajeros o rotación de la demanda. Sin embargo, si se toman datos en varios puntos a lo largo del itinerario de la ruta, se alcanza mayor utilidad de los resultados del estudio porque se obtiene información de diferentes tramos de esta.

Los estudios se deben realizar en los mismos días y periodos horarios en que se realizan los conteos vehiculares y las encuestas origen destino para que se puedan relacionar y realizar las expansiones de muestras que se requieran.

Como parte de la calibración de la red vial, es necesario saber la cantidad de usuarios que se encuentran viajando en la hora pico, para ello se procede al análisis de pasajeros que se movilizan en las diferentes horas punta del día, la cual

se mostrará en cuadros resumen diferenciando los turnos y días tomados en campo.

Al momento del desarrollo de este trabajo de campo se pueden presentar los siguientes inconvenientes:

- **La inseguridad en la zona**, por la delincuencia o por el estado de la infraestructura vial que pueda presentar la intersección en estudio, exponiendo al riesgo la seguridad del personal.
- **Las condiciones climáticas** de la provincia pueden dificultar el trabajo del personal de campo o, en el peor de los casos. suspender el día de trabajo.
- **La excesiva velocidad** con la que circulan algunos vehículos o la falta de respeto a las señales de tránsito, en el caso de intersecciones o vías semaforizadas.

Se asigna el personal según la cantidad de puntos de control y por sentido. La misión de dichos aforadores es registrar la ocupación de la totalidad de los autobuses que pasaron por los respectivos puntos de control, en intervalos de 15 minutos. Los aforadores anotaron en los formularios, la ocupación respecto a unos parámetros establecidos para ello, y que se describen seguidamente:

- Full.- Los pasajeros viajan apretujados y, en algunos casos, hasta en las escaleras y puertas de los vehículos (no entra un pasajero más).
- Sentados 100%, De pie 50% - Todos los asientos del vehículo están ocupados y la mitad del vehículo transporta pasajeros de pie.
- Sentados 100%. - Todos los asientos están ocupados.
- Sentado 50%. - La mitad de los asientos del vehículo está ocupado.
- Casi Vacío.- El vehículo transporta el número mínimo de pasajeros.
- Vacío.- En el vehículo solo está el chofer y el cobrador (cero pasajeros). En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de planilla de ocupación visual, para dos intervalos de tiempo.

Imagen 3-12: Ejemplo de carga de pasajeros en vehículos de transporte público



Imagen 3-13: Tabulación de Formatos de Frecuencia y Ocupación Vehicular
OCUPACIÓN VISUAL DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

EJE : AV. LA PAZ

PUNTO: APROX. A LA AV. RICARDO PALMA

DIA : MARTES

FECHA :

COD. RUTA	BUSES								
	FULL	SENT. 100% DE PIE 50%	SENTADOS 100%	SENTADOS 50%	CASI VACIO	TOTAL VEH. MUESTRA	TOTAL VEH. CONTEOS	TOTAL PASAJ. MUESTRA	TOTAL PASAJ. CONTEO
	90	62	33	17	8				
7:00 - 7:15		1				1	1	62	62
7:15 - 7:30			1			1	1	33	33
7:30 - 7:45			1			1	1	33	33
7:45 - 8:00						0		0	0

Fuente: Equipo consultor

3.3.4.3. Encuestas Origen – Destino Domiciliarias

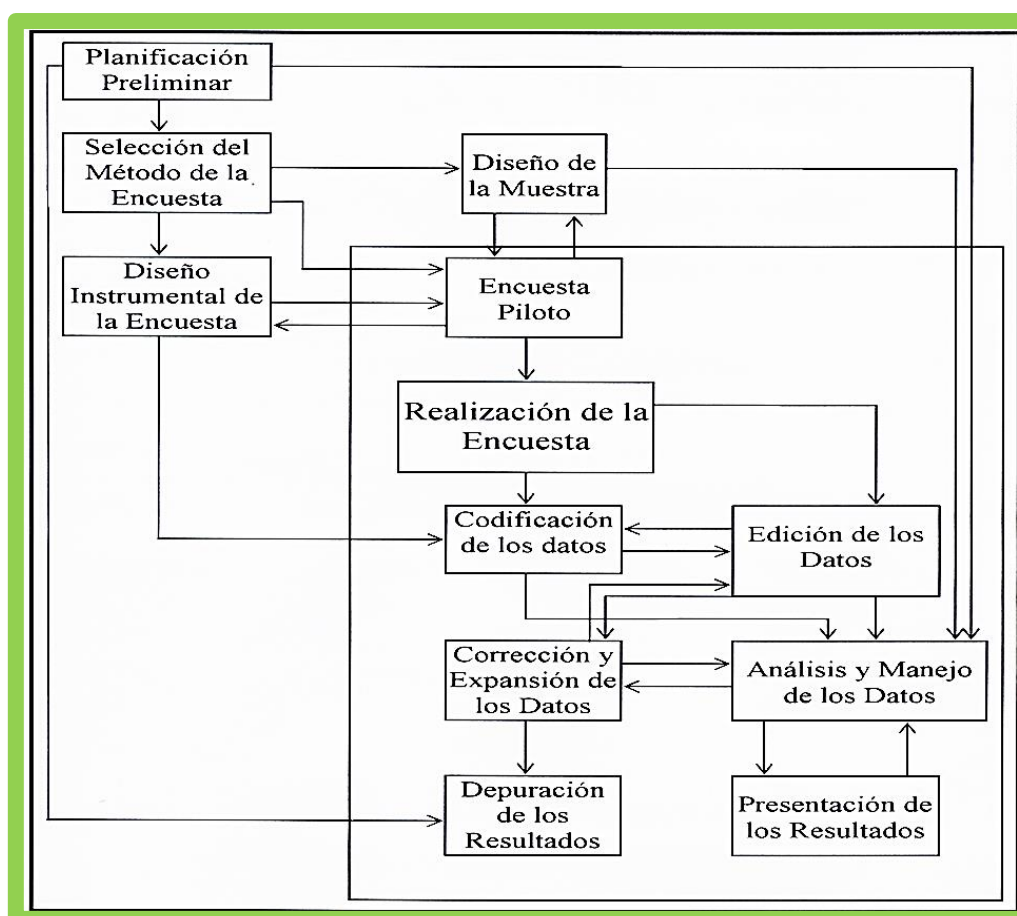
Las encuestas domiciliarias son utilizadas para recoger hábitos de desplazamientos y origen-destino de estos. Son costosas en trabajo de campo, en el proceso de gabinete y análisis de los datos. Son importantes en las grandes áreas metropolitanas, ya que facilitan una fotografía de los perfiles de los desplazamientos y son la materia prima para la elaboración de los modelos de demanda.

a) Metodología

El proceso de desarrollar, implementar y analizar una **Encuesta de Movilidad (EM)** puede dividirse en cinco pasos fundamentales:

- Planeamiento de la encuesta: Identificar claramente el objetivo, problema estudiar, usuarios finales de la EM, público objetivo.
- Diseño detallado: Recolección de información existente, fundamentos de la encuesta, recursos financieros y personal disponible, diseño de muestra, métodos de encuesta.
- Implementación en terreno: Pruebas piloto de cada instrumento de medición y levantamiento de datos, perfeccionamiento de encuesta, entrenamiento, manuales.
- Preparación de los datos: Codificación y entrada de datos.
- Análisis: Producción de los modelos que se haya especificado en la etapa de planeamiento.

Imagen 3-14: Proceso de toma de encuesta de transporte



Fuente: Metodología de Actualización del modelo de Transportes de Lima Metropolitana

b) Tamaño de muestra

Hay distintas maneras de determinar la cantidad de encuestas, tal como se describe a continuación:

- Tamaño de muestra a partir de cálculo de muestras finitas usando de base la cantidad de población de un área (zona, distrito, etc.). De la misma manera metodologías estadísticas más elaboradas, como tamaños de muestra estratificadas o por conglomerados. En estos casos se recomienda considerar un error de 10% y un nivel de confianza de 95%.
- De acuerdo con Bruton, para Encuestas Origen-Destino (EOD) y para el tamaño de población entre 500 mil y 1 millón de habitantes (Clasificación de Ciudades Nivel A), deben tomarse como muestra de hogares, un rango que va de 1 encuesta cada 20 hogares hasta 1 encuesta cada 70 hogares, por lo que se deberá considerar una muestra mínima de aproximadamente 3,300 hogares usuarios de transporte público, cuyas rutas utilizan tramos significativos del corredor a ser utilizado.
- En la aplicación de EOD se ha tomado una muestra aleatoria muy amplia, desde un 1.5% hasta un 20% de los hogares, dependiendo de la población. Por ejemplo, en el caso del Plan Maestro de Lima del año 2004, se tomó una

muestra del 4% de hogares, mientras que en su actualización del año 2012 se tomó una muestra de 2% de hogares.

- El tamaño de muestra del tipo básico se recomienda para Áreas de Influencia en donde se realizan EODH hasta cada 10 años o por primera vez. El tamaño de muestra recomendado (Kulpa & Szarata, 2016) se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3-11: Tamaño de muestra según tamaño de población de Área de Influencia

Población	Muestra Mínima (%)
Menor a 50,000	10.0
50,000 – 150,000	5.0
150,000 – 300,000	3.0
300,000 – 500,000	2.0
500,000 – 1'000,000	1.5
Más de 1'000,000	1.0

Fuente: Diseño conceptual y fundamentos técnicos mínimos para la elaboración de Plataformas de Modelación en ciudades intermedias

Una forma directa es aplicar el porcentaje asumido a cada zona de tránsito en función a la cantidad total de hogares. Lo importante en este proceso es que cada zona de tránsito tenga una muestra, de tal manera que su factor de expansión – división entre la cantidad total de hogares entre la muestra– esté alrededor. Si la muestra es el 1%, el factor de expansión sería 100; si es 2.0%, sería 50; y así sucesivamente. Si una zona de tránsito tiene total de hogares menos de 100, se puede agregar a una zona de tránsito aledaña con el único propósito de controlar el factor de expansión.

En cualquier caso, la metodología deberá ser debidamente sustentada. El procedimiento para la obtención de dicho tamaño de muestra deberá ser coordinado con la supervisión del estudio.

c) Características

Las principales características buscadas con la ejecución de la encuesta en hogares son:

- Codificación de las manzanas dentro del área de estudio (en su defecto se usan ubigeos o alguna codificación preexistente).
- Elección aleatoria de las manzanas y dentro de estas los lotes de vivienda a encuestar.
- Preguntar a los miembros del hogar por todos los viajes realizados en el día anterior.

- Recolección de información sobre los viajes origen y destino, duración, modo usado, motivo, entre otros.
- Inclusión de todos los modos de desplazamiento, aunque se suprimen los viajes con duración inferior a 5 min. Se detallan características de los motivos, se dividen las etapas del viaje, etc.
- Cobertura de un periodo largo de tiempo, un día o bien una semana, donde se deben detallar todos los viajes.
- La muestra puede ser de hogares o individuos. Se recogen todos los viajes de todos los miembros de la familia con edad superior a un umbral (5 años o 14 años).
- Recolección de información socioeconómica del hogar (ingresos aproximados, posesión vehicular, entre otros.)
- El procesamiento de datos será en Base de Datos de la cual se extraerá resúmenes de cada variable para su análisis posterior.

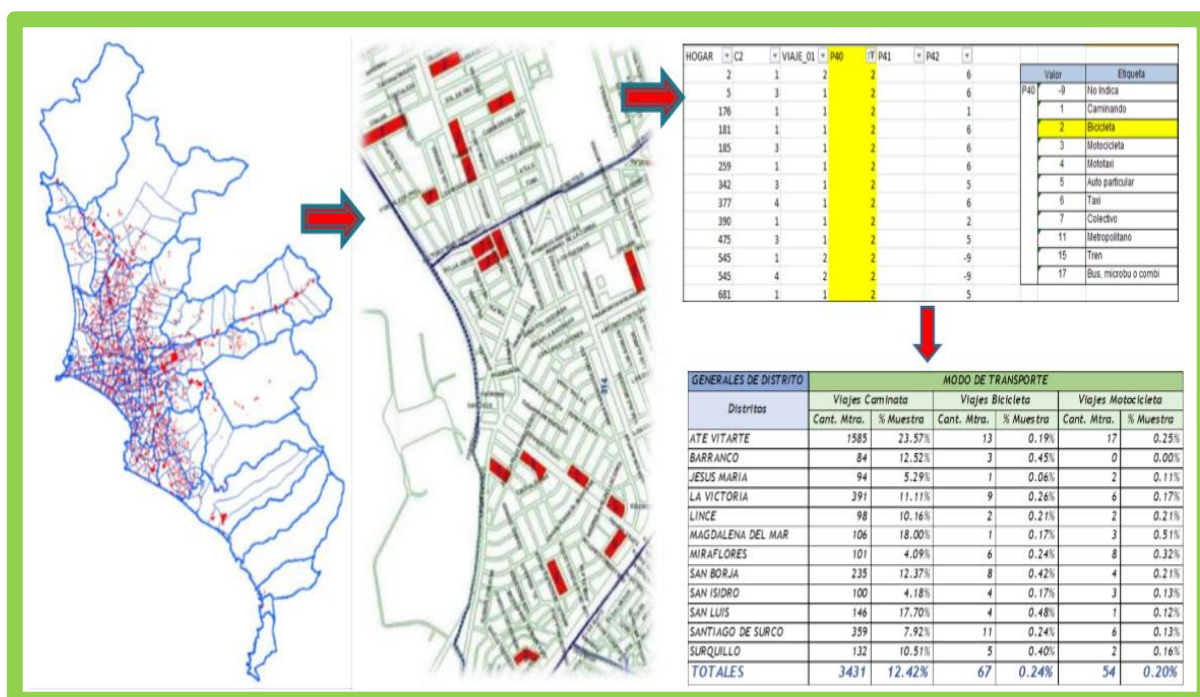
Nota: En caso de que el consultor utilice una metodología alterna, deberá sustentarla adecuadamente, cumpliendo los mismos alcances que la encuesta domiciliaria.

Se debe considerar como posibles inconvenientes los siguientes aspectos:

- El principal inconveniente que se presenta es el rechazo por parte de los encuestados, debido al factor tiempo o porque no se le abordó de manera apropiada.
- Las condiciones climáticas de la provincia pueden dificultar el trabajo del personal de campo o, en el peor de los casos, suspender el día de trabajo.
- El inadecuado llenado del formato por parte del encuestador, debido a la inexperiencia del personal o la falta de capacitación. Por ello se recomienda que el personal que realice el trabajo debe contar con experiencia en trabajos similares, preferiblemente con estudios universitarios, que trabajen ordenadamente y con claridad. En caso contrario, al menos un día antes, se les debe capacitar y planificar una práctica de campo, principalmente al personal que nunca haya realizado este tipo de labor.

Cabe mencionar que estos inconvenientes se pueden presentar de manera similar en los diferentes tipos de encuestas.

Imagen 3-15: Esquema de encuestas OD domiciliarias



Fuente: Equipo consultor

Imagen 3-16: Ejemplo de Encuestas OD domiciliarias

ENCUESTA ORIGEN - DESTINO PLAN REGULADOR DE RUTAS DE VEHICULOS MAYORES

Encuestador: Amelga Cristina Zona: 139 Fecha: _____

Disculpe (Sr. Sra. Joven), estamos trabajando para una encuesta a los usuarios de Transporte Público, para un mejor servicio. ¿Podría ayudarnos a contestar algunas preguntas?

Domicilio: San Jerónimo Bajo - Av. Alameda Hora: _____

N	¿De dónde sale?	¿A dónde se dirige?	¿Qué modo de Transporte utiliza habitualmente?	¿Cuánto tiempo demora su viaje?	¿Cuánto le cuesta el viaje?	¿Con qué frecuencia realiza este viaje?	¿Cuál es su Motivo del viaje?	¿Cómo calificaría el servicio?	¿Cuál es el principal problema del servicio?	¿Podría prescindir del servicio?	¿Qué transporte alternativo utilizaría?	¿Cuál es su Edad?	Rango de Ingreso familiar
1	5:00 PM San Jerónimo Bajo - Av. Alameda	Mercado Pindhuayo	motocicleta	10 minutos	3.00	semanal	C	2	2	No	3	42	2000
2													
3													
4													

Fuente: Equipo consultor

3.3.4.4. Encuestas Origen – Destino de Interceptación

Las encuestas de interceptación facilitan datos e información muy útil en cuanto a los viajes realizados por ciertos usuarios, información que no se podría obtener a través de las encuestas domiciliarias. Por ejemplo, datos referentes al número de viajes que atraviesan el área de estudio, es decir, que no tienen el origen ni el destino dentro del área de estudio, ya que no existe otra manera de captarlos que mediante este tipo de encuestas.

En numerosas ocasiones estas encuestas constituyen uno de los mejores métodos para la elaboración de matrices de viaje, ya que es posible disponer de una muestra mucho más grande que en el caso de las encuestas domiciliarias. Asimismo, se hace la consulta sobre el viaje en marcha; a diferencia de la EOD

domiciliaria, en la que las referencias del viaje son estimadas y en base a lo que pueda recordar el usuario.

Sin embargo, hay que destacar que a través de una encuesta de cordón externo no se garantiza la obtención de una información de calidad en lo referente a matrices de origen-destino, ya que tan sólo es factible obtener viajes cuyo origen y destino se encuentran fuera del área objeto de estudio. Debido a esto, se requiere del diseño de otras encuestas para así poder también lograr información acerca de los viajes que se encuentran dentro del área de interés (llamados viajes intrazonales).

a) Procedimiento

En las encuestas que se efectúan sobre la vía pública se pregunta a una muestra de conductores y de pasajeros de vehículos públicos y privados, que en ese momento cruzan la estación de encuesta, un número limitado de preguntas. No deben ser muchas las preguntas, ya que se requiere la atención de una persona que está deteniendo su viaje para participar en la encuesta y debe incluirse, al menos, el origen y el destino del viaje, así como el motivo de este.

Si bien la encuesta se puede realizar en paraderos, también es válido si el encuestador sube a una unidad de transporte público y entrevista a algunos pasajeros en la ruta o en determinados tramos de la ruta, en caso de que se haya segmentado un corredor de importancia.

Al realizar la encuesta, es deseable obtener también otro tipo de información adicional como, por ejemplo, la edad, el sexo, el nivel de ingresos, etc.; aunque su obtención sea de mayor dificultad.

En general, se trata de una encuesta muy breve, concreta y concisa, para que así los encuestados no opongan resistencia a contestar las preguntas de manera rápida para evitar resistencia.

b) Tamaño Muestral

Para determinar el tamaño muestral se puede utilizar la siguiente expresión (Ortúzar y Willumsen, 1994):

$$n \geq \frac{p(1-p)}{\left(\frac{e}{Z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

Donde “**n**” es el número de pasajeros a encuestar, “**p**” es la proporción de viajes con un destino determinado, “**e**” es un nivel aceptable de error (expresado como una proporción), “**z**” es la variable Normal estándar para el nivel de confianza requerido y “**N**” es el tamaño de la población (esto es, el flujo observado de pasajeros en la estación de control). En estos casos se recomienda considerar un error de 10% y un nivel de confianza de 95%.

Es fácil ver que, para N , e y z dados, el valor de $p = 0,5$ produce el valor más conservador (mayor) de n ; así, tomando este valor y considerando $e = 0,1$ (esto es un error máximo del 10%) y $z=1,96$ (corresponde a un nivel de confianza del 95%); se puede obtener los tamaños de muestra requeridos en función del flujo horario que se presenta en seguida.

Tabla 3-12: Tamaño de Encuestas

Flujo horario estimado (pasajeros/hora)	Tamaño muestral (%)
900 o más	10,0 (1 cada 10)
700 a 899	12,5 (1 cada 8)
500 a 699	16,6 (1 cada 6)
300 a 499	25,0 (1 cada 4)
200 a 299	33,3 (1 cada 3)
0 a 199	50,0 (1 cada 2)

Fuente: Ortúzar y Willumsen, 1994

De la misma manera, existen metodologías estadísticas más elaboradas, como tamaños de muestra estratificadas o por conglomerados. Estos buscan dividir la muestra en segmentos con características similares. Puede ser, por ejemplo segmentar la muestra en transporte de pasajeros, privado y de carga, cada cual con un respectivo peso en función a estadísticas de conteos anteriores o estadísticas de ocupación visual por modo de transporte.

c) Tipos

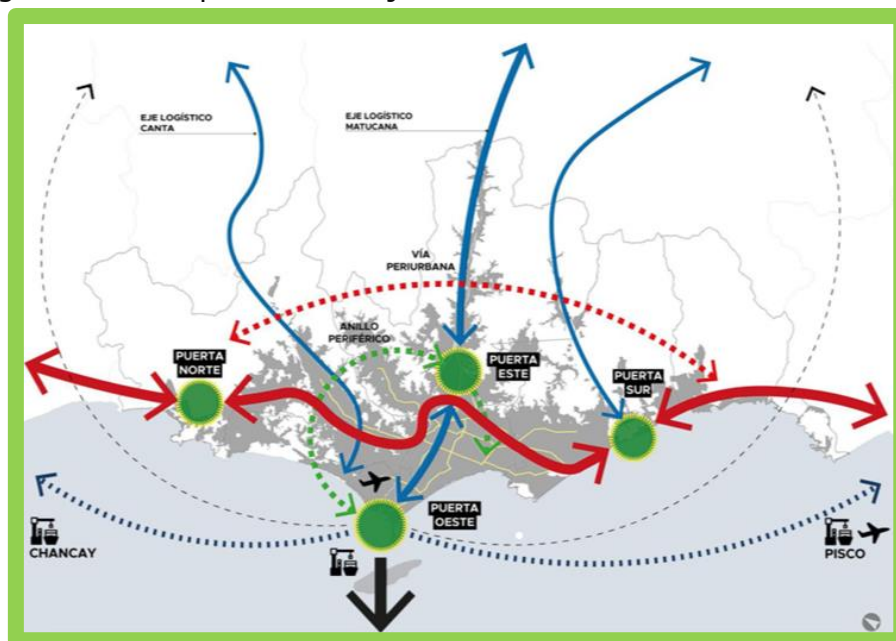
Dentro del ámbito de las encuestas de interceptación pueden destacarse los siguientes tipos:

- **Encuestas cordón y a la vera del camino**

Se realizan generalmente deteniendo al vehículo y luego entrevistando al conductor o dándole un formulario que a continuación deberá devolver a través del correo electrónico. Normalmente en estas encuestas se intenta conseguir datos acerca de un viaje en particular realizado a una determinada hora del día o franja horaria.

Se utilizan para obtener información acerca del origen y destino de los viajes que cruzan cordones importantes dentro de una ciudad, en algún corredor determinado o para tener datos de viajes internos-externos y externos-externos. Además, permiten recopilar datos válidos para la validación y estimación de los modelos de partición modal y distribución.

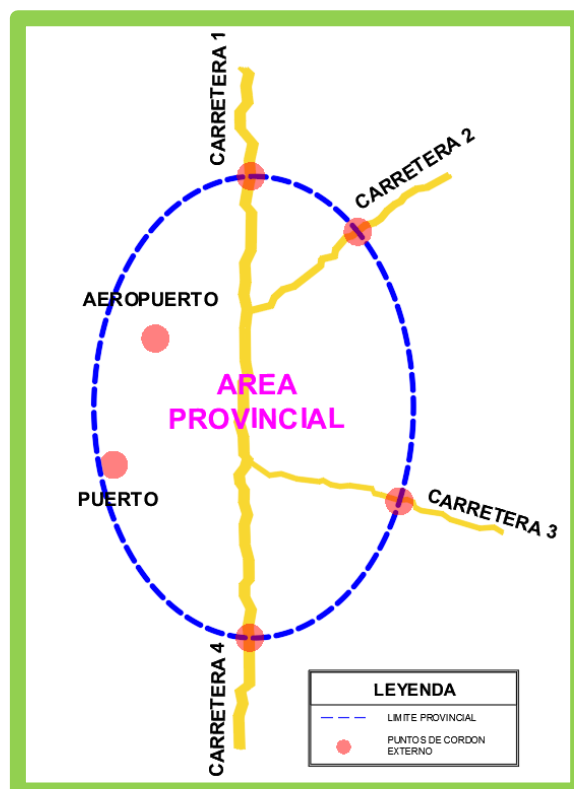
Imagen 3-17: Esquema de viajes internos-externos al área de estudio



Fuente: Visión estratégica de la Movilidad Urbana – Planmet

Por último, las encuestas cordón también se utilizan para actualizar las matrices de viajes y así ahorrarse los costos que conlleva la realización de nuevas encuestas domiciliarias. Las encuestas principales se llevan a cabo en el cordón exterior, aunque también es posible realizar encuestas en cordones internos.

Imagen 3-18: Cordón externo de zona urbana



Fuente: Equipo consultor

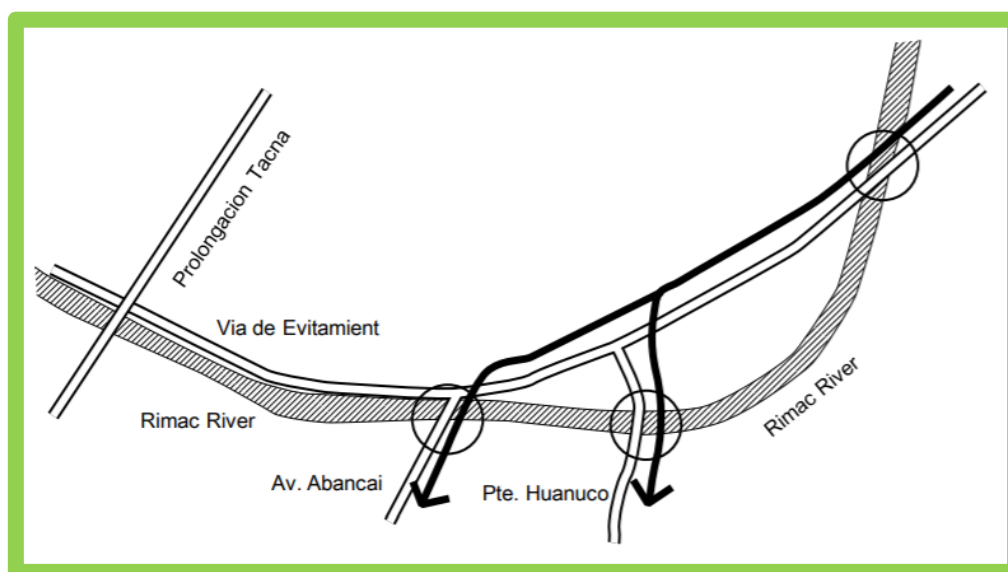
- **Encuesta línea de pantalla**

En este caso el procedimiento a seguir será el de dividir la zona objeto de estudio a través de líneas de pantalla que definen o delimitan grandes zonas (por ejemplo, ambos lados de un río o de una autopista), con pocos puntos de cruce entre ellas. El procedimiento llevado a cabo en este caso es similar al de las encuestas cordón y los datos se utilizan también para completar y validar la información que procede de las encuestas domiciliarias y de cordón.

Este tipo de encuestas requieren un elevado grado de organización, ya que es necesario identificar cuáles van a ser los mejores lugares para su realización. Por último, requiere disponer de una adecuada señalización y supervisión, elementos esenciales para la adecuada realización de este tipo de encuestas.

Las encuestas domiciliarias ofrecen información de escasa precisión para ser utilizada en una matriz de origen-destino, por lo que el costo de una observación (viaje entre dos puntos determinados) en una encuesta de interceptación es bastante menor que el de un viaje para una encuesta domiciliaria.

Imagen 3-19: Puntos de aforos en línea cortina – Río Rímac



Fuente: Encuesta de recolección de información básica del transporte urbano en el área metropolitana de Lima y Callao, MTC-JICA, 2013

Así, un mismo entrevistador puede completar fácilmente 30 viajes en aproximadamente una hora en una encuesta de interceptación; mientras que, para las encuestas domiciliarias, esta tasa puede ser hasta la décima parte si se tienen en cuenta los tiempos perdidos en la repetición de visitas, lograr el acceso a la vivienda, etc.

3.3.4.5. Encuestas de preferencias reveladas

Las Encuestas de preferencias reveladas (EPR) son datos que reflejan el comportamiento actual de los individuos en sus decisiones de viaje. Estos se obtienen a partir de encuestas que permiten recoger información de las variables que explican la utilidad de las distintas alternativas y de las elecciones realizadas. Sin embargo, presentan una serie de limitaciones en términos de comprensión del comportamiento de viajes.

Las observaciones de las elecciones actuales pueden no presentar suficiente variabilidad para la construcción de buenos modelos que permitan evaluar proyectos y realizar predicciones.

Las variables más interesantes suelen estar correlacionadas. Por ejemplo, el tiempo de viaje y el costo. En este caso, es difícil, separar dicho efecto en la modelización y, por lo tanto, también en la fase predictiva.

No es posible el estudio de variables latentes. Pueden existir factores que dominen el comportamiento actual, lo que dificulta detectar la importancia relativa de otras variables igualmente importantes como el confort, la seguridad, la puntualidad del servicio, entre otras.

No permiten estudiar los efectos de nuevas políticas, como por ejemplo la introducción de un nuevo modo de transporte.

No existe información completa sobre las condiciones del mercado, lo que dificulta determinar el conjunto real de elecciones disponibles.

Están sujetas, potencialmente, importantes errores de medida, especialmente de nivel de servicio. Esto se intenta resolver realizando las mediciones para el conjunto de alternativas disponibles.

3.3.4.6. Encuestas de preferencias declaradas

Las encuestas domiciliarias recogen viajes reales y, por tanto, permiten la estimación de modelos de reparto modal (genéricamente, de selección de alternativas) sobre elecciones efectuadas por los individuos. De esta manera, responden a información sobre preferencias reveladas.

El perfil de los viajes o comportamiento de los viajeros en una situación base queda reflejado en el recojo de información tipo preferencias reveladas, pero para la prognosis a escenarios futuros con cambios importantes en las infraestructuras de transporte, las predicciones de los modelos de demanda sobre una base de preferencias reveladas suelen ser deficientes, pues utilizan variables explicativas que pueden estar correlacionadas en la situación base o bien existen variables secundarias que no se han introducido en los modelos (variables de confort o seguridad muy importantes en el uso de transporte público) o bien el escenario futuro recoge cambios muy drásticos, como la aparición de un nuevo modo o la implantación de peaje.

La solución reside en someter a condiciones hipotéticas ficticias a los individuos, con variables características a niveles inteligentemente definidos mediante diseño de experimentos, y medir la posición o alternativa seleccionada por los individuos en diferentes condiciones. Esta es una información de preferencias declaradas (encuesta PD).

Tomando de referencia el Manual de "Diseño conceptual y fundamentos técnicos mínimos para la elaboración de Plataformas de Modelación en ciudades intermedias" se usan los siguientes criterios de tamaño de muestra:

a) Tamaño Muestral

Método 1

De acuerdo con (Ortúzar & Willumsen, 2001) en la página 106, plantea la "regla-de-oro". Unas 30 entrevistas por segmento de mercado podrían ser suficientes. Sin embargo, un trabajo más reciente sugiere que se indicó que alrededor de 75-100 entrevistas por segmento serían más apropiadas.

Método 2

De acuerdo con (Louviere, Hensher, & Swait, 2000), página 261-265. El tamaño de muestra se calcula por:

$$n \geq \frac{q}{p \cdot r \cdot a^2} \left[\Phi^{-1} \left(\frac{1 + \alpha}{2} \right) \right]^2$$

Donde:

- n. = Tamaño mínimo de muestra por segmento de mercado;
- p. = Proporción verdadera de la población;
- q. = 1-p
- a. = porcentaje del verdadero valor de p (%error)
- α = Exactitud de reproducir p
- r. = Número de respuestas por encuestas (p.e. r=8)
- Φ^{-1} = Función inversa de curva acumulativa normal.

Es decir, si se requiere calcular la función de utilidad de un segmento de demanda de $p=0.15$ (15% de mercado), será necesario mínimo de 272 encuestas y para $p=0.4$ (40% de mercado), se requiere de 72 encuestas. Si en ambos casos cada encuestado responde 8 juegos de tarjetas ($r=8$) y un error de 10% ($a=0.1$) y $t=0.95$.

3.3.5. Recolección de información de la Oferta del Transporte

La Oferta del Transporte está determinada por los operadores que prestan el servicio, o sea las (personas jurídicas autorizadas, operadores y unidades). Así como la demanda, la oferta posee el mismo grado de relevancia dentro del sistema; por eso es importante conocer sus características operacionales, al margen de lo establecido como parámetro por parte de la Municipalidad Provincial. En este ítem, describiremos los procedimientos de campo para la recolección de

dicha información que también servirá de insumos tanto para la gestión municipal como para el proceso de modelación.

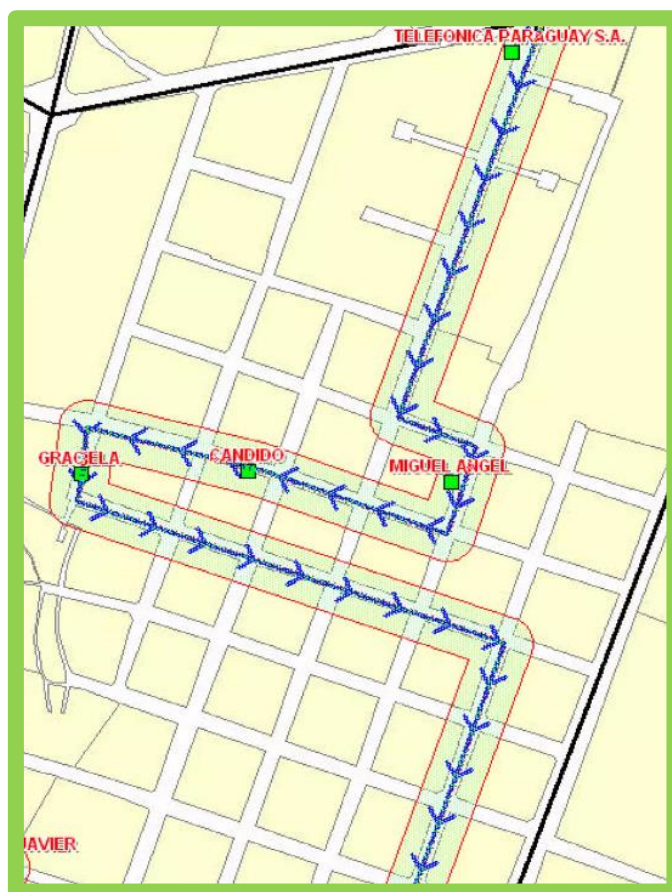
Cabe mencionar que todos los formatos empleados en los diversos procedimientos de toma de datos se encuentran en el Anexo V "Formatos utilizados para la recolección de datos de campo".

3.3.5.1. Mapeo de Rutas de Transporte con GPS

Es importante para realizar este tipo de estudio en base a la información recolectada en campo teniendo en cuenta los siguientes pasos para un correcto análisis de resultados:

- Se debe tener la información correspondiente sobre las rutas existentes y el itinerario del recorrido que realiza cada una de ellas.
- Se debe contar con los equipos GPS configurados para la recolección de información necesaria para este tipo de estudio y su posterior análisis.

Imagen 3-20: Toma de puntos en todo el recorrido

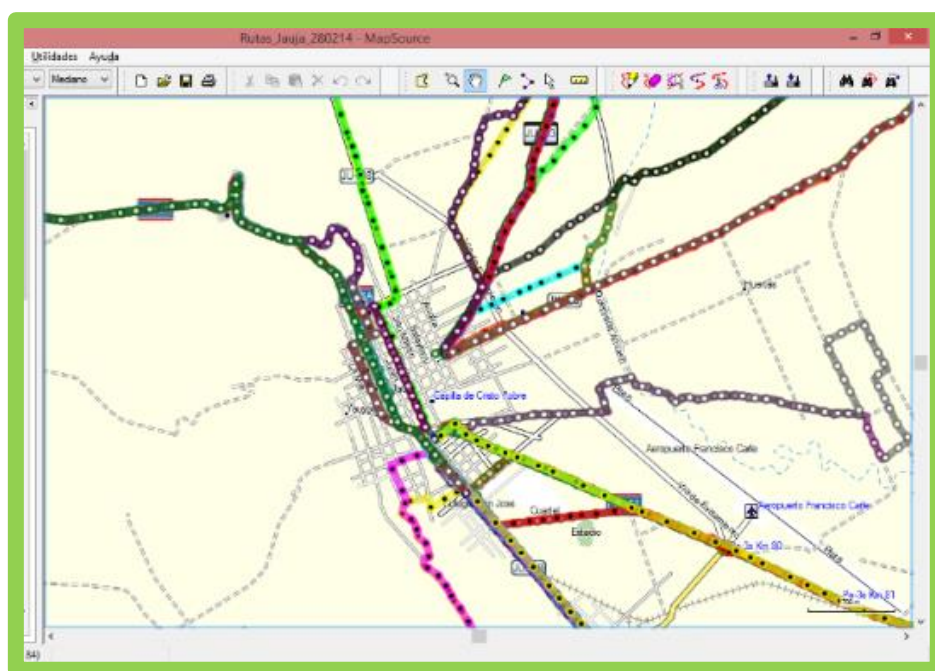


Fuente: Google

- El personal encargado de realizar la recolección de la información, previamente capacitado, debe realizar el viaje en una unidad de cada ruta existente con el equipo GPS desde el paradero inicial hasta el paradero final, en los recorridos tanto de ida como de vuelta, tomando la información en todo el recorrido.

- Se debe identificar los tramos por los cuales concurren la mayor cantidad de rutas, y representen ejes de circulación importantes para el desarrollo del transporte.
- El recojo de información se debe realizar en días típicos, ya que los usuarios tienen este comportamiento de uso de transporte más frecuente durante todo el año.
- Se procede al análisis de la información obtenida en campo con el equipo GPS y se procesa en el software correspondiente.

Imagen 3-21: Trazo de Rutas con GPS



Fuente: Plan Regulador de Rutas de la Provincia de Jauja

Como recomendación, este trabajo de campo debe realizarse de manera desapercibida para captar el comportamiento habitual del transportista en cuanto al cumplimiento del itinerario, además de realizarse en Horas Punta.

Posibles inconvenientes:

- No encontrar la Ruta designada para realizar el recorrido, sea porque se encuentre suspendida o inoperativa.
- Que el operador no cumpla con su ruta establecida, por negligencia, alterando la información recopilada por el personal.
- Que el vehículo con el que se realiza el muestreo sufra un desperfecto mecánico a medio recorrido, quedando incompleta la data recopilada. Para ello, se recomienda esperar el siguiente vehículo de la misma ruta para completar el recorrido designado.
- Que el equipo GPS para la toma de muestras presente conflicto con la captación de la señal satelital cuando se realice muestras en zonas con

condiciones desfavorables que presente la provincia (túneles, montañas, etc.) o por condiciones climáticas, causando alteraciones en la muestra.

3.3.5.2. Identificación de Tarifas

Como complemento de los indicadores de la oferta de transporte en trabajos de campo se debe identificar las tarifas vigentes a los distintos destinos que se utilizan al momento de realizar el estudio. Se deberá analizar si la tarifa se incrementa en forma directamente proporcional a la longitud del recorrido realizado o si esta se ve afectada por factores externos.

La recopilación de tarifas se puede realizar de manera simultánea con otros trabajos de campo, como por ejemplo el mapeo de rutas con GPS o con las encuestas de embarque y desembarque.

3.3.5.3. Estimación de la Oferta Informal

Para la estimación de la Oferta Informal se deberá utilizar el método del “Plaqueo”, que consiste en realizar anotaciones de las placas y otras características de las unidades en los principales puntos de concentración de unidades de transporte público. Este registro de placas será filtrado, a fin de cuantificar las placas únicas (sin valores repetidos) y posteriormente analizar cuántos de estos vehículos no se encuentran registrados en los padrones municipales.

Los horarios para la realización de estas actividades están directamente relacionados con las franjas de hora punta y el formato a utilizar se encuentra en el anexo de formatos de campo.

Los posibles inconvenientes a tomar en cuenta para la realización de este trabajo de campo son:

- La excesiva velocidad con la que circulan algunos vehículos dificulta la visibilidad de la placa.
- Las condiciones climáticas de la provincia pueden dificultar el trabajo del personal de campo o, en el peor de los casos, suspender el día de trabajo.
- La inseguridad de la zona sea por la delincuencia o por las inadecuadas condiciones de la infraestructura vial que pueda presentar la intersección en estudio, generando un riesgo para seguridad del personal.
- La desconfianza de los conductores al ver que se registra la placa de su vehículo, generando una posibilidad de que el personal en campo pueda tener algún conflicto con el conductor.
- En el caso del plaqueo para la detección de la informalidad, los operadores al percibir la toma de placas de sus unidades alteran su recorrido para no pasar por el tramo en evaluación, generando alteraciones en el resultado de la muestra. Por este motivo, se recomienda que el personal realice la toma de datos con mucha discreción.

3.3.5.4. Supervisión de trabajos de campo

La supervisión de campo se refiere a la inspección de los trabajadores que se encuentran realizando el levantamiento de información. Es importante asegurar que sigan los procedimientos y técnicas para las que fueron capacitados, para ello es necesario que los supervisores posean las siguientes características:

- Poseer nivel cultural medio.
- Ser ordenado y meticulado.
- Tener interés por las personas a su cargo.
- Ser honesto.
- Tener formación sobre la técnica del trabajo de campo.
- Poseer conocimiento de la finalidad del proyecto.

Estas características son necesarias para llevar un control de calidad y corrección, así como el control del muestreo y de fraudes en el llenado de los formatos de campo. Para el control de calidad en el trabajo es necesario verificar si la implementación de los procedimientos de campo es adecuada. Si existe un error o algún problema al supervisar, el encargado o supervisor debe informar a los trabajadores de campo. De continuar el problema, se requerirá una capacitación adicional.

Para comprender los problemas de los trabajadores de campo, los supervisores también deberían participar en la ejecución de los trabajos de campo o contar con experiencia previa en el desarrollo de los mismos. Los supervisores tienen que recoger y verificar diariamente los formatos de campo. Deben examinar los formatos y asegurarse de que se llenaron correctamente todos los campos contenidos, identificar falencias en el llenado, en el caso de encuestas verificar si realizaron todas las preguntas de manera apropiada y si la escritura es legible. Los supervisores también necesitan llevar un registro de las horas trabajadas, los gastos y las incidencias ocurridas durante el trabajo de campo, lo cual permitirá determinar el costo operativo del trabajo de campo, la planilla del personal y verificar si el trabajo avanza según lo programado o si algún trabajador enfrenta problemas.

3.4 Proceso de Modelación de Transporte

En este ítem se describirán todos los procedimientos relacionados con la Modelación del Transporte. Esto quiere decir que se procesará la información proveniente de la demanda, oferta y de la infraestructura vial, a través de procesos matemáticos, siendo sus resultados la base para la construcción de un sistema de rutas adecuado y dimensionado de acuerdo con las características de los viajes de la población, considerando los diversos aspectos socioeconómicos y la red vial existente.

3.4.1. Modelos de Transporte

En el mundo actual, la evaluación de diversidad de alternativas para la solución de problemas es compleja, debido a la cantidad de información que debe ser procesada o, simplemente, porque el número de soluciones alternativas no permite que se puedan analizar todas y seleccionar la más apropiada. En términos generales, un modelo tiene una estructura definida por el conjunto de expresiones básicas con las que se estiman las principales variables del problema analizado de acuerdo con la forma funcional (las ecuaciones principales del modelo pueden ser lineales o no lineales, exponenciales, logarítmicas). Finalmente, se tiene en cuenta las especificaciones de las variables y se establecen las que pueden ser utilizadas y la forma en que se consideran en el modelo. Asimismo, se pueden estipular restricciones en cuanto al intervalo posible de valores de las variables.

El modelo es siempre, en mayor o menor grado, una abstracción del sistema real equivalente en la forma más simple que pueda cumplir con su cometido y posee sólo aquellas características del sistema real que se desean estudiar.

3.4.2.1. Definiciones de Modelos de Transporte

Los modelos buscan describir el comportamiento de la naturaleza; es decir, hallar leyes que ligen los diversos fenómenos que la conforman.

Los modelos son instrumentos que permiten predecir el comportamiento de ciertas variables, para apoyar las labores de planificación. No se necesita representar la realidad en todos sus detalles para decidir un curso de acción. Es preferible ignorar los aspectos que no son relevantes para el análisis.

Alimentados con información de la realidad, los modelos pueden predecir cómo se comportará el sistema de transporte analizado, bajo distintas hipótesis de implementación del proyecto.

3.4.2.2. Importancia de los Modelos de Transporte

Los modelos de transporte facilitan los análisis de datos y la evaluación de alternativas de proyectos. A continuación, se describe la importancia de los modelos a través de sus principales usos:

- A través de los modelos se pueden obtener el detalle de la cantidad de pasajeros por cada ruta, por cada tramo, por cada paradero (a nivel de pasajeros en ascenso o descenso).
- Permiten evaluar la optimización de los servicios de transporte existentes, en cuanto a frecuencias, tarifas, ubicación de paraderos, tipos de servicio, entre otros.
- Con el modelo se puede simular escenarios hipotéticos de servicios de transporte (buses, BRT tranvías, metro, entre otros.) y evaluar la captación de demanda en función a su capacidad, tarifa, frecuencia, etc.
- La variedad de rutas sirve para evaluar las que generen la mayor atracción de demanda.

- La variedad de posibilidades de ubicación de paraderos permite definir las mejores ubicaciones.
- La variedad de modos de transporte (buses, BRT, trenes ligeros, metros, entre otros), sirve para elegir los mejores modos de transporte en función a la demanda obtenida.
- Permiten evaluar los impactos en el transporte privado por la implementación de infraestructura, por ejemplo: paraderos, corredores segregados, entre otros.
- Sirven para cuantificar los beneficios sociales: ahorro de tiempo, costos de operación vehicular, disminución de contaminación, entre otros.
- Permiten proyectar las demandas futuras de pasajeros en los servicios de transporte y prever los incrementos de flota, cambios de modo, entre otros.
- Entre un conjunto de alternativas, se puede priorizar los proyectos en función a los resultados del modelo: la alternativa que genere la mayor demanda o los mayores beneficios sociales.

3.4.2.3. Clasificación de los modelos

Existen diversas formas de clasificar los modelos de transporte:

a) Por su representación

- **Modelos Físicos:** Son adecuados para tratar ciertos problemas físicos, pero están claramente limitados al aspecto de diseño. Por ejemplo, maquetas de arquitectura.

Imagen 3-22: Modelo Físico



Fuente: Equipo consultor

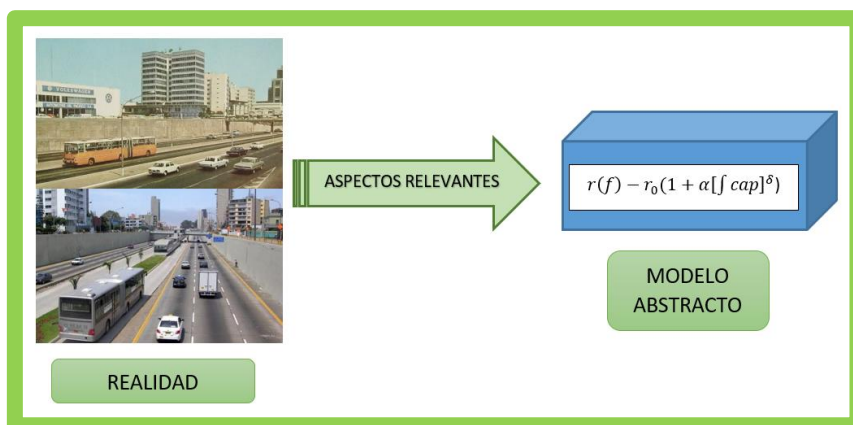
- **Modelos Abstractos:** En estos casos, la situación real se representa por símbolos, de manera que sean más útiles para el planificador, pues trasladan su atención desde los aspectos tridimensionales del diseño a la representación

de relaciones funcionales y a los procesos básicos de cambio en los sistemas analizados.

En transporte, los fenómenos que interesan estudiar son, por ejemplo, el número de viajes producidos y atraídos por zona, la probabilidad de usar un modo de transporte, etc. Para explicar estos fenómenos se recurre a variables, tales como características socioeconómicas, niveles de servicio de los modos de transporte, entre otros. Sin embargo, los modelos de transporte son usados no sólo para explicar los fenómenos mencionados, sino también para predecir comportamientos futuros.

El objetivo del modelo es explicar, de la mejor manera posible, un fenómeno en un momento dado, y se recurre a variables que ayuden a este propósito. Si el objetivo del modelo es predecir el comportamiento futuro del fenómeno a explicar, entonces se debe privilegiar la inclusión de variables explicativas cuya evolución en el tiempo se pueda determinar de manera razonable. Buena parte del arte de modelar radica en la habilidad con que se resuelve este conflicto de objetivos.

Imagen 3-23: Modelo Abstracto



Fuente: Equipo consultor

b) Por su enfoque

- **Modelo Estratégico:** Este nivel es de manejo de políticas. Se trabaja con un grado agregado de análisis y están orientados a ser implementados en largo plazo. Por ejemplo:
 - Integración uso de suelos – planeamiento sistemas de transportes.
 - Aplicación de medidas en oferta o demanda para aliviar la congestión (Ej. introducción de carriles de High Occupancy Vehicle (HOV), mejoras en transporte público).
 - Conceptos de corredores y servicios.
 - Planeamiento de infraestructura.
 - Planeamiento de equipamiento.

- **Modelo Táctico:** El planeamiento a nivel táctico se trabaja dentro de estructura del plan estratégico. En este modelo los análisis relativos son más detallados, como en los siguientes casos:
 - Esquemas de gestión de tráfico basados en precios e innovaciones tecnológicas.
 - Planeamiento y programación de rutas.
 - Asignación de tráfico a la infraestructura.
- **Modelos Operativos:** El modelo operativo permitirá refinar con mucha mayor información el modelo estratégico – táctico para obtener resultados más detallados posibles sobre un proyecto en particular.

El planeamiento a nivel operativo se trabaja con viajes, vehículos y sistemas de control. Cubre las actividades que son llevados a cabo durante varias veces dentro de un día. Por ejemplo:

- Sistemas avanzados de control y gestión de tráfico.
- Asignación detallada dentro de un día.
- Conteo de pasajeros.
- Pasajeros por cada estación sea de BRT o Metro.
- Control de vehículos (programación).

El tipo de modelo se puede definir en función al tipo de uso en la ciudad:

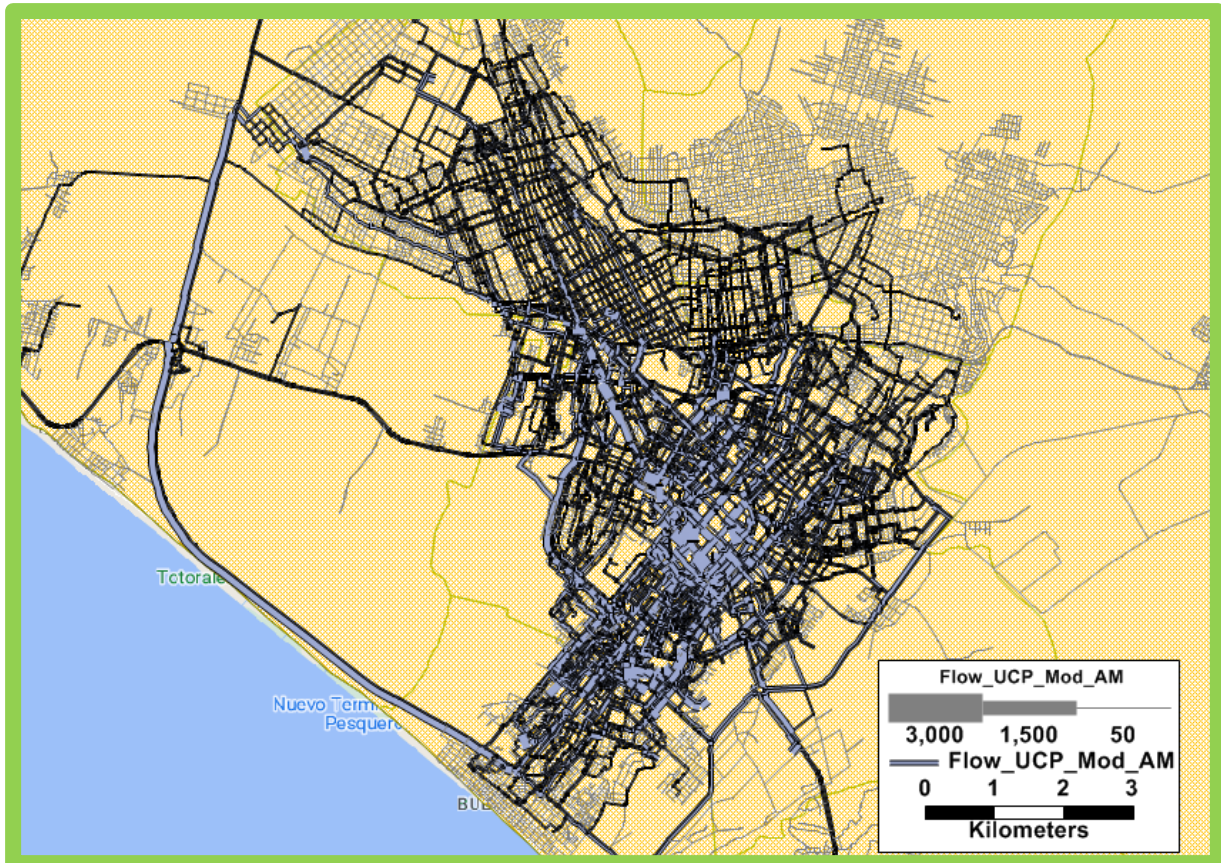
Modelos Estratégicos – Tácticos: Estos modelos son orientados a apoyar la planeación estratégica de la ciudad. Debe generar respuestas rápidas a requerimientos de funcionarios encargados de la gestión de la planificación. Una vez que se tenga una decisión muy firme sobre un caso, se pasa al modelo operativo. Para poder optimizar recursos, ambos tipos de modelo deben tener el mismo modelo de red. La diferencia estaría respecto al nivel de agregación de las matrices de viaje, los conectores y centroides.

c) Por el modo de transporte

- **Modelo de Transporte Privado:** Este tipo de modelo analiza la cantidad de vehículos sobre la red vial (autos, taxis, camiones, etc.). Se utiliza para elaborar o evaluar los siguientes estudios y proyectos:
 - Estudios de impacto vial.
 - Planes de desvío.
 - Cambios de sentidos de vías.
 - Restricciones de vehículos (camiones, autos o taxis) en determinadas vías o zonas.
 - Restricciones horarias (pico y placa).
 - Inclusión de zonas de estacionamientos.

- Concesiones con pago de peaje.
- Implementación de nuevas infraestructuras (intercambios viales, vías expresas, corredores segregados, aumento de carriles, etc.).

Imagen 3-24: Flujos vehiculares en la red vial de la Ciudad de Trujillo

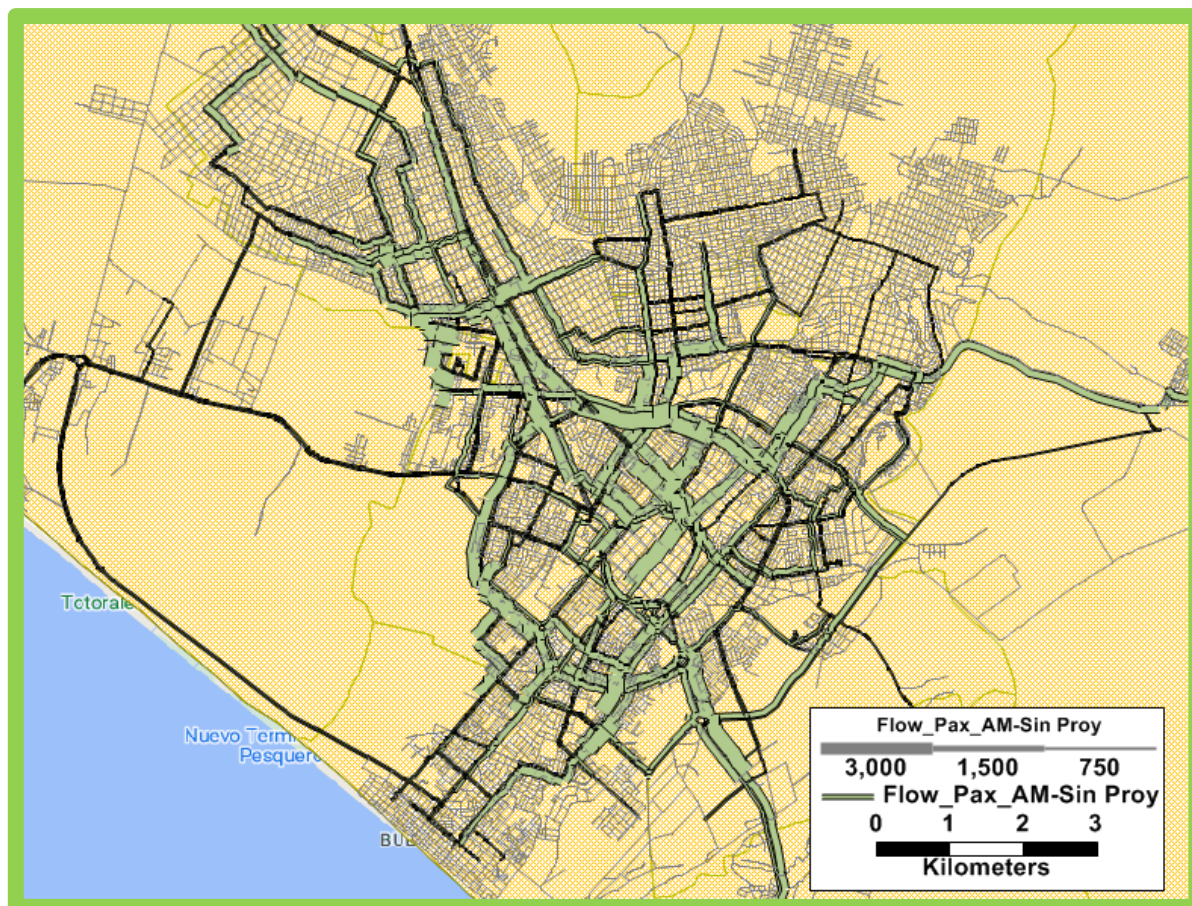


Fuente: Estudio del Perfil del Corredor Troncal Norte Sur

- **Modelo de Transporte Público:** Sirve para evaluar la cantidad de pasajeros y sus elecciones en términos de rutas de transporte. Se utiliza para elaborar o evaluar los siguientes tipos de estudios y proyectos, sin carácter restrictivo:
 - Selección de las rutas prioritarias para la ciudad en función a la demanda.
 - Selección/priorización de estaciones/paraderos de las rutas mencionadas.
 - Estimación de demanda para implementación/modificación de rutas.
 - Dimensionamiento de tamaños de vehículos y flotas (buses, trenes, etc.) en función a la demanda estimada.
 - Dimensionamiento de tamaños de flotas.
 - Dimensionamiento de paraderos (andenes, accesos, escaleras, torniquetes, etc.).
 - Evaluación de políticas de integración (entre corredores, rutas alimentadoras, etc.).

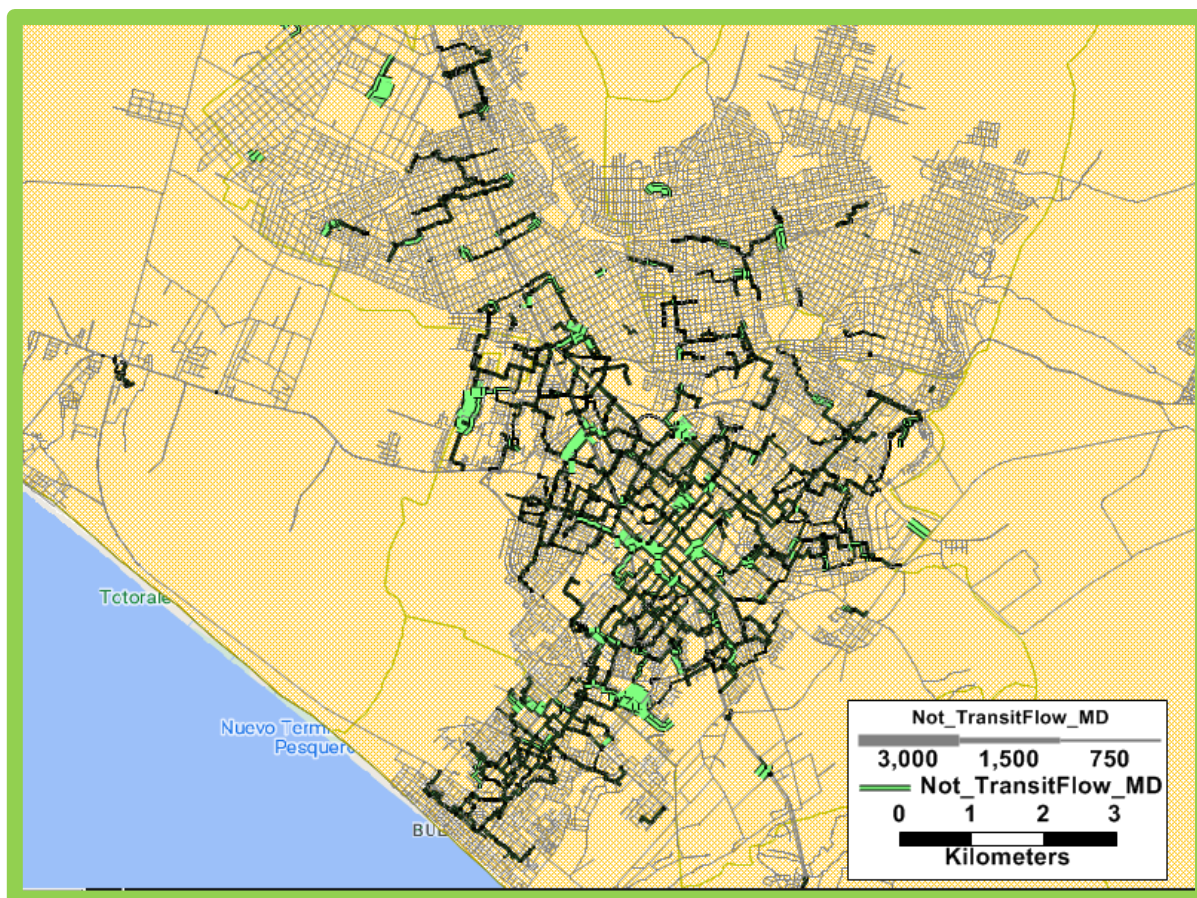
- Evaluación de políticas tarifarias: tarifas planas, tarifas horarias, tarifas zonales, descuentos entre diferentes servicios (troncales, alimentadores, etc.).

Imagen 3-25: Flujos Pasajeros que usan los servicios de transporte público en la Ciudad de Trujillo



Fuente: Estudio del Perfil del Corredor Troncal Norte Sur

Imagen 3-26: Flujos Peatonales de usuarios que se desplazan para hacer uso del transporte público en la ciudad de Trujillo



Fuente: Estudio del Perfil del Corredor Troncal Norte Sur

3.4.2.4. Softwares de Modelación

Con el desarrollo de la computación, los procesos de modelación se vieron beneficiados al poder procesarse gran cantidad de datos en menor cantidad de tiempo. A continuación, describimos los principales softwares de modelación y los estudios en los que fueron empleados a nivel local:

a) EMME

Elaborado por la empresa INRO con sede en Montreal, Canadá. Se usó principalmente en los estudios desarrollados por la AATE a fines de los 90 y principios del 2000, para evaluación de los proyectos de metro. Con este software se han elaborado los siguientes estudios:

- Estudio complementario de la Red del Metro de Lima; Cal y Mayor; AATE; 1998.
- Modelo de transporte urbano de Lima; Cal y Mayor; AATE; 2001.
- Estudio de Factibilidad de Línea 1; AATE; 2004.
- Estudio de Factibilidad para el proyecto Ferroviario de Lima; DMJM-Harris; AATE; 2005.

Imagen 3-27: Software EMME



Fuente: INRO

b) TransCAD

Elaborado por la empresa Caliper Corporation con sede en Boston, Estados Unidos. Con este software se han elaborado diversos estudios de demanda principalmente en Lima y varias ciudades del país. Se tiene como ejemplo los siguientes estudios:

- Estudio de Corredores Complementarios; ALG; Protransporte; 2006.
- Estudio de Demanda para la concesión de la Línea 1, Villa el Salvador -Av. Grau; Taryet; AATE; 2007.
- Desarrollo de los estudios necesarios para la implementación del primer corredor masivo de alta capacidad en Arequipa; ALG; Municipalidad de Arequipa; 2008.
- Proyecto de Ejecución de Transporte en la ciudad de Trujillo; ALG; Municipalidad de Trujillo; 2008.
- Estudio de Impacto Vial en la Red Metropolitana de Lima y Callao por el Flujo de Carga del Puerto, Aeropuerto y Zona de Actividad Logística; Logit; MTC; 2009.
- Estudio para la Consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima; Taryet; Protransporte; 2010.
- Plan de Racionalización de rutas de la Línea 1 del Metro de Lima; Taryet; AATE; 2011.
- Estudio de Factibilidad para un Sistema Metro en el Área Metropolitana De Lima – Callao; Systra; Protransporte; 2012.
- Sistema Rápido de Transporte Masivo de la ciudad de AREQUIPA; SDG; MTC; 2012.
- Estudio de Factibilidad de la Línea 2 del Metro de Lima; Geodata; MTC; 2012.

- Actualización del Plan Maestro de Transporte Urbano de Lima; Nippon Khoei; MTC; 2012.
- Estudio de Corredores Complementarios; Taryet; Protransporte; 2013.
- Estudio del tren Tacna-Arica y Plan Regulador de Rutas de la ciudad de Tacna; IDOM; MTC; 2014.
- Estudio de Factibilidad de la Línea 3 del Metro de Lima; Ingerop; MTC; 2015.
- Estudio de Factibilidad de la Línea 4 del Metro de Lima; Logit; MTC; 2016.
- Plan Maestro de Transporte Urbano de Lima; 2019.

Imagen 3-28: Software TransCAD



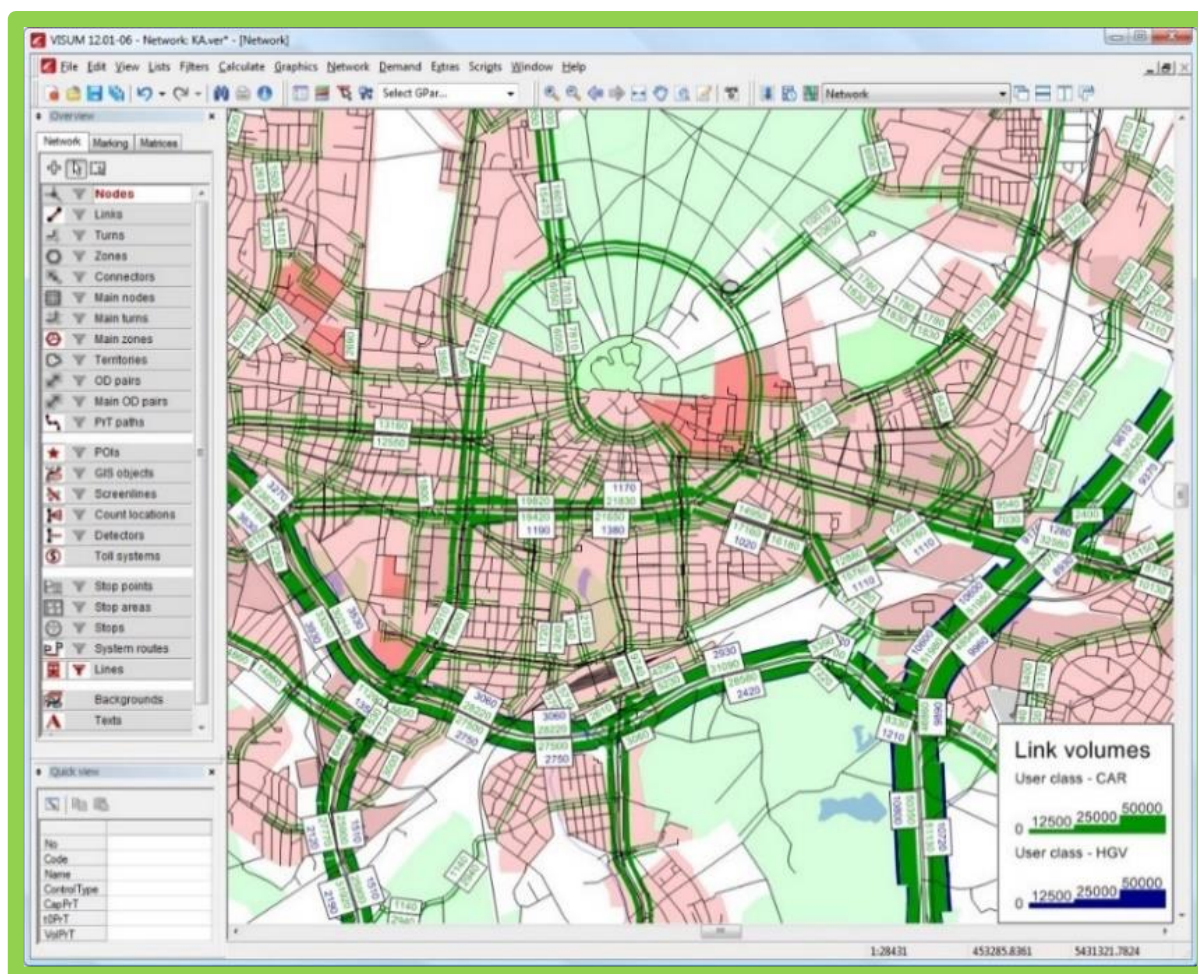
Fuente: Caliper Corporation

c) VISUM

Elaborado por la empresa PTV con sede en Karlsruhe, Alemania. Con este software se han elaborado los siguientes estudios:

- Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la ciudad de Trujillo; IDOM; Municipalidad de Trujillo; 2013.
- Elaboración del Plan de Manejo y Gestión del Tráfico en La Zona Metropolitana de Lima y Callao; Logit; MTC; 2014.
- Estudio para el Túnel Trasandino de Ferrocarril Central; Geodata; 2018.
- Plan de Movilidad de Piura; IDOM; Municipalidad de Piura; 2018.

Imagen 3-29: Software VISUM



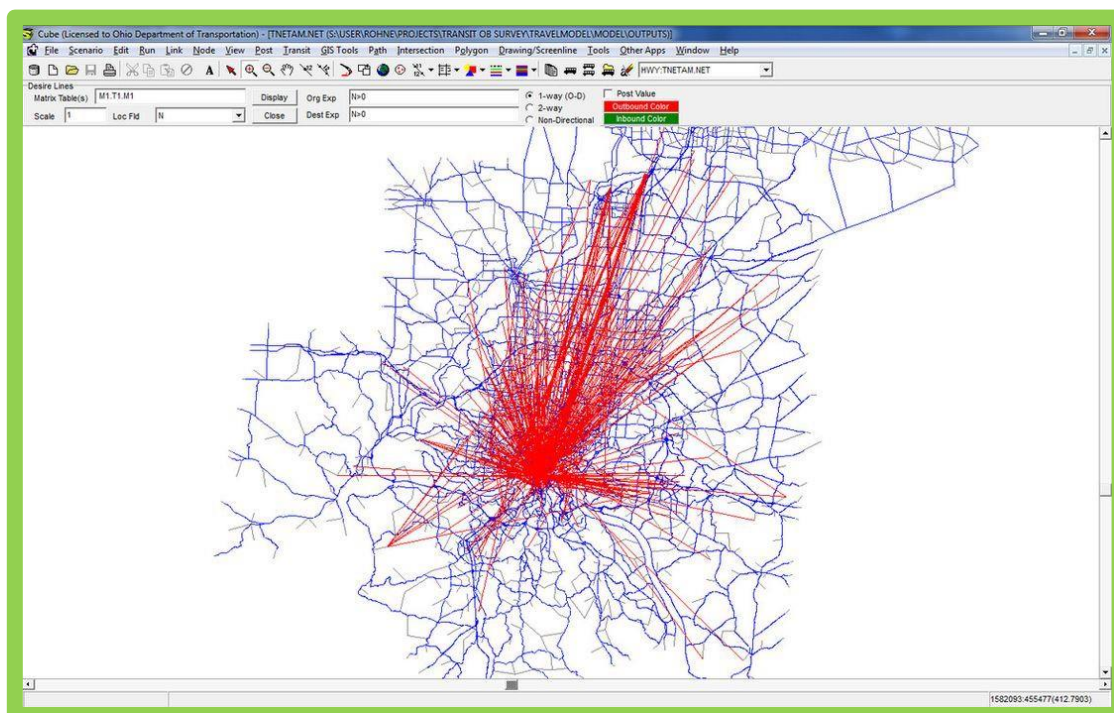
Fuente: PTV Group

d) CUBE

Elaborado por la empresa Citilabs. Con este software se han elaborado básicamente estudios de transporte regional a nivel nacional, como por ejemplo:

- Plan Intermodal de Transportes del Perú; BCEOM-GMI-WSA; MTC; 2005.
- Plan de Desarrollo de los Servicios de Logística de Transporte; ALG; MTC; 2011.
- Plan de Desvío de Transito Línea 2; Ayesa; Sociedad Concesionaria del Metro de Lima Línea 2; 2015.
- Modelo de Transporte Terrestre Interurbano de Pasajeros; Typsa; MTC; 2015.
- Plan de Desarrollo Logístico en Vías Subnacionales; CPS; MTC; 2016.

Imagen 3-30: Software Cube



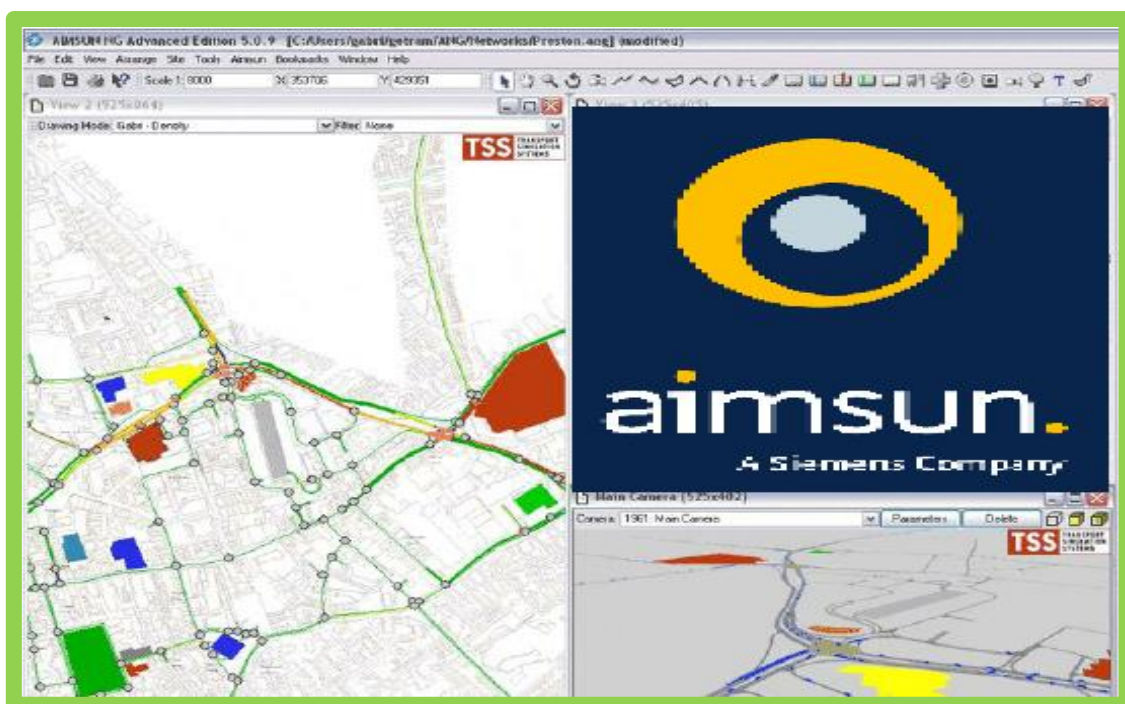
Fuente: Citilabs

e) AIMSUN

Elaborado por la empresa TSS con sede en España, adquirido por la empresa Siemens, en el 2018. Más conocido por su uso en microsimulación y mesosimulación, a partir del 2013 incluyó el modelo de 4 etapas. Con este software se ha elaborado el siguiente estudio:

- Sistema Integrado de Transporte de la ciudad de Trujillo; Municipalidad de Trujillo; 2016.

Imagen 3-31: Software Aimsun



Fuente: Siemens

3.4.2.5. Contexto Temporal

Generalmente los modelos de transporte son necesarios para analizar la operación del sistema en ciertos años representativos, que incluyen el presente (habitualmente llamado año base) y algunos años futuros, todos los cuales se denominan colectivamente cortes temporales.

En cada uno de estos cortes temporales es necesario comparar la operación del sistema de transporte en una situación base (o actual) con la operación del sistema, después de introducir modificaciones en sus características (situación con proyecto).

Estas modificaciones pueden ser, por ejemplo, en términos de:

- **Adecuación del Servicio de Transporte Público:** nuevas rutas de transporte, reorganización/optimización de las rutas actuales, creación de un corredor de transporte público (buses, BRT, metro, etc.).
- **Implementación de nuevas infraestructuras:** vías expresas, vías de Evitamiento o circunvalación, intercambios viales, corredores segregados, inclusión de vías de peaje, peatonalización de vías, etc.
- **Nuevas políticas/gestión de transporte:** restricción de vehículos vías u horarios para el transporte de carga, restricción para transporte privado (pico y placa), cambio de sentido a las vías, etc.

Los proyectos deben evaluarse para la vida útil de la nueva infraestructura, servicio, etc. Para el caso de los modelos, generalmente se puede trabajar con los siguientes cortes:

- **Año base**, que es el año desarrollo del estudio, trabajos de campo y modelo.
- Año de Inicio de operación del proyecto, plan, medida de gestión, etc.
- **Proyecciones**, cada 5 años durante la vida útil del proyecto.

Tabla 3-13: Proyección del Modelo y del PRR

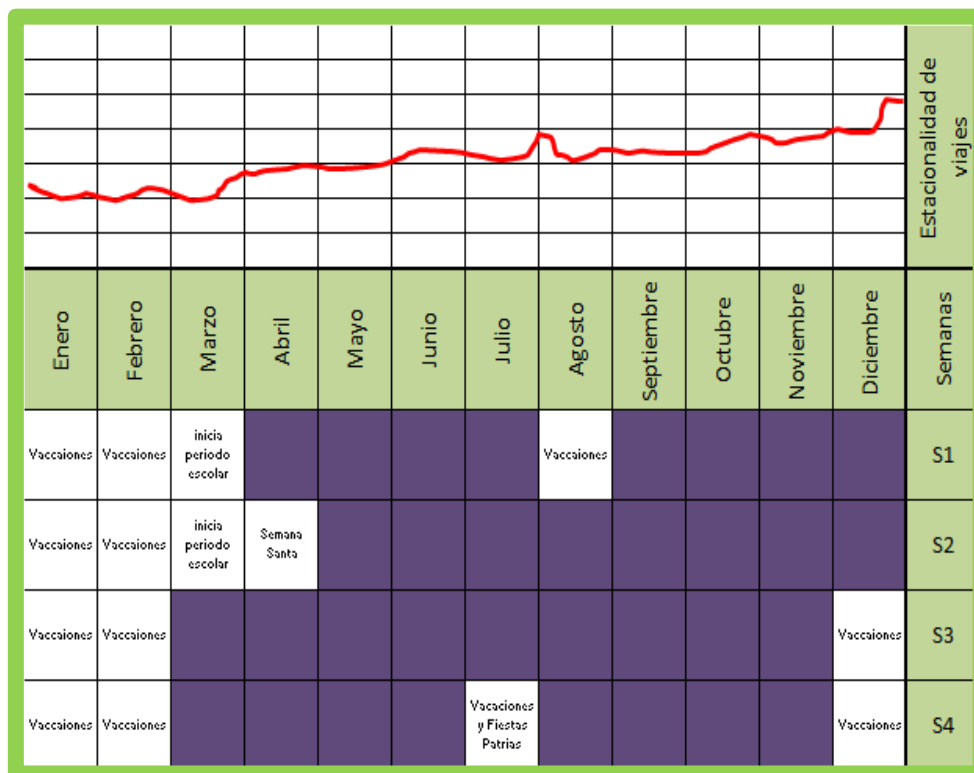
Escenarios	Año	Actividad Planificada	Actividad Posterior
Base	Año 0	Elaboración PRR	Aprobación del PRR
Inicio de Operación	Año 1	Implementación del PRR	Operación del nuevo Sistema de Rutas
Proyección	Año 5	Proyección del Modelo	Actualización PRR
Horizonte	Año 10	Tiempo de Vida del Proyecto	Nuevo PRR

Fuente: Equipo consultor

Cada proyecto tiene una complejidad diferente. En algunos casos se requerirán solo proyecciones de hasta 10 años; en otros, por el monto de inversión se requerirán de hasta 30 años.

Hay que indicar que los modelos van perdiendo precisión a medida que se alejan del año base, por lo cual requiere de actualizaciones, idealmente cada 5 años. En algunos casos se trabaja con las proyecciones de los modelos hasta un máximo de 15 años y luego se usan tasas de crecimiento para el resto de periodo de análisis.

Imagen 3-33: Fechas ideales para estudios de Demanda



Fuente: ST-CTLIC (2009)

Por otra parte, la operación del sistema en un día completo es un fenómeno cuya complejidad y dinamismo desborda las capacidades de las actuales herramientas de análisis. En consecuencia, la metodología habitual analiza sólo algunos períodos representativos de un día típico y utiliza el modelo de transporte para simular la operación del sistema dentro de tales períodos. Los resultados por período se extienden al día completo y posteriormente extrapolado para obtener el total anual.

3.4.2.6. Periodo de Análisis

Tradicionalmente, la modelación de transporte urbano se ha limitado a definir dos períodos básicos de análisis: período punta de la mañana y período de fuera de punta.

Normalmente, cada uno de estos períodos se prolonga entre una y dos horas, espacio de tiempo dentro del cual se supone que todos los viajes que se producen en algún origen llegan a su destino.

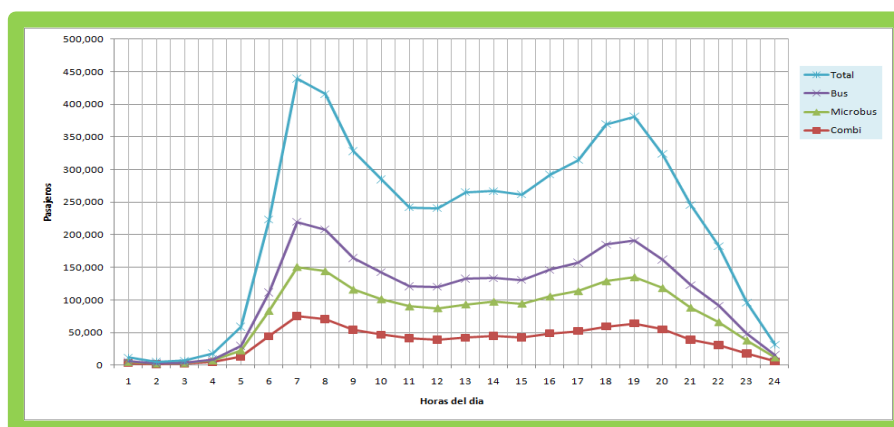
El análisis de estos períodos representativos arroja ciertos resultados operacionales (matrices de viaje por modo, niveles de servicio, flujos por arco de cada red) que son valorados económicamente para efectos de evaluación, obteniéndose finalmente costos y beneficios por período. Dichos costos y beneficios son, posteriormente, extrapolados para obtener totales diarios y anuales.

Es indudable que, con sólo dos períodos representativos, la extensión al total diario resulta menos realista que lo deseable y debido a ello. Por lo tanto, es razonable pensar en que se debe modelar al menos los siguientes períodos del día:

- Período punta o pico de la mañana.
- Período valle promedio equivalente.
- Período punta o pico del medio día.
- Periodo pico de la tarde.

De tal manera que la demanda de un día sea la suma de cada período modelado.

Imagen 3-34: Perfil Horario y periodos pico



Fuente: ST-CTLC (2009)

3.4.2. Modelo de Planeamiento de Transporte

3.4.2.1. Selección de Metodología de Modelo

En términos generales puede afirmarse que un modelo es una herramienta estadístico-matemática para representar la realidad de una manera simplificada, a partir de un conjunto de variables explicativas y con error acotado y asumible. Dicha representación permite:

- Simular el comportamiento del sistema en el mismo año de calibración (año base) en condiciones diferentes (basta con calcular el valor de las variables explicativas en las nuevas condiciones: con modificaciones de la oferta de transporte, condiciones de servicio, tarifas, etc.).
- Predecir el comportamiento del sistema en horizontes futuros (basta con proyectar en el tiempo las condiciones funcionales de la red de transportes (público/privado) y el valor de las variables explicativas; ello requiere asumir que se mantienen en el tiempo las mismas relaciones entre las variables de demanda y las variables explicativas obtenidas en la calibración del año base.

Dependiendo de los objetivos/funcionalidad de los modelos, se pueden seleccionar las siguientes metodologías de desarrollo de los modelos:

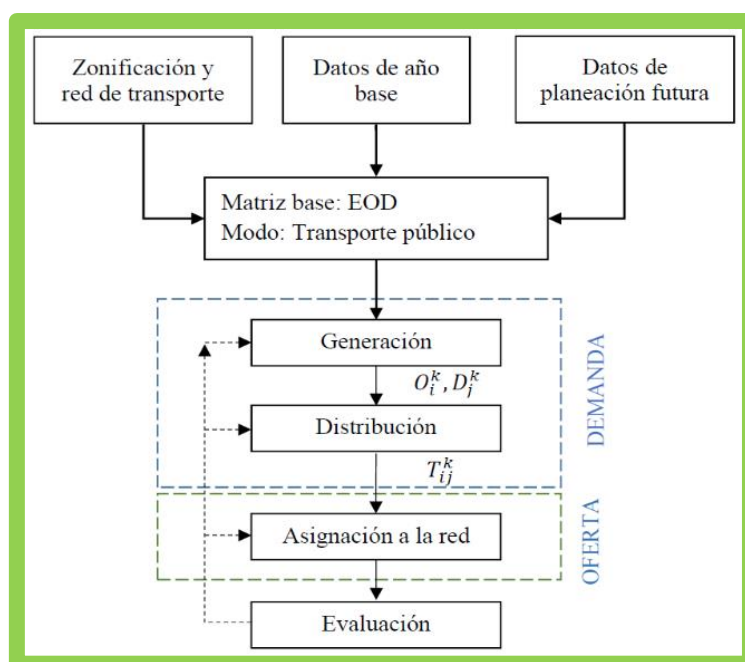
- Modelo General de Movilidad (MGM).
- Modelos Simplificados (MS) de generación/atracción-distribución.
- Modelos tipo Logit (ML).

3.4.2.2. Desarrollo de las Metodologías

a) Modelo General de Movilidad (MGM)

Un Modelo General de Movilidad se adopta cuando se cuenta con información detallada de la movilidad.

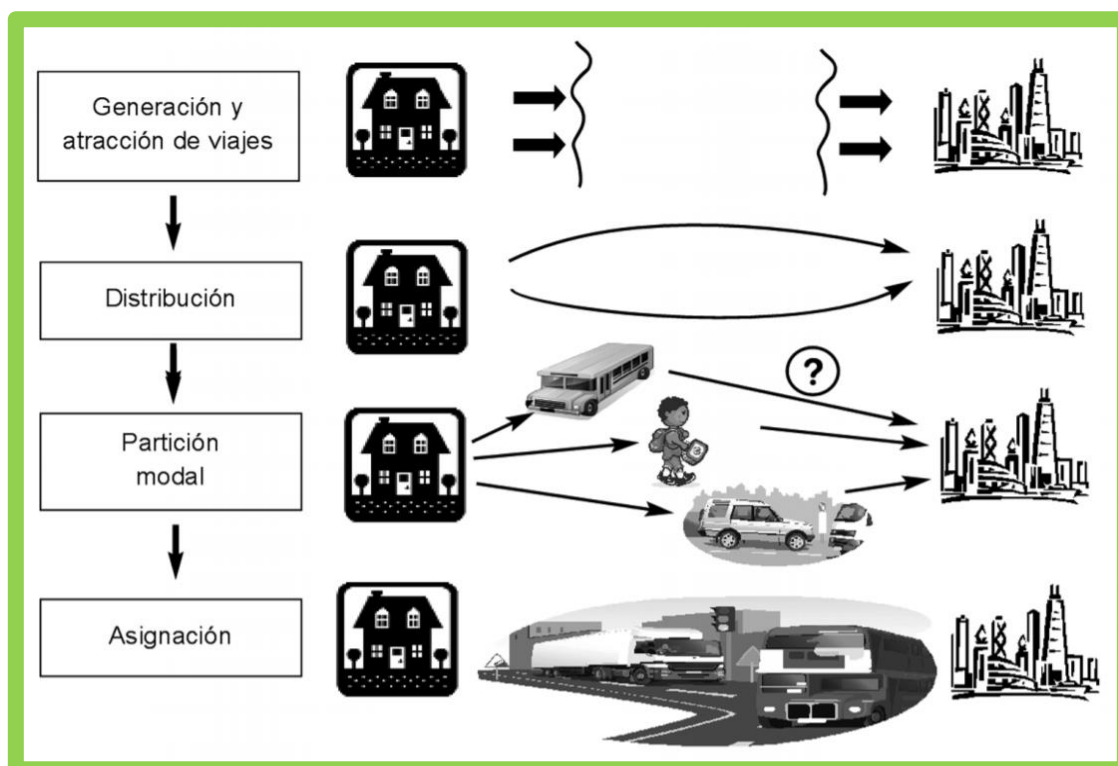
Imagen 3-35: Modelo General de Movilidad



Fuente: Ortuzar y Willumsen (2001)

Su objetivo es el de reproducir las cargas en la red de transportes (público/privado) mediante un proceso de cuatro etapas (generación/atracción, distribución, reparto modal y asignación).

Imagen 3-36: Modelo de 4 etapas



Fuente: Barreno Vereau, Emma; Cabrera Gil Grados, Ezilda; Millones Rivalles, Rosa Metodología de modelamiento de un sistema de transporte urbano - Ingeniería Industrial, núm. 26, 2008.

Se trabaja sobre la hipótesis de que los usuarios realizan, secuencialmente, un conjunto de elecciones que caracterizan sus viajes, en base de ciertos atributos de la red vial y del sistema de transporte.

Estas elecciones tienen relación con las decisiones de viajar (generación de viajes) hasta un destino (distribución de viajes), usando un modo de transporte (partición modal) y a través de una ruta determinada (asignación).

Agregar estas decisiones individuales determina las características de operación de un sistema de transporte dado. El modelo general consta de un conjunto de submodelos que reflejan las distintas etapas de la demanda y de la oferta de transporte.

A continuación, se describen cada una de las etapas del modelo. Para más información y detalles de cada etapa se puede consultar el “Manual diseño conceptual y fundamentos técnicos mínimos para la elaboración de Plataformas de Modelación en ciudades intermedias”, elaborado con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la GIZ.

- **Modelos de Generación – Atracción de Viajes:** El modelo matemático de Generación de Viajes es capaz de pronosticar, con cierto grado de confianza, el número de viajes generados según la unidad de análisis consideradas: población, empleo, plazas escolares, número de vehículos. Los modelos utilizados serán de tipo lineal con la siguiente formulación:

$$O_i = a + (b * V_i^1) + (c * V_i^2) + \dots + (n * V_i^n)$$

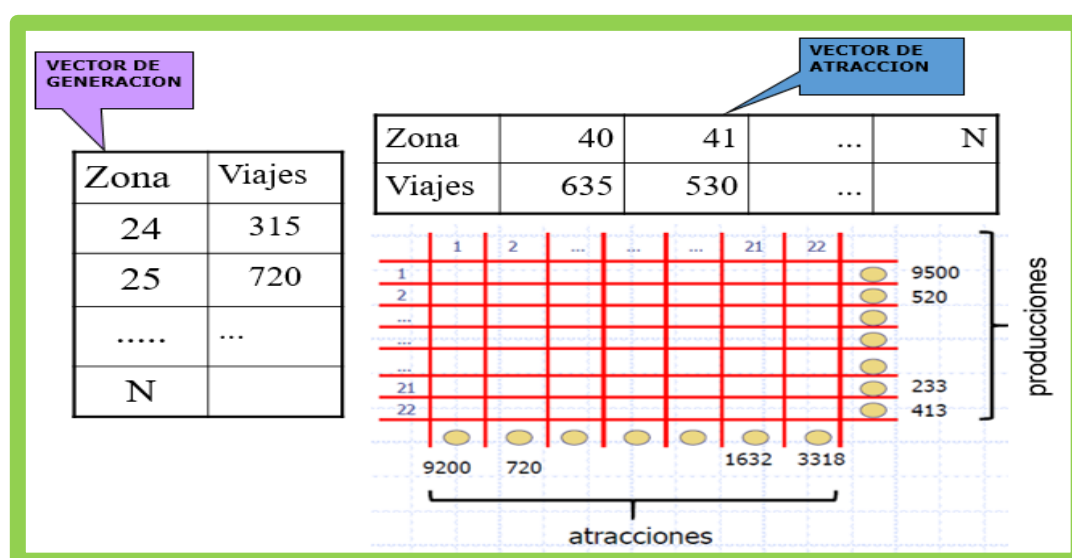
Donde:

O_i : Número de viajes con origen en la zona i

V_i^1 : Variable socioeconómica de la zona i

a, b, c, n : Parámetros de ajuste

Imagen 3-37: Modelo de Generación - Atracción



Fuente: Equipo consultor

El modelo matemático de Atracción de Viajes es capaz de pronosticar, con cierto grado de confianza, el número de viajes atraídos, según la unidad de análisis considerada: población, empleo, plazas escolares, número de vehículos. Los modelos utilizados serán de tipo lineal con la siguiente formulación:

$$D_j = a + (b * V_j^1) + (c * V_j^2) + \dots + (n * V_j^n)$$

Donde:

D_j : Número de viajes con destino en la zona j

V_j^1 : Variable socioeconómica de la zona i

a, b, c, n : Parámetros de ajuste

A manera de ejemplo, en la tabla siguiente se muestran los resultados de un modelo de Generación - Atracción de viajes, en la cual se aprecian las variables usadas para explicar los vectores de Orígenes (Generación) y Destinos (Atracción), así como el resultado obtenido de la regresión en términos de R^2 , para la hora punta de la mañana.

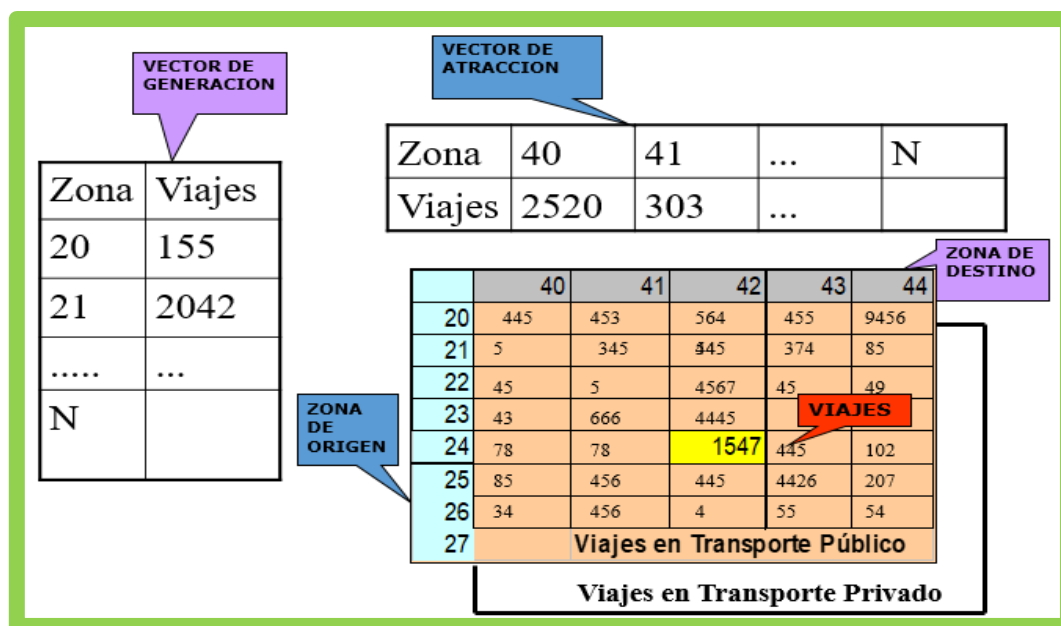
Tabla 3-14: Modelo de Generación - Atracción de viajes

	Orígenes	HPM	
Variable	Coefficiente	T Estadístico	R^2
Población	0.1051577	19.90	0.88
Vehículos	0.5297209	7.76	
	Destinos	HPM	
Variable	Coefficiente	T Estadístico	R^2
Empleo	0.1719114	10.11	0.81
Plazas escolares	0.2267704	8.35	

Fuente: Estudio de Preinversión L4 Metro de Lima

- **Modelo de Distribución de Viajes:** Los modelos de distribución permiten reproducir el número de viajes motorizados (público + privado) entre cada par origen/destino, mediante modelos matemáticos basados en las variables de origen/destino entre cada zona de transporte y el coste generalizado del viaje entre ellas.

Imagen 3-38: Modelo de Distribución



Fuente: Equipo consultor

Los tiempos y costes de viaje se obtienen mediante la asignación de las matrices del año, existente en las redes de transporte del año horizonte a evaluar. El modelo utilizado será de tipo gravitatorio con la siguiente formulación:

$$V_{ij} = (a * O_i^b * D_j^c * CG_{ij}^d)$$

Donde:

V_{ij} : Número de viajes entre las zonas i y j

O_i : Viajes en zona de origen i

D_j : Viajes en zona de destino j

CG_{ij} : Coste generalizado entre cada par de zonas ij. Como coste generalizado del viaje se adoptarán los datos procedentes del modelo de asignación en transporte público y privado, ponderando en función de la demanda de estos modos

a, b, c, d : Parámetros de ajuste.

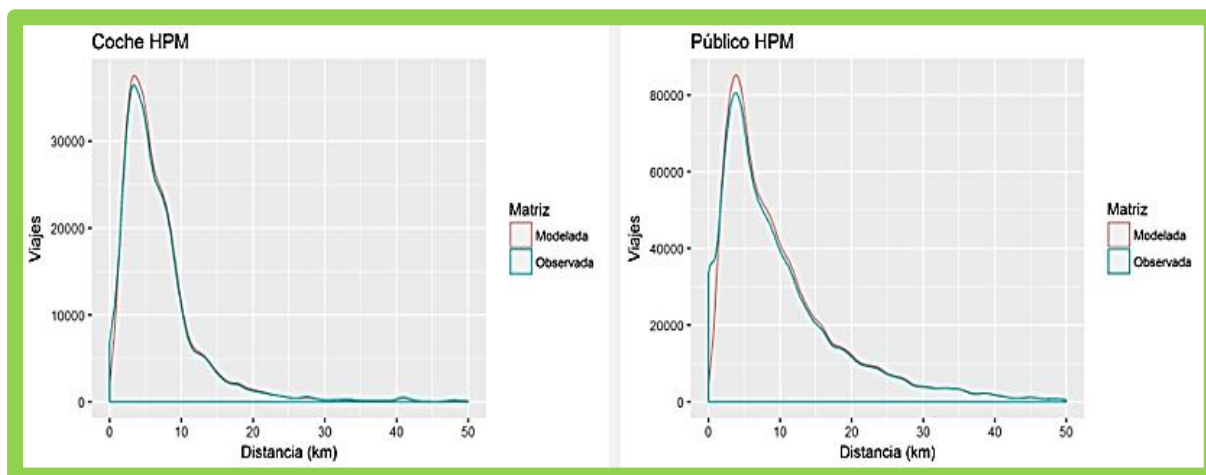
A manera de ejemplo, en la tabla siguiente se muestran los resultados de un modelo de distribución de viajes, en la cual se aprecian los coeficientes obtenidos para los vectores de Orígenes, Destinos y el Costo Generalizado, así como el resultado obtenido de la regresión en términos de R^2 , para los diversos periodos: hora Punta mañana (HPM), Hora Punta Tarde (HPT) y Hora Valle (HV).

Tabla 3-15: Modelo de Distribución de viajes

HPM	Coefficiente	T Estadístico	R2
Origen	0.3487	20.97	0.82
Destino	0.4161	25.97	
Costo generalizado	- 0.8403	- 38.36	
HPT	Coefficiente	T Estadístico	R2
Origen	0.3908	21.81	0.80
Destino	0.3540	19.16	
Costo generalizado	- 0.7772	- 32.25	
HV	Coefficiente	T Estadístico	R2
Origen	0.3773	36.20	0.85
Destino	0.3720	33.75	
Costo generalizado	- 0.8611	- 59.78	

Fuente: Estudio de Preinversión L4 Metro de Lima

En la imagen siguiente se muestra la comparación entre los datos Observados en campo y el resultado obtenido por el Modelo de la tabla anterior. Se aprecia un buen grado de aproximación entre ambos.

Imagen 3-39: Comparación entre resultados Modelo de Distribución


Fuente: Estudio de Preinversión L4 Metro de Lima

- **Modelo de reparto modal:** La formulación tipo adoptada es la siguiente:

$$Ratio = (a + (b * R1) + (c + R2) + \dots + (n * Rn))$$

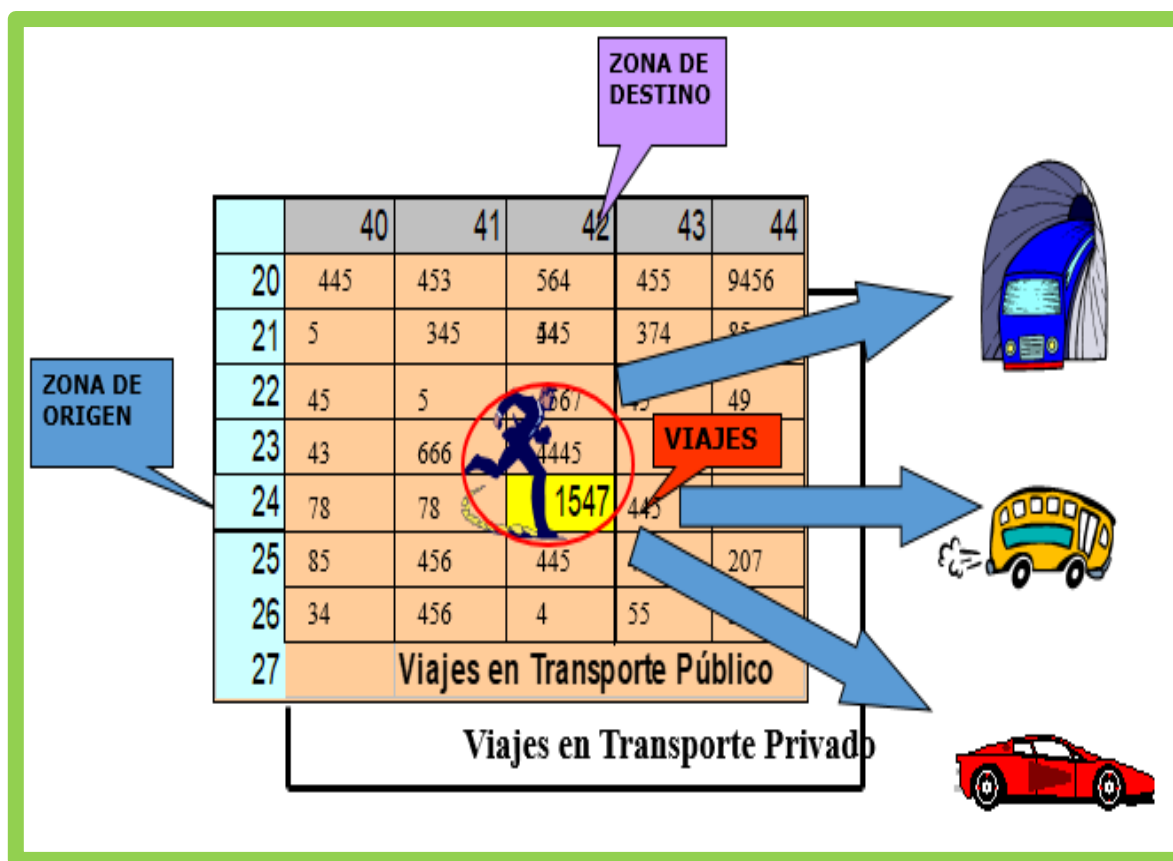
Donde:

Ratio : Variable a estimar

R1 : Variables explicativas

a, b, c, n : Parámetros de ajuste

Imagen 3-40: Modelo de Partición Modal



Fuente: Equipo consultor

Como variables explicativas de los modelos se han utilizado las siguientes:

- Ratio de Vehículos por habitante en zona de origen y destino.
- Ratio de tiempos, como cociente entre el tiempo de viaje en transporte privado y transporte público (taxi y transporte público convencional) en cada par de zonas origen/destino.
- Ratio de tiempos, como cociente entre el tiempo de viaje en transporte público convencional y taxi en cada par de zonas origen/destino.
- Ratio de costes, como cociente entre el coste de viaje en transporte público convencional y taxi en cada par de zonas origen/destino.

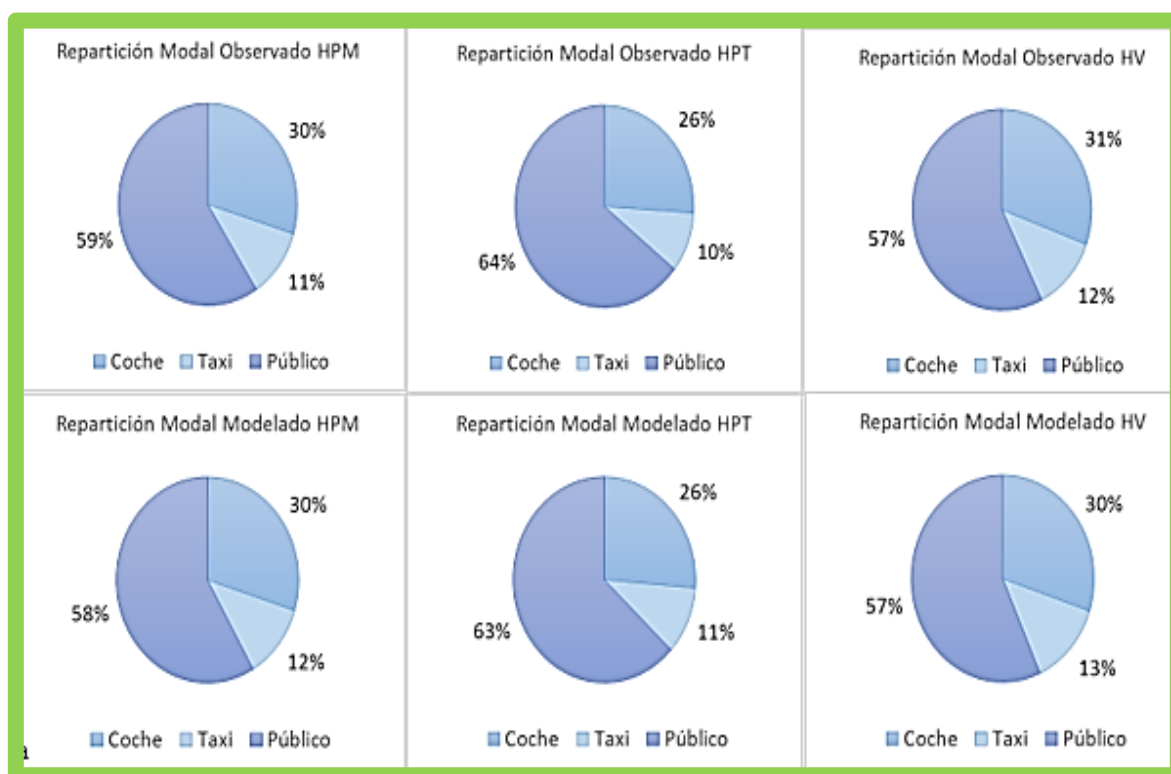
Para este proceso, también se suelen adoptar modelos de tipo logit, cuyo planteamiento y formulaciones se detallan en siguientes epígrafes.

En las siguientes tablas e imágenes se presenta, a manera de ejemplo la comparación entre los valores observados y los obtenidos por el modelo de división modal. En general, los valores son próximos, con lo cual se concluye que el modelo representa en forma adecuada la división modal del área de estudio.

Tabla 3-16: Modelo de Partición Modal de viajes

Viajes	HPM			HPT			HV		
	Coche	Taxi	Público	Coche	Taxi	Público	Coche	Taxi	Público
Observada	471 786	177 832	938 920	301 257	111 515	745 019	255 157	100 791	477 716
Modelada	473 610	188 426	926 483	304 191	123 433	730 154	241 004	106 102	454 247

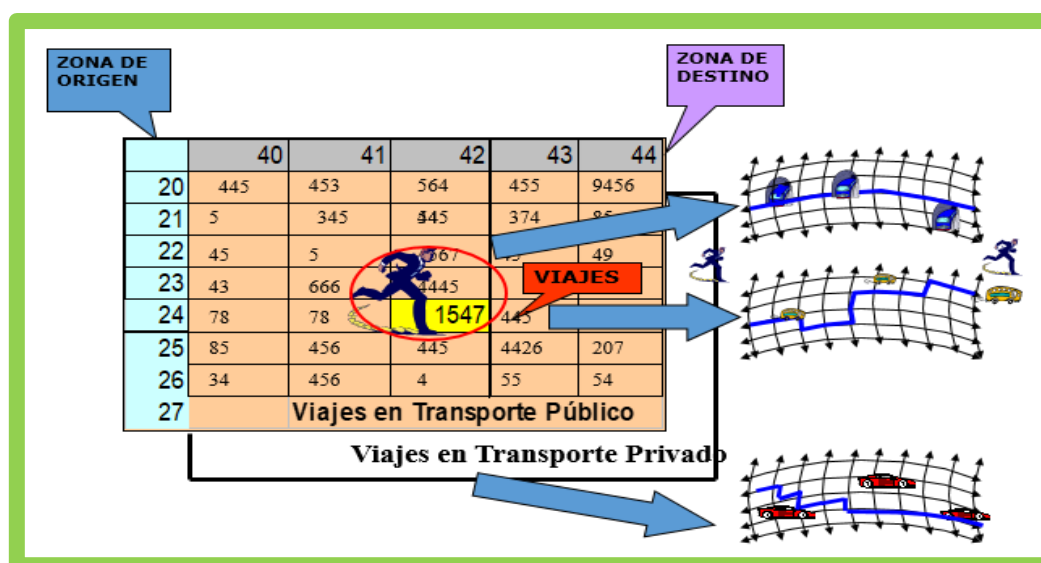
Fuente: Estudio de Preinversión L4 Metro de Lima

Imagen 3-41: Comparación de resultados Modelo de Reparto Modal


Fuente: Estudio de Preinversión L4 Metro de Lima

- Asignación de Transporte:** Este proceso de asignación consiste en asociar la oferta y la demanda, mediante un proceso iterativo hasta alcanzar el principio de equilibrio. El equilibrio se obtiene cuando el costo de operación (tiempo) es igual para todos los caminos alternativos sobre la red para cada par origen destino.

Imagen 3-42: Modelo de Asignación



Fuente: Equipo consultor

Los supuestos para el comportamiento de los usuarios son los siguientes:

- Los usuarios son individuos racionales, ya que intentan maximizar su utilidad personal (o minimizar sus costos).
- Tienen conocimiento perfecto de las condiciones de operación de la red en cualquier momento.
- En una asignación por equilibrio, el tiempo de viajes se calcula como la suma del tiempo del auto sobre los enlaces y los tiempos en los giros.
- El modelo de asignación es un algoritmo basado en los principios de WARDROP (equilibrio de tráfico). El modelo trata de estimar la cantidad de flujo vehicular que transita por una vía según los deseos de viaje y según las características operaciones de la red (velocidad, capacidad, peajes, etc.). Para ello, se utilizan matrices de origen y destino y un modelo de la red vial, componentes con los cuales el algoritmo asigna flujos vehiculares de la matriz hacia la red cumpliendo condiciones de equilibrio y maximizando la utilidad del usuario.
- El proceso de asignación es realizado mediante iteraciones sucesivas y este se detiene cuando el equilibrio converge a un valor establecido. Para este caso, este modelo de asignación utilizó 100 iteraciones y con una convergencia de 0.01.
- Este modelo obtiene las cargas en las redes de transporte público y privado por asignación a las redes de las matrices de viajes. Para crear un modelo de red, es preciso contar con los siguientes elementos:
- Red viaria que comprende el esquema de carreteras del ámbito de estudio (viario urbano, carreteras de acceso, autovías, etc.), debiendo tener suficiente nivel de detalle para representar la movilidad objeto de análisis.

- Red de transporte público, de ser el caso, que comprenderá todos los sistemas vigentes en el área de análisis.
- Matrices de viajes, como la representación matemática de la movilidad entre cada par de zonas origen/destino.

A continuación, se muestra el resultado de una asignación de transporte público para un corredor de estudio (línea 1 del metro), con los pasajeros asignados por estación (subidos y bajados) así como la carga entre tramos, a partir de la cual se dimensiona la flota necesaria en la hora punta.

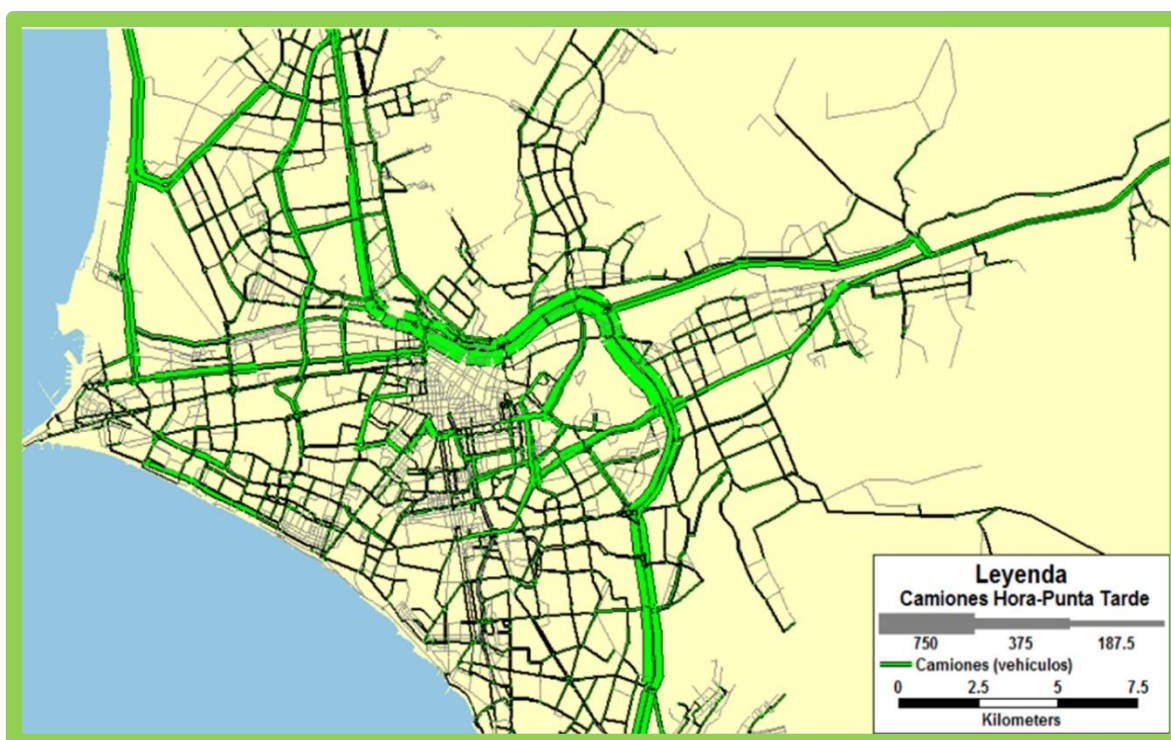
Imagen 3-43: Resultados de Asignación de Transporte Público



Fuente: Estudio L1 Metro de Lima

En la imagen siguiente se muestra los resultados de una asignación de transporte de carga para la ciudad de Lima en la hora punta de la tarde. Se aprecian a partir de los grosores de líneas los ejes de mayor concentración de vehículos pesados.

Imagen 3-44: Resultados de Asignación de Transporte Privado



Fuente: Estudio Puerto-ciudad (MTC-2010)

b) Modelos Simplificados (MS)

Estos modelos suponen una visión simplificada de las dos primeras etapas del MGM (generación/atracción y distribución). En ocasiones, cuando se está tratando con un corredor de demanda o la información de partida no cuenta con la suficiente riqueza de detalle, es factible asumir una simplificación del modelo de 4 etapas y ajustar un modelo de Generación – Atracción – Distribución.

Este tipo de modelos reproduce el número de viajes entre cada par origen/destino mediante expresiones estadístico-matemáticas, basadas en las variables socioeconómicas de cada zona de transporte y el coste generalizado del viaje entre ellas.

Estos modelos presentan las siguientes ventajas respecto a los modelos independientes Generación-Atracción-Distribución:

- Agrupan en un sólo modelo las etapas de generación, atracción y distribución de viajes, con lo que el nivel de error es menor y más fácilmente controlable.
- No es necesario disponer de datos detallados de la movilidad a nivel de zonas de generación y atracción, ya que basta con la matriz de viajes y las variables explicativas de las zonas implicadas.

Estos modelos deben cumplir tres premisas fundamentales:

- Ser consistente desde un punto de vista puramente estadístico con:
 - Un elevado coeficiente de correlación (R^2).

- Un valor de la t de Student significativo (mayor de 2) en las variables explicativas del modelo.
- Un reducido valor de la constante del modelo (parte no explicada del modelo mediante las variables explicativas).
- Tener relaciones funcionales coherentes; es decir, los coeficientes del modelo deben aparecer siempre el signo teórico esperado: positivo, para las variables socioeconómicas en zona de origen y destino, y negativo, para el coste generalizado, variable siempre penalizadora de la movilidad (a mayor coste menor número de viajes).
- Adoptar variables socioeconómicas explicativas de fácil predicción futura, ya que, como se ha indicado, no resulta útil adoptar variables que, aunque reproduzcan muy bien las pautas de movilidad actual sean imposibles de predecir a futuro.

Este modelo es de tipo gravitatorio con la siguiente formulación:

$$V_{ij} = a * (P_i * P_j)^b * (E_i * E_j)^c * CG_{ij}^d$$

Donde:

V_{ij} : es el número de viajes entre las zonas i y j

P, E : son las variables socioeconómicas en zona de origen i y destino j

CG_{ij} : es el coste generalizado entre cada par de zonas ij

a, b, c, d : son los parámetros de ajuste

c) Modelos Tipo Logit (ML)

Constituyen una técnica especial para estimar la elección del usuario ante dos o más opciones de transporte, tomando como base la utilidad asociada a cada una de ellas.

El objetivo de este modelo es evaluar el reparto entre modos de transporte, en la situación actual y con futuros escenarios de actuación y temporales. Estos modelos pueden dividirse en dos tipos:

- Modelos de reparto modal convencional que intentan reproducir las matrices de viajes por modos observadas en un proceso de encuestar; es decir, un modelo estimado a partir de preferencias reveladas, normalmente mediante una Encuesta Domiciliaria. Este es el modelo adoptado para un proceso de 4 etapas.
- Modelo de reparto modal obtenido a partir de encuestas de preferencias declaradas que son adoptados cuando se pretende evaluar el impacto de un nuevo sistema (una autopista de peaje, un nuevo modo ferroviario, etc.).

En ambos casos se suelen adoptar modelos de reparto modal tipo logit, basados en la definición de utilidades que dependen de los modos de transporte

considerados y de las variables de elección del usuario. Para una alternativa "i" la expresión matemática de la utilidad es:

$$U_i = K + a * X_1 + b * X_2$$

Donde X son las características de elección del usuario y K una constante que recoge la parte no explicada por las variables de la elección del usuario.

La probabilidad de elegir la alternativa "i" frente a la alternativa "j" viene dada por la siguiente formulación:

$$P_i = \frac{e_i^U}{e_i^U + e_j^U}$$

Donde Pi es la probabilidad de elegir el modo "i" frente al modo "j" y U la función de utilidad de la alternativa correspondiente.

3.4.3. Construcción de Base de Datos Geográfica del Modelo

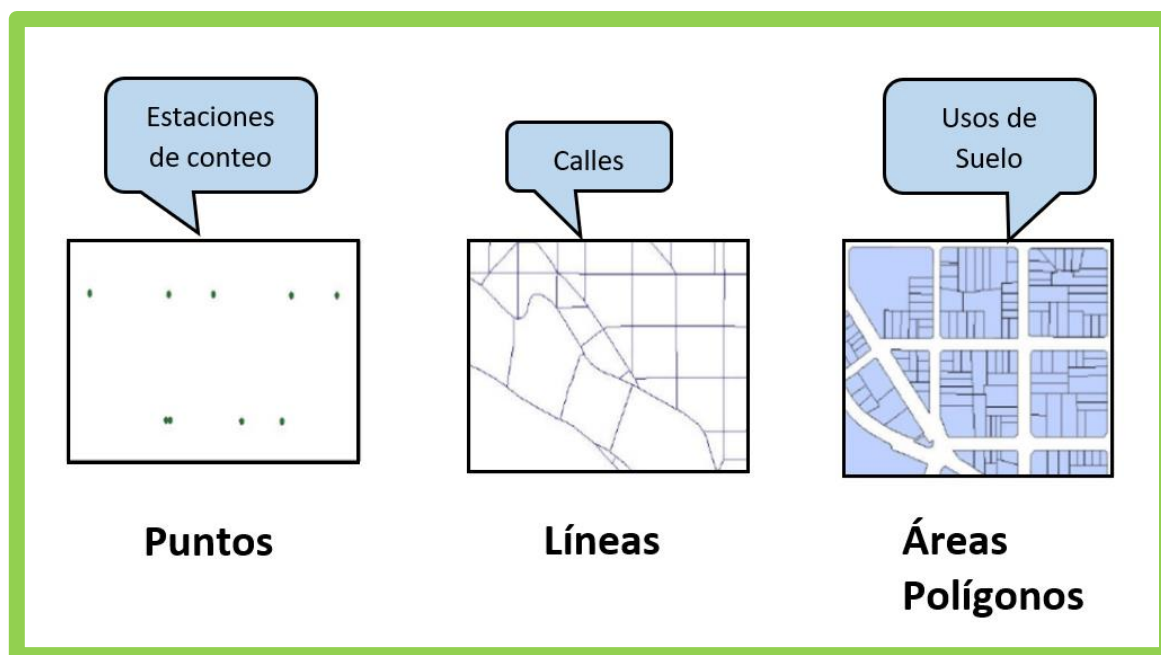
Los modelos de transporte se apoyan sobre bases de datos geográficas, para lo cual, generalmente, los softwares han desarrollado o se apoyan en Sistema de Información Geográfico (SIG). Un SIG es un software específico que permite a los usuarios crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos.

El uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad de población. Además, permite realizar las consultas y representar los resultados en entornos web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión, conformándose como un valioso apoyo en la toma de decisiones.

Estos softwares trabajan en función de capas, y entidades que buscan que representen la realidad, por ejemplo:

- **Capa de Áreas:** En base a polígonos. Buscan representar, por ejemplo, lotes de terrenos, manzanas o bloques, urbanizaciones, distritos, provincias, regiones, entre otros.
- **Capa de Líneas:** En base a segmentos o tramos. Buscan representar, por ejemplo, carreteras (con sus diversas clasificaciones), ferrocarriles, ríos, entre otros.
- **Capa de Puntos:** Pueden representar ubicaciones de puntos notables, intersecciones, señales de tránsito, semáforos, puntos negros de accidentes, paraderos, entre otros.

Imagen 3-45: Capas Geográficas



Fuente: Curso ArcGis I – Ing. Carlos Vidal Valenzuela

Con estas capas se van construyendo las bases de datos geográficas de los modelos, donde las áreas representan las zonas de tránsito, las líneas las calles (vías), los puntos las intersecciones; existiendo otras capas similares a las líneas para dibujar las rutas y otra capa similar a los puntos para representar los paraderos.

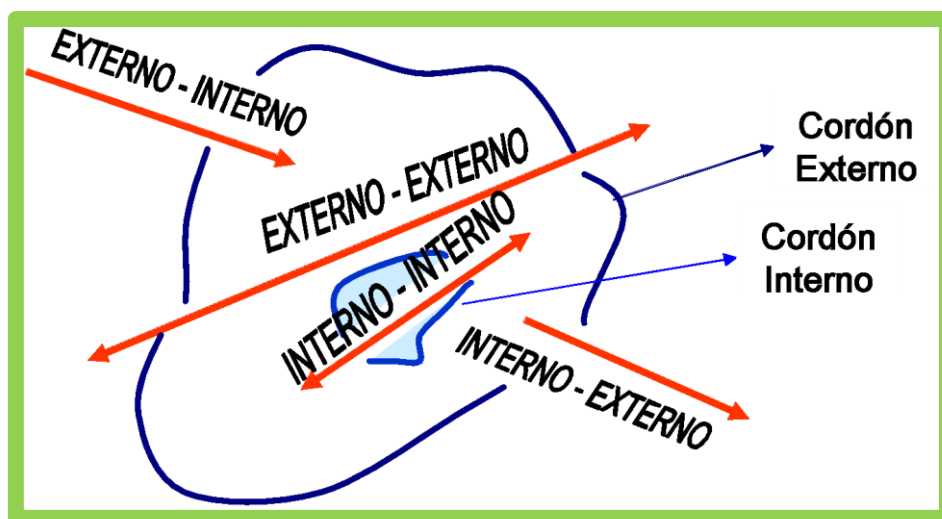
3.4.3.1. Áreas de Estudio

Antes de realizar una investigación, se debe definir un área de estudio. En general, al límite asociado a algún centro urbano se le conoce como "cordón externo".

El área de estudio se divide, mediante cordones internos, con el fin de agrupar los datos de modo de hacerlos comprensibles, posibles de analizar y adecuados para la asignación de viajes.

- **Zona externa:** Es aquella región que se encuentra fuera de un cordón externo que enmarca una zona representativa de la ciudad.
- **Zona interna:** Son zonas que se encuentran dentro del cordón externo. Estas se subdividen en zonas de área central y fuera de ella.

Imagen 3-46: Esquema del área de estudio



Fuente: Equipo consultor

La primera especificación necesaria para construir el modelo de demanda es definir el contexto espacial de su aplicación. En términos generales, se puede decir que el área de estudio debería cubrir todos los lugares donde se producen o se atraen los viajes que utilizan el sistema de transporte que se desea analizar.

Aunque en transporte urbano el área de estudio está normalmente asociada con los límites de la ciudad, muchas veces es necesario considerar las influencias externas (por ejemplo, transporte interurbano de pasajeros y de carga).

El modelo explica (o trata de explicar) la operación del sistema de transporte dentro del área de estudio, cuyo perímetro físico está definido por un cordón y las influencias externas deben ser tratadas como datos exógenos del problema que el modelo debe considerar, pero que no puede explicar.

En la imagen siguiente se muestra como ejemplo la ciudad de Lima como área de estudio (zona interna). Su cordón externo lo configuran sus límites provinciales que lo dividen de la zona externa. Existen viajes que se realizan dentro de la ciudad (interno-interno), así como viajes que entran y salen de la ciudad (externo-interno, interno-externo)

Imagen 3-47: Ejemplo de área de estudio



Fuente: Metodología de Actualización del modelo de Transportes de Lima Metropolitana

3.4.3.2. Zonas de Tránsito

El área de estudio se divide en zonas más pequeñas, que constituirán en adelante la unidad básica del análisis de transporte. El sistema de zonas se utiliza para congrega los hogares individuales, oficinas y otros lugares de trabajo o servicios, en grupos manejables desde el punto de vista de modelación.

a) Criterios para Zonificar

La primera especificación necesaria para construir modelo de demanda es la definición del contexto espacial de su aplicación. En términos generales, se puede decir que el área de estudio debería cubrir todos los lugares, donde se producen o se atraen los viajes que utilizan el sistema de transporte que se desea analizar.

Definido el contexto espacial, el área de estudio se divide en zonas más pequeñas que constituirán, en adelante, la unidad básica del análisis de transporte. La primera característica deseable de las zonas es su homogeneidad en términos de

utilización de suelos y de características socioeconómicas de la población, dado que éstas son dos variables fundamentales para explicar demanda de viajes.

La definición geográfica de las zonas debe respetar las divisiones administrativas y políticas de la ciudad y, sobre todo, las divisiones geográficas del Censo de Población que el Estado realiza periódicamente. De esta manera, será posible obtener con facilidad ciertos datos básicos de entrada para el análisis de transporte, tales como el número de hogares por zona estratificados por ingreso, posesión de automóvil, tamaño familiar, entre otros. Además, en torno al Censo de Población, suelen desarrollarse estudios de proyección de sus datos, información también útil para el análisis de transporte.

Es recomendable que la zonificación distinga adecuadamente zonas singulares de la ciudad que no poseen un comportamiento de viajes similar al de zonas residenciales, comerciales o industriales. Según la experiencia en el desarrollo de diversos estudios de transporte, es aconsejable identificar como una zona independiente a las siguientes singularidades:

- Grandes estaciones de sistemas masivos de transporte público.
- Universidades relevantes o complejos educativos.
- Grandes centros comerciales.
- Grandes centros de salud.
- Grandes complejos industriales.
- Grandes áreas deportivas (estadios, coliseos, complejos deportivos, campos de golf, etc.).
- Grandes parques zonales o áreas verdes.
- Cuarteles.
- Cementerios.
- Cerros.
- Otros sectores que el analista estime pertinente.

La ventaja de ello radica en que las zonas resultantes son homogéneas en términos de uso de suelos y en viajes generados y atraídos. Su tratamiento no es diferente al de otras zonas, con la salvedad de que en éstas no es necesario que existan hogares, y para estimar la cantidad de viajes, se requerirá -en muchos casos- estudios específicos de producción – atracción de viajes.

Como se vio en el ítem anterior, existen viajes que ingresan y salen del área de estudio hacia otras ciudades en el perímetro. Estas áreas también pueden ser representadas como zonas externas de manera esquemática en el modelo, usando figuras geométricas (círculos, cuadrados, etc.), a fin de tener información como orígenes o destinos de viajes.

b) Cantidad de Zonas

El número de zonas es otra definición delicada. A mayor número de zonas, el análisis de transporte es más preciso y detallado, pero también son mayores los requerimientos del modelo y de la información necesaria. Por otro lado, un número demasiado pequeño de zonas podría conducir a análisis demasiado agregados, reñidos con los objetivos de un estudio de transporte.

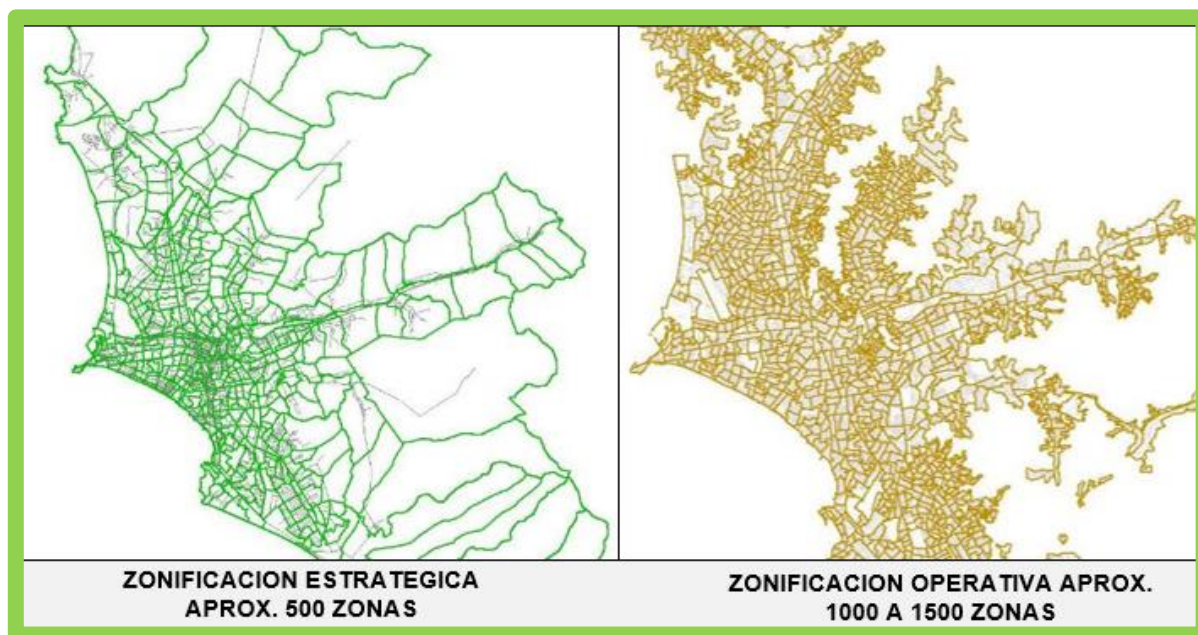
Por ejemplo, un número demasiado reducido de zonas resultará en áreas zonales muy grandes (difícilmente homogéneas), lo que, a su vez, redundará en un gran número de viajes intrazonales. Dado que la unidad de análisis básico es la zona, los modelos de asignación no pueden tratar tales viajes y el análisis completo pierde credibilidad.

La cantidad de zonas ideal es cada hogar, pero es poco práctico. Luego sería cada manzana. lo que sería más razonable, pero aún requiere muchos datos. Entonces, el criterio que se usa en modelación es el espacio que una persona puede caminar, que es de 5 cuadras o 500 metros a la redonda, lo cual sería el mínimo tamaño de una zonificación.

Dentro de la estrategia de modelación de la ciudad, se recomienda los siguientes niveles de zonificación.

- Modelos estratégicos con alrededor de 500 zonas de tránsito.
- Modelo operativo contiene entre 1000 - 1500 zonas de tránsito.
- A nivel de macrozonas, debería ser agrupados a nivel distritos.

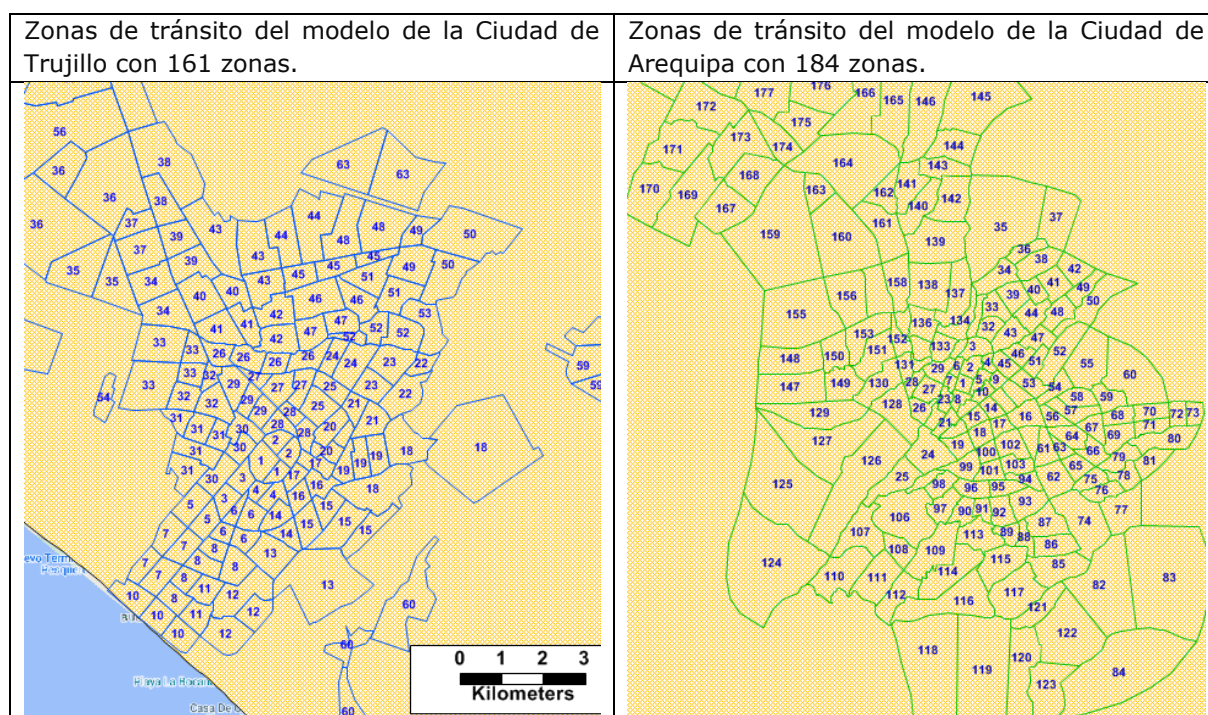
Imagen 3-48: Zonificación Estratégica y Operativa



Fuente: Equipo consultor

En las imágenes siguientes se muestra a manera de ejemplo las zonificaciones de los modelos de transporte de las ciudades de Trujillo y Arequipa.

Imagen 4-1: Cantidad de Zonas



Fuente: Modelos de Transporte de la Ciudad de Trujillo y modelo de transporte de la ciudad de Arequipa

c) Fuentes de Información

A continuación, se describen las principales fuentes de información, sin ser de carácter restrictivo:

- Zonas Censales, Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Planos Catastrales, Municipalidades distritales y provinciales.
- Planos de Zonificación, Municipalidades distritales y provinciales.
- Planos de Usos de Suelo, Municipalidades distritales y provinciales.
- Planos de Desarrollo Urbano, Municipalidades distritales y provinciales.

d) Campos de la capa de Zonas

El archivo de la capa de zonas debe contener al menos información:

Tabla 3-17: Caracterización de zonas

Campo	Descripción
ID	Campo no editable. Valor numérico (entero) que corresponde a un identificador de nodos otorgado por el modelo en el orden de construcción de los mismos.
Área	Extensión de la zona en km ² , generalmente estimados por el software.
Nombre de la Zona	Campo descriptivo con el nombre del distrito, urbanización, etc., a la que pertenece la zona.
Ubigeo	Código geográfico del distrito y/o provincia a la que pertenece.

Campo	Descripción
Código del Centroide	Sirve para correlacionar el código de la zona con el centroide al que está asociado.
Clasificación	Tipo de zona, que puede estar asociado: - Con el uso de suelo (residencial, comercial, industrial, etc.). - Clasificación geográfica (distrito, centro poblado, urbanización, etc.). - Equipamiento o tipo servicio (medico, educativo, etc.).
Distrito	Contiene, en texto, el distrito al que pertenecen las zonas y centroides.
Información complementaria	Información de interés que pueda ser graficada: - Población, empleos, estudiantes, densidad, etc.).

Fuente: Equipo consultor

3.4.3.3. Red Vial

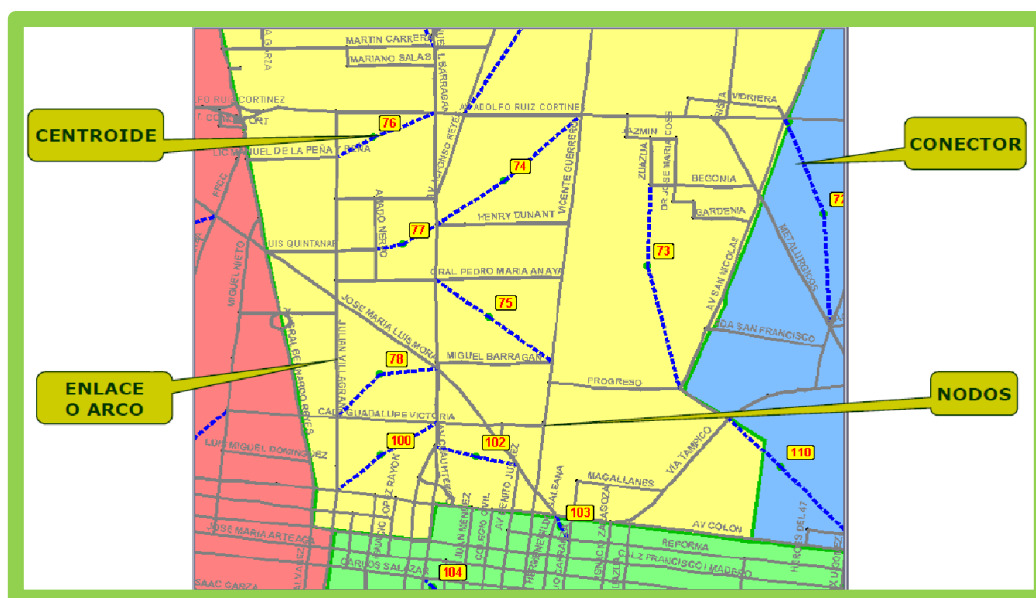
a) Componentes

Para efectos del modelo de transporte, la red vial básica está representada por:

- **Puntos o Nodos:** es el conjunto de puntos que representa las intersecciones de calles y los centroides de las zonas (localización del origen y destino de los viajes).
- **Líneas o Arcos:** es el conjunto de líneas que representa las calles de la ciudad.

La imagen a continuación esquematiza los componentes ya descritos:

Imagen 3-49: Componentes de la Red Vial



Fuente: Equipo consultor

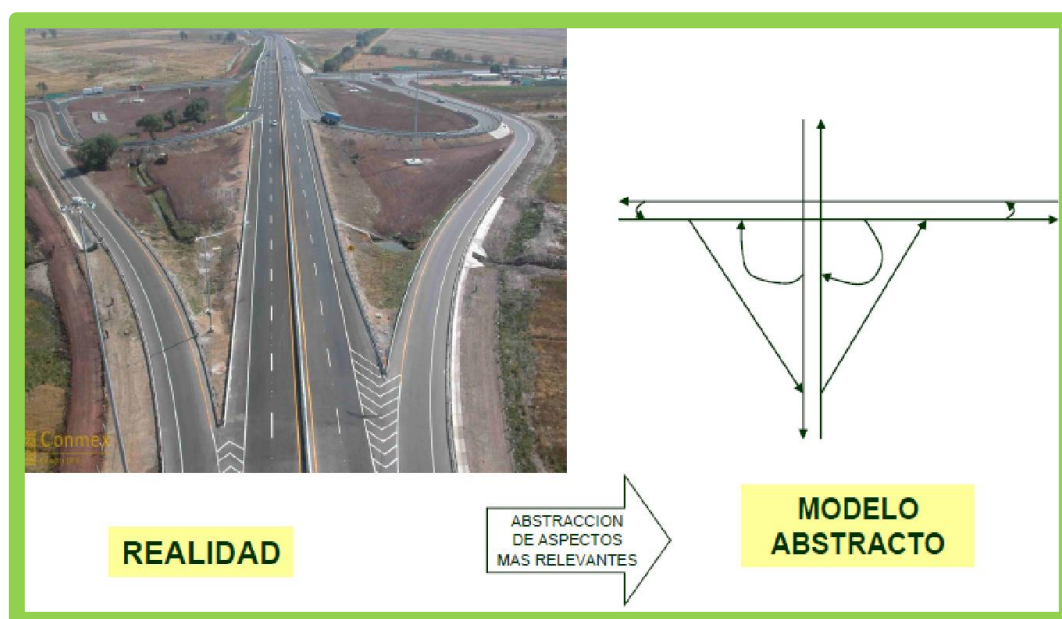
b) Consideraciones

La definición de los arcos y nodos debe guardar un equilibrio entre la simplificación de la red y su representatividad real. Para ello, se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- La red vial no debe ser tan desagregada que puede ser muy real, pero puede causar fuertes dificultades al momento de calibrar el modelo.
- La red no puede ser tan agregada que ya no representa la realidad y de forma similar causa dificultades al momento de calibrar.
- La conectividad debe ser una simplificación razonable de la red vial real y debe resaltar aspectos importantes.
- La red debe contener las características de la clasificación vial y los parámetros asociados a la misma en cuanto a velocidad, capacidad, etc.
- Se debe tener en cuenta la funcionalidad de la red vial a representar y, si existe alguna diferenciación importante a considerar, esta debe realizarse en redes paralelas (por ejemplo. Carriles centrales rápidos y vías auxiliares, etc.).

Para construir la red vial no se necesita representar la realidad en todos sus detalles para decidir un curso de acción. Es preferible ignorar los aspectos que no son relevantes para el análisis.

Imagen 3-50: Simplificación de la red vial



Fuente: Equipo consultor

Como se muestra en la imagen anterior, para efectos del modelo no es necesario dibujar carril por carril. Basta con trazar una línea que tenga contenida la información de la cantidad de carriles y la dirección de estos. Incluso una línea puede representar carriles en ambos sentidos o cualquier otro tipo de característica física, agregando la información adecuadamente.

Esta simplificación adoptada favorece el proceso de modelación, porque a mayor cantidad de arcos y nodos, mayor tiempo requiere su trazado y edición, mayor será el tamaño de los archivos y también será mayor el tiempo de procesamiento de la información.

c) Caracterización de las Vías

Asociado al archivo de vías, se tiene una tabla de datos que caracteriza cada uno de los arcos y nodos (puntos) de la red vial, el cual contiene la siguiente información:

Tabla 3-18: Caracterización de los Nodos

Campo	Descripción
ID	Campo no editable. Valor numérico (entero) que corresponde a un identificador de nodos otorgado por el modelo en el orden de construcción de los mismos.
Longitude - Latitude	Son las coordenadas cartográficas de la posición de cada uno de los nodos introducidas.
Centroides	Los puntos que son centroides son identificados con el número 1.
ID Zona	Contiene los ID de la zonificación, sirve para correlacionar los centroides con la zonificación, y también para realizar operaciones con las matrices.
Macrozonas	Sirve para correlacionar las zonas agregadas con el archivo de zonificación y con las matrices.
Distrito	Contiene, en texto, el distrito al que pertenecen las zonas y centroides.
ID Distrito	Contiene, en número, el distrito al que pertenecen las zonas y centroides, para permitir el análisis agregado de matrices.

Fuente: Equipo consultor

Tabla 3-19: Caracterización de los Arcos

Campo	Descripción
ID	Campo no editable. Valor numérico (entero) que corresponde a un identificador de arcos otorgado por el modelo en el orden de construcción de los mismos.
Length	Longitud del tramo de vía.
Dir	Dirección del tramo.
Nombre-Vía	Nombre del eje vial.
Clasificación	Clasificación adoptada: • Peatonal • Local • Colectora • Arterial • Expresa • Corredor segregado • Vías férreas
Carriles	Cantidad de carriles por vía.
Capacidad	Capacidad de la vía en cantidad de vehículos por hora.
RedPrv	Tramos de vía habilitados para la circulación vehicular y peatonal. Usado en la construcción del Highway Network (Red privada).

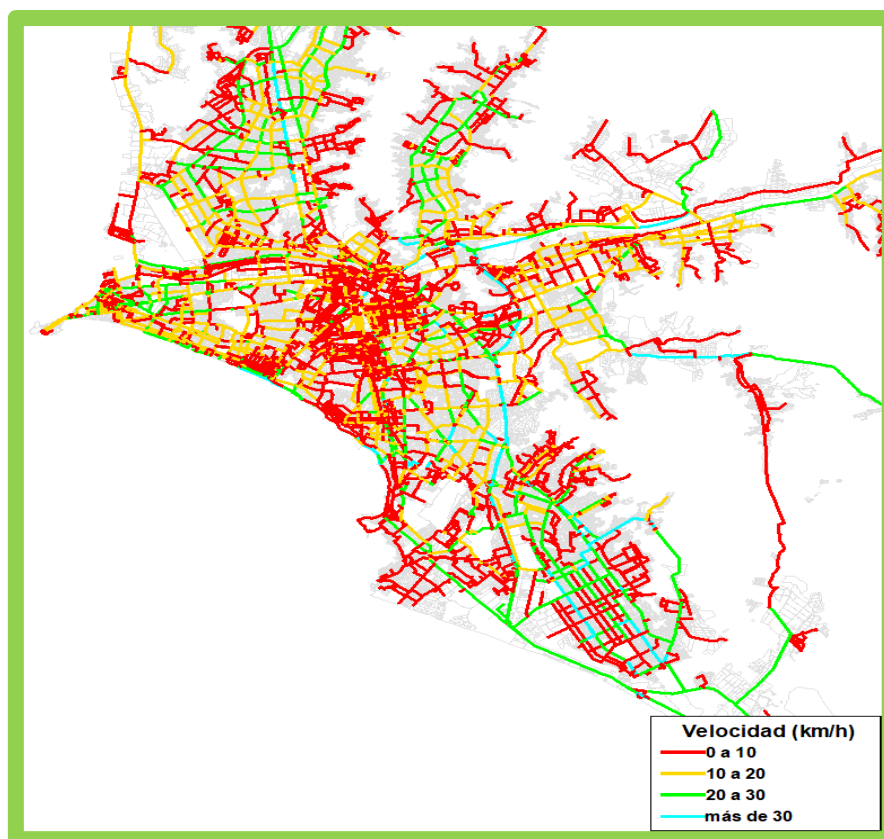
Campo	Descripción
WalkLinks	Tramos de vía habilitados para la circulación peatonal. Usado en la construcción del Transit Network (Red pública).
Vel-Tprv	Velocidad del transporte privado en la red.
Vel-Tpub	Velocidad del transporte público en la red.
Vel-Peat	Velocidad peatonal, se asume 4Km/h.
Time	Tiempo, en minutos, en transporte privado adoptado para la asignación.
Time_Tpub	Tiempo, en minutos, en transporte público, calculado: $60 * \text{Length} / \text{Vel-Bus}$.
Time_Peat	Tiempo, en minutos, para caminata, calculado: $60 * \text{Length} / \text{Vel-Peaton}$.
RutasE0 RutasE1, ... RutasE1n	Tramos de vía por los cuales circula el transporte público, varían según el Escenario. Usado como Drive Links en la construcción del Transit Network (Red pública).
AB-veh / BA-veh	Campos de apoyo para la asignación de vehículos de transporte público y el calibrado según tramos de conteo.

Fuente: Equipo consultor

d) Indicadores de Tránsito

- **Velocidades de Operación:** A través de la identificación de zonas o corredores de baja velocidad, se puede identificar problemas de congestión y se puede considerar medidas para mejorar la fluidez en la vía.

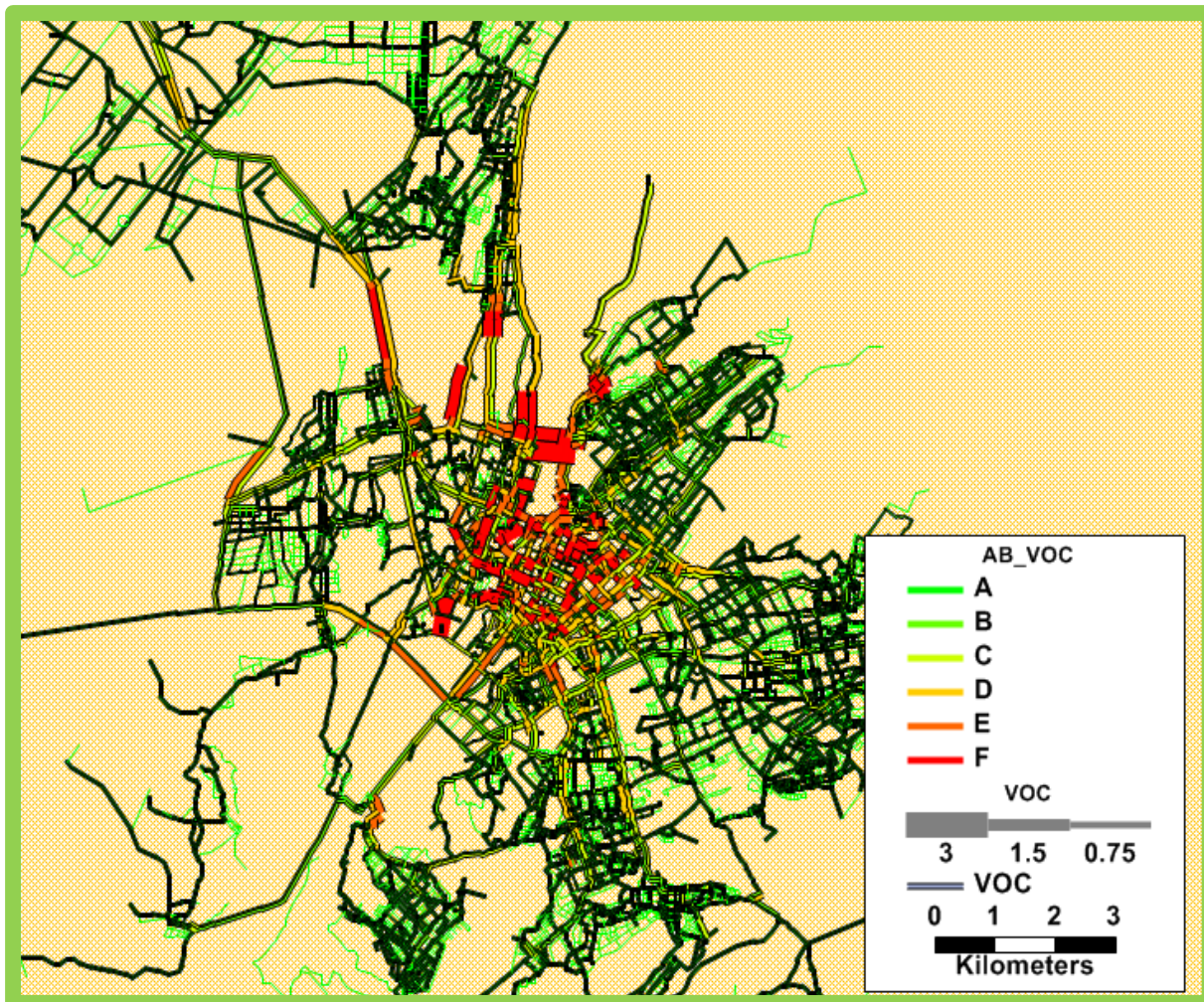
Imagen 3-51: Velocidades en la Red Vial



Fuente: TARYET Ingeniería del Transporte

- **Niveles de Servicio:** Se obtiene a partir de la relación Volumen/ Capacidad, con cuyos resultados se establecen rangos o grados de saturación que se clasifican en niveles entre A y F.

Imagen 3-52: Niveles de Servicio en la Red Vial



Fuente: Modelo de Transporte de Ciudad de Arequipa

3.4.3.4. Rutas de Transporte

a) Componentes

Para efectos del modelo de transporte, las rutas de transporte están representada por:

- **Rutas:** Es el conjunto de líneas que representan las rutas de transporte de la ciudad. Generalmente son dibujadas sobre la capa de la red vial, para lo cual esta debe contener las vías sobre las cuales circulan las rutas; es decir, los itinerarios de las rutas deben estar representados en el modelo.
- **Paraderos:** Es el conjunto de puntos que representa los paraderos y estaciones de las rutas de transporte. Generalmente, son ubicados sobre la capa de puntos o nodos.

Imagen 3-53: Ruta y paraderos



Fuente: MPA

b) Caracterización de las Rutas

Las rutas de transporte público vienen definidas por las características:

- Itinerario de las líneas y paradas.
- Intervalos del servicio reflejado en la hora punta.
- Capacidad del vehículo y de la ruta.
- Tarifas de viaje.

Para ello, se plantearon los campos para el proceso de modelación de acuerdo con los escenarios, como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 3-20: Caracterización de las Rutas

Campo	Descripción
Route_ID	Campo no editable. Valor numérico (entero) que corresponde a un identificador de ruta otorgado por el modelo en el orden de construcción de los mismos.
Route_Name	Nombre de la ruta.
Route_code	Código de la ruta.
Dirección	Establece el sentido de la ruta en función (NS, SN, EO, OE).
Tipo de Vehículo	Tipo de vehículo: Combi, Micro, Bus, Alimentador y Troncal.

Campo	Descripción
Modo	Codificación numérica en función al tipo de vehículo, por ejemplo: • Auto-colectivo: 1 • Combi: 2 • Micro: 3 • Bus: 4 • Bus articulado (BRT): 5
Headway	Intervalo de paso en minutos por ruta y sentido.
Fare	Tarifa en soles de acuerdo al modo: • Auto-colectivo: 1.20 • Combi: 0.80 • Micro: 1.00 • Bus: 1.00 • Bus articulado (BRT): 1.50
Capacidad Vehículo	Capacidad del vehículo, en cantidad de pasajeros, de manera referencial se colocan, por ejemplo: • Auto-colectivo: 4 • Combi: 15 • Microbús: 40 • Bus: 80 • Bus articulado (BRT): 150
Capacidad	Capacidad de la ruta, en cantidad de pasajeros, función a: la capacidad del vehículo (CapVeh), intervalo de paso (Headway) y el periodo de evaluación de acuerdo con la matriz, es decir, 60 minutos (1 hora), de acuerdo con la siguiente fórmula: $\text{Capacity} = \text{CapVeh} \times (60 / \text{Headway})$
RutasE ₀	Rutas habilitadas para el escenario 0, es decir, las rutas actuales.
RutasE ₁ , RutasE _n	Rutas habilitadas para el escenario 1 hasta el escenario n, es decir, los escenarios rutas reestructuras para el proyecto a evaluar.

Fuente: Equipo consultor

Tabla 4-1: Caracterización de los Paraderos

Campo	Descripción
ID	Campo no editable. Valor numérico (entero) que corresponde a un identificador de paradas otorgado por el modelo en el orden de construcción de los mismos.
Longitude-Latitude	Campo no editable. Son las coordenadas cartográficas de la posición de cada uno de los nodos introducidas.
Route_ID	Campo no editable. Es el identificador de la ruta a la cual pertenece cada parada.
Pass Count	Campo no editable. Indica el orden de paso de varias paradas ubicadas sobre la misma posición durante el recorrido de una ruta.

Campo	Descripción
Milepost	Campo no editable. Es la distancia de cada parada respecto el origen de la ruta. De esta manera se obtiene que la última parada determina la longitud real del servicio introducido.
Node_ID	Cada una de las paradas se ha de referenciar al nodo de la capa viaria que representa su ubicación.
NomRuta	Nombre o código de la ruta a la que pertenece el paradero/estación.
NomEst	Nombre de la estación/paradero, este campo descriptivo se usa generalmente para las estaciones de rutas de transporte masivo o paraderos de importancia en corredores principales de la ciudad.

Fuente: Equipo consultor

c) Indicadores de Transporte

- **Densidad de Rutas:** A partir de la cantidad de rutas y su frecuencia, se puede estimar la cantidad de vehículos de transporte público en la vía. La mayor densidad de vehículos en un corredor indica una mayor demanda que necesita ser atendida. Asimismo, puede ser un motivo para optimizar las flotas o tipos de vehículos que dan el servicio.
- **Índice Pasajero Kilometro (IPK):** El IPK representa un indicador de la productividad del sistema de transporte público y, a su vez, proporciona un promedio de la cantidad de pasajeros por kilómetro que transporta cada autobús de la flota que opera en determinada ruta. Este indicador permite evaluar la forma en la que el principal producto del sistema (los kilómetros recorridos en operación) se refleja en su principal resultado operacional, que son los pasajeros. Para calcular el IPK, se requiere que previamente se haya determinado los valores de las variables PVM (pasajeros/vehículo/mes) y RPM (kilómetros/vehículo/mes), tal como detalla la siguiente ecuación:

$$IPK \text{ [pasajeros/kilómetro]} = \frac{PVM \text{ [pasajeros/vehículo/mes]}}{RPM \text{ [kilómetros/vehículo/mes]}}$$

- **Cantidad de kilómetros recorridos:** es el recuento de la cantidad de kilómetros que ha recorrido la unidad durante un viaje.

3.4.4. Construcción de Matriz

3.4.4.1. Matrices

La matriz de viajes de origen/destino es la expresión numérica de las relaciones de movilidad que se producen entre cada par de zonas, dentro de un cierto período de tiempo y en un modo o conjunto de modos de transporte determinado.

Las matrices origen-destino son muy empleadas en el transporte porque, de manera gráfica, permiten conocer los flujos entre los diferentes puntos analizados.

Es decir, la matriz representa los flujos de transporte existentes entre diferentes puntos de la red de transporte.

En la representación, las filas y columnas de la matriz ordenan los puntos considerados de la red de transporte, siendo representados en las filas los posibles orígenes y en las columnas, los posibles destinos.

En las celdas de cada par origen-destino se indica el número de vehículos que circulan entre dicho origen y destino. De esta manera, es posible conocer, mediante una representación esquemática, todos los flujos existentes entre los nodos de la red.

Imagen 3-54: Matriz Origen-Destino

		<i>Destinos</i>					$\sum_j T_{ij}$
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	...	<i>j</i>	
<i>Orígenes</i>	<i>1</i>	T_{11}	T_{12}	T_{13}	...	T_{1j}	O_1
	<i>2</i>	T_{21}	T_{22}	T_{23}	...	T_{2j}	O_2
	<i>3</i>	T_{31}	T_{32}	T_{33}	...	T_{3j}	O_3
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	<i>m</i>	T_{m1}	T_{m2}	T_{m3}		T_{mj}	O_m
	$\vdots$	$\vdots$	<i>Datos del área de estudio</i>			$\vdots$	$\vdots$
	<i>n</i>	T_{n1}	T_{n2}	T_{n3}		T_{nj}	O_n
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	<i>i</i>	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	...	T_{ij}	O_i
$\sum_i T_{ij}$		A_1	A_2	A_3	...	A_j	

Fuente: Equipo consultor

En la matriz de tamaño $m \times n$, donde:

T_{ij} : Viajes desde el origen i con destino j .

O_1 : Total de viajes producidos en la zona 1.

A_1 : Total de viajes atraídos en la zona 1.

La obtención de las matrices origen-destino (matrices O/D) puede realizarse mediante diferentes técnicas. Las más elementales son el recuento de vehículos entre las localizaciones o encuestas a los conductores, aunque su coste económico y humano es muy elevado.

Actualmente, se está avanzando en los algoritmos de estimación de las matrices origen-destino en función de los volúmenes de tráfico en los arcos de la red y el uso de parámetros desactualizados o estimados por otros procedimientos. Es preciso señalar que la complejidad de los algoritmos es elevada y son de difícil aplicación a los problemas reales, debido a las grandes dimensiones de los problemas reales y a las malas propiedades matemáticas de los modelos.

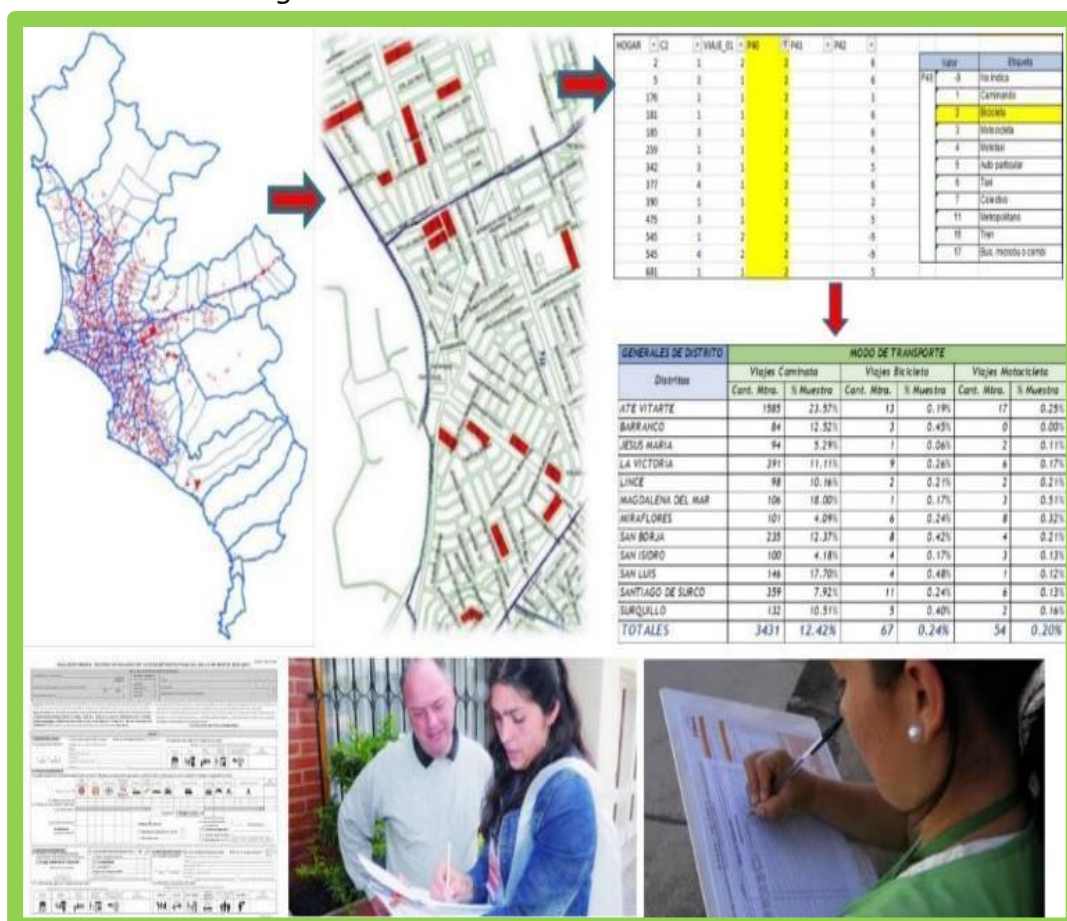
En este paso se unen en parejas cada uno de los viajes producidos en las diferentes zonas (del punto "generación de viajes") con alguno de los diferentes lugares de atracción de viajes en otras zonas o en la misma zona. El resultado de este paso es una tabla de viajes entre las diferentes zonas del modelo, conocida como matriz origen-destino o matriz O-D. La matriz muestra la cantidad de viajes desde cada uno de los orígenes "i" hasta cada uno de los destinos "j".

3.4.4.2. Construcción de Matrices

a) A través del modelo de 4 etapas

Se pueden construir las matrices a partir de los datos obtenidos en las encuestas origen-destino domiciliarias. En realidad, se utilizan las 3 primeras etapas para elaborar las matrices: Se construyen los vectores **Generación - Atracción** (origen-destino), luego la matriz a través del procedimiento de **Distribución**, finalmente la desagregación de matrices a través de la **Partición Modal**.

Imagen 3-55: Construcción de Matrices



Fuente: Equipo consultor

b) A través de encuestas OD

Se pueden construir las matrices a partir de los datos obtenidos directamente en las encuestas origen-destino de interceptación. Se utilizan los factores de expansión calculados entre las cantidades de encuestas y conteos.

3.4.5. Métodos de Selección de Rutas

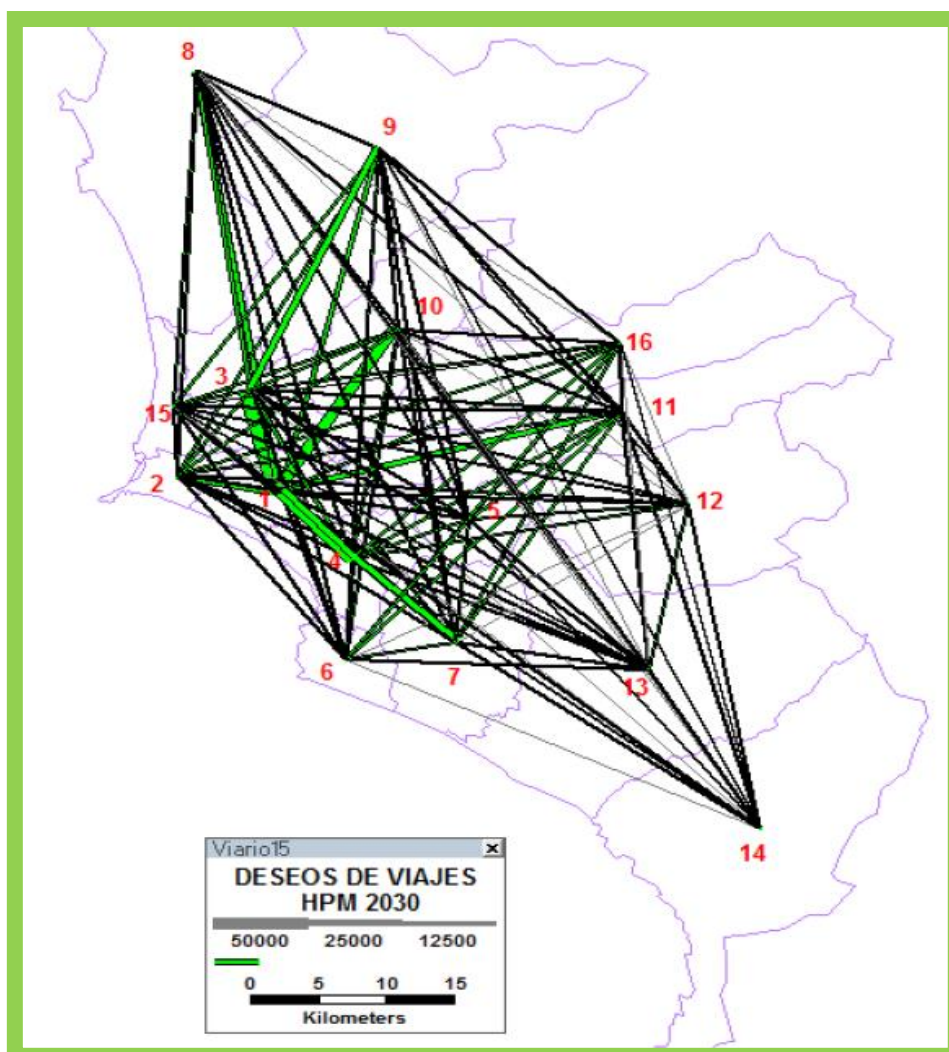
La selección de rutas, que conlleva a la estimación de viajes en potenciales ejes o corredores de demanda, se puede realizar de la manera más simplificada (a través de líneas de deseo) o de la manera más elaborada (asignación de viajes).

3.4.5.1. Líneas de Deseo de Viajes

Las líneas de deseo muestran las principales relaciones de viajes entre zonas, para lo cual toman información de las encuestas origen-destino elaboradas. Básicamente, ayudan a representar la información de las tablas de datos. Un diagrama de línea deseada se utiliza para visualizar una matriz OD, mostrando el flujo de tráfico entre las zonas con líneas cuya anchura representan el volumen de tráfico.

A manera de ejemplo, se han generado líneas de deseo por distritos, a partir de las matrices origen-destino. Se presentan así líneas de deseo (total diario) en transporte público en la hora punta mañana (HPM), excluyendo las relaciones con menos de 2,000 viajes/día.

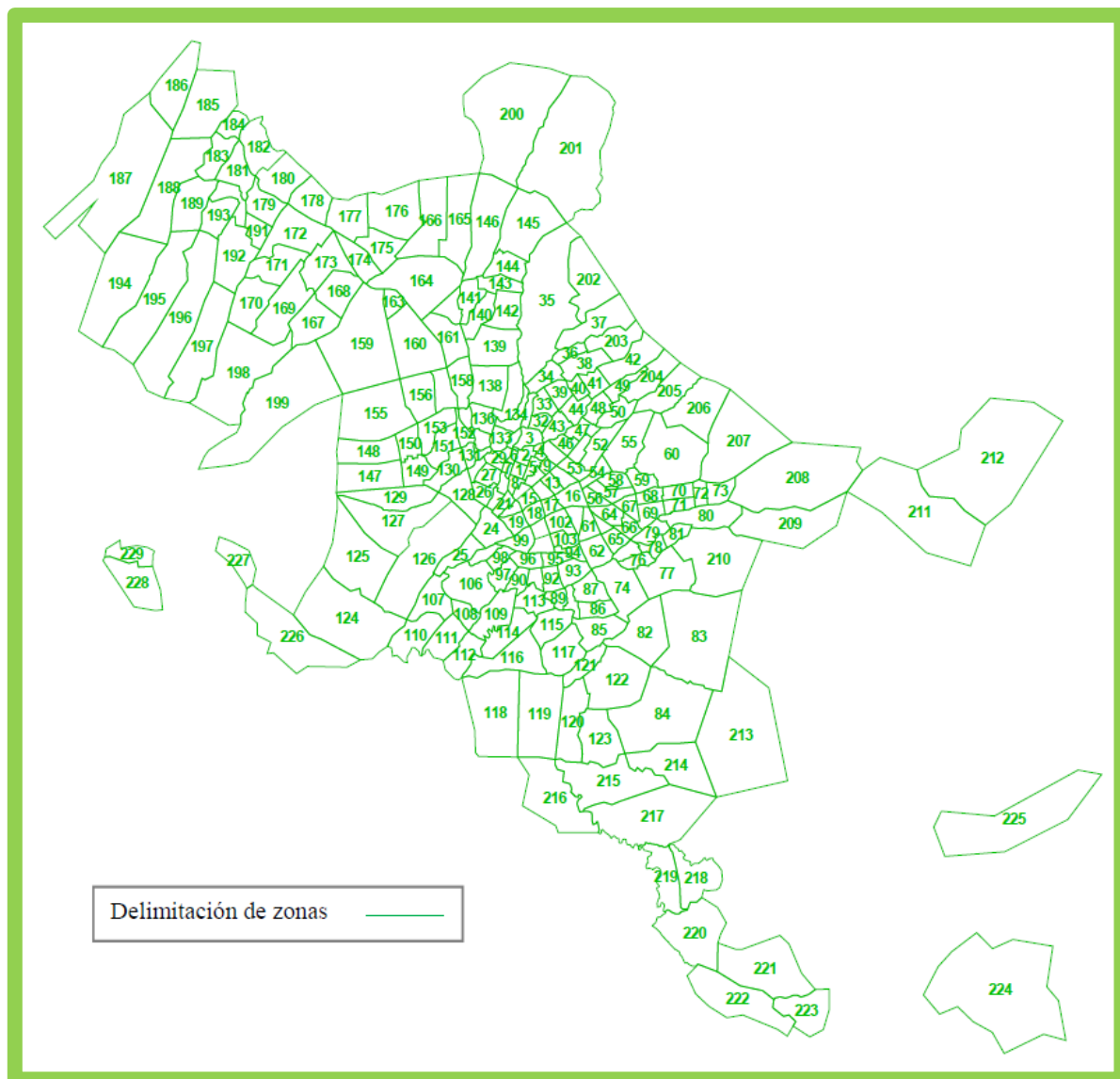
Imagen 3-56: Deseos de viaje en Lima proyectados al año 2030



Fuente: Equipo consultor

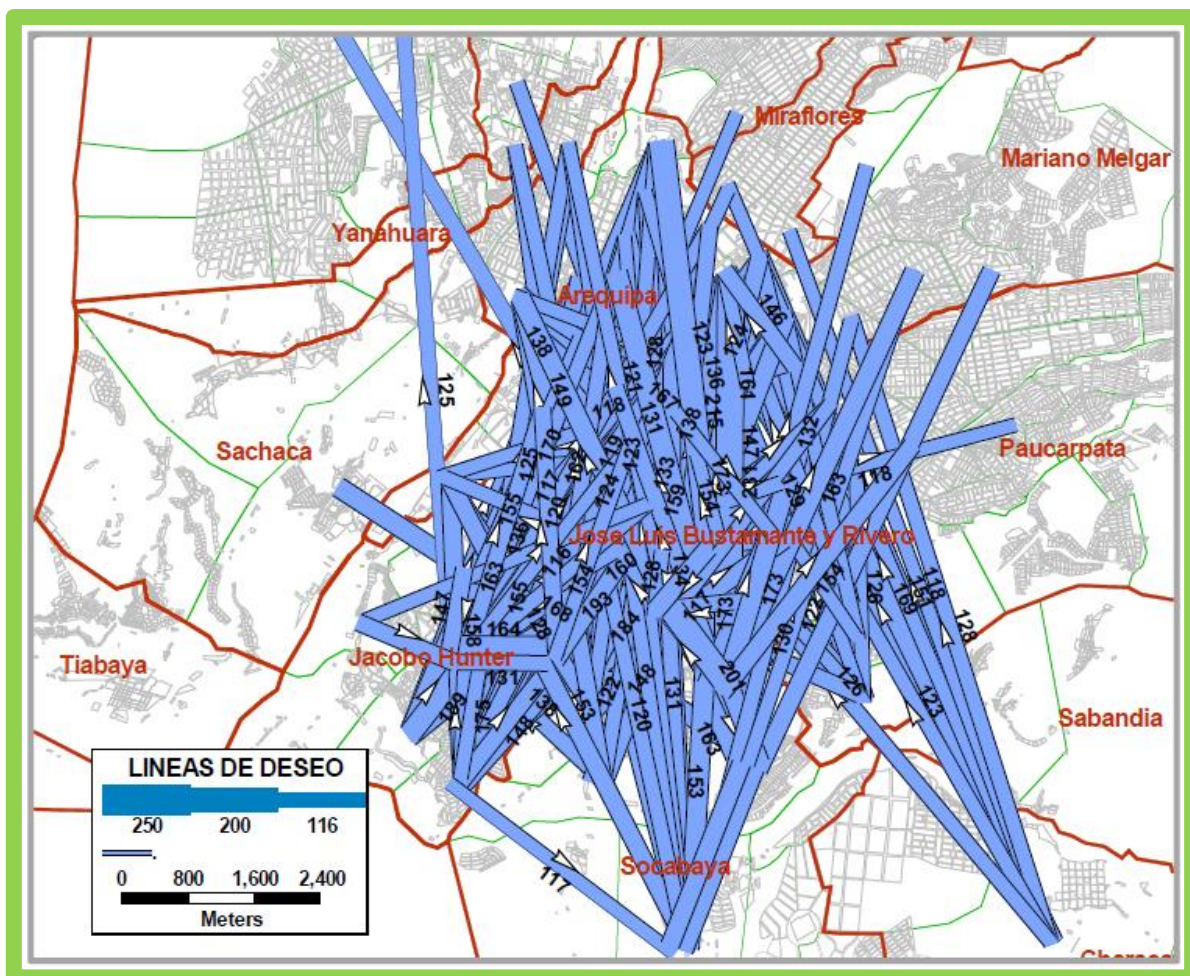
Considerando otro ejemplo aplicado en la ciudad de Arequipa, se establecieron las siguientes zonas de tránsito. Posteriormente, se mostrarán los resultados de la Matriz Origen-Destino a través de sus respectivas Líneas de Deseo, con lo cual se identificará los principales destinos de viajes.

Imagen 3-57: Zonificación final para la ciudad de Arequipa



Fuente: Análisis y Determinación de los Corredores Viales por la Matriz Origen Destino en el Cono Sur de Arequipa (Jacobo Hunter, J. L. B. y R., Socabaya y Characato)

Imagen 3-58: Líneas de deseo con 116 a 231 viajes en transporte público en hora punta

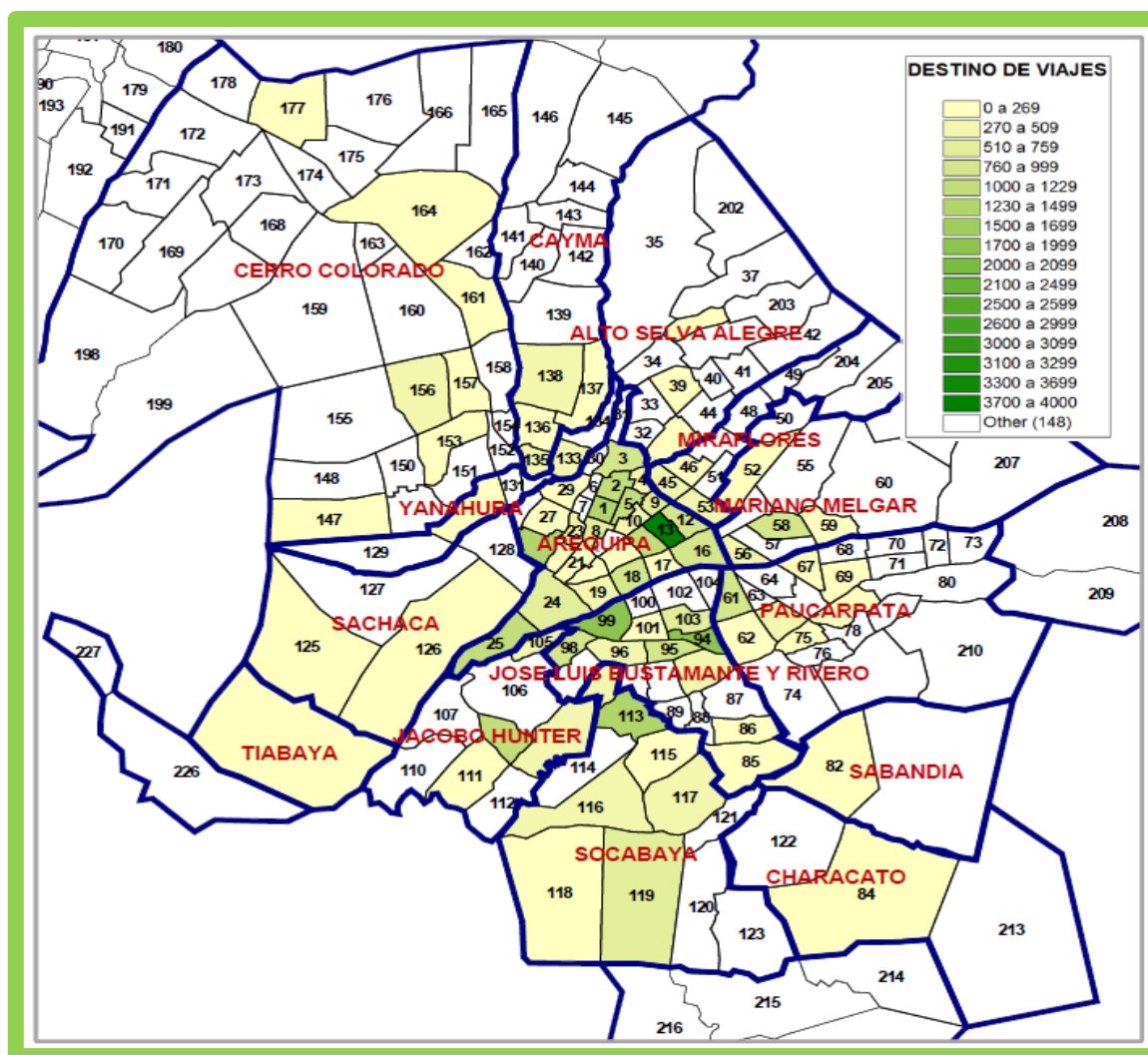


Fuente: Análisis y Determinación de los Corredores Viales por la Matriz Origen Destino en el Cono Sur de Arequipa (Jacobo Hunter, J. L. B. y R., Socabaya y Characato)

Una vez identificadas las relaciones origen-destino más fuertes, que generan la mayor cantidad de viajes, se ubican los ejes o vías que conectan esas demandas y se priorizan las vías de mayor clasificación (arteriales, colectoras), que potencialmente podrían albergar las rutas de transporte público, siendo esto el principal insumo para el diseño de los recorridos del sistema de rutas.

Es así que sintetizando las líneas de deseo de viaje (relaciones origen-destino) obtenemos un mapa que mediante una escala de colores nos explica las principales zonas de destino del área de estudio en ejemplo:

Imagen 3-59: Cantidad de destinos de viajes por zonas



Fuente: Análisis y Determinación de los Corredores Viales por la Matriz Origen Destino en el Cono Sur de Arequipa (Jacobo Hunter, J. L. B. y R., Socabaya y Characato)

Ante la posibilidad de existir diversas alternativas de rutas, también se debe tener en cuenta aquellos ejes que contienen puntos de interés (educativos, comerciales, institucionales, etc.), de tal manera que puedan atraer ese tipo de viajes también.

3.4.6. Asignación de Transporte

El proceso de asignación permite comparar la oferta de la red a la demanda de viajes (las matrices de desplazamientos) y estimar los tránsitos sobre cada tramo de la red.

El programa busca las rutas cuyos costos generalizados (tiempos, distancias, costos, combinación de estos últimos u otros) son mínimos por cada pareja origen y destino.

3.4.6.1. Tipos de Asignación

a) Por el proceso de asignación

Existen varios procesos de asignación entre los cuales se notan:

- Las asignaciones “todo o nada” que identifican solamente un itinerario y no toman en cuenta el efecto de los volúmenes de tránsito respecto a la capacidad de los tramos sobre la velocidad de los vehículos.
- Las asignaciones iterativas que cargan progresivamente la red, así que toman en cuenta los efectos de la congestión para el cálculo de la velocidad. Pues, las velocidades son revisadas a medida que se carga la red.

b) Por el modo de transporte

- Asignación de Transporte Privado: Se asignan las matrices de transporte privado (en vehículos) sobre la red vial.
- Asignación de Transporte Público: Se asignan las matrices de pasajeros (en viajes) sobre las rutas de transporte público.

Estos dos tipos de asignación se desarrollarán a continuación:

3.4.6.2. Asignación de Transporte Privado

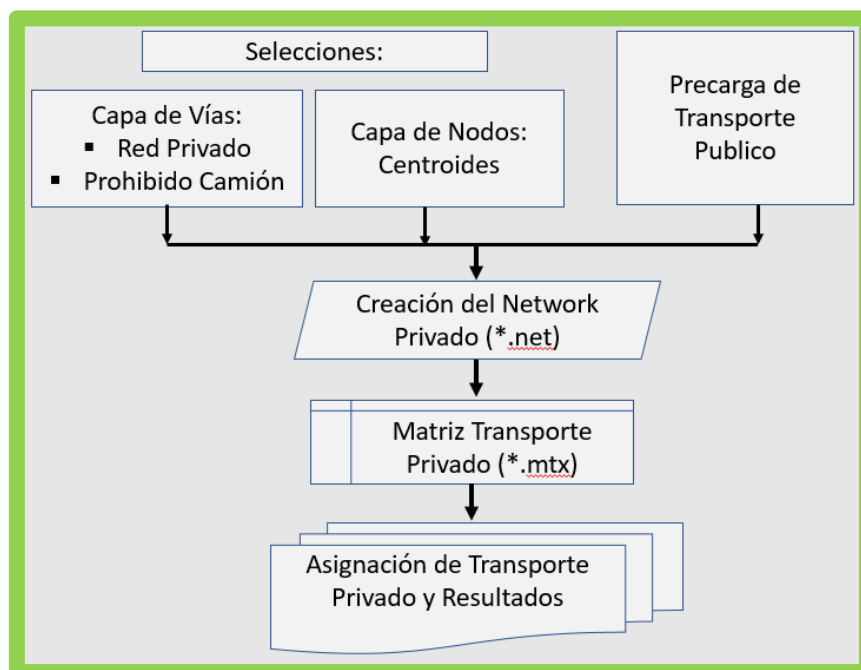
a) Métodos de Asignación de Transporte Privado

- **Método de Camino más Corto (Todo o Nada):** Bajo la asignación todo o nada, todo el flujo de tráfico entre par O-D son asignados al camino conectado más corto del Origen al Destino. Este modelo es irrealista, ya que un solo camino es usado entre el par O-D, aunque hubiera otro camino con el mismo tiempo de viaje o costo. También el tráfico en enlaces está asignado sin considerar si existe o no una adecuada capacidad o congestión fuerte; el tiempo de viaje está fijado como dato de entrada y no varía ni depende de la congestión en el enlace.
- **Equilibrio de Usuario:** El equilibrio de usuario utiliza un proceso iterativo para lograr una solución de convergencia, en el cual ningún viajero puede mejorar su tiempo de viaje para cambiar su ruta. En cada iteración, los flujos de enlace son calculados, el cual incorpora el efecto de la restricción de capacidad del enlace y el tiempo de viajes están dependiendo. La formulación de equilibrio de usuario como un programa matemático fue resuelto por Frank-Wolf.
- **Equilibrio de Usuario Estocástico (SUE):** Es una generalización del equilibrio de usuario que asume que los viajeros no tienen perfecta información concerniente a los atributos de la red y/o ellos perciben los costos de viaje en diferente manera. SUE produce asignaciones más realistas que el modelo de equilibrio de usuario determinístico, porque permite el uso de rutas más atractivas y las menos atractivas; estas últimas serán menos utilizados, pero no tendrán flujo cero como lo hace en Equilibrio de usuario. Para converger y calcular el equilibrio se utiliza el método de promedios sucesivos y necesitan muchas iteraciones.

b) Requerimientos para la asignación de Transporte Privado

- **Matriz Origen – Destino de Vehículos:** La matriz O-D contiene los volúmenes vehiculares para ser asignado por cada par O-D. Los IDs o zonas de las matrices deben ser iguales los nodos especiales en la red llamados centroide.
- **Atributos Opcionales de Red:** adicional a tiempos y capacidad, hay atributos opcionales. Tipo de enlace, alfa*, beta* y Precarga* por cada enlace.
- **Tipo de Enlace:** Usualmente, la red de transporte incluye diferentes clasificaciones, tales como autopistas, arteriales, colectoras, locales, conectores centroides, etc. La clasificación debe ser codificada, permite penalizar giros, funciones BPR específicas.
- **Alfa y Beta de la Función BPR:** puede haber valores globales, definido por cada tipo de enlace, diferentes valores por cada enlace. Si un enlace no tiene el parámetro global, será utilizado.
- **Precarga:** Son volúmenes fijos en la red, estos volúmenes son asociados con los viajes vehiculares que están en la red, pero que no están en las matrices O-D para ser asignadas. Por ejemplo: flujo de camiones y flujo de vehículos de transporte público que tiene rutas fijas; mejora el cálculo de tiempo de viaje y la congestión; la precarga está en un enlace diferente [precarga*].
- **Giros Prohibidos, Penalidades de Giros y Penalidad de Transición:** Puede hacerse de manera global o por giro. La penalidad de transferencia puede establecerse cuando se pasa de una red de carretera a una red de trenes (para flujos de bienes).

Imagen 3-60: Proceso de Asignación de Transporte Privado en TransCAD



Fuente: Equipo consultor

c) Función Volumen-Capacidad

Un elemento importante al momento de la selección de las rutas es la función volumen-capacidad o también conocida como volumen-demora. Es utilizada para representar el comportamiento de las vías frente a la congestión. Las funciones de demora relacionan la intensidad, es decir el volumen de vehículos asignados, con el tiempo de recorrido para cada arco. La formulación genérica adoptada es la siguiente:

$$T = l \left[t_0 + a \left(\frac{i}{c} \right)^b \right]$$

Siendo:

T : Tiempo medio de recorrido del arco (min)

l : Longitud del arco (km).

T₀ : Tiempo medio de recorrido de 1 km a flujo libre (min/km).

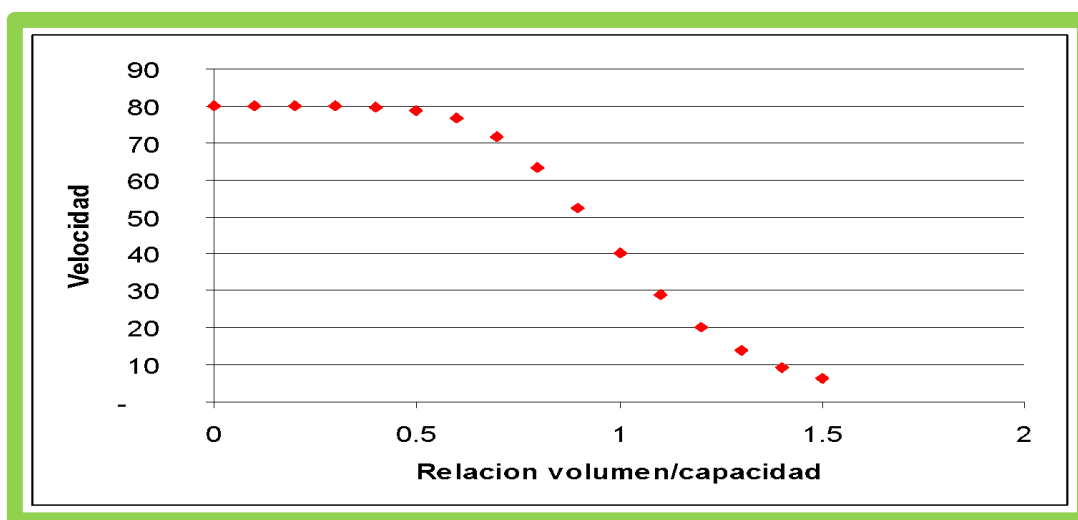
i : Volumen o intensidad de vehículos (veh/h).

c : Capacidad teórica del arco (veh/h por carril)

a, b : Parámetros de ajuste

Cada arco de la red vial debe poseer una curva flujo-demora; es decir una relación funcional que, a cada nivel de flujo en el arco, asigna un tiempo de viaje; y cuando el flujo es cercano a la capacidad, se produce congestión, que se traduce en una rápida caída de la velocidad de operación.

Imagen 3-61: Relación Volumen-Capacidad



Fuente: Equipo consultor

El programa asigna la matriz de origen y destino en varios pasos para tomar en cuenta este fenómeno. Las velocidades son calculadas nuevamente después de cada iteración, así como los costos generalizados que son tomados en consideración en la iteración siguiente.

Las velocidades disminuyen respecto a la relación entre el volumen y la capacidad de cada tramo. Así pues, el itinerario identificado después de una iteración puede no ser el mejor a la iteración siguiente.

En los ítems a continuación se describen algunos de los parámetros utilizados en la función volumen-capacidad.

3.4.6.3. Asignación de Transporte Público

a) Métodos de Asignación de Transporte Público

A continuación, se describen 4 modelos de elección de ruta para encontrar el mejor camino y atributos de camino.

- **Método de Camino más Corto (Todo o Nada):** Este método encuentra el mejor y simple camino desde el origen al destino, minimizando el costo generalizado de viaje. En cualquier segmento únicamente una ruta será elegida, si el segmento es servido por varias rutas con tiempos similares. Las tarifas pueden ser utilizadas en encontrar el mejor camino.
- **Estrategias Óptimas (Estilo de Emme/2):** Es una versión del concepto de Estrategias Óptimas, el cual es generalizado del concepto de un simple camino. Se basa en que el usuario, aborda el primer vehículo que llega, mientras que diferentes caminos son utilizados en el servicio basado en el tiempo y la frecuencia. La tarifa no es utilizada en la determinación de la estrategia óptima.
- **Método de Pathfinder:** Este método es el más generalizado del TRANPLAN Y EMME/2. En el método de Pathfinder la estructura es construida desde la superposición y servicios idénticos, y los súper-caminos son construidos utilizando una lógica similar que el método de estrategias óptimas.

El Pathfinder difiere de estos métodos en que la tarifa es tomada en cuenta en la determinación del mejor camino. Esto es porque utiliza el costo generalizado de viaje en lugar del tiempo de viaje únicamente. El costo generalizado de viaje es calculado aplicando un valor del tiempo (VOT), que es especificado por el usuario.

- **Método de Equilibrio de Usuario Estocástico (SUE):** Este método es iterativo. Es el método de asignación de equilibrio probabilístico, el cual toma en cuenta la capacidad de los servicios de TP y el efecto de la congestión en el vehículo y demora en tiempo de los viajeros.

El método SUE distribuye el flujo entre un particular origen y destino al mejor camino, y otras alternativas de camino como función de los costos generalizados de los caminos. El flujo será limitado si hay congestión dentro del vehículo (crowding) o falta de capacidad en la ruta.

b) Consideraciones para la elección del Método de Asignación

- La asignación Todo o Nada, no es el método más apropiado para grandes sistemas metropolitanos, es más usual en redes de interciudades.

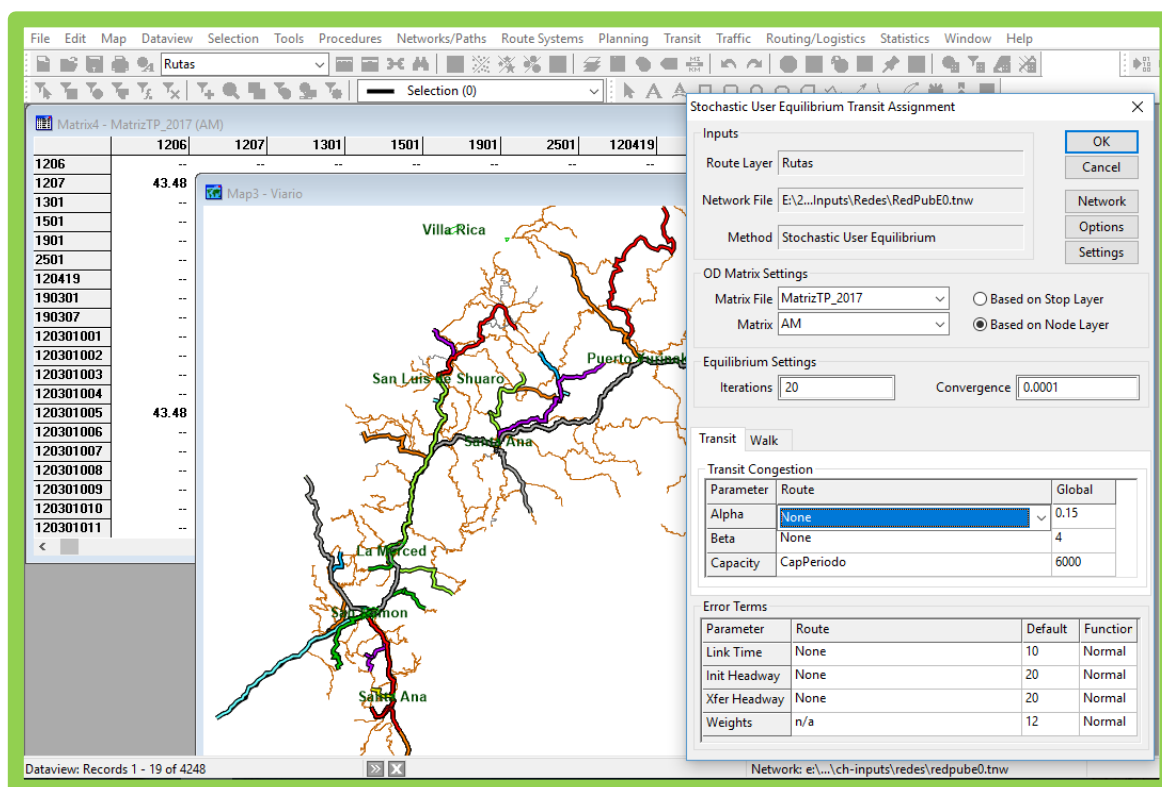
- La mayoría de los usuarios utiliza el método de Pathfinder y el método de SUE. El método de Pathfinder es más fácil su uso más rápido su cálculo.
- El SUE es más complejo y no es tradicional. Es más recomendado para usuarios avanzados.
- Todos los métodos de asignación deben ser probados y calibrados antes de uso. Se debe establecer que tiene un sistema apropiado conectividad zonal y rutas razonables entre los pares origen – destino.
- Los pesos deben, en lo posible, derivarse desde un modelo de elección modal. Las encuestas de preferencias declaradas son una forma de calcular los pesos.

c) Requerimientos para la Asignación de Transporte Público

Para la selección de las mejores rutas, el modelo necesita diversos datos de acuerdo con el caso y disposición de información:

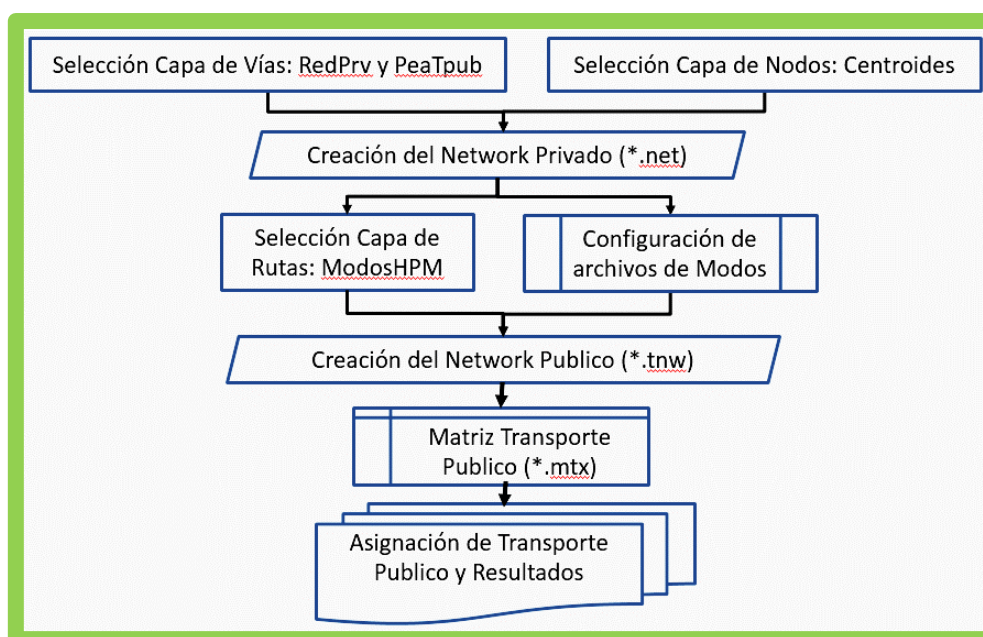
- Matrices de transporte de pasajeros.
- Capa de rutas y de paraderos.
- Información de tarifas.
- Información de intervalos.
- Tiempos de viaje en transporte público.

Imagen 3-62: Ejemplo de configuración de parámetros de Asignación en TransCAD



Fuente: Equipo consultor

Imagen 3-63: Proceso de asignación de Transporte Público en TransCAD



Fuente: Equipo consultor

d) Resultados

Los resultados de la asignación son tablas con los viajes en todos los paraderos a lo largo de la ruta en la red de transporte.

La tabla contiene un registro por cada segmento de ruta. Los segmentos son identificados por un ID del paradero al comienzo y el final de cada segmento.

Imagen 3-64: Resultados de Asignación de Transporte Público

Dataview4 - Transit Flows										
LRS_ID	ROUTE	FROM_STOP	TO_STOP	CENTROID	FROM_MP	TO_MP	FLOW	BaseVTT	Cost	
1	12	1267	1268	0	0.0000	0.0336	0.0000	0.2163	0.0108	
2	12	1268	1269	0	0.0336	0.1575	0.0000	0.7973	0.0399	
3	12	1269	1271	0	0.1575	0.2581	0.0000	0.6476	0.0324	
4	12	1271	1272	0	0.2581	0.4444	0.0000	1.1999	0.0600	
5	12	1272	1273	0	0.4444	0.5408	0.0000	0.6200	0.0310	
6	12	1273	1274	0	0.5408	0.8635	0.0000	2.0775	0.1039	
7	12	1274	1275	0	0.8635	0.9127	0.0000	0.3167	0.0158	
8	12	1275	1277	0	0.9127	0.9988	0.0000	0.5545	0.0277	
9	12	1277	1279	0	0.9988	1.0485	0.0000	0.3201	0.0160	
10	12	1279	1280	0	1.0485	1.7259	0.0000	1.4535	0.0727	
11	12	1280	1281	0	1.7259	1.9765	0.0000	0.5377	0.0269	
12	12	1281	1282	0	1.9765	2.2054	0.0000	0.6042	0.0312	

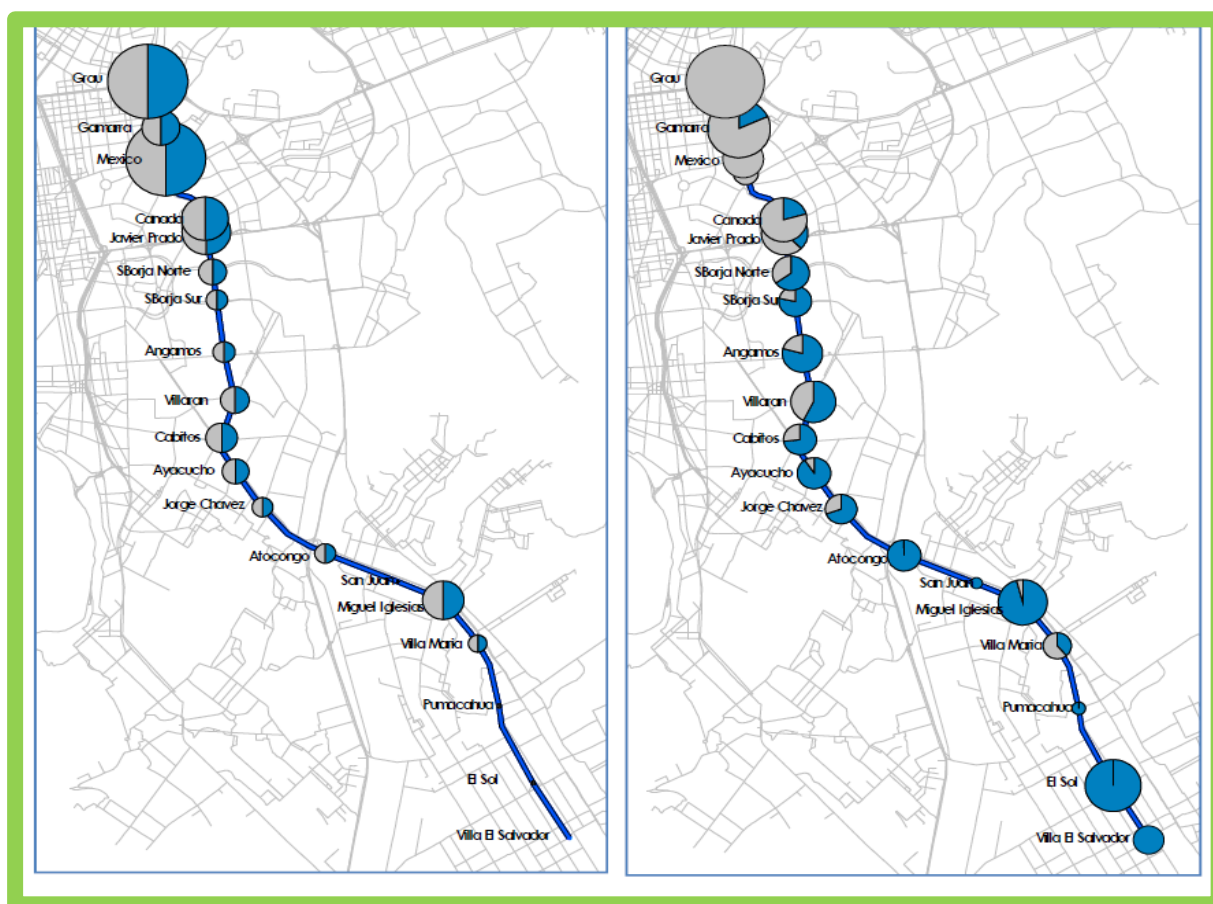
Dataview7 - Boarding Counts			
STOP	ROUTE	ON	OFF
219425	3383	1909.5996	0.0000
217992	3064	1715.1437	0.0000
221467	3280	1531.2333	0.0000
114428	1174	1475.1075	0.0000
135566	1353	1214.0559	0.0000
198013	3138	1150.7682	0.0000
219311	3382	1085.8340	0.0000
240738	3086	1069.8961	0.0000
208033	3050	1041.4241	0.0000
23215	250	899.7462	0.0000

Fuente: Equipo consultor

La asignación de transporte público tiene como resultados:

- **Boarding Counts:** tabla que contiene la cantidad de pasajeros subidos (ON) y bajados (OFF) en todos los paraderos.
- **Transit Flows:** cantidad de pasajeros que usan el transporte público por cada corredor, que combina información de todas las rutas que comparten una misma vía.
- **Walking Flows:** cantidad de peatones que transitan por la red de transporte público.
- Otros resultados opcionales:
 - Matrices de resumen atributos de la red, que hace posible calcular los números de transferencias, el costo generalizado y atributos de red adicional, entre cada par OD, atributos de enlaces de red.
 - Tabla de origen y destino de paraderos, por rutas.
 - Tabla de movimiento de transferencia entre rutas o en paraderos.
 - Una tabla de agregación inicial de esperas de transferencias o total transferencia de tiempo de caminata en estaciones.

Imagen 3-65: Resultados de Asignación de Transporte Público por Estaciones



Fuente: Línea 1 Metro de Lima (ALG-2010)

3.4.7. Calibración del Modelo

La calibración del modelo consiste en comparar los valores del tránsito asignado por el modelo a cada uno de los tramos de la red con los volúmenes de los conteos. Cuando se identifican diferencias significativas se investigan sus causas y, si es necesario, se ajustan los parámetros considerados en la modelación.

La asignación de las matrices vehiculares O-D en la red vial no permiten tomar en cuenta la totalidad del tránsito, dado que las encuestas son una muestra de los flujos de campo.

Asimismo, ciertos movimientos de vehículos tienen por origen y por destino la misma zona, tratándose de flujos de tránsito locales no asignados en la red, debido a que la asignación sólo toma en cuenta los movimientos de vehículos entre un origen y un destino ubicados en zonas diferentes.

Imagen 3-66: Calibración del Modelo



Fuente: Equipo consultor

- Parámetros de aceptación de la calibración:
 - **Estadístico GEH:** Para contrastar los datos de campo con los obtenidos con los datos resultantes del modelo, se utiliza el estadístico GEH. El estadístico GEH por enlace, aceptado por la mayoría de los consultores como un indicador de calibración sobre la red. Su formulación es:

$$GEH(i) = \sqrt{\frac{(C_i - A_i)^2}{(C_i + A_i)/2}}$$

Donde:

C_i : es el dato observado.

A_i : es el dato asignado por el modelo en el enlace i .

Los criterios de aceptación son:

- El valor de $GEH \leq 4$ para líneas cortinas, un corredor de interés de estudio.
- Al menos el 60% tengan $GEH \leq 5$.
- El 90% de casos el $GEH \leq 10$.
- El 100% de casos menor $GEH \leq 12$.

La experiencia del consultor es que un punto de aforo está ajustado cuando las diferencias de porcentajes son pequeñas o, si éstas son grandes, el estadístico GEH es menor de 10. Si $GEH < 10$, el ajuste es adecuado, aunque tiende a ser un estadístico excesivamente restrictivo para cifras elevadas.

Hay que indicar que las calibraciones se realizarán con énfasis en los puntos de peaje a nivel de la red vial nacional.

- **Estadístico %RMSE:** su formulación es:

$$\%RMSE = 100 * \sqrt{\frac{\sum (C_i - A_i)^2 / (N - 1)}{\sum C_i / N}}$$

Donde:

C_i : Es el aforo o flujo observado.

A_i : Es el aforo o flujo asignado por el modelo en el enlace i.

N : Es número de observaciones.

El criterio de aceptación es que el $\%RMSE \leq 30\%$.

- **Estadístico R^2 :** También conocido como coeficiente de determinación, es consecuencia de los el GEH y %RMSE salgan aceptable.

Sea:

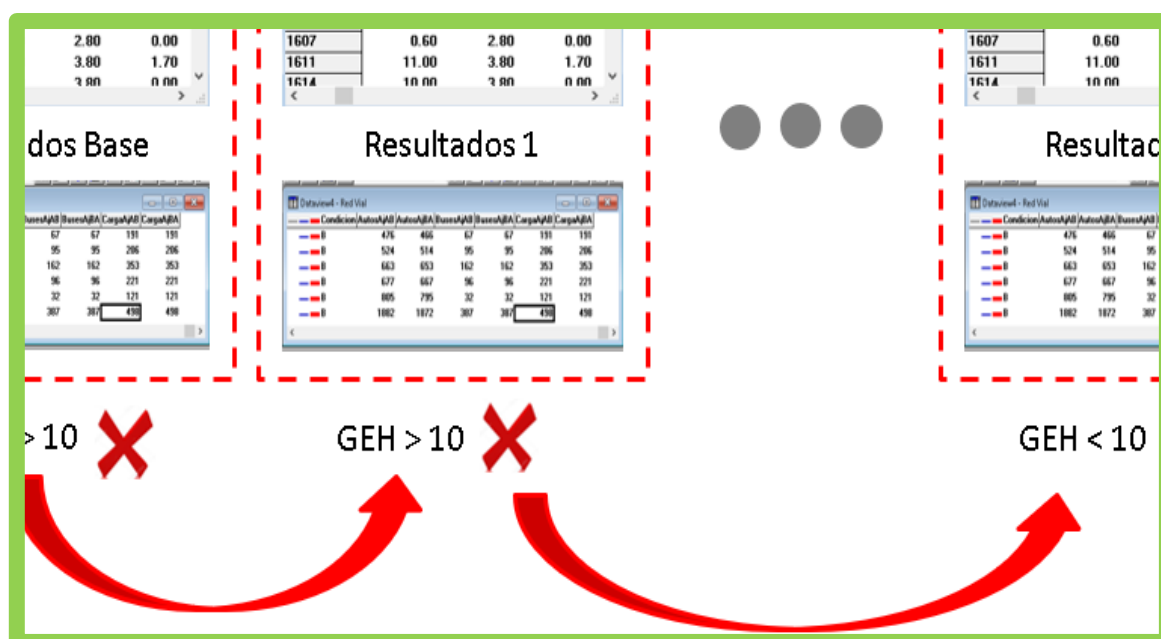
$$Dato_{modelo} = A + B * Dato_{observado}$$

El criterio de aceptación es:

Estadístico $R^2 > 0.80$ y $A=0$ y $B=0.85 - 1.15$.

- **Proceso de Calibración:** En general, el proceso de calibración es iterativo, hasta que los resultados del modelo sean similares a los de trabajo de campo.

Imagen 3-67: Proceso de Calibración y Ajuste de GEH



Fuente: Equipo consultor

Cuando la calibración no está dentro del rango aceptable, se repite el proceso iterativo, ingresando la nueva matriz obtenida.

- Calibración de Transporte Privado:** La calibración del modelo está determinada por la variación de las funciones volumen – demora (Flujo-Velocidad), las cuales se van ajustando hasta lograr reproducir de manera satisfactoria tanto el patrón de la distribución de tiempos de viaje, como los volúmenes observados en campo en cada uno de los lugares de aforo.

Es decir:

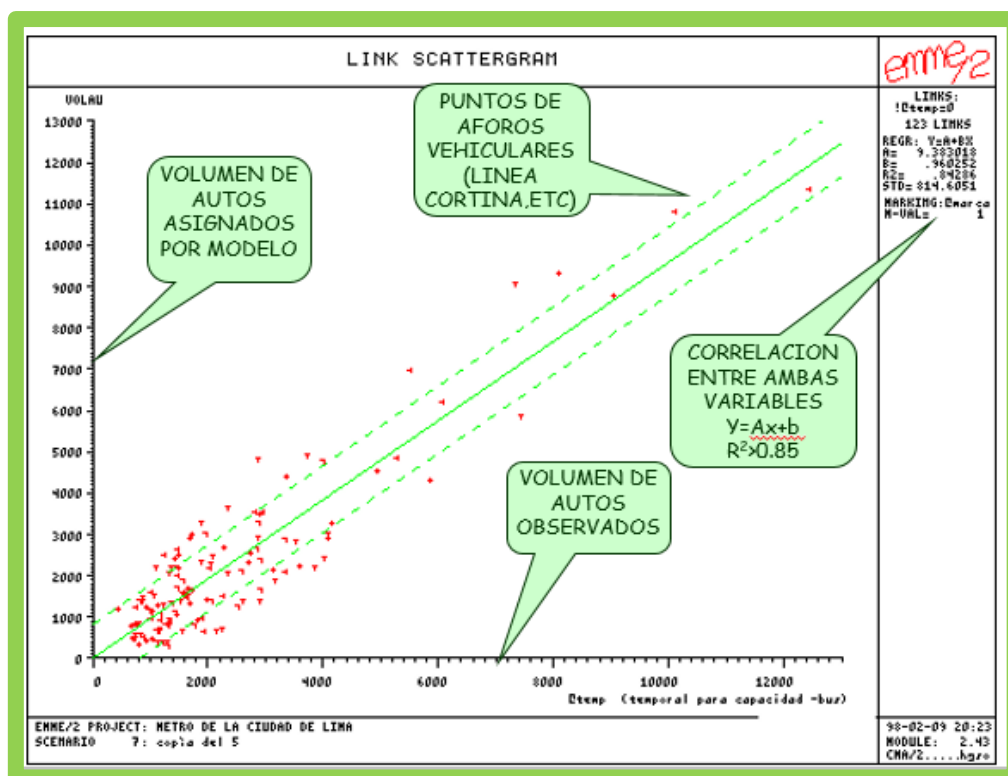
$$Volumen_{Modelo} \cong Volumen_{Reales}$$

$$TiempoRecorrido_{Modelo} \cong TiempoRecorrido_{Reales}$$

$$Caminos_{Modelo} \cong Caminos_{Reales}$$

Una vez calibrado el modelo de asignación de transporte privado, el resultado del proceso de asignación es la estimación de los tiempos y costos de los usuarios de cada par de origen destino, para la situación actual.

Imagen 3-68: Diagrama de Dispersión de Calibración de Transporte Privado



Fuente: Equipo consultor

- **Calibración de Transporte Público:** La calibración del modelo está determinada por la variación o ajuste de:

Las funciones de tiempo del transporte público.

- El peso o ponderador de la caminata en la función de costo generalizado.
- El peso o ponderador de la espera en la función de costo generalizado.
- El peso o ponderador del tiempo de transbordo en la función de costo generalizado.
- El factor del tiempo de espera.
- Los valores efectivos de los intervalos de las rutas.

Se debe lograr que:

$$Volumen_Pasajeros_{Modelo} \cong Volumen_Pasajeros_{Reales}$$

$$Volumen_Vehículos_{Modelo} \cong Volumen_Vehículos_{Reales}$$

$$Tiempo_Recorrido_{Modelo} \cong Tiempo_Recorrido_{Reales}$$

$$Tiempo_Caminata_{Modelo} \cong Tiempo_Caminata_{Reales}$$

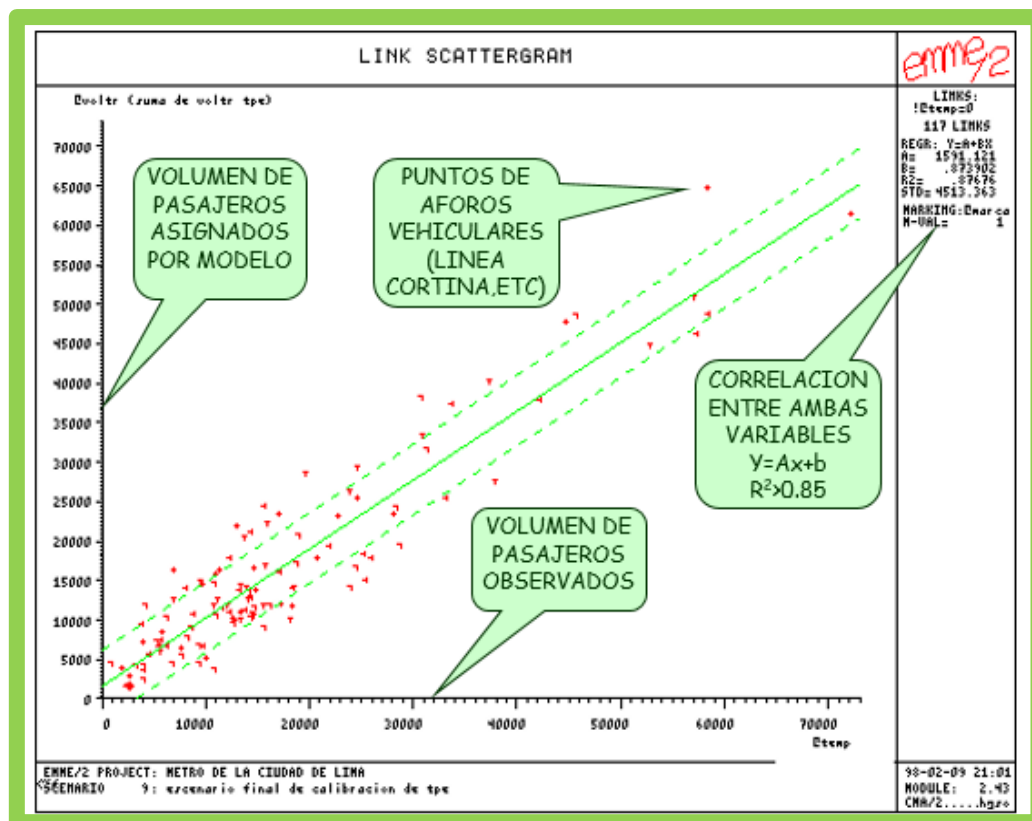
$$Tiempo_Espera_{Modelo} \cong Tiempo_Espera_{Reales}$$

$$Número_Transbordos_{Modelo} \cong Número_Transbordos_{Reales}$$

$$Caminos_{Modelo} \cong Caminos_{Reales}$$

Es más complejo que la calibración de transporte privado.

Imagen 3-69: Diagrama de Dispersión de Calibración de Transporte Público



Fuente: Equipo consultor

• Recomendaciones

- Al realizarse el proceso de calibración se tiene que reproducir las condiciones de la red vial, durante el periodo que se realizaron los trabajos de campo. Sabemos que lo ideal es el funcionamiento de la ciudad en un periodo normal; sin embargo, durante el desarrollo de los trabajos de campo se presentan situaciones cuya duración es demasiado prolongada como para evitarlos o posponer los trabajos de campo. Por ejemplo: calles o carriles cerrados por obras, desvíos generados por huaicos, etc. Todo ello influye en los datos de tráfico tomados y el modelo calibrado debe representar esas situaciones.
- Los valores de GEH deben ser presentados y evaluados por cada estación o punto de control de conteo o aforo (vehículos o pasajeros), no como la suma de todos los puntos de conteo. A veces se presentan los datos acumulados de la calibración de todos los puntos y resultan valores aceptables, al entrar en detalle a cada punto se puede notar que no todos cumplen, algunos por exceso y otros por defecto, cuando se juntan en el global terminan compensándose y dando la imagen de un modelo calibrado, cuando en realidad no lo está.

- Alcanzar una calibración aceptable puede ser un proceso bastante complejo, dependiendo de la cantidad de puntos de control. Si existen puntos de control que no converjan en una calibración y cuya importancia en el desarrollo del proyecto no es significativa, el revisor podrá considerar o no incluirlo en su evaluación y aceptar o rechazar el conjunto de la calibración presentada.

3.4.8. Escenarios del Modelo

Con los modelos de transporte se pueden evaluar diversos escenarios. La configuración de escenario dependerá de proyecto o estudio a desarrollar:

3.4.8.1. Temporales:

Se refiere a los cortes temporales a desarrollar en el proyecto. Generalmente se desarrollan los modelos para el año base (año de los trabajos de campo y calibración del modelo).

Luego, la implementación de proyectos puede llevar más de un año, por lo cual se debe modelar el escenario para el año en que entre en funcionamiento.

En el caso de las medidas de gestión o cambios en servicios de rutas, que se pueden implementar más fácilmente, el año base puede coincidir con el del inicio del proyecto.

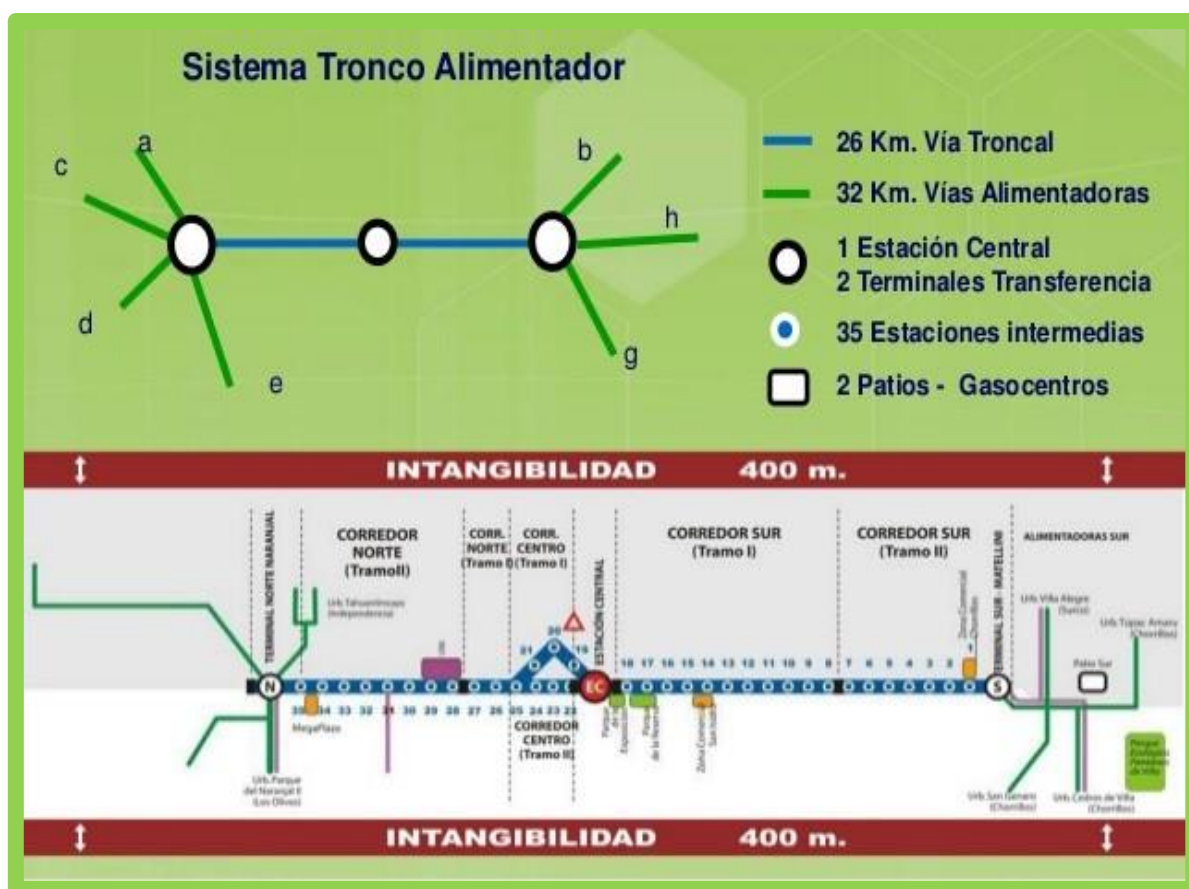
Tras eso se deben tener cortes temporales a futuro, cada 5 años, al menos durante 10 años, que usualmente es el periodo de evaluación de los proyectos de inversión pública.

3.4.8.2. Ordenamiento:

Se refiere a los escenarios de ordenamientos de rutas. Usualmente, se modela la situación con las rutas actuales. La situación con las rutas reordenadas o racionalizadas, en algunos casos, se conoce como escenario evolutivo, que implica la optimización del sistema actual de rutas, es decir, adecuar la oferta a la demanda.

También puede haber escenarios que consideren la implementación de un corredor de transporte masivo, rutas troncales, con una configuración diferente de estaciones o paraderos de acuerdo a su demanda, así como el desarrollo de rutas alimentadoras.

Imagen3-70: Ordenamiento de rutas en un Sistema Tronco Alimentador



Fuente: Protransporte

3.4.8.3. Tarifarios

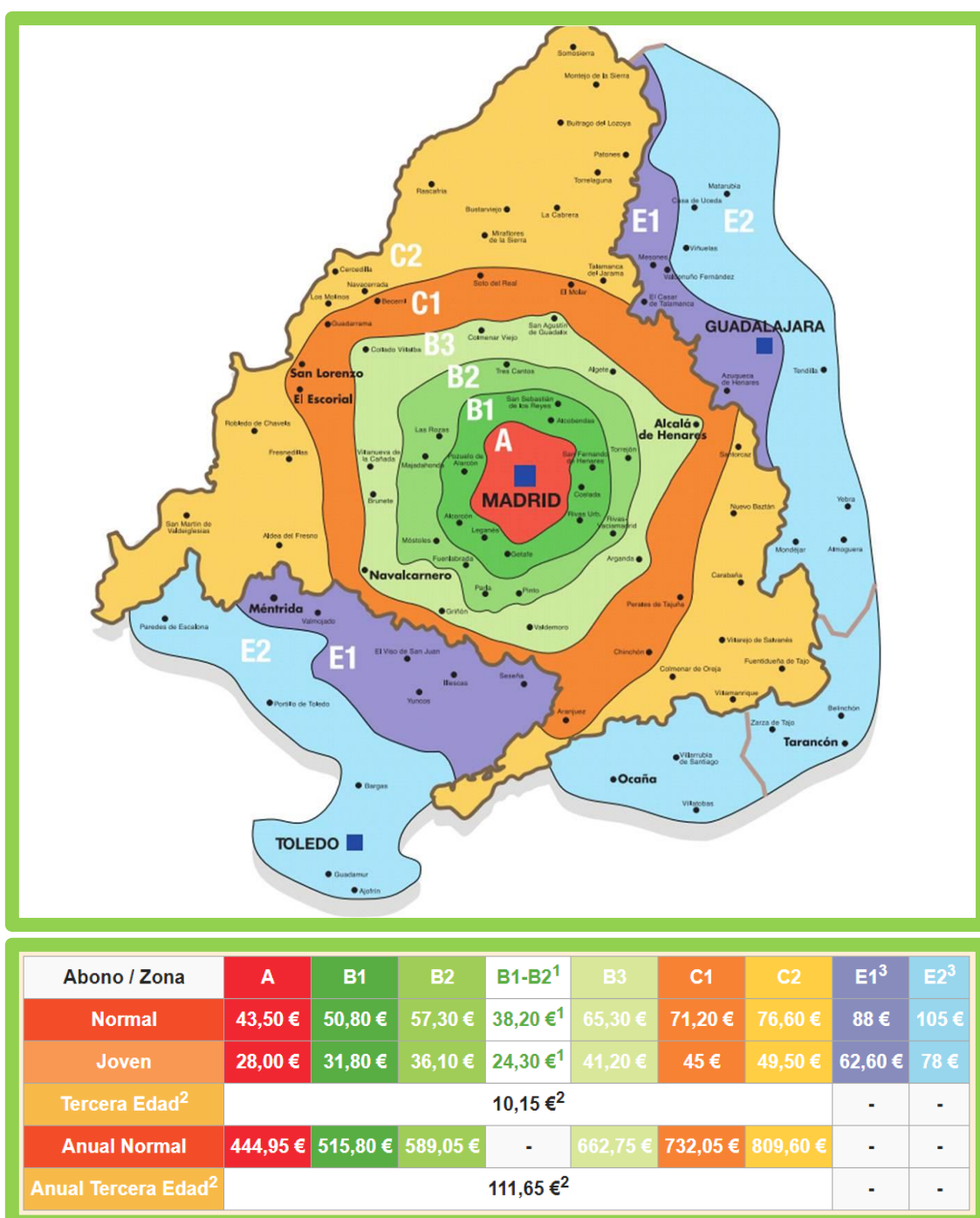
Son escenarios de evaluación de políticas tarifarias. Generalmente se usan tarifas planas o de acuerdo con la distancia en los sistemas tradicionales de rutas.

En estos casos se trabajan también sensibilidades de tarifas, considerando diferentes rangos de precio y estimando la demanda en cada caso.

Sin embargo, las evaluaciones tarifarias también pueden estar relacionadas con el sistema a implementar: tarifas diferencias para los servicios troncales y alimentadoras, tarifas con descuentos en los trasbordos o dando un rango de tiempo dentro de los cuales el trasbordo tiene un descuento.

También se pueden evaluar, tarifas de acuerdo con las zonas, distancias recorridas o cantidad de estaciones recorridas.

Imagen 3-71: Ejemplo de Tarifas Zonales



Fuente: Consorcio Regional de Transportes de Madrid

Todas estas consideraciones, así como otras de cada caso particular de las ciudades, se pueden modelar como escenarios antes de la implementación del sistema, a fin de determinar la mejor configuración del servicio de transporte público.

3.4.9. Proyecciones del Modelo

Existen diversos métodos para proyectar las demandas obtenidas en el año base del proyecto, a fin de obtener las demandas durante la vida útil del proyecto.

Imagen 3-71: Ejemplo de resultados de Proyecciones

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
A									
	Vehic*hora=143.640	Vehic*hora=164.409	Vehic*hora=190.362	Vehic*hora=220.383	Vehic*hora=258.638	Vehic*hora=308.188	Vehic*hora=370.415	Vehic*hora=453.349	Vehic*hora=539.083
	Vehic*km=3.475.992	Vehic*km=3.650.566	Vehic*km=3.833.156	Vehic*km=4.013.932	Vehic*km=4.206.491	Vehic*km=4.419.018	Vehic*km=4.632.333	Vehic*km=4.869.853	Vehic*km=5.075.008
	Vel Promed=24 km/h	Vel Promed=22 km/h	Vel Promed=20 km/h	Vel Promed=18 km/h	Vel Promed=16 km/h	Vel Promed=14 km/h	Vel promed=13 km/h	Vel Promed=11 km/h	Vel Promed=9 km/h
B									
	Vehic*hora=143.640	Vehic*hora=129.814	Vehic*hora=128.706	Vehic*hora=114.795	Vehic*hora=125.726	Vehic*hora=61.014	Vehic*hora=40.958	Vehic*hora=40.564	Vehic*hora=40.564
	Vehic*km=3.475.992	Vehic*km=3.457.041	Vehic*km=3.462.518	Vehic*km=3.377.257	Vehic*km=3.450.237	Vehic*km=2.083.332	Vehic*km=1.691.409	Vehic*km=1.704.953	Vehic*km=1.704.953
	Vel Promed=24 km/h	Vel Promed=27 km/h	Vel Promed=27 km/h	Vel Promed=29 km/h	Vel Promed=27 km/h	Vel Promed=34 km/h	Vel Promed=41 km/h	Vel Promed=42 km/h	Vel Promed=42 km/h
C									
	Vehic*hora=143.640	Vehic*hora=146.324	Vehic*hora=164.374	Vehic*hora=160.164	Vehic*hora=211.978	Vehic*hora=142.760	Vehic*hora=88.783	Vehic*hora=102.435	Vehic*hora=118.156
	Vehic*km=3.475.992	Vehic*km=3.628.070	Vehic*km=3.802.553	Vehic*km=3.831.718	Vehic*km=4.146.655	Vehic*km=2.919.588	Vehic*km=2.495.394	Vehic*km=2.687.944	Vehic*km=2.833.847
	Vel Promed=24 km/h	Vel Promed=25 km/h	Vel Promed=23 km/h	Vel Promed=24 km/h	Vel Promed=20 km/h	Vel Promed=20 km/h	Vel Promed=28 km/h	Vel Promed=26 km/h	Vel Promed=24 km/h

Hipótesis A: No hacer nada – en esta hipótesis, se ha considerado el crecimiento vegetativo de Lima metropolitana en la red actual, sin ninguna modificación hasta el año horizonte final de este estudio

Hipótesis B: Implementar todos los proyectos SIN crecimiento – en esta hipótesis, de carácter más didáctico, se ha considerado los proyectos sin crecimiento vegetativa, para que se pueda evaluar los efectos

Hipótesis C: Implementar todos los proyectos CON crecimiento – en esta hipótesis se ha considerado todos los proyectos propuestos más el crecimiento vegetativo de Lima Metropolitana.

Fuente: Estudio Puerto-Ciudad (MTC-2010)

Estas proyecciones ayudan a estimar los ingresos del proyecto y son usadas en los modelos económicos financieros para evaluar la sostenibilidad del proyecto. Entre los principales métodos de proyección tenemos:

3.4.9.1. Modelo de 4 etapas

Dentro de las 3 primeras etapas del modelo se construyen las matrices y también se puede usar para proyectarlas, en base a las variables socioeconómicas. Usando las proyecciones de estas variables explicativas se puede proyectar el tráfico, siguiendo la metodología vista en ítems anteriores.

Luego, usando la última etapa se puede ajustar los parámetros de impedancia (tiempo asignado) y volver a iterar, de ser necesario, hasta obtener matrices proyectadas a los años de evaluación del proyecto

3.4.9.2. Método de Fratar:

Consiste en ajustar secuencialmente las columnas y filas de la matriz hasta alcanzar el equilibrio. El método de Fratar utiliza un proceso de iteraciones para desarrollar un modelo de distribución de viajes. Con este método para cada par o grupos de pares origen-destino, se tiene una tasa de crecimiento en función a algunas variables que se pueda correlacionar (población, empleo, educación, posesión vehicular, etc.).

Los supuestos básicos de este método son:

- La distribución de viajes futuros desde una zona origen dada es proporcional a la distribución de viajes del año base (situación existente) desde esa zona; y
- La distribución de estos viajes futuros es modificada por el factor de crecimiento de la zona, al cual estos viajes son atraídos.

Estos supuestos toman en cuenta el efecto de la ubicación de una zona dada con respecto a todas las otras zonas, y se expresa como un recíproco de la “fuerza” de atracción promedio de todas estas zonas.

El método incluye los siguientes pasos:

- La estimación del número total de viajes, que se espera se genere y termine en cada zona de tráfico es conocido (de la fase de generación de tráfico)
- La distribución de los viajes totales futuros, desde cada zona a todas las otras zonas en el área de estudio, es proporcional a la distribución de viajes del presente, modificado por el factor de crecimiento de la zona a la cual los viajes son atraídos.
- Para cada zona, la suma de los volúmenes de la primera aproximación es dividida entre el volumen total deseado para cada zona, para derivar el nuevo factor decrecimiento a ser utilizado en calcular la segunda aproximación.
- Los viajes totales estimados para cada zona en la primera aproximación son nuevamente distribuidos, en proporción a los nuevos volúmenes interzonales y al nuevo factor de crecimiento obtenido luego de la primera aproximación.

El proceso iterativo es el siguiente:

$$T_{ij(k+1)} = (T_{ijk} * F_{jk}) * F_{ik}$$

$$F_{jk} = \frac{T_{j(G)}}{\sum_{i=1}^n T_{ijk}}$$

$$F_{ik} = \frac{T_{i(G)}}{\sum_{j=1}^n (T_{ijk} * F_{jk})}$$

Donde:

- K : Número de iteraciones
- F_{jk} : Factor del destino j (columna), iteración k
- F_{ik} : Factor de origen i (fila), iteración k.

Tras el proceso iterativo de ajuste, queda una matriz equilibrada en orígenes y destinos. Este es un método más simplificado, en función a tasas de crecimiento, que puede ser usado para ciudades de menores dimensiones.

3.4.9.3. Regresiones Lineales

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables. Es usado para aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente Y , las variables independientes X_i y un término aleatorio ε . Este modelo puede ser expresado como:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

Siendo:

Y_t : Variable dependiente o explicada.

X_1, X_2, X_p : Variables explicativas o independientes.

ε : Parámetros, miden la influencia que tienen las variables explicativas.

Con este método se espera correlacionar el crecimiento del tráfico en función una o más variables explicativas. Obteniendo una ecuación con la cual pueda aplicarse a la matriz para los años proyectados.

3.4.9.4. Método del Factor de Crecimiento

Existen varios métodos de factor de crecimiento que se limitan a la actualización o proyección de una matriz de origen y destino existente o matriz base.

El método utilizado se basa en la siguiente ecuación general:

$$T_{ij} = t_{ij} * F$$

Siendo:

T_{ij} : Cantidad de viajes futuros entre las zonas i y j (Matriz futura)

t_{ij} : Cantidad de viajes existentes entre las zonas i y j (matriz base)

F : Factor de crecimiento poblacional

En nuestro caso, como punto de partida para estos factores se pueden tomar tasas de crecimiento, poblacional, empleo, estudiantes, etc., así como también las obtenidas mediante los métodos de regresión lineal mencionados anteriormente.

3.4.10. Tipo de Modelo según Clasificación de Ciudad

Se da de acuerdo con la tipología de ciudad, las metodologías de modelación y los trabajos de campo descrito. Hay que indicar que esto no es restrictivo, pues depende en gran medida del nivel de detalle que se requiere y la disposición de presupuesto para el desarrollo del estudio.

Por lo antes mencionado, los siguientes requisitos se pueden considerar como recomendaciones de lo mínimo a considerar para cada caso:

Tabla 3-20: Requisitos de Modelo según tipo de ciudad

N	Descripción	Nivel			
		A	B	C	D
1	Trabajos de Campo				
1.1	Conteos				
1.11	Conteos vehiculares 18 horas	1			
1.12	En 3 periodos HPM, HPT y HV por 3 horas		1	1	
1.13	En 3 periodos HPM, HPT y HV por 2 horas				1
1.2	Aforos de Ocupación Visual				
1.21	Aforos de Ocupación visual 18 horas	1			
1.22	En 3 periodos HPM, HPT y HV por 3 horas		1	1	
1.23	En 3 periodos HPM, HPT y HV por 2 horas				1
1.3	Encuestas OD				
1.31	Encuestas OD Domiciliarias	1			
1.32	Encuestas OD Interceptación en 3 periodos x 3h		1	1	
1.33	Encuestas OD Interceptación en 3 periodos x 2h				1
1.4	Tiempos de Viaje				
1.41	Transporte Privado	1			
1.42	Transporte Publico	1	1	1	1
1.5	Otros				
1.51	Encuestas de Preferencia Declarada	1	1		
1.52	Aforos Sube y Baja	1	1		
2	Modelo de Transporte				
2.1	Construcción Base SIG				
2.11	Zonificación Macro	1	1	1	1
2.12	Zonificación Desagregada	1	1		
2.13	Red Vial	1	1		
2.14	Red Vial simplificada			1	1
2.2	Modos de Transporte				
2.21	Privado (auto, taxi, carga)	1			
2.22	Publico (pasajeros)	1	1	1	1
2.3	Construcción de Matrices				
2.31	Submodelo Generación Atracción	1	1		
2.32	Submodelo Distribución	1	1		
2.33	Submodelo Partición Modal	1	1		

N	Descripción	Nivel			
		A	B	C	D
2.34	Construcción directa a través de Encuestas			1	1
2.4	Estimación de Demanda				
2.41	Asignación de Transporte Privado	1	1		
2.42	Asignación de Transporte Público	1	1		
2.43	Líneas de Deseo de Viajes			1	1
2.5	Proyección de Demanda				
2.51	Modelo 4 etapas	1			
2.52	Método Fratar		1		
2.53	Factor de Crecimiento			1	1

Fuente: Equipo consultor

NIVEL A

Para este nivel de ciudad, debido al tamaño de esta, la cantidad de población, entre otros factores, determinará las principales rutas o relaciones de viajes. Se hace más complejo el análisis, por lo cual se requiere de mayor cantidad de información de campo (conteos continuos, encuestas origen-destino domiciliarias, etc.) y desarrollo de metodologías de modelación más elaboradas.

Se requiere de un modelo privado que interactúe con el modelo de transporte público en cuanto a grado de ocupación de vías y de tiempos de viaje. Por ello, se usa el modelo clásico de 4 etapas.

La red vial y la zonificación debe ser desagregada para mostrar en mejor detalle las zonas por las que pasan las rutas y las vías que usan para su desplazamiento, dado que, en este nivel de ciudad, la densidad de rutas debe ser mayor que en una ciudad de menor dimensión.

Asimismo, ante la variedad de modos transporte y tarifas existentes, se requiere del desarrollo de encuestas de preferencia declarada, a fin de determinar los valores de tiempos de los usuarios y su disponibilidad de pago ante diferentes tarifas. De tal manera que sirva de insumo para el desarrollo de los modelos económicos financieros de las rutas.

Para el desarrollo de las proyecciones se usan los modelos econométricos, alimentados de las variables socioeconómicas proyectadas a nivel zonal (población, empleo, estudiantes, posesión vehicular, entre otros.).

NIVEL B

Para este nivel se pueden adoptar simplificaciones en cuanto a los trabajos de campo y la metodología de modelación de demanda.

Para los conteos se puede considerar una menor cantidad de horas y solo en los periodos clave del día (horas punta y periodo valle).

De la misma manera, las encuestas pueden realizarse en las mismas vías, paraderos, terminales o puntos de interés, durante los periodos mencionados. En este caso las encuestas son más simplificadas, dado que se realizan a usuarios en tránsito y no debe demorar mucho su realización.

Las proyecciones pueden realizarse mediante el método Fratar; es decir, crecimientos de matrices acotados por orígenes y destinos, según la variable que mejor ajuste el crecimiento.

NIVEL C

En este caso se puede considerar una simplificación del nivel anterior y un número similar de horas en cuanto a los trabajos de campo, con un procedimiento de modelación resumido.

La realización del modelo de transporte privado se puede descartar, ya que el enfoque principal es el transporte público. Las redes viales y la zonificación pueden ser más agregadas.

Las proyecciones pueden usar el método Fratar.

NIVEL D-E

Para este nivel se puede considerar una simplificación del nivel anterior y un número menor de horas en cuanto a los trabajos de campo.

Las identificaciones de principales rutas pueden ser elaboradas a partir del análisis de líneas de deseo. Las proyecciones pueden usar el método de factor de crecimiento; es decir, tasas que relacionen las variables principales con el crecimiento de la ciudad.

3.5 Diseño del Sistema de Rutas

El diseño de rutas es uno de los elementos principales de la planificación del transporte público. De este dependerá el funcionamiento integral de todo el sistema de rutas, sus trasbordos, etc. Prácticamente, es el último paso del proceso de modelación, el mismo que materializa las tendencias de los viajes y la toma de decisiones en cuanto a las tipologías propuestas por la gestión administrativa para un eficiente uso de la infraestructura vial.

3.5.1. Criterios para el Diseño

El diseño "conceptual" del futuro sistema de transporte se basa en la configuración de ejes estructurantes definidos y en las necesidades de movilidad reveladas por la matriz origen-destino, siempre desde el objetivo fundamental de maximizar la productividad del sistema en su conjunto, sin que ello suponga aumentar excesivamente el número actual de trasbordos.

Resulta conveniente mencionar un conjunto de criterios básicos o de partida, los cuales constituyen de hecho una operacionalización de los objetivos perseguidos en el trazado de la red.

En este sentido, la estructura de red de transporte que se formule deberá tratar de cumplir con todos estos criterios, en tanto que se consideran fundamentales a la hora de la evaluación de su viabilidad operativa.

- Reforzar las conexiones transversales entre los esquemas masivos, evitando la competencia con ellos, de modo que la red se profile como una malla estructurada en torno a un esquema mixto radical-ortogonal, reduciendo las longitudes medias de las rutas y limpiando las rutas duplicadas.
- Adaptar el trazado a la trama vial. La estructura urbana impone unas restricciones a la circulación de vehículos de transporte colectivo que necesariamente se deben respetar. En tal sentido, se distingue entre calles susceptibles de ser transitadas por estos vehículos y calles que no lo son.
- Hacer incidencia en la atención de población vulnerable a través de su consideración en el proceso de selección y priorización de rutas: aquellas que atiendan equipamientos de salud, educación, donde residan mayormente niños, mujeres, población de bajos recursos económicos, personas con discapacidad, servicios públicos y similares.

La rigidez de estas restricciones no es la misma para todos los casos. Así, existen restricciones físicas insalvables, como puede ser un ancho de calle inferior a la de los vehículos. Otras no lo son tanto, como por ejemplo una vía peatonal que, en determinadas condiciones, puede compartir la infraestructura con una línea de transporte público.

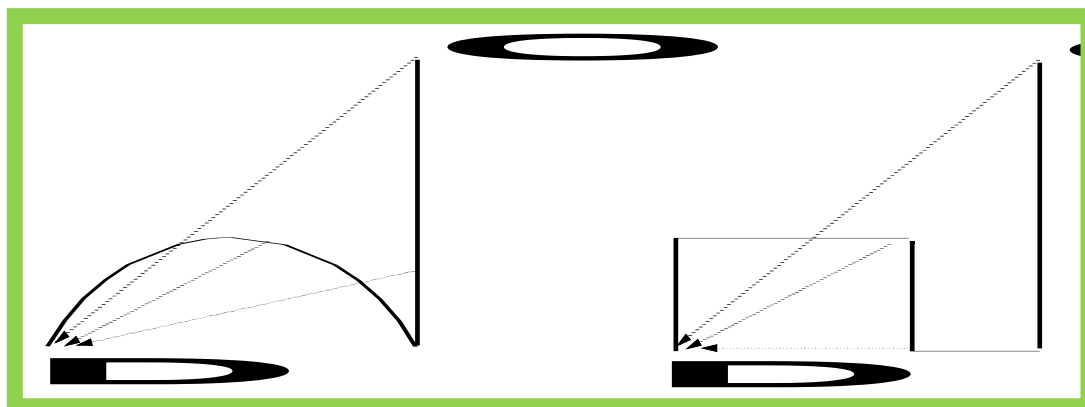
De acuerdo con este criterio, puede afirmarse la conveniencia de definir previamente al trazado de las líneas la trama útil del ámbito de la red, prescindiendo del resto de calles, como paso previo a la definición del esquema conceptual más adecuado.

- Conexión de puntos de especial interés, bien sea por sus características de acceso a otro modo de transporte o por su elevada demanda. Entre estos hay que destacar a los centros comerciales, laborales y de ocio importantes, así como las estaciones o terminales de otros modos de transporte.
- Minimizar el aumento de los transbordos. Los usuarios de una red de transporte aspiran a satisfacer sus demandas de movilidad de la forma más directa posible. Existen pocos viajeros que estén dispuestos a efectuar más de un trasbordo dentro de un mismo modo, aunque esto resulta inevitable dentro de un sistema tronco-alimentador.
- Evitar backtracking. Este término denota aquellos tramos del trayecto en el que el usuario está aumentando su distancia al destino. Cualquier retroceso que se produzca a lo largo del viaje se valora muy negativamente por parte del usuario. No todo transcurso del tiempo es valorado de la misma manera por el usuario, sino que intervienen factores subjetivos. Así, se valora de diferente manera el tiempo de espera de viaje o el de trasbordo. Pues bien,

el backtracking supone en este sentido un costo muy alto y sensación de pérdida de tiempo.

La siguiente imagen muestra de forma sencilla el concepto de backtracking. En el primer caso la distancia entre el usuario y el destino es cada vez menor; por el contrario, en el segundo caso, existe un punto, concretamente tras el segundo giro, en el que la distancia al destino comienza a aumentar. Es este último caso el que se debe evitar.

Imagen 3-72: Ejemplo del backtracking



Fuente: Equipo consultor

Antes de proponer las guías de diseño del trazado de la red, se considera oportuno planear unas cuantas consideraciones teóricas sobre las opciones de cobertura de los trazados urbanos y sobre la forma más racional de servirlos mediante líneas de transporte.

Considerando lo anteriormente descrito, procederemos a describir los criterios que deben ser empleados para el diseño:

- Cobertura de área o cuenca de transporte (usuario y comunidad).
- Líneas de deseo (usuario).
- Sinuosidad (usuario).
- Conectividad (usuario).
- Trasbordos (usuario).
- Velocidad (usuario, prestatario y comunidad).

3.5.1.1. Cobertura del área o cuenca de transporte:

Área servida por el sistema de transporte público. Su unidad de medida es el tiempo o la distancia recorrida a pie y que resulta aceptable caminar. Este valor puede ser relacionado con un porcentaje de la población a la que sirve. Así, por ejemplo, se establece una cobertura de una ruta con un radio de 400m y que cubre al 90% de las oportunidades de trabajo.

- **Cuenca primaria:** La distancia que puede ser recorrida a pie en cinco minutos ($\pm 400\text{m}$) desde cualquier estación o parada.

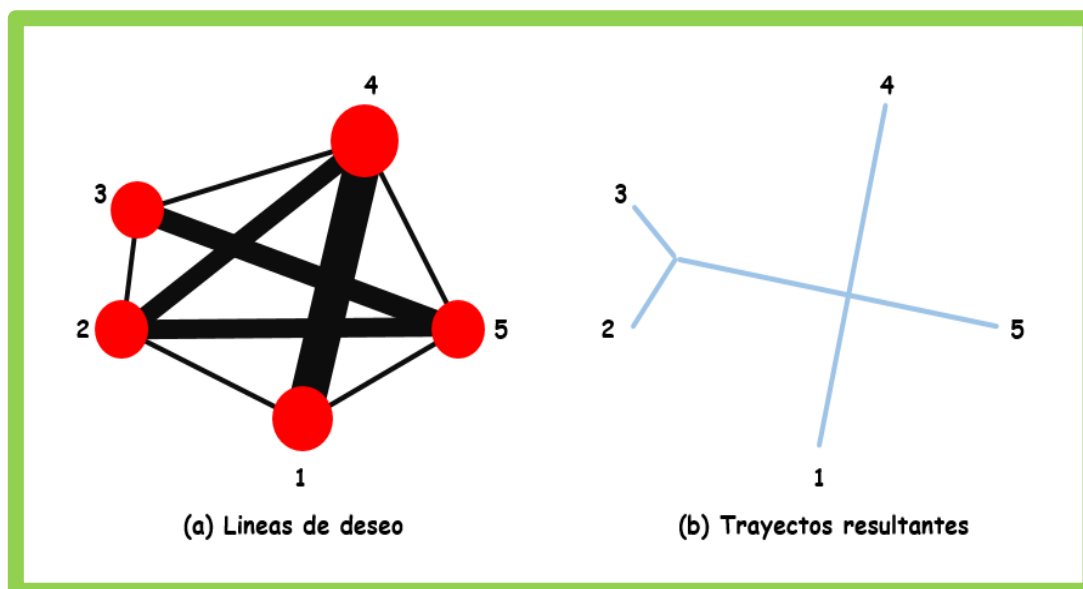
- **Cuenca secundaria:** Todos aquellos puntos que se encuentran entre cinco y diez minutos y representan una menor captación de usuarios potenciales. Para el caso de rutas de transporte público, que no cuentan con paradas previamente establecidas, se utiliza el concepto de una banda de cobertura o cuenca continua bajo las mismas consideraciones anteriores.

3.5.1.2. Líneas de Deseo:

En el diseño de una red o ruta de transporte es necesario conocer los puntos de origen y destino o líneas de deseo que el usuario cautivo y potencial desea seguir, con el fin de que las rutas de transporte se adecuen de la mejor manera a este requerimiento y reduzcan los tiempos de recorrido a bordo del usuario.

Se debería considerar el balanceo de la demanda a ambos extremos de la ruta con el fin de minimizar la capacidad requerida y por ende el número de unidades de transporte.

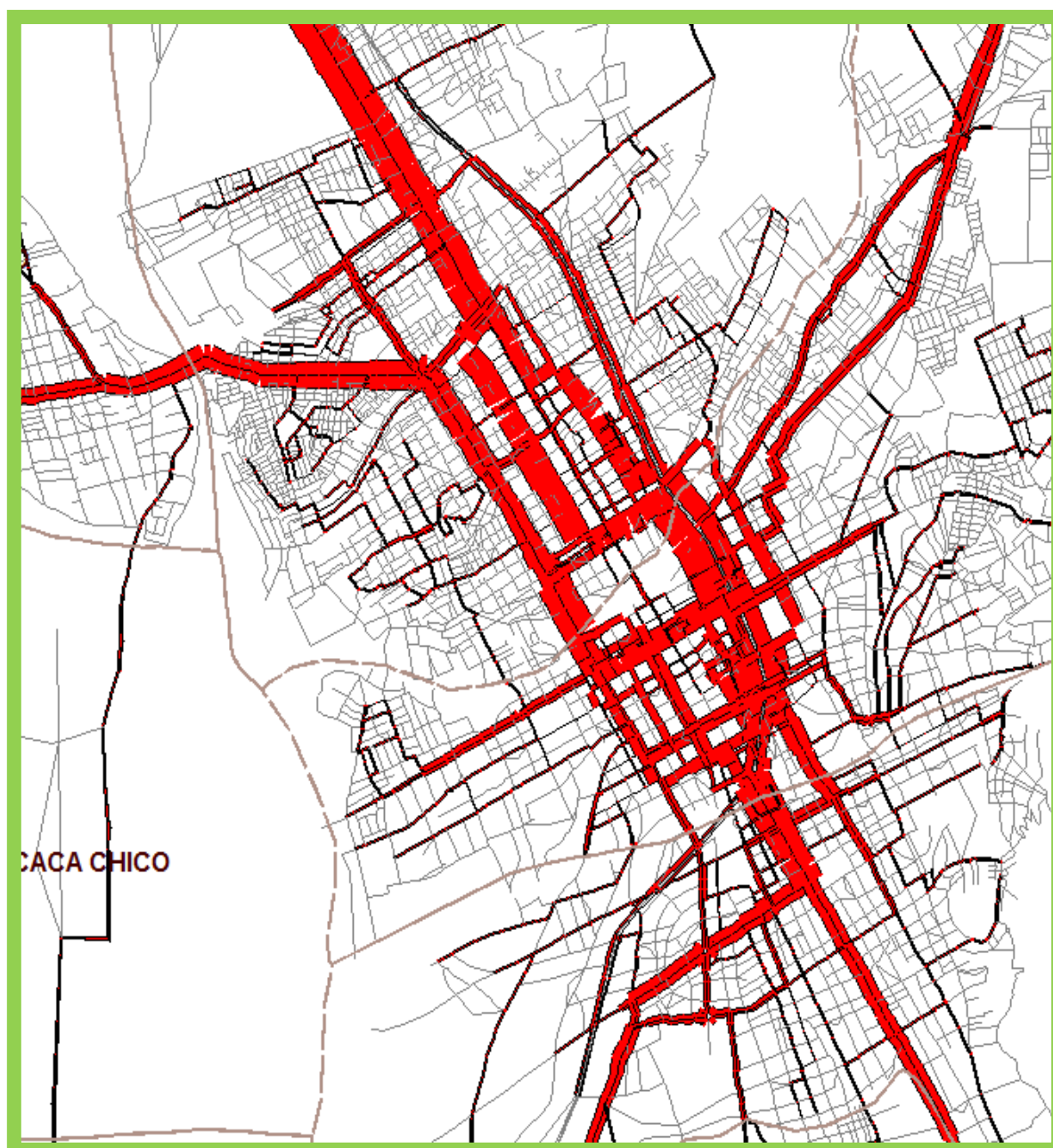
Imagen 3-73: Líneas de deseo



Fuente: Redes y Rutas del Transporte - Henry Martínez Barbosa

Resulta conveniente elaborar un mapa de cargas (volúmenes), ya que permite visualizar de una manera rápida los puntos de mayor carga (o frecuencia) sobre la red y detectar áreas geográficas de mejoras futuras.

Imagen 3-74: Mapa de cargas

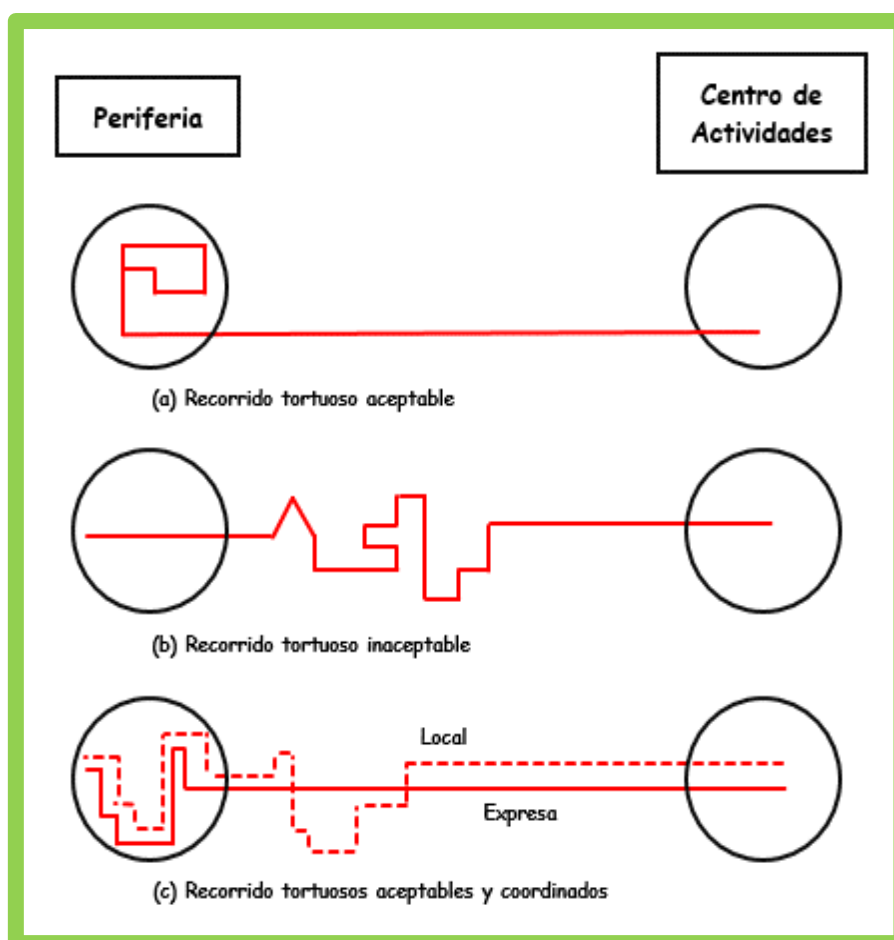


Fuente: Plan Regulador de Rutas de la provincia de Huancayo

3.5.1.3. Sinuosidad de una ruta:

Es la relación entre la distancia recorrida por el vehículo entre dos puntos y la distancia aérea (en línea recta) entre estos mismos puntos. El caso deseable es que esta relación tienda a 1 (uno) pero el trazo de las rutas se ve influenciado por la vía, por la topografía y por obstáculos naturales y artificiales que evitan, en la mayoría de los casos, que esta relación sea igual a 1.

Imagen 3-75: Sinuosidad de rutas



Fuente: Redes y Rutas del Transporte - Henry Martínez Barbosa

- Cuando la demanda es alta, es posible usar rutas directas.
- Cuando se requiere utilizar rutas sinuosas, es deseable que su tramo sinuoso ocurra en los tramos periféricos, de tal forma que el menor número posible de usuarios sufran recorridos innecesarios y con ellos tiempos mayores a bordo de las unidades.
- Es recomendable establecer que dicha longitud no se exceda en más de un 20% del recorrido realizado en automóvil.

3.5.1.4. Conectividad:

Porcentaje de viajes que se pueden realizar sin transbordos y dependen de los patrones de viaje y la red de transporte existente, así como de la relación entre rutas y líneas.

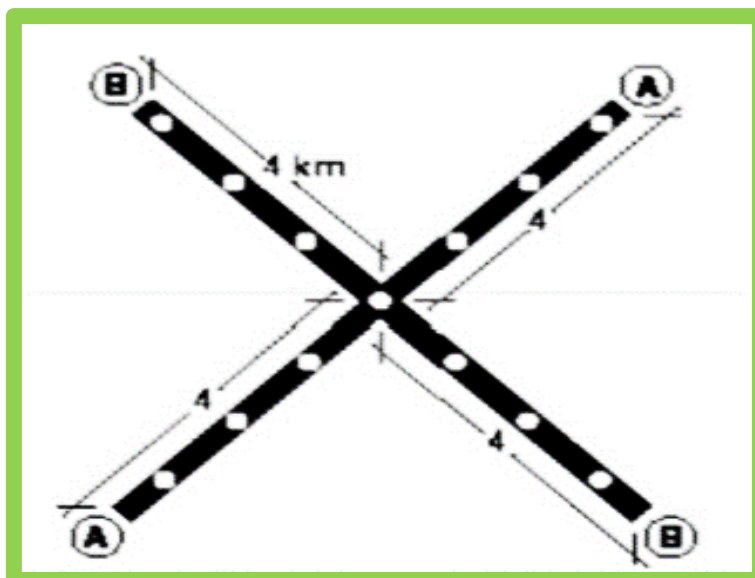
La longitud de ruta de una red es la suma de todas las longitudes de las rutas; mientras que la longitud de líneas es la suma total de los tramos de vialidades por donde circula el transporte público. Por lo tanto, la longitud de ruta puede ser igual o mayor que la longitud de línea.

El grado de conectividad en una red de transporte también se expresa en función de la relación de su longitud de ruta contra su longitud de línea. Esta relación

permite contar con una característica a nivel sistema; mientras que el porcentaje de viajes que incluyen transbordos reflejan características de su utilización.

Imagen 3-76: Operación independiente de 2 rutas

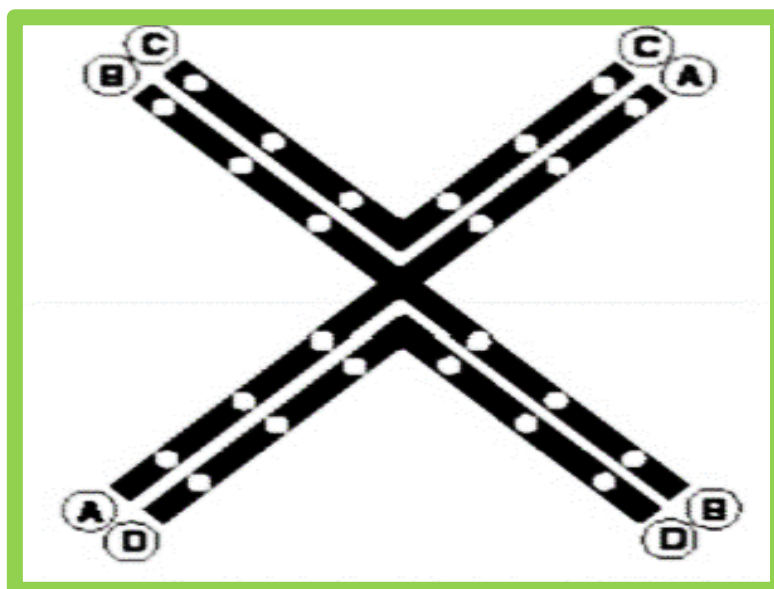
Long. Total de rutas = Long. De línea = 16m



Fuente: Redes y Rutas del Transporte - Henry Martínez Barbosa

Imagen 3-77: Operación interconectada de 4 rutas

Long. Total de rutas = 32km Long. De líneas = 16m



Fuente: Redes y Rutas del Transporte - Henry Martínez Barbosa

3.5.1.5. Trasbordos:

Es deseable que se minimicen los trasbordos entre rutas de transporte, debido a que implica mayores tiempos de espera para el usuario.

No existe una red de transporte que pueda servir a todos los viajes mediante rutas directas y sin trasbordo.

Cuanto más trasbordos existan, mucho más fácil es diseñar y operar eficientemente las distintas rutas que conforman una red, puesto que cada ruta puede ser diseñada específicamente para cubrir determinadas condiciones físicas, de volumen y tipo de demanda.

Si el sistema provee de trasbordos fáciles, sencillos, rápidos y convenientes, entonces la red entera puede ser operada eficientemente y puede atraer a la mayoría de sus usuarios potenciales.

Si, por otra parte, los puntos de transbordo están mal ubicados, mal diseñados, son inseguros y desagradables y sus itinerarios no están coordinados; los trasbordos pueden ser un obstáculo que inhibe a un buen número de usuarios potenciales a utilizar el servicio de transporte.

3.5.1.6. Velocidad:

Esta característica es uno de los elementos primordiales para determinar el nivel de servicio desde el punto de vista del usuario y, por ende, de la atracción de pasajeros que puede tener una ruta. Asimismo, afecta los costos de operación de la ruta e indirectamente a la comunidad.

Tabla 3-21: Tipos de velocidad

Tipo de Velocidad	Definición	Utilización	Comentario
Técnica Máxima V_t	Velocidad máxima que puede alcanzar un vehículo en un recorrido recto sin pendientes.	Elemento descriptivo del vehículo.	Puede ser usada dependiendo las condiciones a lo largo de la ruta.
De diseño V_d	Velocidad máxima que un vehículo puede alcanzar en determinada sección con una adecuada seguridad.	- Planeación de nuevas rutas. - Base importante para definir la velocidad legal.	Varía dependiendo de secciones, geometría, pendientes, etc.
Velocidad Legal V_l	Velocidad máxima que un vehículo puede alcanzar en determinada sección con una adecuada seguridad.	Para mantener, así como incrementar la seguridad en una ruta.	El tránsito, el mantenimiento y otros factores restringen la velocidad. $V_t < V_d$
De marcha V_m	Velocidad promedio que un vehículo puede alcanzar desde que sale de un terminal hasta la siguiente. $V_m = \frac{0.06d_r}{t_r}$		No se considera el tiempo de parada.

Tipo de Velocidad	Definición	Utilización	Comentario
	d_r = distancia entre terminales (metros). t_r = tiempo de recorridos (minutos).		
De operación V_o	Velocidad promedio de un vehículo en una sección o ruta completa. $V_o = \frac{60d}{t_o}$ d = longitud del trayecto (metros). t_o = tiempo de operación (minutos).	Descripción más común de una velocidad de una ruta de transporte programada.	- Incluye tiempos de espera en los paraderos. - No incluye tiempos en terminal.
Comercial o de viaje redondo V_c	Velocidad promedio de un vehículo para un viaje redondo (ida y vuelta). $V_c = \frac{60d_r}{t_c}$ d_r = distancia ida y vuelta (metros). t_c = tiempo de ciclo (minutos).	- Para determinar el parque automotor junto con el intervalo. - Sirve también para costos de operación.	Siempre será menor que la velocidad de operación ya que incluye tiempos en terminal. $V_c < V_o$
Origen-Destino (puerta a puerta) V_{od}	Velocidad promedio que un pasajero experimenta al salir de su origen hasta llegar a su destino. $V_{od} = \frac{60 * d_{od}}{t}$ d_{od} = distancia aérea entre origen y destino del pasajero. t = tiempo total entre el origen y destino. (Incluye: tiempo de caminata a la parada, tiempo de espera del vehículo, tiempo de recorrido y tiempo de caminata a su destino).	Es la velocidad más importante para el pasajero de transporte.	Influido por diversos factores que dependen de la empresa de transporte. - Confiabilidad - Velocidad caminando - Tiempos concebidos de espera - Clima - Congestionamientos

Fuente: Equipo consultor

El diseño de rutas tiene que considerarse desde el enfoque de red así como el individual, para lo cual mostramos las características de la red de transporte.

3.5.2. Estructura física de la Red

Entre las características y elementos de una red de transporte se considera:

- Buscar un diseño sencillo en el trazo de la red.
- Si los corredores presentan cargas equitativas y una red densa, entonces es recomendable el establecimiento de troncales.
- Tener presente que el cuello de botella de una ruta es su terminal por lo que éstas deben ser diseñadas para operar rápida y eficientemente.
- Conforme el número de troncales aumenta, la operación debe ser más rigurosa.

Los tipos de redes mayormente utilizados se detallan a continuación:

3.5.2.1. Red Ortogonal:

Este tipo de red se encuentra en muchas ciudades con vitalidades conformando una retícula uniforme que induce a que las rutas sean trazadas siguiendo estos patrones.

Este tipo de red ofrece una gran cantidad de transbordos en sus puntos de intersección y por ello se tiene una cuenca de servicio extensa y uniforme y ofrece una buena conectividad.

No presenta un problema de convergencia excesiva y de concentración de rutas, situación característica de una red radial. Esta red permite al usuario orientarse fácilmente, pero no siempre sigue las líneas de deseo principales, haciendo que un buen porcentaje de los viajes requiera de un transbordo.

Este tipo de red opera adecuadamente en áreas con densidades de población uniforme y que cuentan con una retícula vial, ocasionando que se requiera una calidad más o menos uniforme en el servicio de transporte. Como ejemplos de este tipo de red encontramos las redes de autobuses de la ciudad de México, de Nueva York y Filadelfia, Barcelona, entre otras.

Imagen 3-78: Red de autobuses ortogonal de Barcelona

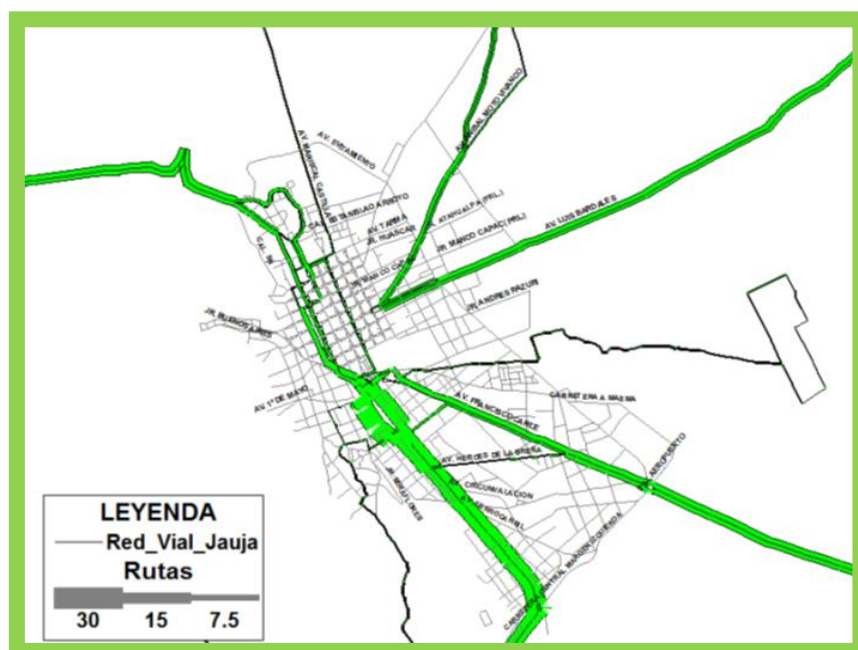


Fuente: Transports Metropolitans de Barcelona

3.5.2.2. Red Radial:

Esta red está integrada predominantemente por rutas radiales o diametrales que se enfocan al centro histórico de una ciudad o en un centro de actividad suburbano. Por ello, tiende a seguir las líneas de deseo más cargadas en forma de radiaciones desde punto focal hacia varias direcciones y ramificaciones con una menor intensidad de servicios hacia la periferia y áreas de baja densidad. La duplicación de rutas en el centro de la ciudad permite ofrecer una capacidad adecuada para entender la concentración de viajes en estos tramos de la red.

Imagen 3-79: Ejemplo de Red Radial

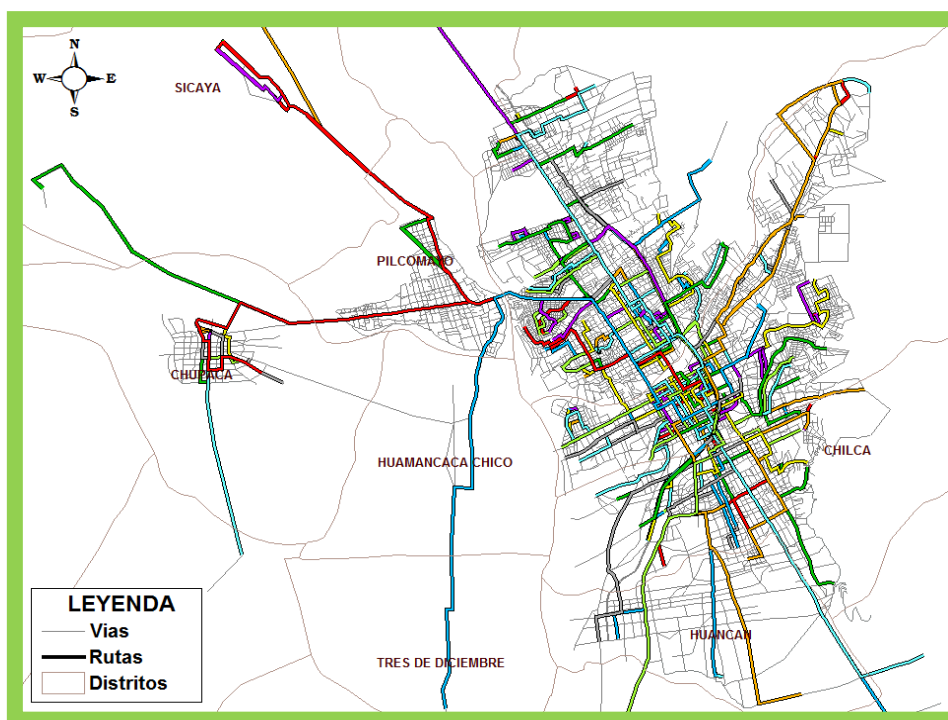


Fuente: Plan Regulador de Rutas de la provincia de Jauja

3.5.2.3. Red Irregular:

Dentro de este tipo de redes se incluyen todas aquellas que no siguen ningún esquema geométrico, encontrándose, principalmente, en muchas ciudades con trazos viales irregulares, con barreras topográficas y artificiales y otros condicionantes locales que influyen en el trazo mismo de la red. Naturalmente, no se puede hacer ninguna caracterización general sobre sus cuencas de transporte, la conectividad, la sinuosidad y otros aspectos puesto que no responden a casos específicos.

Imagen 3-80: Ejemplo de Red Irregular



Fuente: Plan Regulador de Rutas de la provincia de Huancayo

3.5.3. Estructura Física de las Rutas

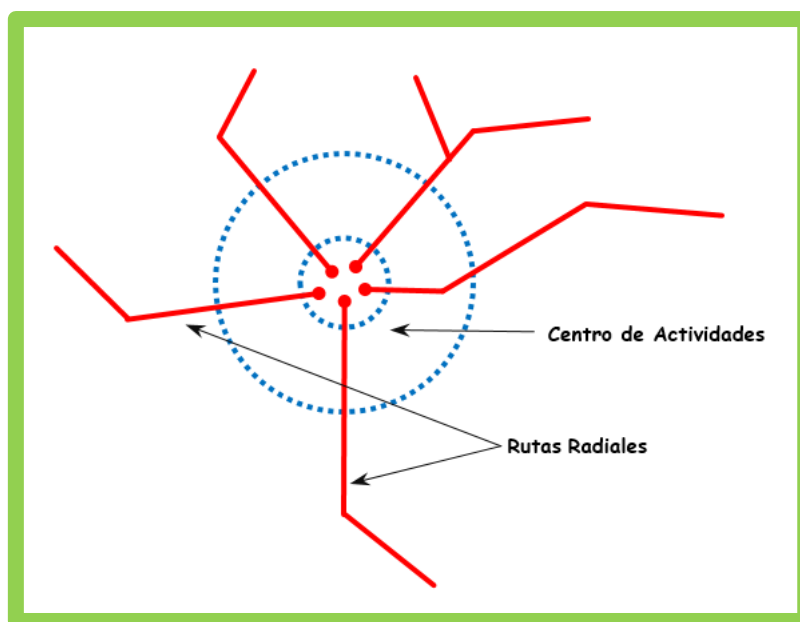
Según las características físicas de la infraestructura vial, en las cuencas de captación y la distribución de los centros atractores dentro de una provincia se pueden distinguir cinco tipos fundamentales de diseño de rutas según su estructura física. Cabe mencionar que las gestiones administrativas o consultores contratados para elaborar el PRR pueden optar por una de ellas o por combinaciones, teniendo en cuenta los criterios anteriormente descritos:

a) Radiales:

Es el tipo más común y un gran número de ciudades se han desarrollado en función de este tipo de rutas. Predomina en ciudades pequeñas y medias al estar la mayor parte de sus viajes canalizados a un centro de actividades o centro histórico.

En ciudades mayores a los 300,000 habitantes, este tipo de rutas empieza a ser ineficiente, ya que concentra los movimientos y no considera las necesidades que se presentan entre otras áreas urbanas.

Imagen 3-81: Estructura de rutas radial



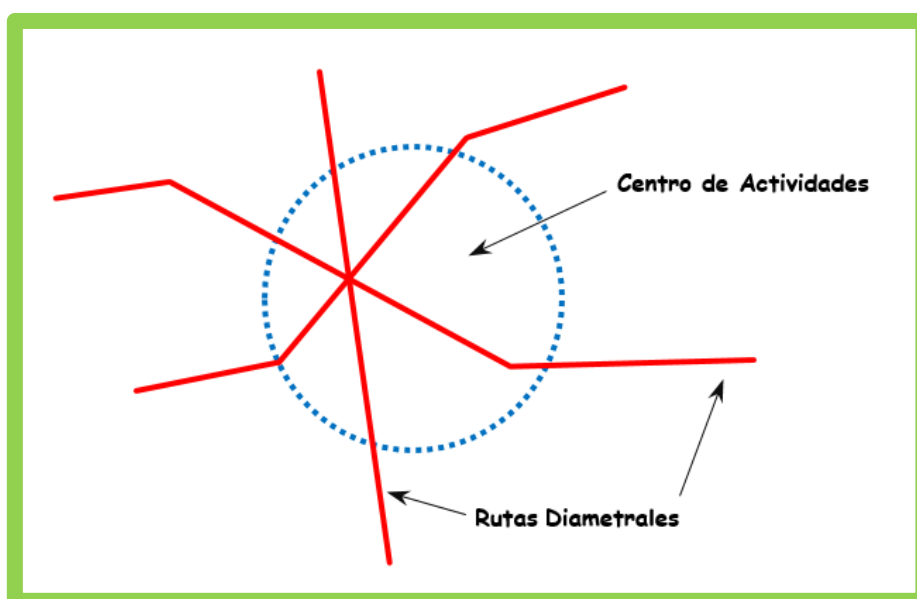
Fuente: Equipo consultor

b) Diametrales:

Es la conexión de dos rutas radiales que conforman una nueva ruta que pasa por el centro y conecta dos extremos de la ciudad.

- Logra mejor distribución del servicio.
- Evita la concentración de terminales en los centros históricos o de actividades.
- Mayor eficiencia.
- Debe haber balance en la demanda a ambos extremos de la ruta.

Imagen 3-82: Estructura de rutas diametral

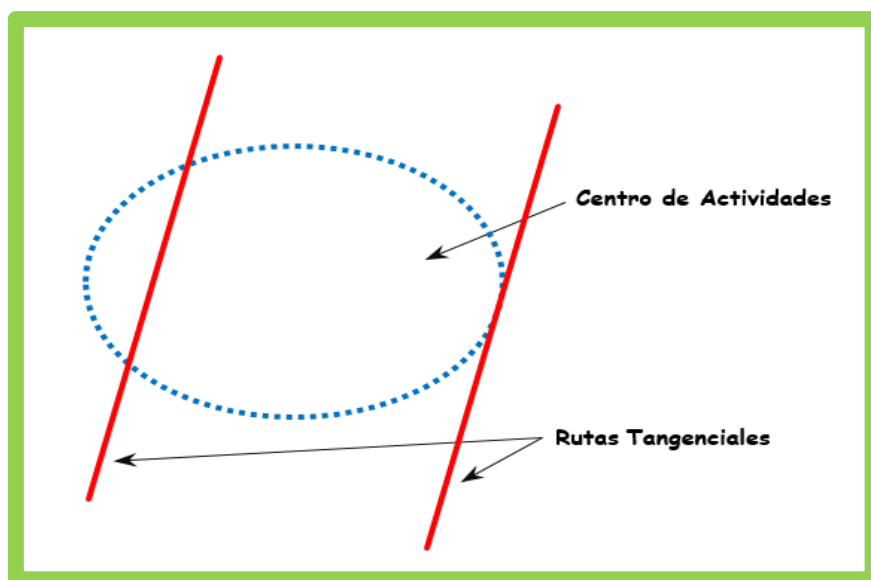


Fuente: Equipo consultor

c) Tangencial:

Son rutas que pasan a un lado del centro de actividades o centro histórico de una ciudad. Este tipo de rutas solo es recomendable en las grandes ciudades, debido a la menor demanda que ellas presentan.

Imagen 3-83: Estructura de rutas tangencial

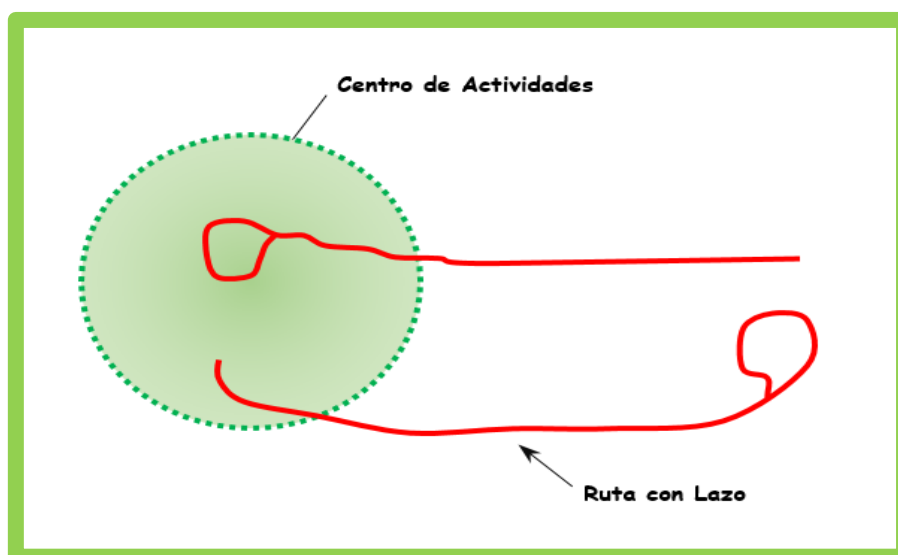


Fuente: Equipo consultor

d) Rutas con lazo en su extremo:

Son rutas de configuración radial en las que se presenta un lazo en uno de sus extremos, lo que induce a contar con una sola terminal.

Imagen 3-84: Estructura de ruta con lazo en extremo



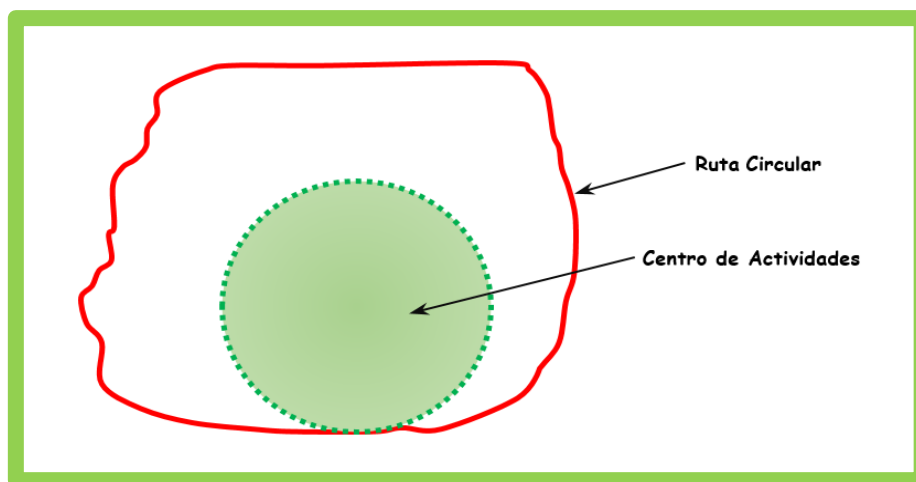
Fuente: Equipo consultor

e) Circulares:

Por lo general, sirven de rutas conectoras con las radiales, permitiendo mejor distribución de los usuarios.

- Mejor utilización del parque vehicular.
- Se eliminan las terminales.
- Presentan el problema operativo de no poder recuperar tiempos perdidos.
- Casos típicos de este tipo de rutas o líneas son las líneas circulares de los metros de Londres y Moscú.

Imagen 3-85: Estructura de ruta circular



Fuente: Equipo consultor

La siguiente tabla muestra el comportamiento de la demanda en función al diseño estructural de rutas:

Tabla 3-22: Rutas y el comportamiento de la demanda

La ruta Radial absorbe un buen número de sus pasajeros en su extremo, a la vez que este desciende conforme se acerca al centro de actividades.	
La ruta Diametral atrae usuarios conforme parte de su extremo, llegando a su sección de máxima demanda antes de arribar al centro histórico, donde descarga una porción de sus usuarios y recarga, posteriormente, para distribuirlos a lo largo del resto de la ruta.	
La ruta circular mantiene una carga uniforme a lo largo de todo su recorrido	

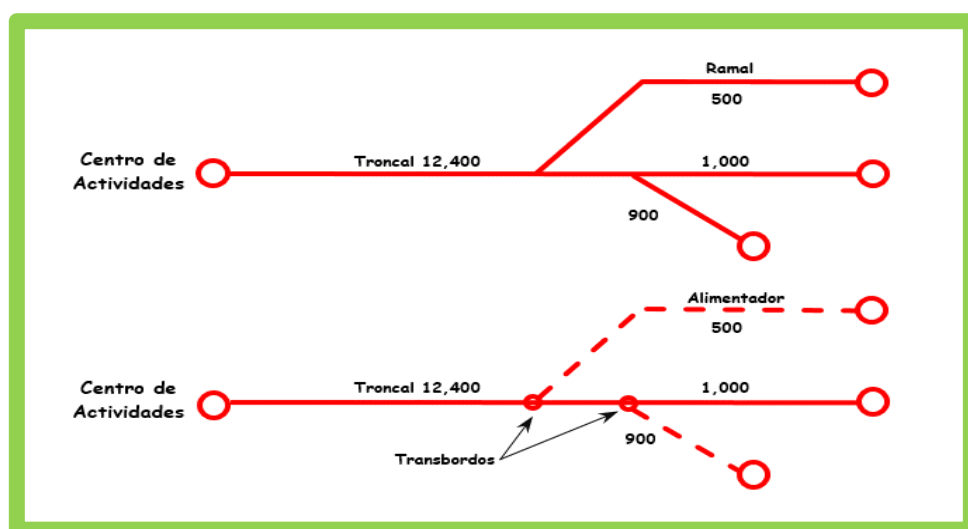
Fuente: Equipo consultor

Para el tipo de diseño Tronco-Alimentador en ciudades de la clasificación “A”, las rutas o líneas de transporte público normalmente convergen en una sola línea o ruta troncal y en especial conforme se acercan al centro histórico.

Esto origina que se establezcan dos tipos de rutas, conocidas como ramales y como alimentadores.

- **Ramales:** se integran al tramo troncal sin necesidad de realizar transbordos.
- **Alimentadoras:** permiten cubrir el área y transportar al usuario a un punto de transbordo donde el usuario hace uso de un medio de transporte de igual o mayor capacidad.

Imagen 3-86: Polígonos de carga esquemáticos para cada tipo de ruta



Nota: Los valores indican cantidad de pasajeros

3.5.4. Estructura de Rutas por tipo de Operación

3.5.4.1. Rutas Troncales

Son las encargadas de transportar los usuarios en vehículos de alta capacidad desde las terminales de transferencia hasta las estaciones de parada, a lo largo de los corredores troncales, circulando por carriles exclusivos o preferenciales con tránsito mixto y con integración física, operacional y tarifaria como principal elemento del sistema.

3.5.4.2. Rutas Alimentadoras

Proviene de la periferia de la ciudad y son las encargadas de captar y distribuir la demanda en la cuenca de influencia hasta las terminales de transferencia con integración física, operacional y tarifaria.

3.5.4.3. Rutas Urbanas

Cumplen la función de transportar usuarios por vías no atendidas por las rutas troncales con vehículos convencionales (ver Bus Patrón) y buscan cubrir la demanda no atendida por las rutas troncales. Por lo general, estas rutas tienen

una configuración diametral o radial y complementan los sistemas troncoalimentadores.

3.5.4.4. Rutas Interurbanas

Cumplen la función de transportar usuarios por vías hacia zonas no atendidas por las rutas troncales con vehículos convencionales (ver Bus Patrón) y buscan cubrir la dicha demanda. Además, tienden a unir dos centros poblados que no tienen conurbación, pero se encuentran dentro de la misma provincia.

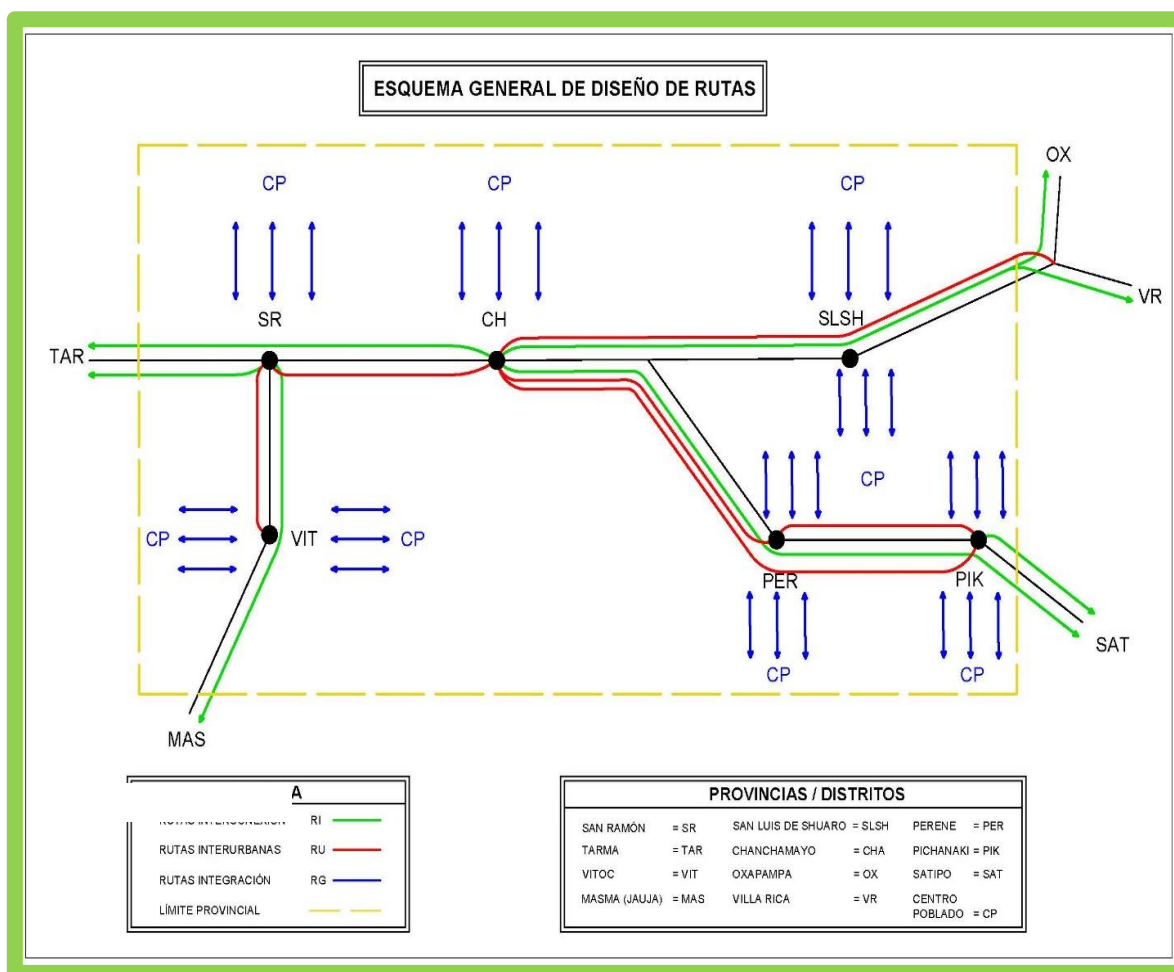
3.5.4.5. Rutas Periféricas

Cumplen la función de transportar usuarios desde las zonas no atendidas por rutas troncales, ni alimentadoras, urbanas e interurbanas, con vehículos de tipo bus patrón. Es decir, son rutas que se encuentran fuera del área urbana central de la ciudad y por lo general no poseen una extensa longitud

3.5.4.6. Rutas Interconexión

Son aquellas rutas que, por su destino, abarcan otras provincias contiguas a la ciudad en estudio. Serán autorizadas solo hasta el límite provincial y quedarán pendientes hasta la consolidación de Régimen de Gestión Común con las mismas.

Imagen 3-87: Diagrama Referencial del Sistema de Rutas



Fuente: Plan Regulador de la Provincia de Chanchamayo

3.5.5. Diseño según Clasificación

Aplicando lo anteriormente descrito, según la clasificación de las ciudades para el tipo de PRR que se aplicará, se establecerán los siguientes tipos de Diseño de Rutas:

Tabla 3-23: Diseño según clasificación

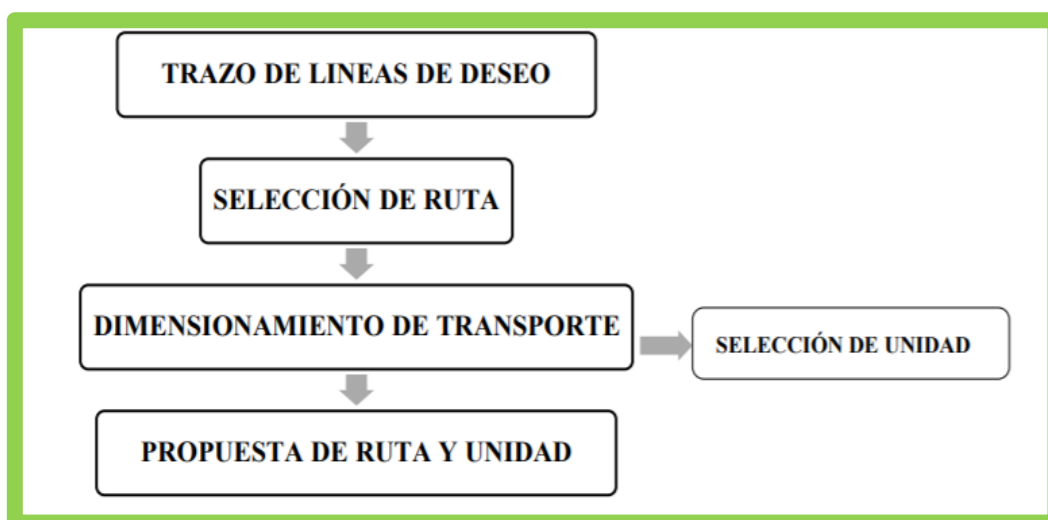
Plan Regulador	Diseño de Rutas
Nivel A	Sistema Tronco Alimentador, Rutas Diametrales
Nivel B	Rutas Diametrales o Tangenciales - Prioridad de Vehículos de Mayor Capacidad
Nivel C	Diseño de Rutas Radial, Diametrales o Tangenciales
Nivel D	Diseño de Rutas Radial, Diametrales o Tangenciales, tipología libre
Nivel E	Sin Restricciones

Fuente: Equipo consultor

3.5.6. Análisis de Rutas

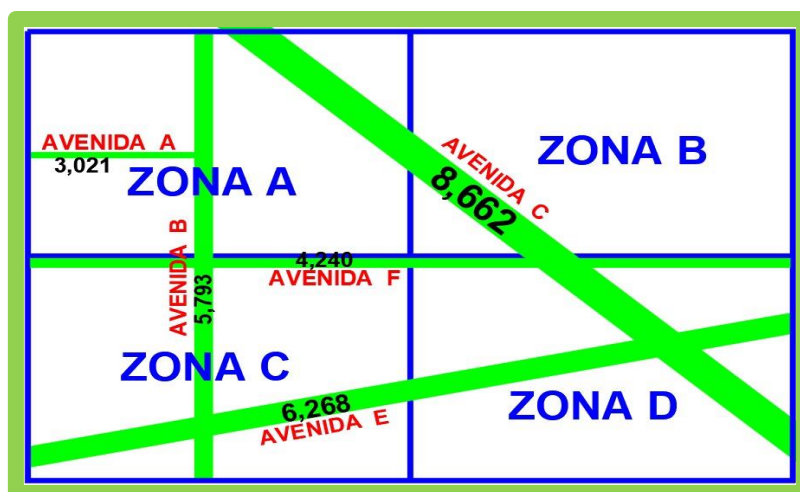
Para analizar las rutas a trazar, es necesario establecer las relaciones origen – destino con mayor demanda de pasajeros, la cual tiene como característica -como se explicó anteriormente- los viajes que tienen un comportamiento diametral o radial, según se aprecia en las Líneas de Deseo y los principales destinos de viajes en la hora punta del sistema. Todo ello, es resultado de los procesos del modelo (Generación y Distribución). Para el caso del ejemplo en la ciudad de Arequipa los viajes son radiales hacia el centro de la ciudad; ello se refleja en la distribución de viajes por las diferentes vías visualizado en el modelo de transporte.

Imagen 3-88: Proceso para la propuesta de dimensionamiento de flota



Fuente: Equipo consultor

Imagen 3-89: Flujos de viajes en hora punta de 7:00 – 8:00 am



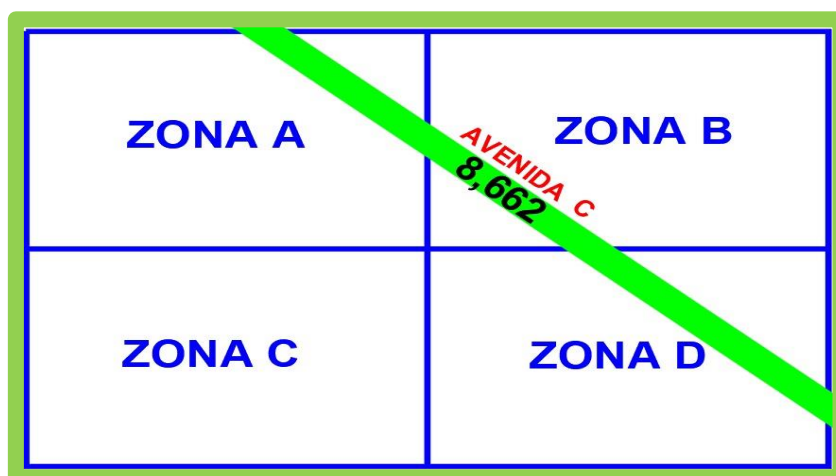
Fuente: Equipo consultor

Con la información de la anterior imagen se identifica un corredor de alta capacidad que atendería las principales relaciones origen – destinos identificados:

- Corredor vial Av. C

Corredor vial identificado, el cual recepciona viajes de la Zona A y la mayor parte de pasajeros en la Zona B y en menor proporción la Zona D.

Imagen 3-90: Flujo de viajes en el corredor vial



Fuente: Equipo consultor

Tabla 3-24: Flujo de pasajeros en distintos tramos, hora punta

Avenida - Calle	Viajes/hora/sentido
Av. A	3,021
Av. B	5,793
Av. C	8,662
Av. E	6,268
Av. F	4,240

Tramo con
mayor carga

Fuente: Equipo consultor

3.5.7. Elección de la tecnología en sistemas de transporte público

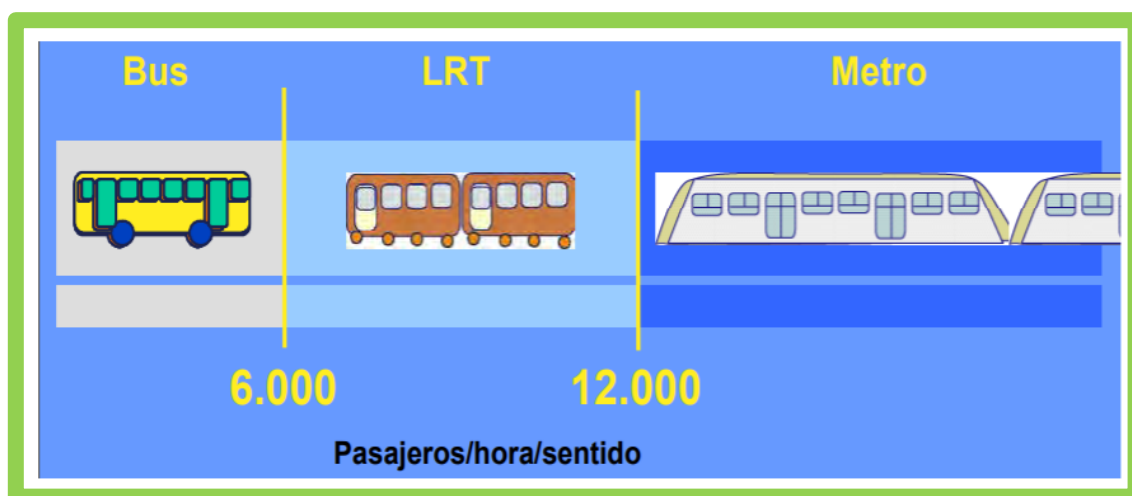
La capacidad de pasajeros y los costos de infraestructura han sido tradicionalmente los determinantes más significativos en la toma de decisiones de tecnologías de transporte público. Históricamente, un conjunto relativamente estricto de limitaciones de capacidades ha dicho que los buses, el LRT (trenes ligeros o tranvías) y el metro operan solo dentro de circunstancias definidas de manera restringida (Imagen 3-91). Las características de demanda de un corredor determinan la tecnología posible.

Un carril arteria de automóviles puede normalmente transportar entre 2.000 y 4.000 pasajeros por hora por sentido (PPHPD por sus siglas en inglés), dependiendo de las cantidades promedio de pasajeros por vehículo, velocidades y distancia de separación entre vehículos. Antes se pensaba que los servicios de buses podían únicamente operar en un rango de hasta 5.000 o 6.000 PPHPD. El tren ligero entonces cubriría la demanda hasta aproximadamente 12.000 PPHPD. Cualquier nivel superior a este requeriría un metro o un sistema sobre rieles elevado.

No obstante, los carriles segregados y los sistemas BRT han comenzado a cambiar este punto de vista tradicional. Con el sistema BRT de Bogotá, que logra una capacidad máxima actual de 45.000 PPHPD, se ha creado un nuevo paradigma de capacidad. La (Imagen 3-92) proporciona una vista gráfica de este nuevo punto de vista sobre el rango de operación aproximado de cada tecnología.

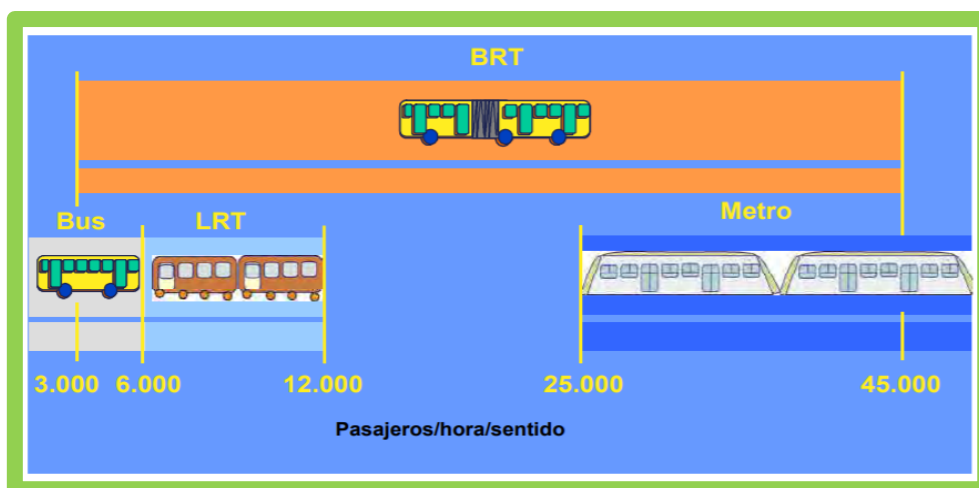
Determinar la tecnología apropiada desde el punto de vista del pasajero requiere poner atención a dos factores diferentes: i). Capacidad máxima y ii). Rango positivo costo-beneficio de capacidad operacional. El primer factor determina si una tecnología posee suficiente capacidad para apoyar el período de máxima demanda en un corredor determinado. El segundo factor determina si las fluctuaciones entre los periodos de máxima y mínima demanda están dentro del rango positivo de costo-beneficio de una tecnología.

Imagen 3-91: Punto de vista tradicional sobre capacidad del transporte público



Fuente: Guía de Planificación de Sistemas BRT Autobuses de Tránsito Rápido

Imagen 3-92: Nuevo punto de vista de la capacidad de transporte público



Fuente: Guía de Planificación de Sistemas BRT Autobuses de Tránsito Rápido

Considerando las tipologías descritas en este Manual, se procedió a calcular la carga de cada una de ellas en una hora, teniendo en cuenta que los vehículos con capacidad de 80 pasajeros para alcanzar los 6,000 pas/hora/sentido se necesitarían 75 unidades, la cual se tomará como una constante para determinar la carga de pas/hora/sentido en las demás tipologías.

Tabla 3-25: Cargas de Pasajeros/hora/sentido por tipología

Tipología	Capacidad	Cantidad unidades/hr	Carga Pas/hr/sentido
Microbús	16	75	1200
Minibús	45	75	3375
Ómnibus I	60	75	4500
Ómnibus II	80	75	6000

Fuente: Equipo consultor

Para proyectos de transporte público, como los contemplados en el Manual PRR (véase en la tabla anterior), los sistemas de transporte de ómnibus convencionales pueden soportar hasta 10,000 pasajeros hora-sentido. Por ello en caso de que la carga máxima del corredor sobrepase este indicador, se recomienda optar por un sistema de BRT.

3.5.8. Definir la oferta del servicio del proyecto

Esto significa definir diferentes parámetros de operación, los cuales buscan optimización de la operación del servicio; es decir, que la oferta de vehículos no sature la operación e impacte en el tiempo de viaje.

Para la elección de la tipología vehicular se debe tener en cuenta la cantidad de usuarios que se transportarán, la velocidad pronosticada para la circulación de los vehículos del proyecto y el monto de inversión disponible para el mismo.

A partir de la demanda en el punto de máxima carga determina la tipología vehicular a utilizar:

Tabla 3-26: Capacidades ofrecidas por diferentes tipologías

Tipo de vehículo	Capacidad (pasajeros)
Microbús (MC)	16
Minibús (MI)	45
Ómnibus I (MN)	60
Ómnibus II (OM)	80

Fuente: Equipo consultor

Frecuencia de paso

Es un valor numérico que indica la cantidad de vehículos que circulan por un punto determinado del corredor o ruta en un determinado espacio de tiempo, generalmente una hora. Se determina con la siguiente expresión:

$$F = \frac{PPMD}{Capacidad\ Vehículo}$$

Donde:

- F : frecuencia de paso vehicular en el lapso de una hora.
- PPMD : pasajeros en el punto de máxima demanda de una hora determinada.
- Capacidad del vehículo: cantidad de pasajeros máxima que puede transportar.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la frecuencia (columna 4) por tipo de vehículo, resultado de dividir a la demanda (columna 2) entre la capacidad (columna 3). A manera de ejemplo, se tomará la carga máxima de la Av. C que equivale a 8,662 pasajeros hora-sentido.

Tabla 3-27: Cálculo de la frecuencia vehicular necesaria para cubrir la demanda

Tipo de vehículo	Demanda (pas/hr/sentido)	Capacidad (pasajeros)	Frecuencia (veh/hora)
Ómnibus I	8,662	60	145
Ómnibus II		80	109

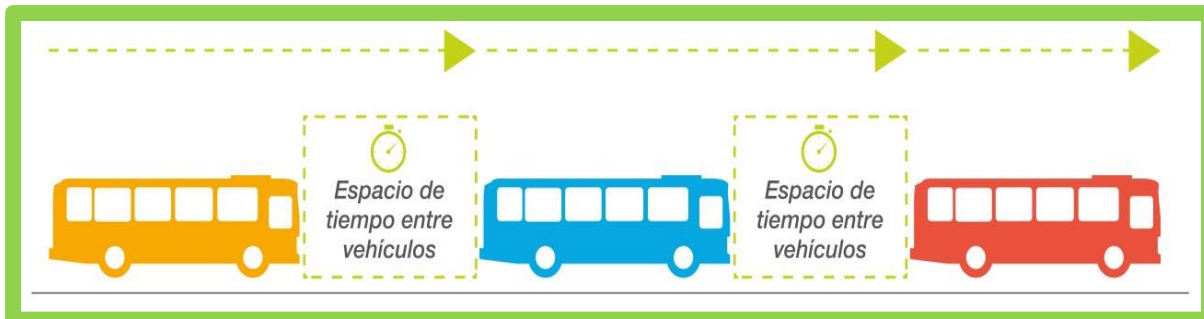
Fuente: Equipo consultor

Por lo tanto, el número de vehículos por hora será el **total de la flota operativa** que tendrá la ruta autorizada o por autorizar.

i. Intervalo

Es el espaciamiento en tiempo que existe entre el paso de un vehículo y el vehículo siguiente.

Imagen 3-93: Descripción de intervalos entre vehículos



Fuente CTS EMBARQ 2015.

El intervalo se calcula en función de la frecuencia:

$$i = \frac{1}{f} * 60$$

Donde:

- I : intervalo en unidad de tiempo (minutos).
- F : frecuencia de vehículos expresada en unidades por fracción de tiempo (horas).

Podemos distinguir dos tipos de intervalos: mínimo y máximo. En el primero determina el tiempo mínimo que puede transcurrir entre vehículos, por las limitaciones físicas del proyecto, tales como capacidad de carril o viabilidad. Por ejemplo, un intervalo menor a 60 segundos en un corredor BRT con un solo carril confinado puede conllevar a saturación del sistema y generar filas de buses colapsando el sistema. Para solucionar ello es preferible no tener intervalos menores a 60 segundos (cambiando el tipo de buses a de mayor capacidad, incluso cambiar el tipo de tecnología) o, en todo caso, mejorar la viabilidad adicionando carriles extras (carriles de rebase).

El intervalo máximo define a la mayor cantidad de tiempo que transcurre entre el paso de vehículos, impactando en el tiempo que el usuario tendrá que esperar para poder abordar el siguiente vehículo. Generalmente, según experiencias internacionales, se considera que el usuario puede esperar 7 minutos (CTS Embarq, 2015). Sin embargo, esto no quiere decir que no pueda haber intervalos mayores, pero se debe tener cuidado que los tiempos programados se cumplan y así evitar perjuicios al usuario.

Con la teoría expuesta, se pasó a calcular el intervalo de paso (columna 3), en función de la frecuencia (columna 2):

Tabla 3-28: Intervalo de paso entre vehículos

Tipo de vehículo	Frecuencia (veh/hora)	Intervalo de paso (minutos)
Ómnibus I	145	0.41
Ómnibus II	106	0.56

Fuente: Equipo consultor.

De la anterior tabla se observa que el vehículo tipo Ómnibus I, para satisfacer la demanda indicada, necesita una frecuencia de 145 vehículos por hora, estando por encima del límite de saturación (60 vehículos/hora), de igual forma el vehículo tipo Ómnibus II (106 vehículos por hora); por lo cual cualquiera de ellos es apto, siempre y cuando existan las condiciones adecuadas de las vías, principalmente que existan más de 2 carriles por sentido.

3.5.9. Parámetros operacionales para la elaboración de la Ficha Técnica

Para la determinación de parámetros operacionales se debe tomar en cuenta los aspectos técnicos complementarios que se utilizan para la operatividad de las rutas que componen la red diseñada y, por consiguiente, se debe consignar a cada una de las rutas establecidas las diversas características de su propia operación. A continuación, procedemos a describir cada uno de estos parámetros:

- **Código de Ruta:** Se debe crear códigos de dos letras con base en la operación de la ruta agregando a este la numeración correspondiente al orden de creación dentro del Sistema de Rutas.
- **Ruta:** Itinerario autorizado a una empresa que presta el servicio de transporte regular de personas. Está constituido por un origen, puntos o localidades consecutivas ubicadas en el trayecto y el destino final.
- **Itinerario:** Relación nominal correlativa de los lugares que definen una ruta; es decir, es el recorrido en ambos sentidos de viaje considerando la nomenclatura de las vías y/o centros poblados o distritos de referencia.
- **Paradero:** También conocido como paradero urbano e interurbano (según el DS 017-2009-MTC). Es la infraestructura complementaria de transporte, localizada en una vía urbana o interurbana, que es utilizada por los transportistas autorizados para prestar el servicio de transporte público de personas de ámbito provincial, para el embarque y/o desembarque de usuarios, durante su itinerario.

Cabe mencionar que la Estación de Ruta para el ámbito provincial es aquella infraestructura complementaria de transporte que es empleada en el sistema de transporte masivo de personas para el embarque y desembarque. Además, los terminales terrestres o estaciones de ruta pueden estar localizados en el lugar de origen o en el destino de la ruta, a elección del transportista. En el otro extremo de la ruta, en el que no esté localizada la estación de ruta el transportista, se deberá, además, contar

con un lugar autorizado donde pueda estacionarse sin interrumpir la circulación o impactar negativamente en el tránsito de vehículos o personas.

- **Longitud de Recorrido:** Representa la suma de la distancia recorrida (ida y vuelta) que efectúa una ruta de transporte regular de pasajeros. Para el caso de la Ficha Técnica, la Longitud de Recorrido está expresada en kilómetros (km).
- **Tipología:** Es la característica física-operacional de las unidades destinadas al transporte de personas entre las que figuran las que son establecidas por las normas legales como vehículos aptos para el transporte público de pasajeros.
- **Flota Total:** Número de vehículos necesario para cubrir la demanda.
- **Flota Operativa:** Vehículos necesarios para cubrir la demanda máxima.
- **Flota Retén:** Es la flota de reserva (usualmente del 10% al 20%) para atender la demanda por eventualidades y porque parte del parque automotor debe estar en mantenimiento.

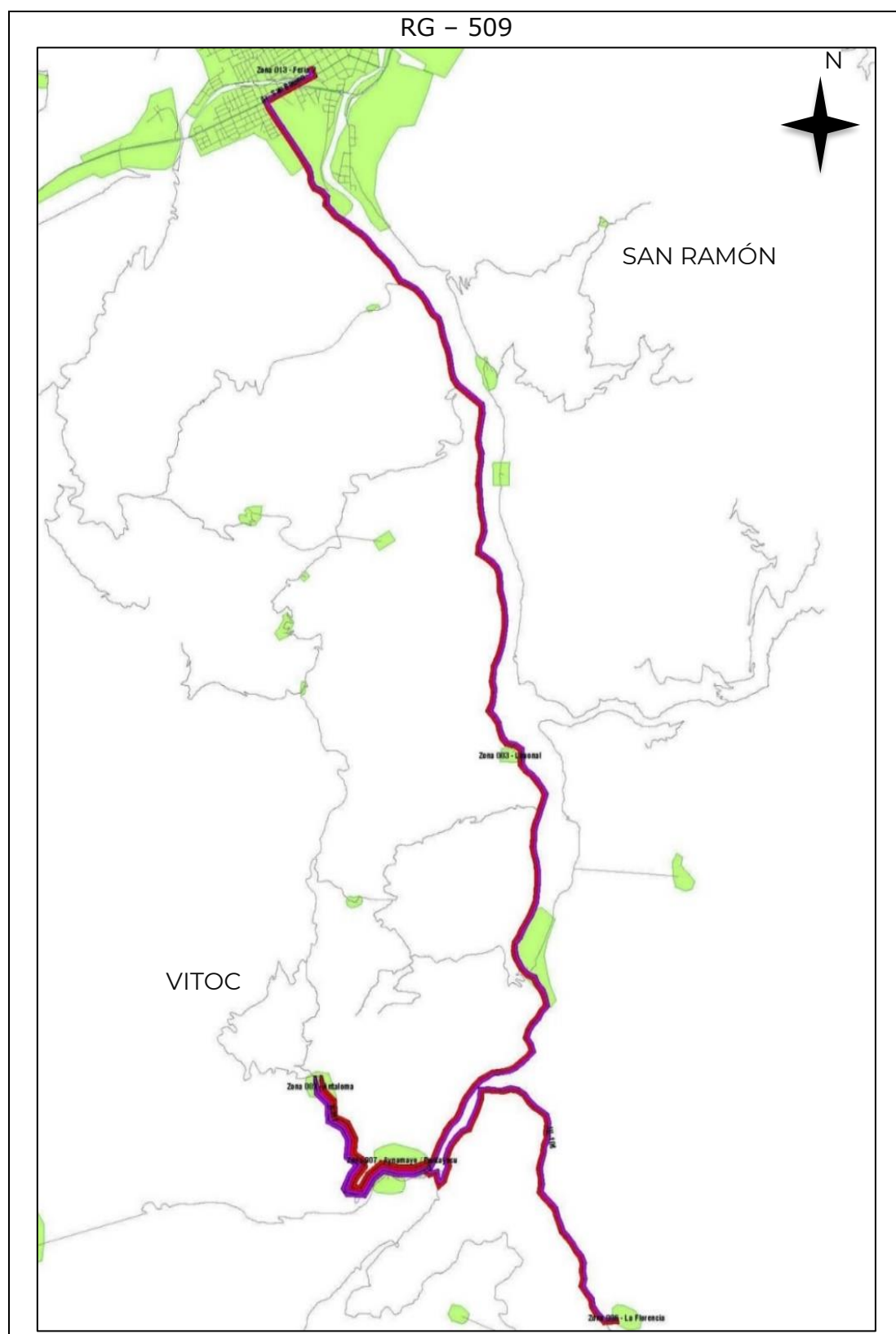
Una vez determinada la Flota Total requerida para la ruta, se procede a establecer la ficha técnica, la cual debe contener de manera obligatoria todos los parámetros operacionales anteriormente descritos. Como ejemplo se muestra la ficha técnica de una ruta del PRR de la provincia de Chanchamayo:

Tabla 3-29: Ejemplo de Ficha Técnica

Código de Ruta: RG – 509	
PARADERO INICIAL	PARADERO FINAL
Ubicación: Estación de ruta San Ramón	Ubicación: CP. La Florencia
Zona: Centro San Ramón	Zona: CP. La Florencia
Distrito: San Ramón	Distrito: Vitoc
ITINERARIO	
IDA	VUELTA
- Estación de rutas San Ramón - Car. Regional JU 104 - Urb. Arias Dávila - Car. Regional JU 104 - CP. Juan Pablo II - Car. Regional JU 104 - Centro Vitoc - Car. Regional JU 104 - CP. Aynamayo - Car. Regional JU 104 - CP. Puntayacu - Car. Regional JU 104 - CP. Nuevo Porvenir - Car. Troncal R 592 - CP. Antaloma - Car. Regional JU 104 - CP. La Florencia	- Car. Regional JU 104 - CP. La Florencia - Car. Troncal R 592 - CP. Antaloma - Car. Regional JU 104 - CP. Nuevo Porvenir - Car. Regional JU 104 - CP. Puntayacu - Car. Regional JU 104 - CP. Aynamayo - Car. Regional JU 104 - Centro Vitoc - Car. Regional JU 104 - CP. Juan Pablo II - Car. Regional JU 104 - Urb. Arias Dávila - Estación de rutas San Ramón
DATOS TÉCNICOS	
KILOMETRAJE DE IDA:	25.66 Km
KILOMETRAJE DE VUELTA:	25.66 Km
TIPOLOGÍA :	Microbús
OPERATIVA :	06 unidades
RETÉN :	01 unidades
FLOTA TOTAL :	07 unidades

Fuente: Equipo consultor

Tabla 3-30: Ejemplo de gráfico de recorrido



Fuente: Equipo consultor

3.5.10. Evaluación Económica – Financiera

En este apartado se realizará el análisis económico y financiero del proyecto y/o propuesta a implementar, en donde el principal criterio a utilizar será el modo de transporte más eficiente a implementar en la región o localidad, considerando en ese análisis la reducción de costos de operación de los vehículos y ahorro de tiempos de viaje de los usuarios.

Asimismo, este documento tiene el propósito de presentar una guía metodológica a fin de verificar la viabilidad económica y consecuente sostenibilidad de la propuesta técnica desarrollada hasta ahora.

En tal sentido, se realizará un análisis costo – beneficio desde una perspectiva pública, a fin de facilitar a las autoridades correspondientes la decisión de implementar la propuesta técnica.

3.5.10.1. Definiciones Principales

- a) Proyecto de transporte, se define como una intervención sobre un mercado de transporte que altera el equilibrio que se habría obtenido en dicho mercado y en el resto de la economía, si no se hubiera producido tal intervención.
- b) Evaluación económica de un proyecto de transporte, que debe realizarse de manera incremental; es decir, comparando el equilibrio alcanzado en los mercados de transporte con proyecto con la situación de partida en dichos mercados sin proyecto.
- c) Evaluación financiera de un proyecto de transporte, se relaciona con la viabilidad del proyecto y con su capacidad para generar ingresos que permitan cubrir sus costes, por lo que implícitamente se pregunta ¿es posible la participación privada?
- d) Valor Actual Neto (VAN), es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.
- e) Tasa de Interés de Retorno (TIR), es la tasa de interés o rentabilidad que genera un proyecto, es decir, se encarga de medir la rentabilidad de una inversión.
- f) Tasa Social de Descuento (TSD), representa el costo de oportunidad que incurre el país cuando utiliza recursos públicos para financiar sus proyectos.
- g) Relación Beneficio/Costo, compara de forma directa los beneficios y los costes. Para calcular la relación (B/C), primero se halla la suma de los beneficios descontados, traídos al presente y se divide sobre la suma de los costes también descontados.
- h) Análisis de Sensibilidad, es la técnica que determina cómo diferentes valores de una variable independiente impactan en una variable dependiente bajo un conjunto de supuestos. Estudia cómo la incertidumbre en el resultado de un

modelo o sistema matemático puede asignarse a diferentes fuentes en sus variables de entrada.

- i) Efectos directos de un proyecto, son los que afectan al equilibrio existente en el mercado primario y a los agentes económicos que actúan en el mismo.
- j) Efectos indirectos de un proyecto, aparecen en mercados secundarios con relación de complementariedad o sustituibilidad con el mercado primario, y, generalmente, pueden ignorarse, si no existen distorsiones significativas en dichos mercados.
- k) Los efectos económicos adicionales, tienen carácter agregado y su signo suele ser incierto y difícil de cuantificar con precisión, por lo que puede convenir ignorarlos en proyectos pequeños.

3.5.10.2. Criterios de Decisión

Es el proceso por el que se debe elegir entre dos o varias alternativas posibles. Se trata de normas o criterios que se utilizarán en el presente manual, mediante el cual se analiza varias alternativas con el objeto de elegir una de ellas. A través de ellos se intenta reducir la subjetividad que caracteriza a las decisiones

Al respecto, la evaluación de un proyecto de transporte puede abordarse desde dos perspectivas distintas: **evaluación económica**, considerando los beneficios y costes que éste aporta a la sociedad en su conjunto; o **evaluación financiera**, centrada únicamente en los ingresos y costes generados por el proyecto.

En tal sentido, en este manual se propone el uso de criterios de decisión de inversión pública las cuales comprenden el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de los proyectos como base de comparación para estimar los rendimientos y beneficios reales de los mismos en términos monetarios y también como base de evaluación para la aceptación o rechazo de la alternativa de inversión al contrastar dicha tasa con la tasa social de descuento de 8% anual, establecida como parámetro de evaluación por el Ministerio de Economía y Finanzas⁴.

Así, los indicadores de rendimiento a presentar en la evaluación son los tradicionalmente utilizados por la ingeniería económica:

1. Valor Presente Neto (VPN).
2. Tasa Interna de Retorno (TIR).
3. Relación Beneficio entre Costo (B/C).
4. Tasa de Interés.

⁴ Anexo N° 11: Parámetros de Evaluación Social/Inversión Pública/MEF

A continuación, se explica cada uno de los indicadores

1. Valor Presente Neto (VPN)

Conocido también como el valor presente neto y se define como la sumatoria de los Flujos netos de caja anuales actualizados menos la Inversión inicial.

Con este indicador de evaluación se conoce el valor del dinero actual (hoy) que va recibir el Proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un periodo determinado, a fin de comparar este valor con la Inversión inicial.

El valor actual neto de una Inversión corresponde al Flujo neto de caja actualizado con una determinada tasa de descuento, la misma que tendrá un valor que puede ser calculada en función al aporte propio y al monto financiado.

El valor actual neto se define por la siguiente formula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+t)^i}$$

Donde:

- I_0 : Inversión Inicial
- F_i : Flujo neto anual
- t : Tasa de actualización (tasa de interés)
- n : Años de duración del Proyecto

Por lo tanto, el VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones pueden efectuarse y, en segundo lugar, evaluar cuál es la mejor inversión, en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida, generará beneficios.
- $VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- $VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Conocida también como Tasa de Rentabilidad Financiera (TRF). Representa a aquella tasa porcentual que reduce a cero el valor actual neto del Proyecto.

La TIR muestra a la empresa o inversionista la tasa de interés máxima a la que debe contraer préstamos, sin que incurra en futuros fracasos financieros. Para lograr esto se busca aquella tasa que aplicada al Flujo neto de caja hace que el VAN sea igual a cero.

A diferencia del VAN, donde la tasa de actualización se fija de acuerdo con las alternativas de Inversión externas, aquí no se conoce la tasa que se aplicará para encontrar el TIR; por definición la tasa buscada será aquella que reduce el VAN de un Proyecto a cero. En virtud de que la TIR proviene del VAN, primero se debe calcular el valor actual neto.

El procedimiento para determinar la TIR es igual al utilizado para el cálculo del VAN; para posteriormente aplicar el método numérico mediante aproximaciones sucesivas hasta acercarnos a un $VAN = 0$, o por interpolación o haciendo uso de calculadoras programables que pueden calcular variables implícitas en una ecuación. Para el cálculo se aplica la siguiente fórmula del VAN:

$$\begin{aligned} VAN &= -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+t)^i} = 0 \\ -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+TIR)^i} &= 0 \end{aligned}$$

El criterio de selección será el siguiente donde "k" es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

3. Relación Beneficio entre Costo (B/C)

La relación Beneficio-Coste (B/C) compara de forma directa los beneficios y los costes. Para calcular la relación (B/C), primero se halla la suma de los beneficios descontados, traídos al presente, y se divide sobre la suma de los costes también descontados. Contrario al VAN, cuyos resultados están expresados en términos absolutos, este indicador financiero expresa la rentabilidad en términos relativos.

La interpretación de tales resultados es en centavos por cada "euro" o "dólar" que se ha invertido. Para el cómputo de la Relación Beneficio Costo (B/C) también se requiere de la existencia de una tasa de descuento para su cálculo. En la relación de beneficio/costo, se establecen por separado los valores actuales de los ingresos y los egresos, luego se divide la suma de los valores actuales de los costos e ingresos.

Para una conclusión acerca de la viabilidad de un proyecto, bajo este enfoque, se debe tener en cuenta la comparación de la relación B/C hallada en comparación con 1, así tenemos lo siguiente:

- $B/C > 1$ indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado. Índice que por cada dólar de costos se obtiene más de un dólar de beneficio. En consecuencia, si el índice es positivo o cero, el proyecto debe aceptarse.
- $B/C=1$, Aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes.

- $B/C < 1$, muestra que los costes son mayores que los beneficios, no se debe considerar

4. Tasa Social de Descuento (TSD)

Representa el costo de oportunidad que incurre el país cuando utiliza recursos públicos para financiar sus proyectos.

La TSD transforma el valor actual de los flujos futuros de beneficios y costos de un proyecto en particular. La utilización de una única tasa de descuento permite la comparación del valor actual neto de los proyectos de inversión públicos, para lo cual se establece en un 8%, como se indica a continuación:

Tabla 3-31: Valor de la Tasa Social de Descuento

Parámetro	Valor
Tasa Social de Descuento	8%

Fuente: Anexo 11 – Parámetros de Evaluación - MEF 2019

Por otro lado, en el caso de intervenciones con recursos privados, se deberá considerar la Tasa de Interés promedio del mercado o la Tasa de Rendimiento promedio estimada por la Banca Multilateral.

En ese sentido, para el presente Manual se utilizará la Tasa Social de Descuento (TSD), en el marco del Sistema Nacional de Programación y Gestión de Inversiones, establecida por el Ministerio de Economía y Finanzas.

5. Valor Social del Tiempo (VST),

De acuerdo con el Anexo 11: Parámetros de Evaluación Social para evaluar proyectos de inversión en el marco del Sistema Nacional de Programación y Gestión de Inversiones – Invierte.pe, en la evaluación social de proyectos, en los que se considere como parte de los beneficios del proyecto ahorros de tiempo de usuarios, deberá de calcularse dichos beneficios considerando los siguientes valores del tiempo, según propósito, ámbito geográfico y nivel socioeconómico.

Para estimar los beneficios por ahorro de tiempo de usuarios (pasajeros) en la evaluación social de proyectos de transporte, se deberá considerar los siguientes valores de tiempo, según modo de transporte, de acuerdo con el siguiente detalle:

Tabla 3-32: Valor Social del Tiempo (VST)

Valor Social del Tiempo por Modo de Transporte Urbano (soles/hora pasajero)		
Modo de Transporte	Valor del Tiempo (soles/hora pasajero)	
Transporte Local Privado		
Lima	Urbano	7.83
	Rural	5.17
Costa	Urbano	5.03
	Rural	3.02
Sierra	Urbano	4.84
	Rural	2.29
Selva	Urbano	6.52
	Rural	3.36
Transporte Local Publico		
Lima	Urbano	6.50
	Rural	3.31
Costa	Urbano	5.14
	Rural	2.22
Sierra	Urbano	4.74
	Rural	2.09
Selva	Urbano	5.01
	Rural	2.12

Fuente: CIUP. Año 2012.

6. Análisis de Sensibilidad,

Es la técnica que determina cómo diferentes valores de una variable independiente impactan en una variable dependiente bajo un conjunto de supuestos. Estudia cómo la incertidumbre en el resultado de un modelo o sistema matemático puede asignarse a diferentes fuentes en sus variables de entrada.

El análisis de sensibilidad, dado un cierto rango de variables, es una forma de predecir el resultado de una decisión. Es conocido también como análisis de simulación o «qué pasa si». Al crear un conjunto dado de variables, se puede determinar cómo los cambios en una variable afectan el resultado.

3.5.10.3. Métodos de Cálculo

El mercado de transportes se puede interpretar de dos formas distintas, aunque equivalentes. Por un lado, puede verse como una asignación concreta de recursos productivos asociada a la actividad económica realizada por los agentes sociales participantes en el mercado de transportes, tales como productores, usuarios, contribuyentes y resto de sociedad, proporcionando a la sociedad unos resultados concretos, en términos de precio, cantidad y calidad del transporte.

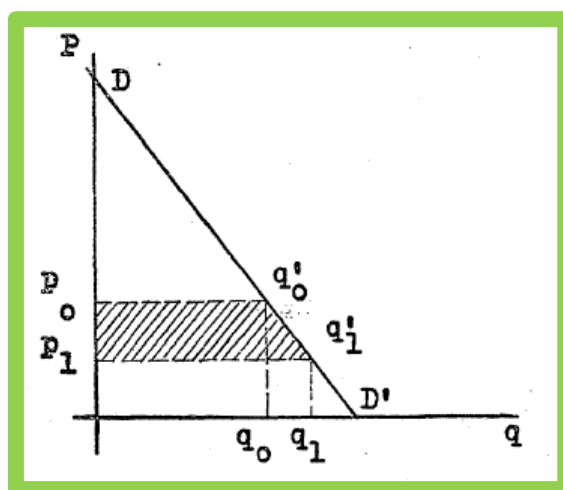
Por otro lado, el reparto de estos resultados implica siempre unas determinadas ganancias o pérdidas para cada grupo de agentes, las cuales pueden medirse en términos de excedentes netos para cada uno de ellos, puesto que los proyectos de transporte alteran los resultados alcanzados y también modifican su reparto entre los agentes implicados. El cálculo de los cambios en el bienestar social producidos por un proyecto de transporte puede abordarse entonces desde esas dos perspectivas.

En ese sentido, en este Manual se utilizará la asignación de recursos realizada por los productores (vehículos) y usuarios, a fin de determinar los resultados de la reducción de los costos de operación de los vehículos y ahorros de tiempo de viaje de los usuarios.

Así, los ahorros en costos de viajes se derivan de la diferencia de costos entre las situaciones "sin" y "con proyecto", lo cual corresponde a la variación en el excedente del consumidor.

Como ejemplo podemos señalar lo siguiente: Si el usuario viajaba 10 veces "X" a dos soles (P_0), gastaba 20 soles en total. Ahora, si el precio disminuye a 1 sol (P_1), entonces por cada viaje, gana 1 sol, o, en otras palabras, ahorra 1 sol. Entonces, si el usuario sigue viajando el número de veces de 10, entonces se ahorrará 10 soles, o tendrá un beneficio de 10 soles, como se indica en la imagen siguiente:

Imagen 3-94: Excedente del Consumidor



3.5.10.4. Identificación de variables y/o supuestos

Para el cálculo de los beneficios de la implementación de un proyecto de inversión en el presente Manual, se deberá identificar las variables que incidan en el costo de inversión, los costos de mantenimiento, el costo de nuevas unidades para la operación y la reestructuración del sistema de transporte, incluyendo los componentes del centro de control, el centro de recaudación, entre otros.

a) Costos de Inversión

Los costes de inversión de un proyecto se expresan por el valor monetario de los recursos que la sociedad aporta para que dicho proyecto se lleve a cabo y genere beneficios y costes a la misma durante un determinado período de tiempo, el cual constituye la duración o vida del proyecto.

Las variables o aspectos que se recomiendan considerar para cuantificar el costo de inversión se detallan a continuación:

- Infraestructura vial
- Centro de control

- Recaudo
- Buses articulados nuevos en troncales
- Buses convencionales - Red complementaria
- Microbuses

b) Costos de Mantenimiento

Estos costos son necesarios para que las infraestructuras, vehículos y el resto de activos se encuentren en condiciones apropiadas de operación durante toda la vida del proyecto. Su cuantía varía con cada tipo de activo y sus características técnicas. Las decisiones sobre costes de mantenimiento se reflejan en la vida útil de los activos y, en general, en sus condiciones de funcionamiento.

Las variables o aspectos que se recomiendan considerar para determinar el costo de mantenimiento se detallan a continuación:

- Mantenimiento Preventivo por Bus
- Mantenimiento Correctivo por Bus
- Costo de mantenimiento por Bus
- Costo de llantas
- Número de Llantas por Bus
- Número de unidades

c) Costos de Operación

Estos costos están relacionados con el funcionamiento habitual de las infraestructuras, vehículos y otros activos dentro de los mercados de transporte. Aunque también pueden tener componentes fijos, una parte de los costes de operación es proporcional a la demanda y, al contrario de lo que ocurre con los costes de inversión, se realiza a lo largo de toda la vida del proyecto al igual que ocurre con los de mantenimiento. Desde el punto de vista de su origen y posible asignación tanto para los costes de operación como para los de mantenimiento.

- Pago Sueldos y Beneficios
- Pago ESSALUD
- CTS y Vacaciones
- Combustible DIESSEL
- Combustible GNV
- Otros gastos operativos
- Gastos Operativos diversos
- Seguro Vehicular privado
- SOAT

- Contingencia
- Otros

d) Factores o supuestos

Un supuesto o factores para la implementación de un proyecto es “una premisa”, una declaración o una interpretación documentada o soportada de un hecho que se espera no cambie o asuma ciertos parámetros durante la ejecución del proyecto. Para el presente manual, se recomienda los siguientes factores:

- Factor de expansión (días/año)
- Tasas de crecimiento demanda
- Horizonte del Flujo de Caja (años)
- Valor residual (% valor inicial)
- Tasa de Descuento (% anual) en US\$
- Tasa de reinversión (% anual)
- Tasa de financiamiento (% anual)
- costo km red actual (S/ por km)
- costo km red futura (S/ por km)
- costo km red Troncal (S/ por km)
- Tipo de cambio (S/ por US\$)
- Otros

3.5.10.5. Resultados

Los resultados de la evaluación económica y financiera de un proyecto de inversión deberían ayudarnos a elegir, entre líneas alternativas de acción y hacerlo de un modo que tenga en cuenta los recursos existentes; un factor que puede limitar la capacidad para producir los resultados deseados.

Los resultados que se deberán considerar en la evaluación económica y financiera se detallan a continuación.

1. Valor Presente Neto (VPN), con el cual se conoce el valor del dinero en la actualidad. Para la toma de decisiones deberá cumplir lo siguiente:
 - $VAN > 0$: Favorable para la ejecución del proyecto
 - $VAN = 0$: Indiferente, para la ejecución del proyecto
 - $VAN < 0$: Rechazado la ejecución del proyecto

Tasa Interna de Retorno (TIR), el cual muestra a la empresa o inversionista la tasa de interés máxima a la que debe contraer préstamos. El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Relación Beneficio entre Costo (B/C), compara de forma directa los beneficios con los costos. El criterio de decisión para la viabilidad de un proyecto se detalla a continuación:

- $B/C > 1$ indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser viable.
- $B/C = 1$ no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes.
- $B/C < 1$ muestra que los costes son mayores que los beneficios, el proyecto se rechaza.

3.5.10.6. Casos Prácticos de Evaluación Socioeconómica

A continuación se mostrarán dos casos prácticos de la aplicación de la evaluación socioeconómica en la planificación del transporte: el primer caso es la evaluación de la implementación de un sistema de rutas y su sostenibilidad durante la vida útil de la flota vehicular; y el segundo caso evalúa la adquisición de 10 unidades vehiculares para una sola ruta de transporte, que, según este caso hipotético, la sostenibilidad del proyecto debe realizarse considerando la demanda obtenida por el proceso de modelación.

Caso 1: Propuesta de Plan Regulador de Rutas de Transporte en la ciudad de Trujillo

El caso consiste en la elaboración de Plan Regulador del Transporte de Rutas de Transporte realizado en la Ciudad de Trujillo el año 2008, para lo cual realizaremos la evaluación económica y financiera, de acuerdo con lo establecido en este manual.

a) Criterios de Decisión

Los indicadores para determinar una decisión para la viabilidad de implementar el Plan Regulador de Rutas son los tradicionalmente utilizados por la ingeniería económica:

- Valor Presente Neto (VPN) y
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Relación Beneficio entre Costo (B/C),
- Tasa de Interés

b) Identificación de variables y/o supuestos

Las variables y/o supuestos para el presente caso, se detalla a continuación:

Tabla 3-33: Costos de Inversión del Proyecto

CONCEPTO	CANTIDAD	Factor de Seguridad	VALOR UNITARIO (miles US\$)	VALOR TOTAL (miles US\$)	%	Vida útil (años)	Valor residual (% Valor inicial)	Valor residual (miles US\$)
Infraestructura vial (1)	1.00	5.00%	18,000.00	18,900.00	25.99%	30	15%	2,835.00
Centro de control	1.00	0.00%	1,000.00	1,000.00	1.38%	5	0%	0.00
Recaudo	1.00	0.00%	5,000.00	5,000.00	6.88%	5	5%	250.00
Buses articulados nuevos en troncales	41.00	10.00%	120.00	5,412.00	7.44%	10	10%	541.20
Buses convencionales Red complement	44.00	10.00%	75.00	3,630.00	4.99%	10	10%	363.00
Microbuses	641.00	10.00%	55.00	38,780.50	53.33%	10	10%	3,878.05
TOTAL				72,722.50	100.00%			7,867.25
(1) Incluye inversión en vías, estaciones, terminales de intercambio considerando corredores con una longitud de 12 kms.								
Longitud de corredores (kms)	12.00							
Costo unitario por Km (miles US\$/Km)	1500.00							

- Costos asociados al proyecto

Estos costos están basados en los flujos monetarios destinados a cubrir las inversiones del proyecto e incluyen los costos de mantenimiento, costos de operación y el valor de salvamento o residual del proyecto, que para este modelo se ha considerado en 10% de la inversión inicial en lo pertinente.

Se estimó en este sentido una inversión total de US\$18.9 millones en infraestructura y se ha incorporado, por otro lado, el costo de inversión en unidades vehiculares, según se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 3-34: Cantidad de unidades por escenario

INVENTARIO DE INVERSION EN VEHICULOS SEGUN ESCENARIO		
Unidades Vehiculares	Conceptual	Evolutivo
Buses articulados en Troncal	41.00	50.00
Buses convencionales en Red Comp	44.00	0.00
Microbuses en Red Complementaria	641.00	872.00
Total Unidades Vehiculares	726.00	922.00

Las inversiones en buses articulados se realizan en el año 0, las correspondientes a los buses convencionales desde el año 0 hasta el año 5 y las de microbuses desde el año 0 hasta el año 10.

Las inversiones adicionales en el modelo son las relacionadas con el sistema de Control por US\$ 1 millón y con el sistema de Recaudo por US\$ 5 millones, los cuales se considera que tengan una vida útil de 5 años, oportunidad en la que se procederá a su renovación.

Asimismo, los costos, en especial los recurrentes asociados al mantenimiento del sistema se establecen como anualidades fijas a lo largo de la vida útil del proyecto. Para tal efecto, se ha considerado una tasa fija de 25% de la inversión inicial. Por su parte, el valor residual del proyecto se estableció como un 10% de la inversión inicial.

- Costos de operación y de los tiempos de viaje de los usuarios

A partir de la modelación efectuada en TransCAD, se generó la información de pasajeros y vehículos-kilómetros, así como pasajeros por tiempo para un día medio

y la hora pico, para las redes de transporte “sin” y “con” proyecto. Con base en los costos kilómetros por tipología de vehículo y ruta y los costos usuarios estimados se determinaron los costos del sistema actual y futuro. Para determinar el beneficio anual esperado se cotejaron los resultados de los escenarios “sin y “con” proyecto para la simulación de un día típico y se reprodujo para un total de 280 días promedios al año.

- Proyección de beneficios

Para la proyección de los beneficios en reducción de costo operacional y de tiempo de viaje en el flujo de caja construido, se consideró una tasa de crecimiento interanual de 1%, similar a la tasa de crecimiento poblacional típica, la cual puede considerarse relativamente conservadora, toda vez que la recomendada en otras metodologías aplicadas en áreas urbanas se acerca a 2,5% o 3% anual.

- Cálculo de los beneficios socioeconómicos del proyecto

Estos beneficios son estimados a partir de la reducción de los costos operacionales y los tiempos de viaje. Las reducciones de costos esperadas después de desarrollar el proyecto suponen una transferencia de beneficios monetarios para cada individuo que haga uso del sistema de transporte. Existen otros componentes o impactos colaterales del proyecto, tales como eficiencia energética, reducción en el presupuesto público de la autoridad, reducción del número de accidentes, entre otros que no han sido agregados al modelo utilizado por la complejidad de su valoración, pero que bien podrían estar presentes en mayor o menor grado después de la ejecución del proyecto.

- Estimación y proyección de los flujos de caja

Estos flujos son determinados sobre la base de las diferencias entre los beneficios “con y sin proyecto” y los costos asociados a la implementación del proyecto. En la proyección de los beneficios se han utilizado factores fijos que modelan la operación del sistema de transporte con base en las simulaciones del software TransCAD.

- Vida útil:

A efectos de la proyección de los referidos beneficios, se ha considerado un horizonte de análisis de 10 años para la proyección de los flujos de caja.

- Tasa Social de Descuento (TSD)

Representa el costo de oportunidad que incurre el país cuando utiliza recursos públicos para financiar sus proyectos. La TSD transforma el valor actual de los flujos futuros de beneficios y costos de un proyecto en particular. La utilización de una única tasa de descuento permite la comparación del valor actual neto de los proyectos de inversión pública, para lo cual se establece en un 8%, como se indica a continuación:

Tabla 3-35: Tasa Social de Descuento

Parámetro	Valor
Tasa Social de Descuento	8%

Fuente: Anexo 11 – Parámetros de Evaluación - MEF 2019

- Valor Social del Tiempo (VST)

De acuerdo con el Anexo 11: Parámetros de Evaluación Social para evaluar proyectos de inversión en el marco del Sistema Nacional de Programación y Gestión de Inversiones – Invierte.pe, en la evaluación social de proyectos en los que se considere como parte de los beneficios del proyecto ahorros de tiempo de usuarios, deberá calcularse dichos beneficios considerando los siguientes valores del tiempo, según propósito, ámbito geográfico y nivel socioeconómico.

Para estimar los beneficios por ahorro de tiempo de usuarios (pasajeros) en la evaluación social de proyectos de transporte, se deberá considerar los siguientes valores de tiempo, según modo de transporte, de acuerdo con el siguiente detalle:

Tabla 3-36: Valor Social del Tiempo por Modo de Transporte Urbano
(soles/hora-pasajero)

Modo de Transporte	Valor del Tiempo (soles/hora pasajero)	
Transporte Local Privado		
Lima	Urbano	7.83
	Rural	5.17
Costa	Urbano	5.03
	Rural	3.02
Sierra	Urbano	4.84
	Rural	2.29
Selva	Urbano	6.52
	Rural	3.36
Transporte Local Publico		
Lima	Urbano	6.50
	Rural	3.31
Costa	Urbano	5.14
	Rural	2.22
Sierra	Urbano	4.74
	Rural	2.09
Selva	Urbano	5.01
	Rural	2.12

Fuente: CIUP. Año 2012.

- Determinación de la TIR

Esta tasa se determina de la manera tradicional a partir de los flujos de caja establecidos, siendo por definición la tasa de descuento que hace que los flujos de caja sean iguales a cero. Adicionalmente, se considera la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM), teniendo en cuenta una tasa también de 8% anual en el pago de intereses y refinanciamiento de los costos de inversión y, conservadoramente, de 0% anual para la reinversión de los beneficios netos.

- Determinación del Valor Presente del Proyecto o Valor Actual Neto:

Este valor se determina de la manera tradicional, asumiendo un número de años (n) equivalente a la vida útil del proyecto. Se incluye en el cálculo el valor residual descontado en el último año. La tasa de descuento corresponde a 8% anual.

- Análisis de sensibilidad:

El análisis de sensibilidad se realiza siguiendo los lineamientos propuestos por la banca multilateral en este tipo de proyectos, según los cuales se consideran cuatro escenarios: i) el caso base; ii) considerando sólo los ahorros por reducción de costos operacionales de los vehículos; iii) una reducción de los beneficios en 25% e incremento en los costos en 25%; y iv) la proyección de los beneficios manteniendo los obtenidos en el primer año.

- Discusión del resultado y comparación de beneficios:

Los resultados de la evaluación del proyecto son resumidos para obtener una evaluación ponderada de las tasas internas de retorno indicadas.

- Escenarios
 - Conceptual o Actual
 - Evolutivo o Propuesto
- Supuestos o Premisas:
 - El salario mínimo actualizado en el Perú, y particularmente en Trujillo, es igual a S/ 930 por mes.
 - A partir de la información disponible en la encuesta Origen – Destino aplicada para esta consultoría, se estimó el valor ponderado de ingresos con base en los rangos consultados. Con ello, se estima que el promedio de ingresos de un usuario del proyecto sea igual a 1.15 veces el salario mínimo.
 - Al aplicar las consideraciones acordes a la metodología reseñada y la tasa de salario mínimo mensual señalada, por 1.15 salarios mínimos, por 1.20 de beneficios por 30% de uso alternativo, entre las 166 horas por mes resulta un costo de S/ 5.14 o US\$ 1.54 por hora-usuario, según se puede inferir de la siguiente tabla.

Tabla 3-37: Supuestos del escenario a nivel social

CONCEPTO	VALOR
Salario mínimo (S/ Mensuales) (1)	930.00
Factor de Ingresos (2)	1.15
Factor de Beneficios Sociales (3)	1.20
Proporción uso alternativo	30%
Horas efectivas al mes	166
Costo de hora de viaje (S/)	5.14
Costo de hora de viaje (US\$)	1.54

Fuente: Equipo consultor

Donde:

- (1) Información oficial del gobierno peruano
- (2) Se considera que la persona promedio que usa el transporte público tiene unos ingresos 1.5 mayores al sueldo mínimo
- (3) Los ingresos de las personas se incrementan incluyendo vacaciones, seguro social, etc.
 - El factor de expansión se refiere a la cantidad de días en el año que el sistema estará operativo para prestar el servicio a los usuarios. Desde luego, a los 365 días que tiene el año, habrá que descontar los feriados, sábado y domingos. Teniendo en cuenta ello, se ha considerado que, en el caso de Trujillo, el factor de expansión es de 280 días en el año.
 - La tasa de crecimiento de la demanda de viajes corresponde al porcentaje de nuevos usuarios que se incorporará anualmente al sistema de transporte público en la ciudad. Hay que considerar que el 1% de crecimiento anual resulta ser un supuesto razonable.
 - El horizonte por analizar corresponde por su parte al periodo en que se proyectarán los correspondientes flujos de caja. Para el proyecto, como es práctica usual, se ha considerado 10 años.
 - El tipo de cambio utilizado es la de Superintendencia de Banca y Seguros del 05.11.19
 - La tasa de mantenimiento se refiere al % asignado al mantenimiento operativo de las inversiones en general.

Tabla 3-38: Supuestos del escenario a nivel operativo

Ítem	INDICES	CANTIDAD
1	Factor de expansión (días/año)	280
2	Tasas de crecimiento demanda	1.00%
3	Horizonte del Flujo de Caja (años)	10
4	Valor residual (% valor inicial)	10%
5	Tasa de Descuento (% anual) en US\$	12%
6	Tasa de reinversión (% anual)	12%
7	Tasa de financiamiento (% anual)	10%
8	costo Km red actual (S/ por Km)	28.66
9	costo Km red futura (S/ por Km)	30.00
10	costo Km red Troncal (S/ por Km)	30.00
11	Tipo de cambio (S/ por US\$)	3.336
12	Tasa de mantenimiento	20.00%

Fuente: Equipo consultor

c) Métodos de Cálculo

Para el cálculo se consideraron las cifras de costos asociados a la reestructuración del sistema de transporte, incluyendo los componentes del centro de control, el centro de recaudación y la incorporación de nuevas unidades para la operación, tal como se presenta en las siguientes tablas, según Escenarios Actual y Evolutivo:

Tabla 3-39: Escenario Actual de la Ejecución de Transporte en la Ciudad de Trujillo

III. PROGRAMA DE INVERSIONES								
Conceptual								
CONCEPTO	CANTIDAD	Factor de Seguridad	VALOR UNITARIO (miles US\$)	VALOR TOTAL (miles US\$)	%	Vida útil (años)	Valor residual (% Valor inicial)	Valor residual (miles US\$)
Infraestructura vial (1)	1.00	5.00%	18,000.00	18,900.00	25.99%	30	15%	2,835.00
Centro de control	1.00	0.00%	1,000.00	1,000.00	1.38%	5	0%	0.00
Recaudo	1.00	0.00%	5,000.00	5,000.00	6.88%	5	5%	250.00
Buses articulados nuevos en troncales	41.00	10.00%	120.00	5,412.00	7.44%	10	10%	541.20
Buses convencionales Red complement	44.00	10.00%	75.00	3,630.00	4.99%	10	10%	363.00
Microbuses	641.00	10.00%	55.00	38,780.50	53.33%	10	10%	3,878.05
TOTAL				72,722.50	100.00%			7,867.25
(1) Incluye inversión en vías, estaciones, terminales de intercambio considerando corredores con una longitud de 12 kms.								
Longitud de corredores (kms)	12.00							
Costo unitario por Km (miles US\$/Km)	1500.00							

Tabla 3-40: Escenario Evolutivo de la Ejecución de Transporte en la Ciudad de Trujillo

III. PROGRAMA DE INVERSIONES								
	Evolutivo		2					
CONCEPTO	CANTIDAD	Factor de Seguridad	VALOR UNITARIO (miles US\$)	VALOR TOTAL (miles US\$)	%	Vida útil (años)	Valor residual (% Valor inicial)	Valor residual (miles US\$)
Infraestructura vial (1)	1.00	5.00%	18,000.00	18,900.00	22.43%	30	15%	2,835.00
Centro de control	1.00	0.00%	1,000.00	1,000.00	1.19%	5	0%	0.00
Recaudo	1.00	0.00%	5,000.00	5,000.00	5.93%	5	5%	250.00
Buses articulados nuevos en troncales	50.00	10.00%	120.00	6,600.00	7.83%	10	10%	660.00
Buses convencionales Red complement	0.00	10.00%	75.00	0.00	0.00%	10	10%	0.00
Microbuses	872.00	10.00%	55.00	52,756.00	62.61%	10	10%	5,275.60
TOTAL				84,256.00	100.00%			9,020.60
(1) Incluye inversión en vías, estaciones, terminales de intercambio considerando corredores con una longitud de 12 kms.								
Longitud de corredores (kms)	12.00							
Costo unitario por Km (miles US\$/Km)	1500.00							

Asimismo, se considera en el modelo que dichas inversiones en miles US\$ se apliquen temporalmente de la siguiente manera en el caso del Escenario Actual:

Tabla 3-41: Cronograma de Inversiones Escenario Actual

CRONOGRAMA DE INVERSIONES							
Periodos	Infraestructura	Centro Control	Recaudo	Buses Nuevos Troncal	Buses Nuevos Red	Microbuses Nuevos Red	Total
Año 0	(18,900.00)	(1,000.00)	(5,000.00)	(5,412.00)	(726.00)	(3,878.05)	(34,916.05)
Año 1					(726.00)	(3,878.05)	(4,604.05)
Año 2					(726.00)	(3,878.05)	(4,604.05)
Año 3					(726.00)	(3,878.05)	(4,604.05)
Año 4					(726.00)	(3,878.05)	(4,604.05)
Año 5		(1,000.00)	(5,000.00)			(3,878.05)	(9,878.05)
Año 6						(3,878.05)	(3,878.05)
Año 7						(3,878.05)	(3,878.05)
Año 8						(3,878.05)	(3,878.05)
Año 9						(3,878.05)	(3,878.05)
Año 10							0.00
TOTAL	(18,900.00)	(2,000.00)	(10,000.00)	(5,412.00)	(3,430.00)	(38,780.50)	(78,722.50)

Y de la siguiente forma, en el caso del Escenario Evolutivo:

Tabla 3-42: Cronograma de Inversiones Escenario Evolutivo

CRONOGRAMA DE INVERSIONES							
Periodos	Infraestructura	Centro Control	Recaudo	Buses Nuevos Troncal	Buses Nuevos Red	Microbuses Nuevos Red	Total
Año 0	(18,900.00)	(1,000.00)	(5,000.00)	(6,600.00)	0.00	(5,275.60)	(36,775.60)
Año 1					0.00	(5,275.60)	(5,275.60)
Año 2					0.00	(5,275.60)	(5,275.60)
Año 3					0.00	(5,275.60)	(5,275.60)
Año 4					0.00	(5,275.60)	(5,275.60)
Año 5		(1,000.00)	(5,000.00)			(5,275.60)	(11,275.60)
Año 6						(5,275.60)	(5,275.60)
Año 7						(5,275.60)	(5,275.60)
Año 8						(5,275.60)	(5,275.60)
Año 9						(5,275.60)	(5,275.60)
Año 10							0.00
TOTAL	(18,900.00)	(2,000.00)	(10,000.00)	(6,600.00)	0.00	(52,756.00)	(90,256.00)

Tabla 3-43: Flujo de caja de la evaluación socioeconómica en escenario conceptual

Años	Inversión en miles US\$	Mantenimiento en miles US\$	Valor Residual en miles US\$	Inversión neta en miles US\$	Beneficios por operación miles US\$	Beneficios por tiempo de viaje miles US\$	Beneficios Totales miles US\$	Flujo de Caja Económico (miles US\$)
Año 0	-34,916.05			-34,916.05	0.00	0.00	0.00	-34,916.05
Año 1	-4,604.05	-7,904.02		-12,508.07	59,096.58	18,089.23	77,185.80	64,677.73
Año 2	-4,604.05	-8,824.83		-13,428.88	59,687.54	18,270.12	77,957.66	64,528.78
Año 3	-4,604.05	-9,745.64		-14,349.69	60,284.42	18,452.82	78,737.24	64,387.55
Año 4	-4,604.05	-10,666.45		-15,270.50	60,887.26	18,637.35	79,524.61	64,254.11
Año 5	-9,878.05	-12,642.06	250.00	-22,270.11	61,496.14	18,823.72	80,319.86	58,049.75
Año 6	-3,878.05	-13,417.67		-17,295.72	62,111.10	19,011.96	81,123.06	63,827.34
Año 7	-3,878.05	-14,193.28		-18,071.33	62,732.21	19,202.08	81,934.29	63,862.96
Año 8	-3,878.05	-14,968.89		-18,846.94	63,359.53	19,394.10	82,753.63	63,906.69
Año 9	-3,878.05	-15,744.50		-19,622.55	63,993.13	19,588.04	83,581.17	63,958.62
Año 10	0.00	-15,744.50	7,867.25	-7,877.25	64,633.06	19,783.92	84,416.98	76,539.73
Valor actual	-61,188.95	-64,991.93	6,494.94	-123,505.97	346,166.93	105,960.31	452,127.24	328,621.27

Fuente: Equipo consultor

Tabla 3-44: Flujo de caja de la evaluación socioeconómica en escenario evolutivo

Años	Inversión en miles US\$	Mantenimiento en miles US\$	Valor Residual en miles US\$	Inversión neta en miles US\$	Beneficios por operación miles US\$	Beneficios por tiempo de viaje miles US\$	Beneficios Totales miles US\$	Flujo de Caja Económico (miles US\$)
Año 0	-34,916.05	0.00	0.00	-34,916.05	0.00	0.00	0.00	-34,916.05
Año 1	-4,604.05	-7,904.02	0.00	-12,508.07	44,107.54	8,341.77	52,449.30	39,941.23
Año 2	-4,604.05	-8,824.83	0.00	-13,428.88	44,548.61	8,425.18	52,973.80	39,544.92
Año 3	-4,604.05	-9,745.64	0.00	-14,349.69	44,994.10	8,509.44	53,503.54	39,153.85
Año 4	-4,604.05	-10,666.45	0.00	-15,270.50	45,444.04	8,594.53	54,038.57	38,768.07
Año 5	-9,878.05	-12,642.06	250.00	-22,270.11	45,898.48	8,680.48	54,578.96	32,308.85
Año 6	-3,878.05	-13,417.67	0.00	-17,295.72	46,357.47	8,767.28	55,124.75	37,829.03
Año 7	-3,878.05	-14,193.28	0.00	-18,071.33	46,821.04	8,854.95	55,675.99	37,604.66
Año 8	-3,878.05	-14,968.89	0.00	-18,846.94	47,289.25	8,943.50	56,232.75	37,385.81
Año 9	-3,878.05	-15,744.50	0.00	-19,622.55	47,762.14	9,032.94	56,795.08	37,172.53
Año 10	0.00	-15,744.50	7,867.25	-7,877.25	48,239.76	9,123.27	57,363.03	49,485.78
Valor actual	-61,188.95	-64,991.93	2,674.90	-123,505.97	258,366.42	48,863.13	307,229.54	183,723.57

Fuente: Equipo consultor

d) Resultados

A partir de los flujos de cajas anteriores se estimaron los indicadores de rendimiento para cada uno de los escenarios. Al respecto, a continuación, los resultados obtenidos:

Tabla 3-45: Indicadores de rentabilidad obtenidos para el escenario Actual

INDICADORES DE RENTABILIDAD	Razón Beneficio/ Costo	Valor Actual Neto (Miles US)	Tasa Interna de Retorno	TIR Modificada
Resultados obtenidos	3.66	328,621.27	185%	42%
Análisis de Sensibilidad				
Sin Beneficios por Tiempo de viaje (BRCO)	2.80	222,660.96	132%	37%
Costo + 25%, Beneficios - 25%	3.43	184,712.97	95%	32%
Tasa de Crecimiento nula	3.53	312,611.03	184%	41%

Fuente: Equipo consultor

Tabla 3-46: Indicadores de rentabilidad obtenidos para el escenario Evolutivo

INDICADORES DE RENTABILIDAD	Razón Beneficio/ Costo	Valor Actual Neto (Miles US)	Tasa Interna de Retorno	TIR Modificada
Resultados obtenidos	2.49	183,723.57	113%	27%
Análisis de Sensibilidad				
Sin Beneficios por Tiempo de viaje (BRCO)	2.09	134,860.45	88%	24%
Costo + 25%, Beneficios - 25%	2.33	76,039.69	49%	17%
Tasa de Crecimiento nula	4.25	172,844.30	112%	26%

Fuente: Equipo consultor

e) Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, los dos escenarios propuestos se consideran eficientes económicamente, toda vez que los resultados arrojados por los indicadores de rendimiento socioeconómico superan los mínimos establecidos en la casi totalidad de los análisis; aunque en el caso del escenario actual, se observan mejores rendimientos relativos con respecto al escenario Evolutivo.

En efecto, la Tasa Interna de Retorno del proyecto para ambos escenarios en su globalidad arrojaron tasas superiores al costo de oportunidad de 8% fijado y la relación Beneficio / Costo establece que la inversión requerida puede ser recuperada en casi 3,43 y 2,33 veces, a partir de los beneficios sociales obtenidos para los escenarios actual y Evolutivo, respectivamente.

Vale referir que la mayor parte de los beneficios, 185% en el escenario conceptual y 113% en el Evolutivo, provienen de la reducción de los costos de operación, respectivamente.

En cuanto al análisis de sensibilidad, al considerar la estimación de la fluctuación de los distintos indicadores económicos al incrementar en 25% los costos de inversión y reducir en 25% los beneficios totales del proyecto, ambos escenarios reportan resultados favorables.

Por lo tanto, los resultados obtenidos corroboran la viabilidad socioeconómica del proyecto e indican la conveniencia de aplicar la inversión para los dos escenarios propuestos, aunque con un mejor rendimiento para el caso del **escenario actual**.

Caso 2: Adquisición de Flota en una Ruta de Transportes

En este segundo caso, la Empresa de Transporte "XX" plantea la adquisición de una flota de 10 vehículos tipo Buses a GNV, a través de un préstamo en una entidad financiera vía Leasing, para lo cual se realizará una evaluación económica y financiera, a fin de determinar los beneficios económicos para la empresa y continuar con la adquisición.

a) Criterios de Decisión

Los indicadores para determinar una decisión para continuar con la adquisición de una flota de 10 vehículos tipo buses a GNV, son los tradicionalmente utilizados por la ingeniería económica:

- Valor Presente Neto (VPN) y
- Tasa Interna de Retorno (TIR).

b) Identificación de variables y/o supuestos

Las variables y/o supuestos para el presente caso, se detalla a continuación:

Tabla 3-47: Supuestos de Demanda y Operación Vehicular

SUPUESTOS DE DEMANDA Y OPERACIÓN VEHICULAR		
Recorrido de la ruta (ida y vuelta)	54	km
Distancia a Estación GNV	2	km
Vueltas diarias	4.00	vueltas
Factor de Ocupación Domingos	66.29%	%
Días de trabajo de cada unidad al mes	26	días
Numero de unidades	10	buses
Veces al día que va al gasocentro	1	veces
Tipo de cambio	3.35	S/.
IGV	18%	%
Precio del GNV	1.30	S/.
Valor de UNA unidad (con IGV)	110,000	US\$
Valor de TODAS las unidades (con IGV)	1,100,000	US\$
Cuota Inicial (con IGV)	220,000	US\$
Valor a Financiar de Buses (con IGV)	880,000	US\$
<i>Pólizas de seguro</i>	<i>11,000</i>	<i>US\$</i>
<i>Gastos de Formalización y EEPP aproximados</i>	<i>3,000</i>	<i>US\$</i>
<i>Comisión Estructuración</i>	<i>8,800</i>	<i>US\$</i>
Financiamiento TOTAL en Dólares (con IGV)	880,000	US\$
Financiamiento TOTAL en Soles (con IGV)	2,948,000	S/.
Financiamiento en Soles (sin IGV)	2,498,305	S/.
Costo Mensual (con IGV) de Fideicomiso	1,455	US\$
Costo Mensual (sin IGV) de Fideicomiso	1,233	US\$
¿El financiamiento es a través de LEASING?	Sí	
¿Se financia el IGV?	No	

Fuente: Equipo consultor

A continuación, mostramos el Servicio de la Deuda, esto quiere decir que es el detalle del financiamiento de las 10 unidades, la cual incluye el costo unitario del vehículo, tasa efectiva anual, cantidad de cuotas, valor de la cuota, periodo de gracia y otros supuestos propios del inicio de un proceso de financiamiento.

Tabla 3-48: Servicio de la deuda

SERVICIO DE LA DEUDA						
DEMANDA Y OPERACIÓN VEHICULAR						
		USD		Monto Total	2,595,535	Soles
V. Unit. x Bus		110,000		Tasa Anual	16.50%	%
Cantidad		10		Tasa Mensual	1.2808%	%
Total Buses		1,100,000		Plazo Total	84	Meses
Cuota Inicial		220,000		Plazo Gracia	3	Meses
Finan. Buses		745,763		Cuota Mensual	51,677	Soles
Finan. Total		745,763	2,498,305		-	
					18%	
Mes	Saldo Inicial	Intereses	K Amortiz.	Cuota	I.G.V.	Cuota Total
1	2,498,305.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2,530,303.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	2,562,711.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	2,595,535.38	33,243.84	18,433.00	51,676.84	9,301.83	60,978.67
5	2,577,102.38	33,007.75	18,669.09	51,676.84	9,301.83	60,978.67
6	2,558,433.29	32,768.64	18,908.20	51,676.84	9,301.83	60,978.67
7	2,539,525.09	32,526.46	19,150.38	51,676.84	9,301.83	60,978.67
8	2,520,374.71	32,281.18	19,395.66	51,676.84	9,301.83	60,978.67
9	2,500,979.05	32,032.76	19,644.08	51,676.84	9,301.83	60,978.67
10	2,481,334.96	31,781.15	19,895.69	51,676.84	9,301.83	60,978.67
11	2,461,439.28	31,526.33	20,150.51	51,676.84	9,301.83	60,978.67
12	2,441,288.77	31,268.24	20,408.60	51,676.84	9,301.83	60,978.67
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
73	571,438.77	7,319.04	44,357.80	51,676.84	9,301.83	60,978.67
74	527,080.96	6,750.90	44,925.94	51,676.84	9,301.83	60,978.67
75	482,155.02	6,175.48	45,501.36	51,676.84	9,301.83	60,978.67
76	436,653.66	5,592.70	46,084.14	51,676.84	9,301.83	60,978.67
77	390,569.52	5,002.45	46,674.39	51,676.84	9,301.83	60,978.67
78	343,895.13	4,404.64	47,272.20	51,676.84	9,301.83	60,978.67
79	296,622.93	3,799.17	47,877.67	51,676.84	9,301.83	60,978.67
80	248,745.26	3,185.95	48,490.89	51,676.84	9,301.83	60,978.67
81	200,254.37	2,564.88	49,111.96	51,676.84	9,301.83	60,978.67
82	151,142.41	1,935.85	49,741.00	51,676.84	9,301.83	60,978.67
83	101,401.41	1,298.76	50,378.08	51,676.84	9,301.83	60,978.67
84	51,023.33	653.51	51,023.33	51,676.84	9,301.83	60,978.67
TOTALES		1,590,288.68	2,595,535.38		753,448.33	
		i Deveng.	K		IGV	

Los ingresos que estima la Empresa de Transporte "XX" plantean la adquisición de una flota de 10 vehículos tipo Buses a GNV, de acuerdo con lo siguiente:

Tabla 3-49: Ingresos del Proyecto

Ingresos por Pasaje Tipo...	Tarifa	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso Diario por vuelta		S/. 193	S/. 203	S/. 213	S/. 224	S/. 235	S/. 249	S/. 264	S/. 280	S/. 297	S/. 315
Ingreso Diario por Total de vueltas		S/. 773	S/. 812	S/. 853	S/. 895	S/. 940	S/. 997	S/. 1,056	S/. 1,120	S/. 1,187	S/. 1,258
TOTAL por Unidad		228,802	240,242	252,254	264,867	278,110	294,797	312,485	331,234	351,108	372,174
Unidades	10										
TOTAL de TODAS las unidades		2,288,020	2,402,420	2,522,542	2,648,669	2,781,102	2,947,968	3,124,846	3,312,337	3,511,077	3,721,742
Crecimiento Anual 1-5	5.00%										
Crecimiento Anual 6-7	6.00%										

Tabla 3-50: Costos de Operación

CHOFER & COBRADOR	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Salario Chofer	21,600	21,600	22,032	22,473	22,922	23,381	23,848	24,325	24,812	25,308
Salario Cobrador	13,200	13,200	13,464	13,733	14,008	14,288	14,574	14,865	15,163	15,466
Cantidad	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Pago Fijo	487,200	487,200	496,944	506,883	517,021	527,361	537,908	548,666	559,640	570,832
% EsSalud	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Pago ESSALUD	43,848	43,848	44,725	45,619	46,532	47,462	48,412	49,380	50,368	51,375
Total CTS + Total Vacaciones	87,940	87,940	89,698	91,492	93,322	95,189	97,092	99,034	101,015	103,035
PAGO TOTAL	618,988	618,988	631,367	643,995	656,875	670,012	683,412	697,081	711,022	725,243
Salario Chofer	1,800									
Salario Cobrador	1,100									
Núm. Chof./Cob. Por Bus	1.2									
Crecimiento Salario Año 3	2%									

SUELDO Y BENEFICIOS ADMINISTRACIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Gerente	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000
Jefe de Operaciones	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000
Supervisor	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020
Controlador	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020	13,020
ESSALUD	5,494	5,494	5,494	5,494	5,494	5,494	5,494	5,494	5,494	5,494
CTS	5,085	5,085	5,085	5,085	5,085	5,085	5,085	5,085	5,085	5,085
Total	71,618	71,618	71,618	71,618	71,618	71,618	71,618	71,618	71,618	71,618
Gerente	1,500									
Jefe de Operaciones	1,000									
Supervisor	930									
Controlador	930									

COMBUSTIBLE GNV	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
m3 / km	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000
Kilómetros Recorridos	68,016	68,016	68,016	68,016	68,016	68,016	68,016	68,016	68,016	68,016
Precio del combustible	1.30	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	1.51	1.55	1.60	1.65
Nº de unidades	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Total Combustible GNV	353,683	353,683	364,294	375,223	386,479	398,074	410,016	422,316	434,986	448,035
Km por M3	2.50									
Incremento del GNV Años 3-7	3.00%									

Gastos operativos diversos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Total Costo Cochera	150	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
Multas y sanciones	50	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Boletos	20	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
Uso de relojes										
Total Costo Repuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Servicios y Oficina	26,400	26,400	26,400	26,400	26,400	26,400	26,400	26,400	26,400	26,400

DEPRECIACIÓN DE UNIDADES	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Valor de la unidad en US\$	93,220	93,220	93,220	93,220	93,220	0	0	0	0	0
Tipo de cambio	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35
Valor de la unidad en S/.	312,288	312,288	312,288	312,288	312,288	0	0	0	0	0
Valor de rescate										
Vida útil en meses	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Número de unidades	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Total Depreciación	624,576	624,576	624,576	624,576	624,576	0	0	0	0	0

IMPUESTO VEHICULAR	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Valor de la unidad	312,288	312,288	312,288	312,288	312,288	0	0	0	0	0
% Impuesto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Número de unidades	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Total impuesto vehicular	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AGUA, LUZ, TELÉFONO Y ÚTILES OFICINA	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Total Agua, Luz y Teléfono	300	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
Total Útiles de Oficina	150	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
Total Servicios y Oficina	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400

CONTINGENCIAS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Total Contingencias	1.00%	19,150	19,916	20,713	21,541	22,403	23,747	25,172	26,682	28,283

Tabla 3-51: Costos de Mantenimiento

Descripción	Cant.	unid.	Unit.	Total	5,000	15,000	25,000	35,000	45,000	55,000	65,000	75,000	85,000	95,000	105,000	115,000	125,000	135,000	145,000	155,000	165,000
ACEITE DE MOTOR PARA GAS GULF	12	lt	9.70	116.40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FILTRO AIRE PRIMARIO SOGEFI	1	u	85.00	85.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FILTRO DE ACEITE	1	u	22.43	22.43	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
BUJIA CUMMINS EURO V	6	u	76.80	460.80			x		x		x		x		x		x		x		x
CABLE DE BUJIAS	6	u	67.30	403.80			x		x		x		x		x		x		x		x
FILTRO DE GAS L10G	1	u	104.80	104.80				x			x			x			x				x
FILTRO DE GAS(FELPA)	1	u	38.30	38.30	x			x			x			x			x				x
ACEITE DE CORONA 85W-140	18	lt	9.00	162.00	x								x								x
ACEITE PARA CAJA SAE 50	10	lt	9.00	90.00	x					x					x					x	
FILTRO DE HIDROLINA	1	u	16.20	16.20									x								x
FAJA DE ALTERNADOR	1	u	189.00	189.00																	
HIDROLINA ATF DEXRON III	4	lt	11.00	44.00									x								x
REFRIGERANTE FLEETGUARD	20	lt	8.00	160.00							x						x				
FAJAS DE FRENO POSTERIOR KIT	1	u	147.00	147.00		x		x		x		x		x		x		x		x	
FAJAS DE FRENO DELANTERO KIT	1	u	136.00	136.00		x		x		x		x		x		x		x		x	
KIT DE EMBRAGUE COMPLETO	1	u	1,798.00	1,798.00							x						x				
BOMBA DE AGUA CUMMINS	1	u	634.00	634.00											x						
Costo Mantenimiento SI/					514	507	1,088	650	1,088	597	3,190	507	1,311	650	1,812	507	3,190	507	1,088	597	1,454
Costo en SI/por Km					0.10	0.068	0.084	0.079	0.086	0.081	0.117	0.109	0.111	0.106	0.113	0.108	0.125	0.119	0.119	0.115	0.117

MANTENIMIENTO DE UNIDADES	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Mantenimiento Preventivo	9,606	10,697	14,248	9,947	10,484	13,711	10,484	4,468	3,764	0
Mantenimiento Correctivo	0	14,701	17,713	20,264	20,617	20,793	22,614	22,680	22,680	17,010
Costo de mantenimiento por Bus	9,606	25,398	31,961	30,211	31,101	34,504	33,098	27,148	26,444	17,010
Número de unidades	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Total Mantenimiento	96,060	253,980	319,610	302,110	311,010	345,040	330,980	271,480	264,440	170,100
Incremento Mant. Años 3-7	3%	801	2,117	2,663	2,518	2,592	2,875	2,758	2,262	1,418

LLANTAS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo de 1 llanta (US\$)	280	280	288	297	306	315	325	334	344	355
Número de Llantas por Bus	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Número de unidades	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Tipo de cambio	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35
Total Llantas	74,432	74,432	76,665	78,965	81,334	83,774	86,287	88,876	91,542	94,288
Costo de 1 llanta (US\$)	280									
Llantas por Bus	7									
Vida Útil de Llanta (Km)	60,000									
Meses que Dura c/Llanta	10.59									
Incremento Precio Años 3-7	3%									

c) Métodos de Cálculo

Para el cálculo de los resultados del proyecto se realizará el análisis del flujo de caja económico y financiero del mismo, el cual muestra el efecto del financiamiento sobre los resultados económicos de la adquisición de una flota de 10 vehículos tipo Buses a GNV de la empresa.

Este flujo de caja se basa en el estudio de la demanda operacional de la Empresa de Transportes "XX", tomando en cuenta diversos aspectos de la operatividad de los vehículos analizados y el estudio operacional realizado, permitiendo a la Empresa de Transportes "XX" un pronóstico de la rentabilidad en la adquisición de los vehículos en un período de 10 años. Esto se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3-52: Flujo de Caja del Proyecto

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos operativos transporte urbano GNV		2,288,020	2,402,420	2,522,542	2,648,669	2,781,102	2,947,968	3,124,846	3,312,337	3,511,077	3,721,742
Costos operativos transporte urbano		(2,002,739)	(2,157,654)	(2,245,571)	(2,251,438)	(2,284,765)	(1,719,970)	(1,732,725)	(1,621,812)	(1,645,798)	(1,583,337)
<u>Personal</u>											
Pago Sueldos y Beneficios		(71,618)	(71,618)	(71,618)	(71,618)	(71,618)	(71,618)	(71,618)	(71,618)	(71,618)	(71,618)
Pago fijo chofer/cobrador		(470,400)	(470,400)	(479,808)	(489,404)	(499,192)	(509,176)	(519,360)	(529,747)	(540,342)	(551,149)
Pago ESSALUD		(42,336)	(42,336)	(43,183)	(44,046)	(44,927)	(45,826)	(46,742)	(47,677)	(48,631)	(49,603)
CTS y Vacaciones		(84,907)	(84,907)	(86,605)	(88,337)	(90,104)	(91,906)	(93,744)	(95,619)	(97,532)	(99,482)
<u>Combustible</u>											
Combustible GNV		(353,683)	(353,683)	(364,294)	(375,223)	(386,479)	(398,074)	(410,016)	(422,316)	(434,986)	(448,035)
<u>Mantenimiento</u>											
Mant. Unidades		(96,060)	(253,980)	(319,610)	(302,110)	(311,010)	(345,040)	(330,980)	(271,480)	(264,440)	(170,100)
Llantas		(74,432)	(74,432)	(76,665)	(78,965)	(81,334)	(83,774)	(86,287)	(88,876)	(91,542)	(94,288)
<u>Depreciación</u>											
Depreciación (n=5)		(624,576)	(624,576)	(624,576)	(624,576)	(624,576)	-	-	-	-	-
Impuesto Vehicular		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IGV por Pagar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Otros</u>											
Otros gastos operativos		(5,400)	(5,400)	(5,400)	(5,400)	(5,400)	(5,400)	(5,400)	(5,400)	(5,400)	(5,400)
Gastos Operativos diversos		(26,400)	(26,400)	(26,400)	(26,400)	(26,400)	(26,400)	(26,400)	(26,400)	(26,400)	(26,400)
Seguro Vehicular privado		(43,505)	(39,154)	(35,239)	(31,715)	(28,543)	(25,689)	(23,120)	-	-	-
SOAT		(10,050)	(10,251)	(10,456)	(10,665)	(10,878)	(11,096)	(11,318)	(11,555)	(11,797)	(12,044)
Comisión de Administración por fideicomiso		(58,491)	(58,491)	(58,491)	(58,491)	(58,491)	(58,491)	(58,491)	-	-	-
Contingencia		(22,880)	(24,024)	(25,225)	(26,487)	(27,811)	(29,480)	(31,248)	(33,123)	(35,111)	(37,217)
Margen de Contribución del Negocio		285,281	244,767	276,971	397,231	496,337	1,227,998	1,392,121	1,690,525	1,865,279	2,138,405
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
FLUJO DE CAJA OPERATIVO		285,281	244,767	276,971	397,231	496,337	1,227,998	1,392,121	1,690,525	1,865,279	2,138,405
Impuesto a la renta		(29,847)	(5,709)	(31,972)	(83,059)	(131,576)	(373,994)	(447,422)	(467,650)	(519,480)	(600,786)
Inversión inicial en activos fijos	(3,685,000)										
Inversión inicial en intangibles	(76,380)										
Inversión en capital de trabajo											
Devolución del IGV		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación		624,576	624,576	624,576	624,576	624,576	-	-	-	-	-
Valor Residual											
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	(3,761,380)	880,009	863,634	869,575	938,748	989,337	854,004	944,699	1,243,103	1,417,857	1,690,983
Préstamo	2,948,000										
Amortización de deuda		(174,655)	(266,281)	(310,217)	(361,403)	(421,035)	(490,505)	(571,439)	-	-	-
Intereses		(290,436)	(353,841)	(309,905)	(258,719)	(199,087)	(129,617)	(48,683)	-	-	-
IGV Leasing		(83,716)	(111,622)	(111,622)	(111,622)	(111,622)	(111,622)	(111,622)	-	-	-
FLUJO DE CAJA FINANCIERO	(813,380)	331,201	131,890	137,831	207,004	257,593	122,260	212,955	1,243,103	1,417,857	1,690,983

d) Resultados

A partir del flujo de caja en el que se considera la tasa de rendimiento anual de 8% y mensual de 0.64%, se obtienen los resultados siguientes:

Tabla 3-53: Resultados COK anual y mensual

COK MENSUAL=	0.64%
COK ANUAL =	8.00%

El Flujo de Caja Económico mensual muestra los beneficios netos de la adquisición de los vehículos, como si esta adquisición estuviese financiada totalmente con capital propio.

El Flujo de Caja Financiero mensual muestra los beneficios netos del proyecto incluyendo tanto el capital propio de la empresa, dada por la cuota inicial del 20%, así como aquel financiado por la entidad financiera.

Tabla 3-54: Flujo de caja económico y financiero mensual con capital propio

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO MENSUAL								
0	1	2	3	4	5	6		84
-3,761,380	73,299	89,419	83,439	76,579	89,419	81,749	41,615	44,425
FLUJO DE CAJA FINANCIERO MENSUAL								
0	1	2	3	4	5	6		84
-813,380	73,299	89,419	83,439	15,600	28,440	20,770	-19,364	-16,554

Fuente: Equipo consultor

El VAN, de acuerdo el flujo de caja mensual de la adquisición de 10 vehículos asciende a S/ 298,605, monto que se concibe como la ganancia obtenida en soles a valor actual, ganancia que implica que se ha cubierto todos los costos y la inversión.

Por otro lado, la Tasa Interna de Retorno Anual o Costo de Capital es de 22%, superior al 8% de la tasa de interés con que se realizó el préstamo, lo que significa que el proyecto bajo el presente mecanismo es RENTABLE y que la ganancia que obtienen la empresa por cada sol puesto en la adquisición de los vehículos es de 22%.

Tabla 3-55: Resultados VAN y TIR

VANE	S/. 1,117,478	
VANF	S/. 298,605	
	Mensual	Anualizada
TIRE	1.35%	18%
TIRF	1.68%	22%

El Flujo de Caja Económico anual muestra los beneficios netos de la adquisición de los vehículos, como si esta adquisición estuviese financiada totalmente con capital propio.

El Flujo de Caja Financiero anual muestra los beneficios netos del proyecto incluyendo tanto el capital propio de la empresa, dada por la cuota inicial del 20%, así como, aquel financiado por la entidad financiera.

Tabla 3-56: Flujo de caja económica y financiero mensual con capital propio y financiado

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO ANUAL							
0	1	2	3	4	5	6	
-3,761,380	880,009	863,634	869,575	938,748	989,337	854,004	944,699

FLUJO DE CAJA FINANCIERO ANUAL							
0	1	2	3	4	5	6	
-813,380	331,201	131,890	137,831	207,004	257,593	122,260	212,955

Fuente: Equipo consultor

Por lo tanto, el VAN del proyecto, respecto a la adquisición de 10 vehículos, asciende a S/ 244,547, monto que se concibe como la ganancia obtenida en soles a valor actual, ganancia que implica que se ha cubierto todos los costos y la inversión.

Asimismo, la Tasa Interna de Retorno, respecto a la adquisición de 10 vehículos es de 16.94%, superior al 8% de la tasa de interés con que se realizó el préstamo, lo que significa que el proyecto bajo el presente mecanismo es RENTABLE y que la ganancia que obtienen la empresa por cada sol puesto en la adquisición de los vehículos es de 22%.

Tabla 3-57: Resultados de la Evaluación Económica - Financiera

	Económico	Financiero
VAN	S/. 936,892	S/. 244,547
TIR	14.84%	16.94%

Fuente: Equipo consultor

e) Conclusiones

Luego del análisis efectuado de manera operacional y financiera, se demuestra que la adquisición de los vehículos como parte de la renovación de flota de Transportes "xx", es RENTABLE, y se encuentra enmarcada en los objetivos de corto plazo de la empresa.

Por lo tanto, es RECOMENDABLE la adquisición de los vehículos como parte de la renovación de flota de Transportes "XX".

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL PRR

4.1 Proceso de Implementación

La implementación de rutas es un proceso por el cual se van a aplicar las propuestas establecidas y aprobadas en el PRR. Este proceso se dará en dos aspectos principales: el primero, que implica la implementación legal-administrativa, y el segundo, que consiste en la implementación operacional.

Antes de detallar los lineamientos y estrategias para estos procedimientos debemos identificar a los “Grupos de Interés” lo cual detallamos a continuación:

4.1.1. Identificación de Grupos de Interés

Dentro de un ordenamiento de sistema de rutas de transporte de personas los Grupos de Interés son los actores clave que se ven afectados por las decisiones que tome la Municipalidad Provincial de acuerdo con el planteamiento establecido en las propuestas del Plan Regulador de Rutas. Considerando esto se tiene que los principales grupos identificados para un Ordenamiento del Sistema de Transporte Regular de Personas son:

- Población usuaria del servicio
- Empresas de Transporte Público

La buena relación entre la autoridad administrativa y estos grupos contribuirá a un adecuado proceso de implementación dentro de un contexto complejo y cambiante. Alinear estrategias con estos actores sirven para:

- Facilitar una mejor gestión de riesgo y reputación de todos los grupos que intervienen en el proceso.
- Permitir que la municipalidad este en constante comunicación, lo que genera una mejor canalización de procesos y servicios.
- Desarrollar la confianza entre la municipalidad y los actores principales y secundarios.
- Posibilitar la comprensión del contexto, desarrollo y la identificación de las oportunidades estratégicas del PRR.
- Informar, educar e influenciar a los grupos de interés para mejorar sus procesos de toma de decisiones y las acciones que afecten a la sociedad.
- Conducir a un desarrollo social equitativo y sostenible al brindar oportunidades en los procesos de toma de decisiones.
- Generar la combinación de recursos (conocimientos, personas, dinero y tecnología) que resuelva los alcances objetivos de un ordenamiento del sistema de transporte regular de personas.

Para una buena relación con los grupos de interés se recomienda seguir los siguientes pasos:

Imagen 4-1: Secuencia de Etapas para relacionar con Grupos de interés



Fuente: Análisis de la propuesta de concesión para el transporte público de Lima: viabilidad financiera de un potencial operador - ESAN

4.1.1.1. Sensibilidad de los Recursos

- **Empresas de Transporte Público:** Constituyen uno de los actores principales, puesto que, en caso no se llegue a alguna concertación, pueden convocar paros de transporte dejando a la población desbastecida del servicio. Las empresas cuentan con flota e infraestructura para su operación, así como recursos financieros con respaldo de entidades bancarias que tienen interés en otorgar préstamos para el financiamiento de nuevas unidades. Poseen el “know how” de las necesidades y los servicios necesarios para operar al igual que la disponibilidad de equipos y repuestos para el mantenimiento de las unidades. También cuentan con recursos tecnológicos e intelectuales necesarios por la experiencia de operación en las rutas autorizadas.
- **Población usuaria del servicio:** Conforman otro de los actores principales, pues sufre el desorden y el caos del transporte. La implementación del PRR no requiere que los usuarios tengan recursos. Sin embargo, el ordenamiento del sistema de transporte regular de personas les otorgará beneficios como menor tiempo de traslado, menor desorden y congestión.

4.1.1.2. Deseabilidad de cada Grupo

- **Empresas de Transporte Público:** Tienen una deseabilidad para la sociedad, por ser las que deben someterse al nuevo sistema de rutas propuesto por el PRR.
- **Población usuaria del servicio:** Tienen una deseabilidad para la sociedad, por la aceptación que deberá brindar al PRR y por la necesidad de mejorar el sistema actual.

4.1.1.3. Urgencia de cada Grupo

- **Empresas de Transporte Público:** Tienen una moderada urgencia; se requerirá más tiempo para formalizarse y/o satisfacer las condiciones de infraestructura del nuevo sistema.
- **Población usuaria del servicio:** Tienen una urgencia alta; será afectado si no se realiza ningún cambio a la situación actual del transporte público, ya que un gran problema es el tiempo de traslado y el caos que podría aumentar en los próximos años.

4.1.1.4. El Interés y las Expectativas de cada Grupo:

- **Empresas de Transporte Público:** El sistema de rutas propuesto está orientado a favorecer la participación de las empresas de transporte público que operan en la actualidad en las rutas autorizadas. Las empresas que cuentan con el "know how" de operación y la flota inicial propiciarán una transición más rápida hacia el nuevo sistema de rutas.
- **Población usuaria del servicio:** Es importante dado que el PRR está diseñado para satisfacer sus necesidades de viaje en menor tiempo de traslado y disminuyendo el caos vehicular. En la actualidad, la población usuaria reclama un cambio del sistema de transporte urbano, pues las condiciones en las que se presta el servicio son muy deficientes y originan una gran pérdida de tiempo por viaje. Por este motivo, el usuario está insatisfecho con la gestión de la municipalidad en este tema y presiona para que se acelere el plazo para el cambio del sistema de transporte.

4.1.1.5. Incidencia del interés Político en la Implementación del PRR

Se ha verificado en muchas experiencias de las provincias, la confluencia de intereses políticos, tanto en la fase de elaboración como de implementación del PRR. Esto se materializa en anteponer decisiones políticas sobre medidas técnicas que retardan las decisiones o simplemente las dejan sin efecto. Los gremios muchas veces influyen sobre la autoridad para mantener el 'status quo', con mayor incidencia en época electoral; lo que evita aplicar las decisiones administrativas que derivan del plan o se aplican de manera muy superficial evitando la materialización de mejoras del transporte en favor de la ciudad y la población.

También se evidencia que, muchas veces, la sucesión de gobierno deja sin efecto el PRR aprobado por el gobierno municipal anterior o lo somete a procedimientos de revaluación innecesarios con la incidencia negativa antes expuesta.

En ese sentido los planteamientos administrativos del gobierno local deben ser absolutamente claros desde su postulación, que no permitan interpretaciones o manipulaciones de información lejanas de la verdad contenida en la propuesta de PRR con una clara estrategia comunicacional desde la autoridad hacia las empresas de transporte y la sociedad civil.

Se requiere una regulación adicional que fortalezca la supervisión del cumplimiento de las propuestas e implementaciones de los PRR en las provincias.

Asimismo, se requiere la activa participación de los órganos de control interno para que supervisen la implementación del PRR ante posible interferencia política u omisión de funciones.

4.1.2. Lineamientos para el Proceso de Implementación

Se desarrollará dos tipos de lineamientos para hacer que la propuesta sea integral y pueda ser aceptada por los transportistas y el público usuario de cada ciudad donde se elaboró el PRR.

4.1.2.1. Lineamientos de Implementación Legal

La implementación legal, comprende un proceso de gestión con las siguientes etapas que deberá aprobar la Municipalidad Provincial y deberá implementar el área de Transporte correspondiente.

- Aprobación mediante ordenanza del Plan Regulador de Rutas
- Declaración de Vías Saturadas de vías conformantes de rutas a licitar
- Gestiones Preliminares:
 - Convocatoria a Licitación
 - Pago de Derecho Periodo de Inscripción
- Bases:
 - Publicación de Bases
 - Consultas y Observaciones
 - Publicación de Bases Integradas
- Contrato:
 - Publicación de Contrato
 - Observaciones y Consultas
 - Publicación Contrato Versión Final
- Presentación Propuesta Técnica – Financiera:
 - Sobre 1: Propuesta Técnica incluye:

- Flota
- Organización operacional
- Pacios - talleres (propios o de terceros)
 - Sobre 2: Propuesta. Financiera
 - Apertura de Sobres
 - Publicación de Resultados
 - Plazo de Impugnaciones
 - Otorgamiento de la Buena Pro
 - Firma del Contrato

En caso de Autorización y de manera referencial, se puede llevar a cabo el siguiente procedimiento. Esto puede variar si existe algún cambio en la normativa de contrataciones con el Estado.

- Aprobación mediante Ordenanza del Plan Regulador de Rutas
- Gestiones Preliminares:
 - Convocatoria al proceso de otorgamiento de Autorización
 - Pago de Derecho Periodo de Inscripción
- Requisitos:
 - Publicación de Requisitos
- Otorgamiento de Autorización
- Firma de Contrato⁵:

Cabe resaltar que la normativa con la que se de soporte a los cambios que establece el PRR debe estar en armonía con la normativa nacional vigente en el año de realización del proyecto.

4.1.2.3. Lineamientos de Implementación Operacional

La implementación operacional debe ser gradual, considerando un plazo no mayor a los 120 días para su ejecución. La implementación se dará luego de que el PRR sea aprobado en sesión de Concejo Municipal, en el que estará establecido el nuevo diseño de rutas que las empresas de transporte urbano tendrán que cumplir. Una vez conocidos los nuevos itinerarios, las empresas de transportes deberán realizar campañas masivas de difusión de los nuevos recorridos. Además, la Municipalidad

⁵ Art. 52.3 del Reglamento Nacional de Administración de Transporte D.S. 017-2009-MTC

Provincial debe implementar campañas en otros tipos de medios de comunicación para hacer menos tedioso el proceso de adecuación.

4.1.3. Estrategias de Implementación

A manera de estrategias, al igual que el punto anterior, se detallará la orientación de las acciones que debe emplear la autoridad administrativa para mitigar los posibles impactos que pudiesen ocurrir en los operadores, así como en el público usuario.

4.1.3.1. Estrategia de Implementación Legal

Una vez aprobado el Plan Regulador de Rutas, se exige que se efectúen modificaciones a las Ordenanza Municipales vigentes, principalmente a la ordenanza que regula el acceso y la permanencia en el servicio para que se aprueben nuevas disposiciones que den soporte a los cambios planteados en el PRR.

La nueva normativa y las bases de licitación deben considerar como requisito los años de experiencia en el servicio por parte de los operadores o transportistas locales respecto a las rutas que se propone licitar.

Se debe procurar que las bases sean accesibles y claras tanto en la exigencia de requisitos, plazos y cumplimiento de etapas.

Los requisitos y exigencias económico financieros que se consideren en las bases de licitación o condiciones de acceso para autorizaciones en vías no saturadas estarán con relación a la realidad de cada provincia y sus indicadores socioeconómicos.

Se debe incluir en las bases y el contrato un plazo no menor de 10 años de vigencia para otorgar estabilidad de las concesiones. En caso de considerar la exigencia de renovación vehicular, se debe incluir su cumplimiento por fases o de manera gradual de acuerdo con la realidad de la provincia renovación vehicular.

Dado que el nuevo PRR ofrece un nuevo sistema de transporte, se requiere que las empresas operadoras del servicio ofrezcan también un nuevo modelo empresarial que priorice “la calidad de servicio al usuario pasajero” como principal valor, así como un mayor control y administración gradual de las unidades que conforman la flota operativa debidamente autorizada. Esto es concordante con lo establecido por la Ley General Transporte y Tránsito Terrestre, Ley N° 27181, que exige que el Estado, representado por la Municipalidad Provincial, otorgue estabilidad jurídica y promueva la inversión del agente económico o empresa. En ese sentido, la autorización debe ser un instrumento legal de reconversión empresarial que incluye la implementación gradual de tecnología.

Bajo estos criterios se requiere que las empresas reestructuren su organización administrativa operacional y efectúen proyectos, a fin de consolidarse económicamente. Estos requisitos deberán formar parte de las exigencias para el otorgamiento de las autorizaciones a los operadores.

Los títulos habilitantes que se otorguen consecuencia del nuevo plan regulador constituyen instrumentos de promoción a la inversión privada en el marco de lo dispuesto por el Artículo 5° de la Ley 27181 Ley General del Transporte y Tránsito Terrestre, respecto a inversiones en los servicios de transporte por el cual el Estado promueve la seguridad jurídica y el trato equitativo de los agentes privados de manera que no se alteren los términos contractuales sobre la base de los cuales dichos agentes han efectuado inversiones y realizan sus operaciones de acuerdo a lo previsto en la Constitución y las Leyes respectivas.

4.1.3.2. Estrategia de Implementación Operacional

La implementación operacional consiste en la aplicación de cambios en los recorridos de las distintas rutas de la ciudad con el fin de adecuar a los operadores y usuarios a los nuevos recorridos y destinos. Además, se debe concientizar a la población para que se adecuen a los cambios lo más pronto posible. Esto puede traer ciertas molestias al principio, pero los cambios se han establecido con el fin de mejorar las condiciones del sistema de transporte de la ciudad. Para implementar el funcionamiento de las rutas propuestas se debe considerar básica y, principalmente, el proceso técnico de implementación gradual; esto quiere decir que los cambios se van a aplicar de forma paulatina, pero programada, con el fin de establecer un calendario de actividades y cumplimiento de metas.

4.1.3.3. Proceso Participativo y Estrategia Comunicacional

a) Proceso Participativo

Es necesario para el desarrollo del PRR, con su respectiva aprobación y aplicación, el conocer y comprender a mayor detalle la situación actual en la que se encuentran los operadores de transporte. Para ello, es importante concretar reuniones de trabajo con los representantes legales de las empresas, como parte complementaria del proceso participativo.

Se deberán realizar reuniones de tipo taller informativo y participativo con los mencionados operadores, las cuales deben estar organizadas por el área de transporte correspondiente, y con participación del consultor o consultores, si fuese el caso.

El desarrollo de las reuniones tiene por finalidad informar sobre las etapas de la elaboración del PRR y también conocer la problemática empresarial y las dificultades de la ciudad que no les permiten operar de forma óptima. Se deberá tratar los siguientes temas:

- Condiciones de otorgamiento de rutas.
- Capital y modernización de flota.
- Estructura organizacional de las empresas.
- Situación actual y vínculo contractual de zonas de estacionamiento.
- Influencia del estado de las vías sobre la operación y ubicación de paraderos.

- Superposición de rutas.
- Cumplimiento de recorridos autorizados e informalidad.

La municipalidad encargada y el equipo técnico deberán rescatar las inquietudes más resaltantes y evaluar propuestas resultantes de estos talleres. Asimismo, dará soluciones técnicas a través del estudio del PRR, sin distorsionar los lineamientos establecidos en este manual.

b) Estrategia de Comunicacional

Se entiende por “estrategia de difusión” o “campaña de difusión” al conjunto de eventos programados para alcanzar un objetivo: mantener informadas a las personas sobre el nuevo sistema de rutas que propone el PRR y las variaciones que implica, tal como mejorar los tiempos de viaje mediante la modificación y racionalización de rutas, para así llegar a obtener la eficiencia del sistema y una mejor calidad de servicio.

La campaña informativa tiene como grupo objetivo principal al público usuario del sistema de transporte urbano y como grupo objetivo secundario, pero no menos importante, a los operadores que laboraran sobre las rutas modificadas por el presente estudio. La campaña de difusión sugiere las siguientes posibles alternativas de difusión:

- **Medios escritos de circulación local:** Los periódicos son un medio de comunicación que tiene como objetivo el informar lo que sucede en la zona, formar la opinión de los lectores y ofrecer productos por medio de la publicidad, pudiendo brindar así la información que se pretende sobre el Plan de Rutas.
- **Avisos Publicitarios:** La Municipalidad Provincial deberá invertir en avisos publicitarios y ubicar estos en zonas de alta concentración de personas. Dichos avisos pueden ser ubicados en paraderos, terminales, centros de salud, mercados, colegios y otros lugares con alta afluencia de personas.
- **Radiodifusión:** La radio es un medio de difusión masivo que llega al oyente de forma personal. Es el medio de mayor alcance y llega a todas las clases sociales ofreciendo cierto grado de participación en el acontecimiento o noticia que se está transmitiendo.
- **Redes Sociales:** Las redes sociales que consideran plataformas como Facebook, Twitter (X), Whatsapp, Instagram, luego de la pandemia del COVID-19 con la imposición de la virtualidad en el trabajo, se consolidaron muy fuertemente. Por ello estas redes y desde la web oficial de la municipalidad la difusión del PRR los cambios que trae en sus diferentes fases de desarrollo e implementación deben ser permanentemente difundidas.

Una vez que el público usuario esté ante el anuncio, el mensaje será total o parcialmente percibido. En este momento es cuando el anunciante -en este caso la Municipalidad Provincial- puede valorar el efecto del impacto. Sea cual sea el

medio elegido para la difusión, el mensaje publicitario obedece a un esquema de interpretación del comportamiento del público objetivo al que se dirige.

La estrategia comunicacional debe considerar tres etapas:

- i. Al inicio de la elaboración del PRR. Se procura que los grupos de interés conozcan acerca del proyecto, sus etapas, plazos y expectativas.
- ii. Realización de foros participativos de Grupos de Interés para exponer consideraciones respecto a la orientación y el logro de los objetivos del PRR.
- iii. Difusión de los resultados del PRR luego de su socialización o sensibilización con los grupos de interés, en la cual se deben exponer los beneficios que se van a lograr con la implementación.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Ámbito Interurbano:** Espacio comprendido del servicio de transporte entre distintos centros poblados que no se encuentran contiguos dentro del mismo ámbito provincial.
- **Ámbito Urbano:** Espacio comprendido del servicio de transporte público dentro del ámbito intervenido establecido por las municipalidades en sus instrumentos de Planificación Urbana.
- **Área Periférica:** Área urbana o rural que se encuentra en las zonas externas de las áreas urbanas.
- **Área Saturada:** Parte del territorio de una ciudad, población o área urbana en general en la que existen dos o más arterias o tramos viales con apreciable demanda de usuarios de transporte o exceso de oferta, la que presenta en toda su extensión o en parte de ella niveles de contaminación ambiental o congestión vehicular que comprometen la calidad de vida o la seguridad de sus habitantes, declarada como tal por la Municipalidad Provincial respectiva. La existencia de un área saturada se determina mediante un estudio técnico.
- **Área Urbana Continua:** Espacio territorial constituido por dos ciudades o áreas urbanas pertenecientes a provincias contiguas que, por su crecimiento han llegado a conformar una situación de conurbación.
- **Autorización del Transporte:** Título habilitante otorgado a una persona jurídica para prestar servicio de transporte en un área no saturada. La autorización se expresa en un contrato de concesión.
- **Calidad de Servicio:** conjunto de características y cualidades mínimas en la prestación del servicio de transporte terrestre consistente en la existencia de condiciones de puntualidad, salubridad, higiene, comodidad y otras que procuren la satisfacción de las exigencias del usuario.
- **Carril(es) Bus Exclusivo(s):** Es un espacio de la calzada para el uso exclusivo de transporte público en buses. Este puede ser delimitado a través de elementos de segregación física o señalización en su totalidad o por tramos.
- **Carril(es) Bus Preferente(s):** Es un espacio de la calzada para el uso preferente de transporte público en buses. Este puede ser delimitado a través de señalización en su totalidad o por tramos.
- **Concesión:** Es el acto jurídico de derecho público mediante el cual la autoridad competente otorga por un plazo determinado, a una persona jurídica, la facultad de realizar servicio de transporte público de personas en vías urbanas calificadas como áreas saturadas o de acceso restringido. El otorgamiento de una concesión se expresa en un contrato que contiene derechos y obligaciones para su titular y es consecuencia de un proceso de licitación pública.
- **Concesionaria:** Es la persona jurídica titular de una concesión para realizar servicio de transporte público de personas de ámbito provincial.

- **Condiciones de Acceso y Permanencia:** Conjunto de exigencias de carácter técnico, organizativo, jurídico y operacional que se deben cumplir para acceder y/o permanecer autorizado para prestar el servicio de transporte público de personas. Corresponde a la autoridad competente verificar el cumplimiento de las condiciones de acceso y controlar el cumplimiento de las condiciones de permanencia. Las condiciones se encuentran en el Reglamento Nacional de Administración de Transporte y la autoridad está facultada para complementar si se requiere dichas condiciones.
- **Corredor Vial:** Vía o conjunto de vías que poseen un diseño para un determinado tipo de vehículo que conecta generadores importantes de viaje.
- **Demanda:** Cantidad total de usuarios que requiere del servicio de transporte público.
- **Itinerario:** Relación nominal correlativa de los lugares que definen una ruta de transporte terrestre.
- **Oferta:** Cantidad total de vehículos habilitados necesarios para la prestación del servicio.
- **Paradero Inicial:** Infraestructura de transporte, ubicada en una vía urbana o interurbana, que es utilizada por transportistas al iniciar el servicio de transporte público de personas.
- **Paradero urbano e interurbano:** Infraestructura complementaria de transporte, localizada en una vía urbana o interurbana que es utilizada por transportistas autorizados para prestar el servicio de transporte de personas de ámbito provincial para el embarque y desembarque de usuarios durante su itinerario.
- **Régimen de Gestión Común de Transporte:** Es el acuerdo o conjunto de acuerdos celebrados entre municipalidades provinciales contiguas, con el objeto de gestionar o administrar conjuntamente el servicio de transporte urbano de personas que se presta en determinada área urbana continua.
- **Ruta:** Itinerario autorizado a una persona jurídica que presta el servicio regular de personas. Está constituido por un origen, puntos o localidades consecutivas ubicadas en el trayecto y un destino final.
- **Rutas de Interconexión:** Son aquellos recorridos que comprenden dos áreas provinciales contiguas que poseen características de continuidad urbana y otras que se especifiquen en el presente manual.
- **Servicio de Transporte de Ámbito Provincial:** Aquel que se realiza para trasladar personas exclusivamente al interior de una provincia. Se considera también transporte provincial a aquel que se realiza al interior de una región cuando ésta tiene una sola provincia.
- **Servicio Diferenciado:** Es el que se presta de origen a destino con o sin paradas en determinados paraderos de ruta, en los que se brinda al usuario

mayores comodidades que las que ofrece el servicio estándar tales como permitir solo el viaje de pasajeros sentados, que el número no exceda la capacidad de asientos de fábrica.

- **Servicio Estándar:** Es el que se presta de origen a destino con solo pasajeros sentados y de pie, respetando la capacidad máxima prevista por el fabricante, se presta de origen a destino con paradas en paraderos establecidos en la ruta autorizada.
- **Servicio No Regular:** Servicio de transporte público que no posee frecuencia preestablecida para la prestación del servicio, sino es relativo a la carga de pasajeros dentro de las unidades.
- **Servicio Regular:** Servicio de transporte realizado con regularidad, continuidad, generalidad, obligatoriedad y uniformidad para satisfacer necesidades colectivas de viaje de carácter general a través de una ruta determinada que efectúa dentro de su itinerario establecido y autorizado, y con sujeción a calendarios y horarios fijos.
- **Tarjeta Única de Circulación (TUC):** Documento expedido en forma física o electrónica por la autoridad competente que acredita la habilitación de un vehículo para prestar el servicio de transporte público de personas.
- **Título habilitante:** Concepto general que considera el acto administrativo que habilita a un titular de concesión, de autorización, personal operativo y vehículo para realizar el servicio de transporte público urbano.
- **Terminal o patio:** Infraestructura complementaria del transporte terrestre de propiedad pública o privada, destinada a prestar servicio de personas de ámbito provincial. Esta infraestructura incluye oficinas administrativas, espacio de estacionamiento, podrá incluir taller de mantenimiento o reparación y área de aprovisionamiento de combustible o recarga de energía.
- **Tiempo de Viaje:** Es el tiempo que demanda cumplir la ruta y el itinerario autorizado.
- **Usuario:** Persona natural que utiliza el servicio de transporte terrestre a cambio de una contraprestación.

LISTADO DE SIGLAS

BRT	- Bus de Tránsito Rápido, por sus siglas en ingles Bus Rapid Transit.
EM	- Encuesta de Movilidad.
EOD	- Encuesta de Origen - Destino.
EPD	- Encuesta de Preferencia Declarada.
EPR	- Encuesta de Preferencia reveladas.
HCM	- Manual de Capacidad de Carreteras por sus siglas en inglés Highway Capacity Manual.
HPM	- Hora Pico Mañana.
HPN	- Hiro Pico Noche.
HPT	- Hora Pico Tarde.
HV	- Hora Valle.
INDECOPI	- Instituto Nacional de defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
LRT	- Tranvía o Tren Ligero por sus siglas en inglés Light Rail Transit.
MGM	- Modelo General de Movilidad.
ML	- Modelo Logit.
MS	- Modelo simplificado.
MTC	- Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
OM	- Ordenanza Municipal.
PAT	- Plan de Acondicionamiento Territorial.
PDM	- Plan de Desarrollo Metropolitano.
PDU	- Plan de Desarrollo Urbano.
PMUS	- Plan de Movilidad Urbana Sostenible.
PNP	- Policía Nacional del Perú.
PNTU	- Política Nacional de Transporte Urbano.
PPHPD	- Pasajero por Hora por Sentido, por sus siglas en inglés Passenger Per Hour Per Direction.
PRR	- Plan Regulador de Rutas.
SICCEP	- Sistema de Ciudades y Centros Poblados.
SINARETT	- Sistema Nacional de Registro de Transporte y Tránsito.
SUE	- Equilibrio de Usuario Estocástico.
VMP	- Vehículo de Movilidad Personal.

BIBLIOGRAFÍA

- AATE; Modelo de Transporte Urbano (MTU-2001); Lima, Perú; 2001.
- Andina Logistic Group (ALG); 2011; Plan de Desarrollo de los Servicios de Logística de Transporte; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Oficina General de Planeamiento y Presupuesto; Lima, Perú.
- BCEOM-GMI-WSA; Plan Intermodal de Transportes de Perú; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Oficina General de Planeamiento y Presupuesto; Lima, Perú; 2005.
- Caliper Corporation; Travel Demand Modelling with TransCAD 8.0 User's Guide; Boston, Estados Unidos; 2018.
- Castro Orihuela, Alfonso; Metodología de Actualización de Modelos de Transporte del Área Metropolitana de Lima y Callao; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Secretaria Técnica del Concejo de Transportes de Lima y Callao; Lima, Perú; 2010.
- CPS Ingenieros; 2016; Plan de Desarrollo Logístico en Vías Subnacionales; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Oficina General de Planeamiento y Presupuesto; Lima, Perú.
- Ministerio de Economía y Finanzas; 2014; Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública - Anexo SNIP 10, Parámetros de Evaluación; Lima, Perú.
- Ortúzar, J. D. Modelos de Demanda de Transporte, 2da edición; Alfaomega Grupo Editor; México D.F., México; 2000.
- Systra – Ingeroup; Estudio de Factibilidad para un Sistema Metro en el Área Metropolitana de Lima Callao; Lima, Perú; 2011.
- TYPESA; Modelo de Transporte Terrestre Interurbano de Pasajeros del Perú; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Oficina General de Planeamiento y Presupuesto; Lima, Perú; 2015.
- Yachiyo Engineering Co. Ltda.; Plan Maestro de Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Lima y Callao; Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Secretaria Técnica del Concejo de Transportes de Lima y Callao, JICA; Lima, Perú; 2004.
- Manual para la elaboración de Planes de Desarrollo Urbano – Ministerio de Vivienda y Construcción, Resolución N° 325-2009-VIVIENDA.
- Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Planificación Urbana del Desarrollo Urbano Sostenible – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, D.S. N° 012-2022-VIVIENDA
- La Operación de los Transportes – Ángel Alceda Hernández, México 1997.

- Consultoría para el Proyecto de Ejecución de Transporte en la Ciudad de Trujillo - Tercer Informe, Advanced Logistics Group, S.A. (ALG), ALG Andina S.A.C. con la colaboración de: Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB)
- Models de Captació, Anàlisi i Interpretació de Dades, Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad de Cataluña - Lúdia Montero Mercadé, septiembre del 2013.
- Red española de ciudades por el Clima, Diseño y Elaboración de Encuestas Locales de Movilidad Sostenible, 2008.
- Redes y rutas del transporte público - transporte público planeación, diseño, operación y administración - Ángel Molinero Ignacio Sánchez Arellano - Universidad Libre Pereira - Colombia Ing. Henry Martínez Barbosa - Especialista en Vías y transporte UNAL 2015.
- Consorcio Dante Ali Ramirez Julca – Samuel Marcos Daza Taype, Plan Regulador de Rutas de Transporte Urbano de la provincia de Huancayo, Junín, 2012
- Ing. Dante Alí Ramirez Julca – Plan Regulador Maestro de Rutas de Transporte Urbano e Interurbano de la provincia de Jauja - Junín, 2014.
- Consorcio Rutas Chanchamayo – Plan Regulador de Rutas de Transporte Público Urbano, Interurbano y Rural en la Jurisdicción de la provincia de Chanchamayo – Junín, 2017.
- Metodología para estudio de demanda de transporte público de pasajeros en zonas rurales - Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas - Escuela Ambiental, Programa de Ingeniería Civil, Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería - Medellín, Colombia.
- Tesis: Análisis y Determinación de los Corredores Viales por la Matriz Origen Destino en el Cono Sur de Arequipa (Jacobo Hunter, J. L. B. y R., Socabaya y Characato), Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional San Agustín, Arequipa 2017.
- Manuales para Estudios de Tránsito y Transporte, Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, Tomo II, Cal y Mayor, agosto 1998.
- Diseño Conceptual y Fundamentos Mínimos para la Elaboración de Plataformas de Modelación en ciudades Intermedias; elaborado con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la GIZ; Lima, Perú; Castro Orihuela, Alfonso; 2022.
- Estudio de Impacto Vial en la Red Metropolitana de Lima y Callao por el flujo de carga del puerto, aeropuerto y zona de actividad logística; CAF, MTC; Lima, Perú; Logit-Sigma; 2010.



- Consorcio L-4-L; 2016; Consultoría Integral de Concurso de Proyectos Integrales para la Concesión de la Línea 4 de la Red Básica del Metro de Lima y Callao – Estudio a Nivel de Perfil; Proinversión; Lima, Perú.
- Ortúzar Salas, Juan de Dios y Willumsen, Luis G.; 2008; Modelos de Transporte; Universidad de Cantabria; Cantabria, España.

ANEXO I

Evaluación y Clasificación de Ciudades por Niveles de PRR

Debido a la diversidad de provincias, en cuanto a sus características poblacionales, geográficas y socioeconómicas, es necesario establecer una metodología para evaluar las ciudades y clasificarlas según el puntaje obtenido, a fin de asignar el nivel correspondiente de PRR. Para ello, es necesario seguir la siguiente metodología la cual consiste en dos etapas: Puntuación y Clasificación.

1. Evaluación de Ciudades

En esta etapa se busca evaluar aquellos criterios que forman parte del desarrollo y contribuyen al dinamismo del transporte en una ciudad, partiendo de los aspectos poblacionales hasta la operación del transporte

1.1. Criterios Considerados

a) Población Censada

También llamada población empadronada. Es la población que recibió la visita de los empadronadores en sus viviendas para solicitarles información de todos los habitantes de la vivienda y registrarlos en las cédulas de empadronamiento. Para efectos de elaboración del Manual se utilizó los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda del 2017.

El D.S. N° 012-2022-VIVIENDA Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible, define el Sistema de Ciudades y Centros Poblados (**SICCEP**) y clasifica a las ciudades en función a su población total de la siguiente manera:

1. Metrópoli Nacional (1º Rango): Continuo poblado urbano conformado por el área metropolitana de Lima-Callao, que como cabecera del Sistema Nacional presenta un área de influencia de alcance nacional y, a su vez, se encuentra relacionada con otras ciudades a escala mundial. Concentra gran parte del movimiento financiero, comercial y administrativo del país.

2. Metrópoli Regional (2º Rango): Continuo poblado urbano que, como cabecera del Macrosistema, mantiene vínculos con la Metrópoli Nacional. Incluye capitales departamentales y puede ser producto de un proceso de conurbación de dos o más ciudades y centros poblados, trascendiendo límites político - administrativos. Su espacio geoeconómico está definido, funcionalmente, a partir de un centro principal o centro metropolitano que, por su gran volumen de población, por sus actividades (sociales, económicas, políticas, administrativas y culturales), así como por sus niveles de equipamiento, servicios y comportamiento de los mercados, ejerce una fuerte influencia sobre ciudades y centros poblados con los que intercambia intensamente flujos de población, bienes y servicios.

3. Ciudad (3º al 5º Rango): Continuo poblado urbano con una población mayor a 5,000 habitantes. Incluye capitales departamentales, provinciales y distritales. Cumple una función urbana en la organización del territorio y posee servicios

públicos esenciales, equipamiento urbano de educación, salud, recreación, así como espacios destinados a la vivienda, actividades comerciales, industriales o de servicios.

Se clasifican en:

a. **Ciudad Mayor (3º Rango):** De 100,001 a 500,000 habitantes.

b. **Ciudad Intermedia (4º Rango):** De 20,001 a 100,000 habitantes.

c. **Ciudad Menor (5º Rango):** De 5,001 a 20,000 habitantes.

4. **Villa (6º Rango):** Continuo poblado urbano con una población entre 2,001 y 5,000 habitantes. Con viviendas agrupadas en forma contigua y continuada con una disposición que conforman calles y una plaza céntrica. Es un centro secundario que desempeña funciones de servicios de apoyo a la producción localizada y funciones complementarias a los continuos poblados del conglomerado o subsistema al que pertenece.

5. **Pueblo (7º Rango):** Continuo poblado rural con una población entre 1,001 y 2,000 habitantes. Presenta viviendas ubicadas en forma contigua y continuada, que conforman calles y una plaza. Se considera continuo poblado urbano-rural en caso pertenezca a un conglomerado.

6. **Caserío (8º Rango):** Continuo poblado rural con una población entre 51 a 1,000 habitantes. Presenta viviendas ubicadas en forma continua o parcialmente dispersas. Presenta actividades económicas con predominancia de ocupaciones elementales; agricultores y trabajadores calificados agropecuarios, forestales y pesqueros; y, trabajadores dedicados al comercio y servicios. Estos continuos poblados incluyen capitales distritales y provinciales. Se considera continuo poblado urbano-rural en caso pertenezca a un conglomerado.

16.2. Los asentamientos poblacionales con una población de hasta 50 habitantes serán considerados como asentamientos dispersos y/o población dispersa. Poseen viviendas ubicadas de forma dispersa. Presenta actividades económicas con predominancia de ocupaciones elementales; agricultores y trabajadores agropecuarios, forestales y pesqueros.

Clasificación del Sistema de Ciudades y Centros Poblados

SISTEMA DE CIUDADES Y CENTROS POBLADOS	Unidades Espaciales	CATEGORÍA DE CONTINUO POBLADO			Población	Rango Jerárquico
		Continuo Dinamizador	Pertenece a Conglomerado	No pertenece a Conglomerado		
	Dinamiza: Sistema Nacional	Metrópoli Nacional (Urbano)	-	-	-	1°
	Dinamiza: Macrosistema Sistema	Metrópoli Regional (Urbano)	-	-	-	2°
	Dinamiza: Sistema Subsistema	Ciudad Mayor (Urbano)	-	-	De 100,001 a 500,000 habitantes	3°
		Ciudad Intermedia (Urbano)	-	-	De 20,001 a 100,000 habitantes	4°
		Ciudad Menor (Urbano)	-	-	De 5,001 a 20,000 habitantes	5°
		Villa (Urbano)	-	-	De 2,001 a 5,000 habitantes	6°
		-	Pueblo (Urbano - Rural)	Pueblo (Rural)	De 1,001 a 2,000 habitantes	7°
		-	Caserío (Urbano - Rural)	Caserío (Rural)	De 51 a 1,000 habitantes	8°

ANEXO II

Mecanismos de Otorgamiento de Acceso al Servicio

Según las normas legales actuales, las formas para que las personas jurídicas puedan acceder al servicio son: Autorizaciones y Concesiones, las cuales se describen en diversos puntos del D.S. N° 017-2009-MTC como se muestra a continuación:

Artículo 3:

3.5 Área Saturada: Parte del territorio de una ciudad, población o área urbana en general en la que existen dos (2) o más arterias o tramos viales con apreciable demanda de usuarios del transporte o exceso de oferta, la que presenta, en toda su extensión o en parte de ella, niveles de contaminación ambiental o congestión vehicular que comprometen la calidad de vida o la seguridad de sus habitantes, declarada como tal por la municipalidad provincial respectiva. La existencia de un área saturada se determinará mediante un estudio técnico.

3.22 Concesión: Es el acto jurídico de derecho público mediante el cual la autoridad competente, otorga por un plazo determinado, a una persona jurídica, la facultad de realizar servicio de transporte público de personas en vías urbanas calificadas como "áreas saturadas" o de acceso restringido. El otorgamiento de una concesión se expresa en un contrato que contiene derechos y obligaciones para su titular y es consecuencia de un proceso de licitación pública.

3.62 Servicio de Transporte Regular de Personas: Modalidad del servicio de transporte público de personas realizado con regularidad, continuidad, generalidad, obligatoriedad y uniformidad para satisfacer necesidades colectivas de viaje de carácter general, a través de una ruta determinada mediante una resolución de autorización. Se presta bajo las modalidades de Servicio Estándar y Servicio Diferenciado, en vehículos que cumplan con lo dispuesto por el Reglamento Nacional de Vehículos y el presente Reglamento.

Autorización en el servicio de transporte público de personas

Artículo 52:

52.1 La autorización para la prestación del servicio de transporte público regular de personas, en el ámbito nacional, regional y provincial puede ser:

52.1.1 Autorización para prestar Servicio Estándar.

52.1.2 Autorización para prestar Servicio Diferenciado.

52.2 El transportista puede ofertar comercialmente estos servicios bajo el nombre que considere conveniente, en tanto se cumplan las condiciones previstas en el presente Reglamento.

52.3 En el servicio de transporte público de personas de ámbito provincial, las autorizaciones para prestar el servicio pueden estar expresadas en Contratos de

Concesión suscritos con la autoridad competente, los que se regulan por lo que disponga el contrato suscrito y el presente Reglamento.

Como se ha podido observar, la única forma de acceder a una CONCESIÓN es mediante una LICITACIÓN, pero previo a esto, se tiene que declarar el ÁREA SATURADA, la cual implica que se realicen estudios técnicos que demuestren que existe niveles elevados de congestión y contaminación. El problema de la norma legal radica en que no se estableció las condiciones o metodologías técnicas mínimas para determinar la saturación de un área geográfica; por lo tanto, en muchas provincias del país, cuando se ha pretendido establecer dichas áreas, estas han sido anuladas por acciones legales como las barreras burocráticas ante INDECOPI. Es así que, se plantea la siguiente metodología para establecer las condiciones de acceso al servicio mediante LICITACIÓN, debiendo crearse paralelamente las condiciones adecuadas para evitar tales acciones legales que afectan el proceso de la planificación del transporte público:

1. Otorgamiento de Autorizaciones

Las autorizaciones se otorgan automáticamente a aquellas personas jurídicas que cumplen los requisitos establecidos en las “Condiciones de Acceso y Permanencia en el Servicio” en las normas legales vigentes tanto en el ámbito nacional, como el provincial, de manera específica.

Este tipo de Autorización se otorgará a las personas jurídicas que pretendan prestar servicio en todas las rutas propuestas en el PRR que no cumplan con las condiciones para licitar, pero se podrán establecer mecanismos de selección para generar ventajas competitivas entre las personas jurídicas que estén interesadas en una ruta en particular, las demás condiciones serán establecidas por la autoridad administrativa de acuerdo con su realidad y sus particularidades. El plazo de una autorización será de 10 años, pero la persona jurídica debe cumplir los requisitos de manera permanente para poder optar a este derecho.

2. El Proceso de Licitación

Para LICITAR una vía o conjunto de vías, es necesario establecer los criterios para evaluar si se cumplen una serie de condiciones básicas que permitan la asignación de modos de transporte que satisfagan las necesidades de viajes de los usuarios. La vía o conjunto de vías que tienen características física-operacionales similares se le denominará “Corredor Vial”. Cabe mencionar que, dentro de un sistema de rutas diseñado a través de un PRR, no todas las rutas necesariamente tienen que ser licitables.

Los criterios para determinar la viabilidad para licitar una vía o conjunto de vías son:

- La demanda del corredor
- Las características de la infraestructura vial
- Nivel de servicio

La Demanda del Corredor

La condición más importante es la **demanda del corredor**, la cual estará establecida por el resultado de la generación y asignación de viajes a través de las principales vías arteriales del área urbana de una provincia en la cual se ha determinado la existencia de un **corredor vial**.

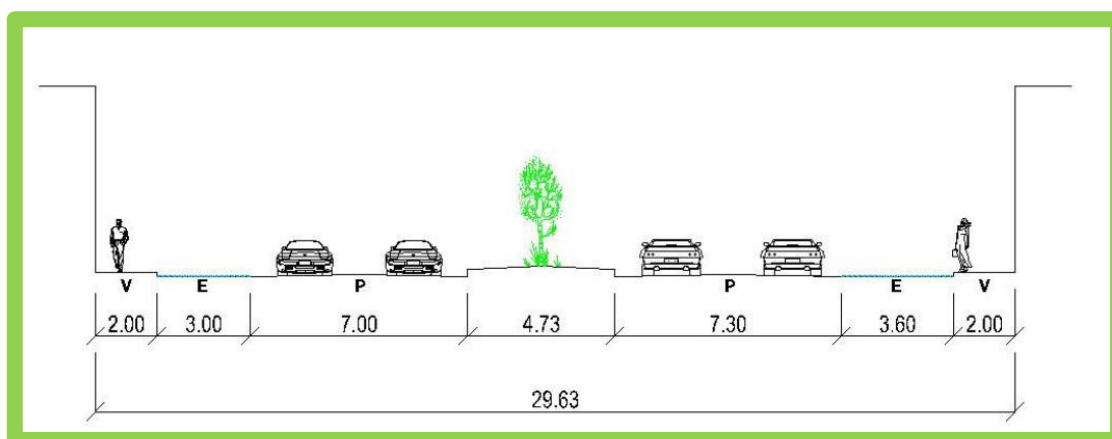
El corredor vial debe poseer características relevantes en cuanto a la cantidad de pasajeros/hora/sentido. De la misma manera, dentro del corredor puede haber una o más rutas diseñadas que posean orígenes o destinos distintos.

Por lo tanto, se establece como parámetro principal de demanda la cantidad de 3000 pasajeros/hora /sentido por corredor vial para que pueda ser licitable.

a) Características de Infraestructura Vial

Como parámetro para la licitación, las rutas diseñadas provenientes del PRR dentro de un corredor vial deben tener una jerarquía de "Vía Arterial" que posea como mínimo dos carriles por sentido.

Imagen: Características de la Sección de la Vía Arterial



Nota: Las medidas son referenciales, se debe hacer énfasis a los dos carriles por sentido

b) Nivel de Servicio

El nivel de servicio se determinará mediante un estudio de tráfico (conteos vehiculares y análisis del tráfico durante 3 días como mínimo con 2 días típicos y 1 atípico) del corredor vial, el cual deberá de tener como resultado LOS niveles D, o E o F en por lo menos 5 intersecciones más representativas.

ANEXO III

Condiciones Básicas de Operación

1. Criterios para la Determinación de la Zona de Estacionamiento

La zona de estacionamiento es una condición importante de la operación de la flota vehicular, porque permite un adecuado aparcamiento considerando las diversas maniobras y otros servicios que buscan que los conductores aguarden su turno o se encuentren de descanso de manera que se disminuya el grado de estrés. Por tanto, para la determinación del área óptima para una flota vehicular autorizada se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Área de Estacionamiento Vehicular

Superficie de terreno comprendida dentro de un perímetro donde se estacionarán como mínimo la cantidad de vehículos de la flota de reserva o flota de retén.

Unidad	Área Estacionamiento de Unidad		
	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Ómnibus	11.00	4.00	44.00
Microbús – Minibús	8.00	3.50	28.00
C. Rural	6.00	3.00	18.00

b) Área de Movimientos o Giros

Superficie de terreno comprendida dentro de un perímetro donde se desarrollan las maniobras propias para el ingreso, salida y estacionamiento, como mínimo, para los vehículos de la flota de reserva o retén.

Área Mínima de Movimiento de Giro		
Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
12.00	4.00	48.00
9.00	3.50	31.50
7.00	3.00	21.00

c) Capacidad Mínima Permisible en Zona de Estacionamiento

Es el área mínima de superficie de aparcamiento que debe contar el perímetro.

Flota Mínima:	Flota de Reserva = 5% de la Flota Operativa
Nota: Se considera el 5% de la Flota Requerida de acuerdo a lo establecido en el ítem "3.5.9. Parámetros Operacionales para la elaboración de la Ficha Técnica"	

d) Área Mínima de Servicios

Es el área donde se destinan los servicios complementarios básicos para la adecuada atención de las necesidades de los operadores de los vehículos y para la gestión de la flota.

Área Administrativa: Área mínima destinada para labores administrativas propias de la labor operacional de la ruta.

Área Mínima	SS.HH. (2.00 m ²) + Área Administrativa (9.5 m ²)
Nota: Las dimensiones mínimas consideradas están establecidas según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) en la Norma A030 Capítulo I Artículo 5 y Norma A080 Capítulo 2 Artículo 6 respectivamente.	

e) Área Total Mínima de la Zona de Estacionamiento

La infraestructura complementaria deberá contar con un área mínima que comprenda los cálculos anteriormente descritos.

Área Total	Flota Mínima (Área Estacionamiento + Área de Giro) + Área Servicio
Nota: Para el Área Total mínima de la zona de estacionamiento se debe considerar más el 10% construcción del área total.	

2. Criterios para la Determinación de Ubicaciones de Paradas

Se entiende como *parada o paradero* a aquel punto de la vía destinado para el embarque o desembarque de pasajeros de manera adecuada y sin atentar contra la integridad de estos, para lo cual presentamos a continuación la Metodología para la Implementación de paraderos en la vía pública.

2.1. Definiciones

Acera: Parte de la vía, destinada al uso de peatones (vereda).

Andén: Plataforma elevada de uso peatonal que permite el fácil vehículo de transporte público.

Calzada: Parte de la vía destinada a la circulación de vehículos y eventualmente al cruce de peatones y animales.

Casillero: Área demarcada sobre la calzada para la detención de cada vehículo de transporte público durante el embarque y desembarque de pasajeros.

Franja de alerta: Franja ubicada en paralelo y contigua al sardinel de borde de vereda en toda la longitud del paradero para advertir a las personas que deben mantenerse detrás y solo cruzarla para el embarque o desembarque de los buses de transporte público por medidas de seguridad. De preferencia esta franja debe ser de pavimento tacto-visual.

Mobiliario Urbano: Conjunto de elementos instalados en ambientes de uso público, destinados al uso de las personas.

Paradero de Transporte Público Regular de Personas: Es el punto de parada autorizado provisto de mobiliario y/o señalización, localizado en las vías que forman parte del recorrido autorizado de una ruta y que es utilizado para el embarque y desembarque de personas.

Servicio de Transporte Público Regular de Personas: Es la modalidad de servicio de transporte de personas realizado con continuidad, regularidad, generalidad, obligatoriedad y uniformidad para satisfacer las necesidades colectivas de viaje de carácter general, a través de una ruta determinada, en el que está permitido el viaje de personas sentadas y de pie, respetando la capacidad máxima de las unidades vehiculares prevista por el fabricante. Dicho servicio se presta de un punto de origen a un punto de destino, con embarque y/o desembarque de pasajeros en paraderos establecidos en la ruta autorizada.

2.2. Consideraciones Técnicas

2.2.1. Consideraciones Generales:

El diseño del paradero debe priorizar la seguridad vial y la accesibilidad universal por lo que se debe tener en consideración lo siguiente:

- Garantizar las distancias de visibilidad seguras para la operación de los vehículos y para que el conductor pueda distinguir cualquier peligro, interferencia, acciones intempestivas o involuntarias de terceros.
- Considerar circuitos peatonales cómodos, seguros y libres de obstáculos, con materiales adecuados para la circulación peatonal especialmente de las personas con discapacidad, así como personas con movilidad reducida.
- En caso de colocarse mobiliario de paradero este no deberá afectar la circulación peatonal, dejando anchos de vereda efectivos de acuerdo a la demanda de peatones en la zona.
- Se encuentran prohibidos los paraderos de pasajeros en los frentes y zonas adyacentes hasta una distancia mínima de 10 m del límite de la propiedad de una Estación de Servicio y/o Puestos de Venta de combustibles.

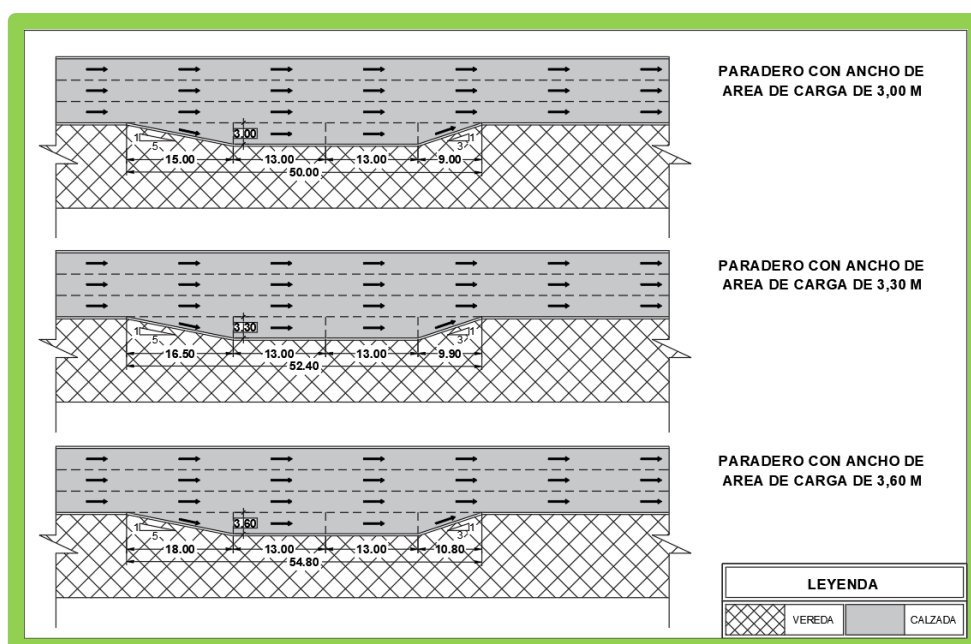
2.2.2. Consideraciones de Diseño:

a) Paraderos en bahía:

El diseño de paraderos de buses debe presentar un carril de deceleración para ingreso al paradero, un andén de pasajeros y un carril de aceleración para el reingreso a la vía.

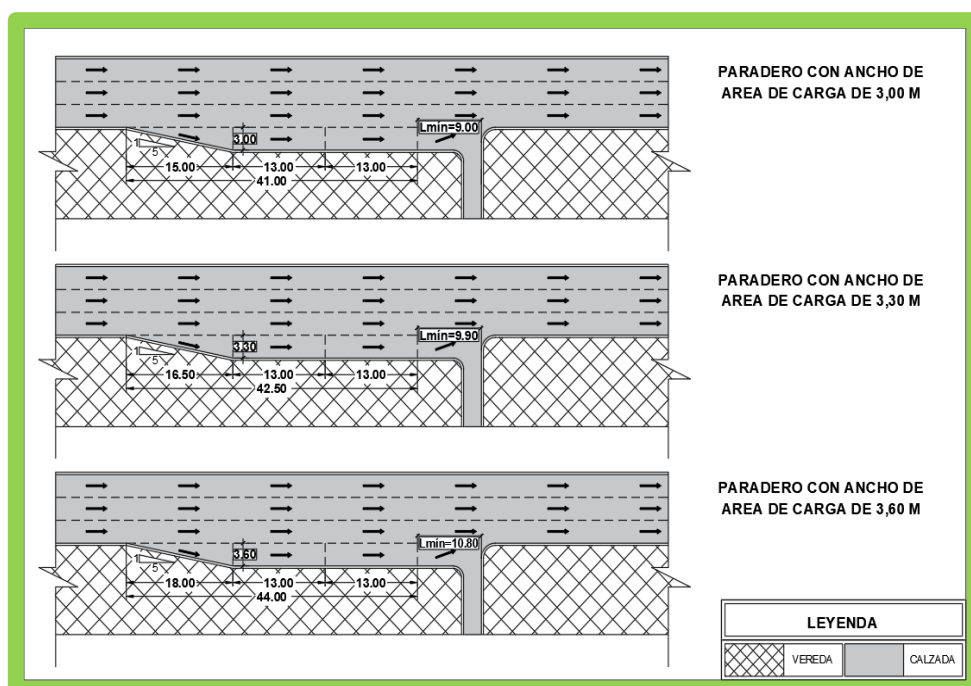
En vías arteriales y colectoras se recomienda una inclinación de 5:1 del carril de deceleración y de 3:1 del carril de aceleración. Además, el andén peatonal de carga preferiblemente debe presentar 3m de ancho.

Imagen: Paradero en bahía a media cuadra



Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

Imagen: Paradero en bahía antes del cruce



Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

b) Paraderos sobre un carril de la calzada:

En las vías donde no se cuente con espacio disponible para implementar un paradero en bahía o donde el flujo de vehículos de transporte público no requiera su implementación, el paradero podrá ubicarse sobre el carril derecho. Si bien estos paraderos requieren pocas intervenciones, es importante reducir su impacto sobre el tránsito de paso tanto vehicular como peatonal.

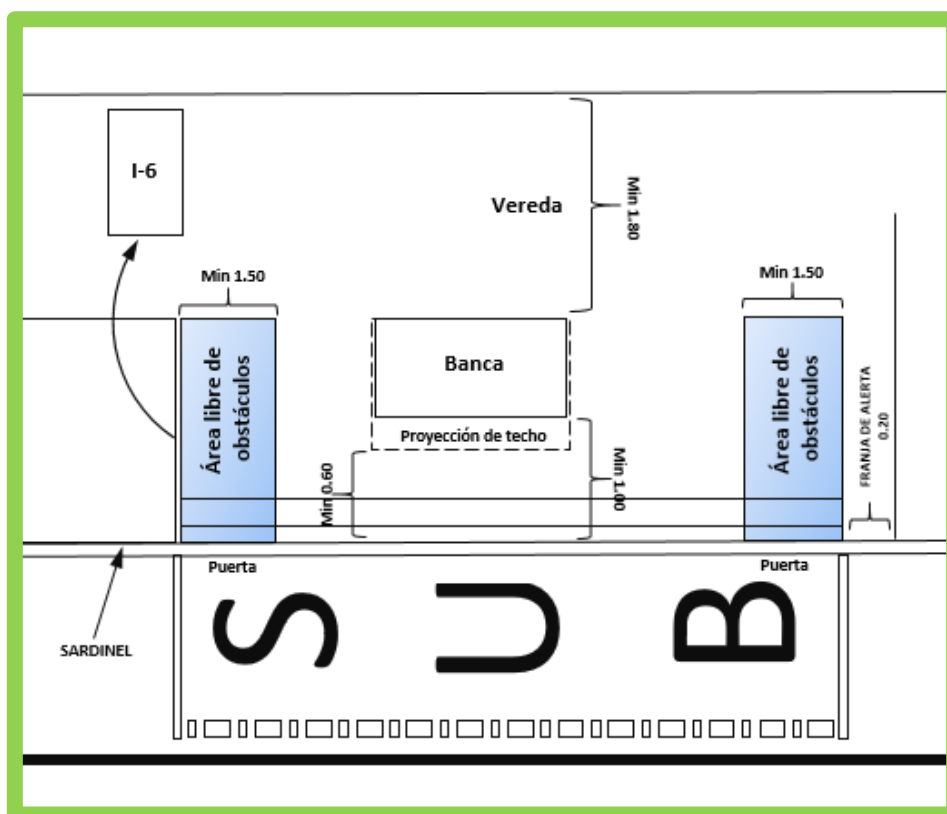
En el caso del tránsito vehicular se debe determinar la localización óptima del paradero con relación a su entorno vial y colocar la señalización correspondiente.

En el caso del tránsito peatonal se debe evitar interferir con la circulación peatonal natural que se realiza en las veredas. En las vías donde exista berma jardín, estacionamiento o ciclovía, la vereda deberá extenderse hasta el borde límite con la calzada, a fin de generar una plataforma independiente de la senda de circulación peatonal (andén); esta plataforma deberá tener una longitud mínima que permita recepcionar a los usuarios que embarcan o desembarcan de los vehículos de transporte público, sea por la puerta posterior o delantera.

Además, se recomienda mantener un área libre de obstáculos (postes, quioscos, etc.) a la altura de los puntos de embarque y/o desembarque del paradero.

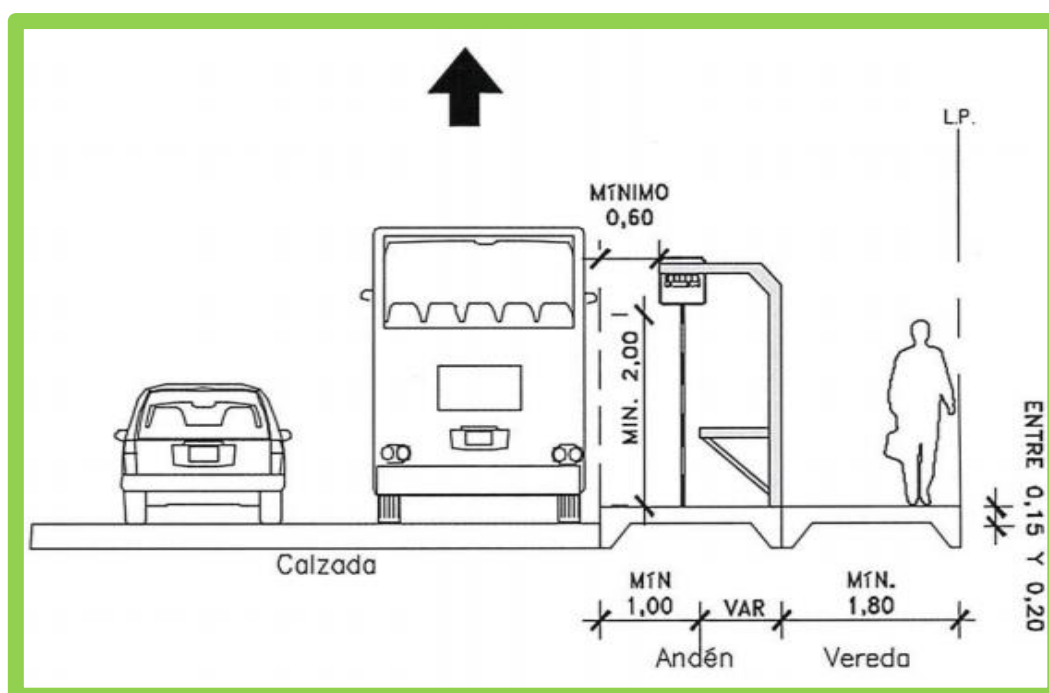
En las veredas donde el ancho lo permita, podrán instalarse módulos y otro tipo de mobiliario siempre que se mantenga un ancho mínimo de 1,80 cm de vereda libre de obstáculos. Este ancho deberá ser mayor cuando la zonificación y el volumen peatonal lo requiera.

Imagen: Ejemplo de Paradero sobre un carril de la calzada



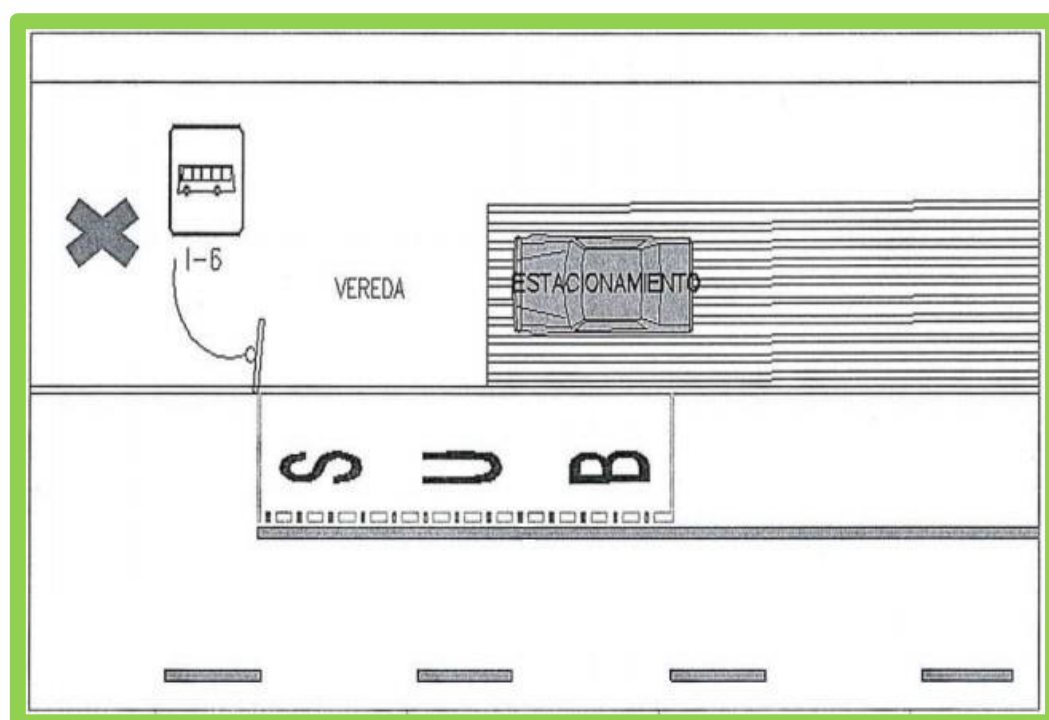
Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

Imagen: Vista de perfil de paradero sobre la calzada



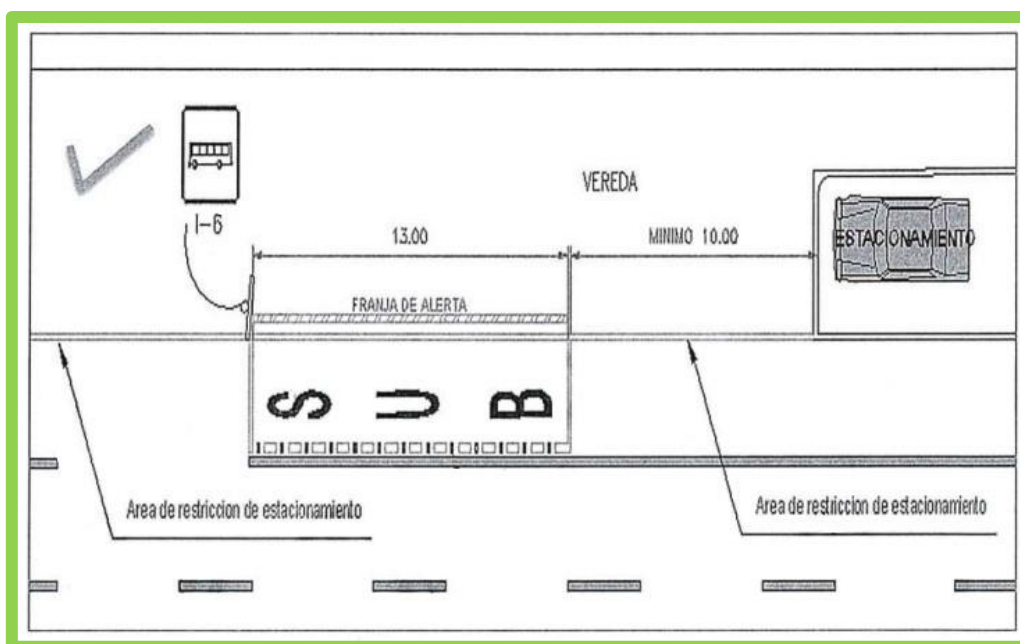
Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

Imagen: Diseño incorrecto de paradero



Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

Imagen: Diseño correcto de paradero



Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

2.2.3.Consideraciones de ubicación

a) Distancia entre paraderos:

De acuerdo con la revisión de los manuales internacionales se observa que la distancia entre paraderos en zonas urbanas mayormente varía entre los 200 y 500 m. Sin embargo, estos valores son flexibles y ajustables a la clasificación de la vía y al entorno donde se ubica el paradero. Las distancias recomendables son:

Tabla: Distancia entre paraderos según clasificación vial

CATEGORÍA	DISTANCIA ENTRE PARADEROS (m)
Vías Expresas	400-500
Vías Arteriales – Colectoras	300-500
Vías Locales (1 carril)	250-500
Vías Locales (2+ carriles)	200-400

Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

Distancias fuera de los rangos mencionados pueden ser sustentadas por las condiciones físicas de la vía o por la excesiva o poca demanda del servicio de transporte público.

Factores adicionales para tomar en cuenta para la ubicación de paraderos:

- **Seguridad:** iluminación, cercanía a casetas de serenazgo, presencia de cámaras de vigilancia.

- **Usos de suelo:** lugares de concentración, hospitales, colegios.
- **Costumbre:** paraderos ubicados en lugares reconocidos por los vecinos y transportistas.
- **Accesibilidad:** Deben estar conectados mediante aceras a su entorno vial de forma que se asegure su integración a la red de veredas más cercana.

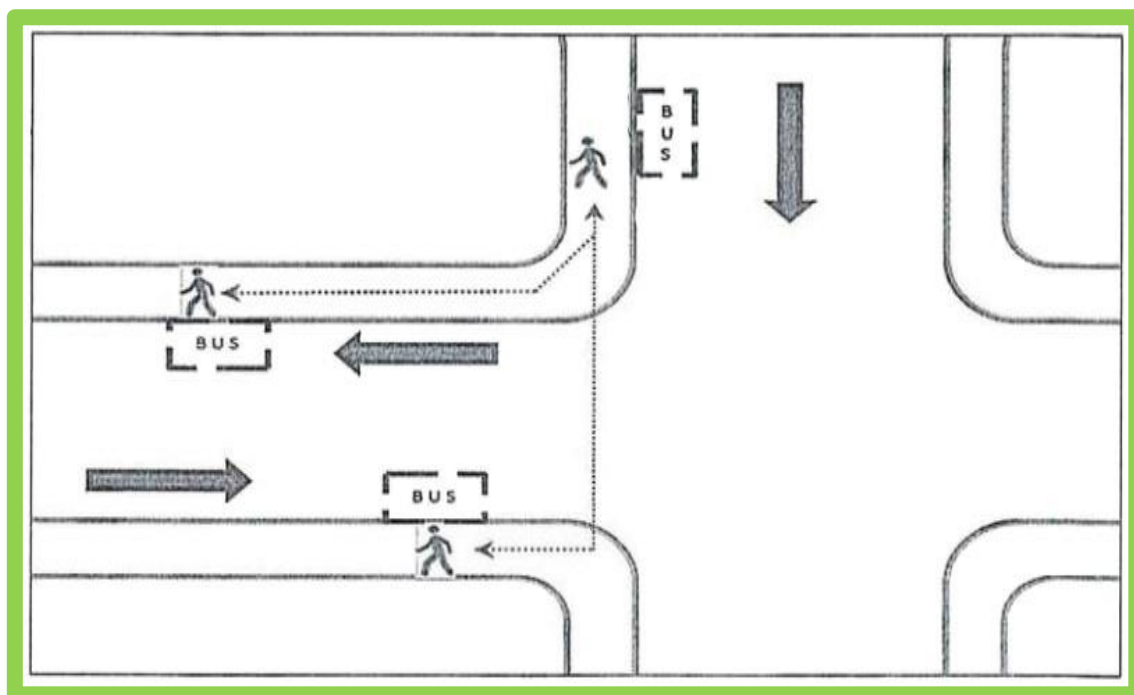
b) Localización del paradero:

La selección de la localización del paradero responde a la evaluación de cada caso en particular, considerando las ventajas y desventajas antes mencionadas.

Asimismo, se debe tener en cuenta la presencia de elementos fijos que condicionen el espacio físico de la vía como la presencia de semáforos, cruces peatonales, accesos a estacionamientos privados, porcentaje y tipo de vehículos que giran a la derecha, cantidad de rutas de transporte, entre otros.

La siguiente imagen muestra la ubicación sugerida de paraderos en una intersección de una vía bidireccional con una vía de sentido único.

Imagen: Ejemplo de localización de paraderos



Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

La localización longitudinal de los paraderos puede darse antes del cruce (AC), después del cruce (DC) y a mitad de cuadra (MC). Cada una de estas opciones presenta ventajas y desventajas, las cuales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla: Ventajas y desventajas de localización de paraderos

Localización	Ventajas	Desventajas
Antes del cruce (AC)	- Minimiza la interferencia cuando el tráfico es pesado en el lado opuesto de la intersección. - Los pasajeros acceden a los vehículos más cercanos al paso de peatones. - Intersección disponible para ayudar a alejarse del bordillo. - Más probable que se produzca una doble detención. - Los autobuses pueden atender a los pasajeros mientras están detenidos en un semáforo en rojo.	- Conflictos con los vehículos que giran a la derecha. - Restan visibilidad de los dispositivos de control de tráfico en las aceras y los peatones que cruzan. - Aumenta los problemas de distancia visual para cruzar peatones.
Después del cruce (DC)	- Evita conflictos con vehículos en giro a la derecha. - Minimiza los problemas de la distancia visual en los accesos a la intersección. - Anima a los peatones a cruzar detrás del autobús. - Requiere distancias de desaceleración más cortas para los autobuses.	- Bloqueo de intersecciones por vehículos en cola. - Aumenta los problemas de distancia visual para el cruce de peatones. - Puede aumentar el número de accidentes en la parte trasera, ya que los autobuses paren nuevamente después de detenerse en un semáforo en rojo. - No se recomienda en vías con alta frecuencia de vehículos de transporte público.
Mitad de cuadra (MC)	- Minimiza los problemas de distancia visual para vehículos y peatones. - Las áreas de espera para pasajeros experimentan menos congestión peatonal.	- Requiere distancia adicional para restricciones de no estacionamiento. - Alienta a los clientes a cruzar la calle a media cuadra. - Aumenta la distancia a pie para los clientes que cruzan en las intersecciones.

Fuente: Resolución de Gerencia N°090-2019-MML/GTU

2.3. Número y espaciamiento de paradas

El número de puntos de parada incluirá únicamente aquellas en donde los vehículos se detengan de modo sistemático. No se contarán las que se hagan de manera fortuita u ocasional.

El espaciamiento entre paradas es la longitud en metros de su separación. Al valor promedio de dichos espaciamientos se les reconoce con el nombre de “distancia interestación”.

Existen varios procedimientos para determinar el número y la separación óptima de las paradas desde el punto de vista teórico. Entre ellos destacan los modelos de E. Stelson⁶ y el de M. Conde C.⁷ cuya descripción y modo de empleo se muestra a continuación:

a) Descripción del Modelo de Stelson:

El modelo de Stelson se emplea para determinar el número de estaciones de las líneas de transporte radial⁸. Por la simplicidad de su manejo y la precisión que alcanzan sus resultados, el modelo de Stelson proporciona un método muy adecuado para establecer la distribución teórica de los puntos de ascenso y descenso de pasajeros. A continuación, se dan los principales lineamientos del modelo. La expresión de Stelson es la siguiente:

$$T_{tot} = \frac{I}{2} + Td + \frac{Vmáx}{Amáx} + \frac{L}{Vmáx} + \left[Td + \frac{Vmáx}{Amáx} \right] n + \left[\frac{2 \left(\frac{LW}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}}{3Vw} * \frac{1}{n^2} \right]$$

En donde las expresiones incluidas tienen los significados que se identifican:

Ttot = Tiempo total de viaje

I = Intervalo de paso del servicio proyectado (en la HMD)

Td = Tiempo de parada.

Vmáx = Velocidad máxima de los vehículos.

Amáx = Aceleración máxima permisible de las unidades de transporte.

L = Longitud de ruta

⁶ Thomas E. Stelson: “Transportation. Step to the Ultimate” II INTERNATIONAL CONFERENCE OF URBAN TRANSPORTATION. 1972 P48.

⁷ Manuel Conde Cabeza. “La distancia óptima entre paradas”. El transporte Colectivo Urbano en España. Tomo 2. Edit. Ariel P 269.

⁸ Se define como “línea radial” aquel servicio de transporte de pasajeros orientado al manejo de grandes volúmenes entre puntos de la periferia y la región central (N del A).

V_w = Velocidad de acceso a las estaciones (caminando o en otro vehículo).

W = Anchura de la cuenca de captación.

N = Número de estaciones.

El número de estaciones no está fijado explícitamente. Lo que debe hacerse es calcular el valor que va adquiriendo T_{tot} para distinto número de estaciones. Es decir: se parte de los parámetros básicos L , I , T_d , $V_{máx}$, V_w , etc, y se calculan los tiempos totales de viaje T_{tot} para $n = 1, 2, 3, \dots, n$, y a partir de esos resultados se construyen una gráfica de la que se puede inferir el mejor valor de n . En otras palabras, cada valor de " n " implica un gasto de tiempo de los usuarios; el mejor valor de " n " está dado por el menor tiempo consumido al transportarse.

A manera de ejemplo, se muestra un caso donde se determina el número adecuado de estaciones de una línea expés de transporte con las siguientes características:

Longitud (L) = 8.1 km

Anchura de cuenca de captación (W) = 1.5 km

Intervalo de paso (I) = 120 seg

Tiempo de parada (T_d) = 20 seg

Velocidad máxima ($V_{máx}$) = 70 km/hr

Aceleración máxima ($A_{máx}$) = 4 km/hr/seg

Velocidad de acceso (V_w) = 4 km/hr (pasajeros que llegan a pie)

Aplicando las cifras citadas a la expresión de Stelson se tiene, para los términos constantes y los diferentes valores de n , los siguientes tiempos.

Términos constantes:

$I/2$ = 60 seg.

T_d = 20 seg.

$V_{máx}/A_{máx}$ = $70/4$ = 17.5 seg.

$L/V_{máx}$ = $8.1/70 \times 3,600$ = 411.4 seg.

Coeficiente de n :

$T_d + V_{máx}/A_{máx}$ = $20 + 17.5$ = 37.5 seg.

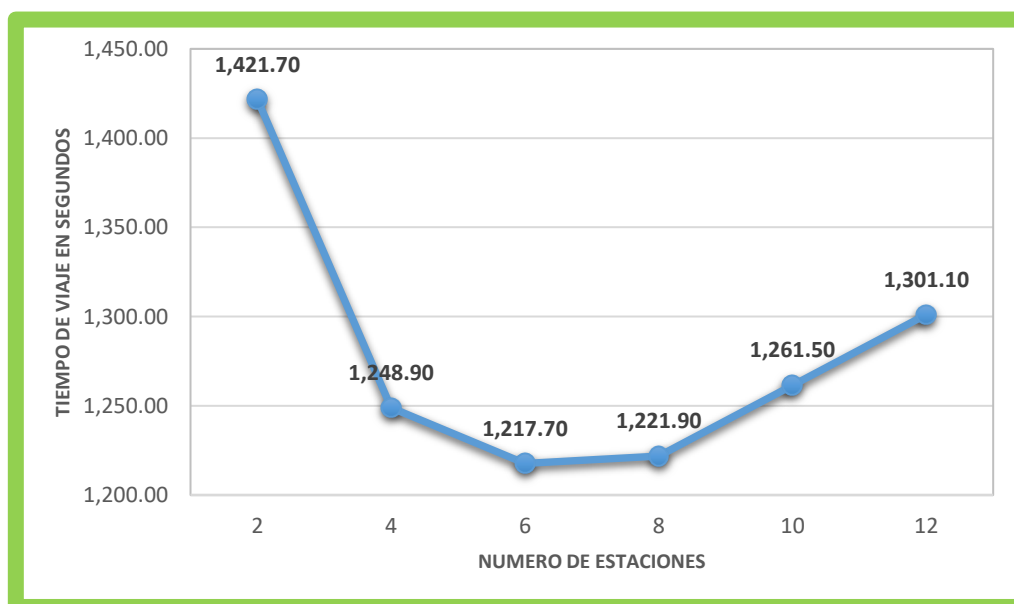
Componente de zona:

$$\frac{2 \left(\frac{LW}{p} \right)^{1/2}}{3 V_w} = \frac{3.93 \times 3,600}{3 \times 4} = 1,180 \text{ seg}$$

Tabla: Cálculo de Cantidad de Paradas

n	$\frac{1}{n^2}$	$\left[T_d + \frac{V_{máx}}{A_{máx}} \right] n$	$\left[1180 * \frac{1}{n^2} \right]$	Suma de Operaciones Anteriores	Resultado
2	0.71	75	837.8	1,421.70	Valor Mínimo para 6 estaciones.
4	0.5	150	590	1,248.90	
6	0.41	225	483.8	1,217.70	
8	0.35	300	413	1,221.90	
10	0.32	375	377.6	1,261.50	
12	0.29	450	342.2	1,301.10	

Fuente: Equipo consultor

Gráfico de resultados de cantidad de paradas


Fuente: Equipo consultor

3. Criterios para el Control Operacional de Flota

Los sistemas de buses son inherentemente inestables. Ante variabilidades en la llegada de pasajeros y en el tiempo de viaje entre paradas, los buses tienden a juntarse en un fenómeno conocido como bus bunching (apelotonamiento de buses producidos frecuentemente por los congestionamientos). Para prevenir que estas pequeñas variaciones produzcan grandes variaciones en la regularidad de los intervalos de tiempo entre buses consecutivos, se requiere que se realice algún tipo de control operacional, así como la verificación del cumplimiento cabal del recorrido, el evitar paradas excesivas, sobrepasar la velocidad comercial, entre otros.

Existen distintas formas de clasificar las estrategias de control operacional, por ejemplo: programadas vs decididas en tiempo real; a implementarse en paradas o en ruta; basadas en intervalos o itinerarios, entre otras. En esta investigación

tomamos esta última distinción para evaluar cómo afecta en los costos de usuarios y operadores elegir uno u otro tipo de operación para controlar las paradas de un servicio de buses.

3.1. Estrategias de control basadas en la regularidad de los intervalos

En nuestro país, el control operacional a través de la regularidad de los intervalos, también conocido como “control de paso o de frecuencias”, es el más utilizado por los transportadores autorizados. Estas estrategias o mecanismos de control basadas en “headways” son utilizadas y recomendadas para servicios de alta frecuencia.

Según las tecnologías disponibles, el control operacional en ruta se puede producir de las siguientes formas:

a) Control de Paso por Tabla Horaria

Esta estrategia de control se basa en mantener la regularidad a lo largo del recorrido a través de una tabla horaria donde se encuentra prefijada los tiempos entre controles y la cantidad de estos. Este mecanismo consta de instalar ciertos dispositivos de marcado del tiempo en puntos representativos en donde uno de los operadores realiza el control de modo manual hasta llegar al paradero final donde se contabilizará las demoras durante el viaje. Los tiempos y los intervalos de paso varían a lo largo del día, sea hora punta u hora valle, o sea se planifica con base en la demanda.

Imagen: Esquema del control de intervalos de paso en ruta

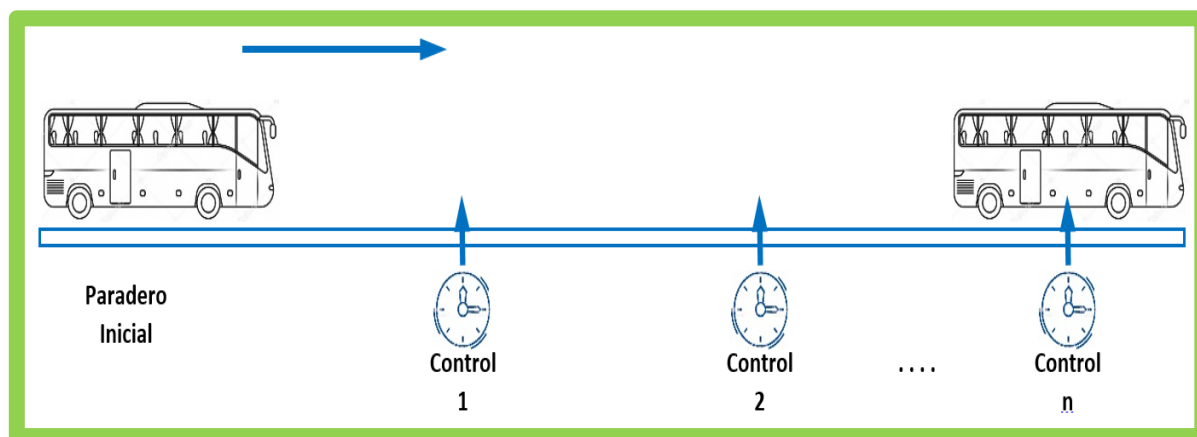


Imagen: Modelos de Tarjetas de Control para unidades de transporte urbano

A

TARJETA CONTROL DE RUTA

RESOLUCIÓN DE AUTORIZACIÓN:

PADRÓN:		VLTA.:		Código del Despachador:	
PLACA:		COND.:		Observaciones:	
FECHA:		COBR.:			

HORA DE SALIDA:				LAS PALMAS	ADUL/DIRECT.	INTERURBANO	URBANO	INTERMEDIO	MEDIO/UNIVER.	ZONAL	TERMINAL	ESCOLAR
HORA PASO	HORA CONTROL	ADE. ATRA.	PUNTOS DE CONTROL									
			Paradero 8									
			Ovalito Las Palomas									
			Curva del Diablo									
			Puente Alipio									
			Puente Benavides									
			Triébol de Javier Prado									
			Puente Nuevo									
			Consejo San MARTÍN									
			Plaza Norte									
			Palmeras Naranjal									
			Terminal VIPOL									
COD. INSP.	LUGAR			ADUL/DIRECT.	INTERURBANO	URBANO	INTERMEDIO	MEDIO/UNIVER.	ZONAL	TERMINAL	ESCOLAR	

B

TARJETA CONTROL DE RUTA

RESOLUCIÓN DE AUTORIZACIÓN

PADRÓN:		VLTA.:		Código del Despachador:	
PLACA:		COND.:		Observaciones:	
FECHA:		COBR.:			

HORA DE SALIDA:				VIPOL	ADUL/DIRECT.	INTERURBANO	URBANO	INTERMEDIO	MEDIO/UNIVER.	ZONAL	TERMINAL	ESCOLAR
HORA PASO	HORA CONTROL	ADE. ATRA.	PUNTOS DE CONTROL									
			Mercado Villafra									
			Palmeras/ Alizos									
			Izaguirre									
			Plaza Norte									
			Cayetano									
			Triébol de Javier Prado									
			Puente Benavides									
			Puente Alipio									
			Ovalito Las Palomas									
			Paradero 8									
			Term. Las PALMAS									
COD. INSP.	LUGAR			ADUL/DIRECT.	INTERURBANO	URBANO	INTERMEDIO	MEDIO/UNIVER.	ZONAL	TERMINAL	ESCOLAR	

b) Control de Paso Satelital

Estas estrategias se basan en mantener regularidad entre los tiempos de los buses sin comprometerse a una tabla horaria. La mayoría de estas estrategias se basan en retener a determinados vehículos en algunos momentos para mejorar la regularidad o de generar el control de la regularidad con el paso del vehículo en el punto referencial o geopunto o geocerca. Debido a las nuevas tecnologías disponibles se puede obtener la ubicación de los buses a través del GPS.

Imagen: Esquema del control satelital de unidades de transporte público



Se recomienda que los transportistas autorizados empleen mecanismos de control de acuerdo con la capacidad económica de la empresa, considerando que mantener la calidad de servicio es el factor más importante para los usuarios, priorizando el cumplimiento cabal del recorrido, un adecuado estado de las unidades y una conducción segura.

ANEXO IV

Régimen de Gestión Común

Este régimen tiene como objetivo establecer condiciones para una gestión conjunta entre dos provincias contiguas que poseen características urbanas continuas e involucradas entre sí y que genera un conglomerado urbano que necesita un tratamiento especial dado sus condiciones territoriales.

Considerando el Decreto Supremo N° 012-2022-VIVIENDA, que aprueba el Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Planificación Urbana del Desarrollo Urbano Sostenible, en sus artículos siguientes:

Artículo 4 y 43 del DS 012-2022-VIVIENDA

Artículo 4.- Términos y definiciones

4.3. Definiciones: Para efectos de la aplicación del presente Reglamento se entiende como:

5. Conurbación: Proceso por el cual dos o más ciudades y/o centros poblados independientes entre sí, al crecer físicamente conforman una unidad física continua.

SUB CAPÍTULO II

PLANES DE DESARROLLO URBANO

Artículo 43.- Definición y alcance del Plan de Desarrollo Urbano (PDU)

El PDU:

43.1 Producto del proceso a cargo de las municipalidades, que orienta y regula el proceso de planificación y el desarrollo urbano sostenible, y dirige y promueve el desarrollo de la inversión pública y privada en las ciudades mayores, intermedias y menores conforme a la categorización establecida en el SICCEP. Una vez aprobado pasa a formar parte del cuerpo normativo aplicable a la jurisdicción que corresponda.

43.2. Se elabora en concordancia con el PAT y/o el PDM, cuando estos han sido previamente aprobados.

43.3. Se elabora en concordancia y complementa a los Planes de Desarrollo Concertado vigentes.

43.4. Los PDU de la Metrópoli Nacional son delimitados en el PDM correspondiente y no pueden desarrollarse sin la aprobación previa de este.

Fuente: DS 012-2022-VIVIENDA- Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Planificación Urbana del Desarrollo Urbano Sostenible.

Por otro lado, el D.S. N° 017-2009-MTC norma el régimen de gestión común bajo las siguientes consideraciones:

Artículos 3, 13, 14 y 15 del DS 017-2009-MTC

Artículo 3.- Definiciones

3.6 Área Urbana Continua: Espacio territorial constituido por dos (2) ciudades o áreas urbanas pertenecientes a provincias contiguas que, por su crecimiento, han llegado a conformar una situación de conurbación.

Los factores que determinan la existencia de continuidad urbana son las estructuras de accesibilidad, los equipamientos urbanos, las redes de servicios básicos y las funciones urbanas que hacen tangible la integración social, económica y física entre el conjunto, al establecer y consolidar relaciones de conectividad entre unidades urbanas originalmente separadas.

La continuidad urbana debe ser declarada de manera conjunta, por las dos ciudades o áreas urbanas contiguas, de acuerdo con lo que dispone la Ley.

3.51 Régimen de Gestión Común del Transporte: Es el acuerdo o conjunto de acuerdos celebrados entre municipalidades provinciales contiguas, con el objeto de gestionar o administrar conjuntamente el servicio de transporte urbano de personas que se presta en el área urbana continúa determinada.

Artículo 13.- Determinación de continuidad urbana

13.1 Las Municipalidades Provinciales colindantes determinarán de manera conjunta la existencia de áreas urbanas continuas, en concordancia con sus respectivos planos urbanos o mediante constataciones especiales conjuntas. La determinación conjunta deberá ser aprobada por cada municipalidad mediante Ordenanza Municipal.

13.2 Son características del área urbana continua, las siguientes:

13.2.1 Conectividad efectiva y potencial, según las relaciones funcionales entre las ciudades originales, determinada por la prolongación real o la tendencia a la continuidad de una o más vías locales, y las edificaciones y usos urbanos sobre un espacio integrado;

13.2.2 Densidades poblacionales brutas mayores de 50 habitantes por hectárea, considerada como mínima densidad bruta urbana;

13.2.3 Territorio ocupado por construcciones que, aunque relativamente separadas, se distribuyen a distancias no mayores de 40 metros, conservando cierto alineamiento, según las vías locales prolongadas;

13.2.4 Flujos constantes de población generados por los equipamientos y servicios del núcleo central o de las ciudades originales;

13.2.5 Integración de las áreas de expansión urbana de las ciudades matrices; y

13.2.6 Ambientes, actividades, usos y paisajes característicos distintos a los del espacio rural.

Artículo 14.- Alcances del régimen de gestión común

14.1 El establecimiento del Régimen de Gestión Común del Transporte por acuerdo de las municipalidades podrá incluir la creación de un organismo conjunto para gestionar y fiscalizar el transporte en rutas de interconexión, con las facultades que el acuerdo mismo establezca.

14.2 De conformidad con lo establecido en la Ley, en caso de no existir acuerdo, cualquiera de las municipalidades involucradas puede plantear a la otra la realización de un arbitraje de derecho para el establecimiento del Régimen de Gestión Común del Transporte. Este arbitraje se realizará en instancia única, mediante un tribunal arbitral nombrado de acuerdo con las normas establecidas en la Ley General de Arbitraje, la que resulta aplicable al tema. "De la misma manera una de las municipalidades podrá solicitar la intervención de Promovilidad del MTC para solucionar dicha controversia" (a manera de propuesta).

14.3 El Régimen de Gestión Común del Transporte que se establezca comprende solamente el área urbana continúa declarada como tal y no la integridad del territorio de las provincias involucradas.

14.4 La inexistencia del Régimen de Gestión Común del Transporte no faculta a ninguna de las municipalidades a otorgar autorizaciones en ámbitos territoriales fuera de su jurisdicción.

14.5 En caso las Municipalidades Provinciales no hayan establecido régimen de gestión común conforme lo dispone la Ley N° 27181 y el presente Reglamento, quedan facultadas para supervisar y fiscalizar, dentro del ámbito de su jurisdicción, a los transportistas y/o conductores que han sido autorizados por la otra autoridad municipal, remitiendo los actuados a la autoridad competente para el inicio del procedimiento sancionador correspondiente." (*)

Artículo 15.- Contenido mínimo del Acuerdo sobre Régimen de Gestión Común del Transporte

15.1 Determinación de los servicios de transporte que comprende el Régimen de Gestión Común.

15.2 Determinación del Plan Regulador de Rutas de Interconexión del transporte urbano de personas entre las provincias, precisando entre otros aspectos, el origen, destino, itinerario y paraderos.

15.3 Condiciones de acceso para el otorgamiento de autorizaciones y/o concesiones de los servicios de transporte.

15.4 Determinación del tratamiento de los servicios de transporte autorizados con anterioridad al inicio de la negociación.

15.5 Condiciones de operación del servicio de transporte.

15.6 Fiscalización del servicio de transporte.

15.7 Plazo de vigencia del Régimen de Gestión Común del Transporte y fórmulas de renovación, actualización o modificación.

15.8 Penalidades por incumplimiento de los términos de la Gestión Común del Transporte.

Fuente: Reglamento Nacional de Administración del Transporte

Con la creación de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU) se modifica el artículo 73 de la Ley Orgánica de Municipalidades, el cual se describe a continuación:

Modificación del Artículo 73 de la Ley 27972

Artículo 73.- MATERIAS DE COMPETENCIA MUNICIPAL	
Antes	Modificación
Cuando se trate del caso de municipalidades conurbadas, los servicios públicos locales que, por sus características, sirven al conjunto de la aglomeración urbana, deberán contar con mecanismos de coordinación en el ámbito de la planificación y prestación de dichos servicios entre las municipalidades vinculadas, de modo que se asegure la máxima eficiencia en el uso de los recursos públicos y una adecuada provisión a los vecinos.	<i>Cuando se trate del caso de municipalidades conurbadas, los servicios públicos locales que, por sus características, sirven al conjunto de la aglomeración urbana, deberán contar con mecanismos de coordinación en el ámbito de la planificación y prestación de dichos servicios entre las municipalidades vinculadas, de modo que se asegure la máxima eficiencia en el uso de los recursos públicos y una adecuada provisión a los vecinos.</i> <i>Excepcionalmente, cuando se trate de circunscripciones provinciales conurbadas, la prestación de servicios públicos locales que sirven al conjunto de la aglomeración urbana se regula por ley expresa. En tal caso la ley determina el organismo responsable de la prestación integrada del servicio público local, precisa su ámbito de competencia y funciones e incorpora en su dirección la participación de representantes del Poder Ejecutivo y de las municipalidades provinciales cuyas circunscripciones están involucradas. Dicho organismo ejerce la titularidad de las funciones en la materia para el conjunto del ámbito de las provincias conurbadas.</i> <i>Los ámbitos conurbados, a que se refieren los párrafos precedentes, son debidamente identificados y declarados conforme a ley en la materia. La prestación de servicios públicos locales debe asegurar la mayor eficacia y eficiencia en el uso de recursos públicos y una adecuada provisión del servicio a los vecinos.</i>

Fuente: Ley N° 30900 Ley que crea la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao



En general, cuando exista una controversia entre dos provincias contiguas y conurbadas el Poder Ejecutivo podrá crear organismos que ejerzan la titularidad de las funciones en la materia para el conjunto del ámbito de las provincias conurbadas como el caso de la ATU.

ANEXO V

Formatos utilizados para el Levantamiento de Datos de Campo

FORMATO DE EMBARQUE Y DESEMBARQUE

HOJA DE EMBARQUE Y DESEMBARQUE DE PASAJEROS

EMPRESA:

INICIO:

SENTIDO:

PLACA:

HORA INICIO:

AFORADOR:

RUTA:

FINAL:

TIPO:

FECHA:

HORA FINAL:

PUERTA:

N°	PARADERO			SUBEN	BAJAN
	NOMBRE	EJE	REFERENCIA		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					

FORMATO DE OCUPACIÓN VISUAL

FORMATO DE OCUPACIÓN VISUAL

ENCUESTADOR: _____

VIA: _____

SENTIDO: _____

HORARIO: _____

FECHA: _____

OBSERVACIONES: _____

CARGA VEHICULAR



1 2 3 4 5

TIPOLOGÍA VEHICULAR:

Auto = A Camioneta Rural = CR

Taxi = TX Microbus = M

Mototaxi = MTX Omnibus = O

HORA	TIPO VEH	COD RUTA	CARGA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

HORA	TIPO VEH	COD RUTA	CARGA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

HORA	TIPO VEH	COD RUTA	CARGA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

**FORMATO DE PLAQUEO VEHICULAR – DETECCIÓN DE INFORMALIDAD****ENCUESTA DE PLAQUEO VEHICULAR**

FECHA : _____

DÍA : _____

SENTIDO : _____

LUGAR : _____

Nº	HORARIO	PLACA	PAX	PADRON	COLOR
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					

FORMATO DE VELOCIDADES – TIPO VEHÍCULO FLOTANTE

FORMATO DE REGISTRO E IDENTIFICACIÓN DE DEMORAS

Encuestador		Día, Fecha:		Modo Transp.	
Tramo		Hora Inicio		Cód. GPS	
Sentido		Hora Final:		Cód. GPS Back Up	

[illegible]

FORMATO DE PLAQUEO VEHICULAR PARA VELOCIDADES

[illegible]

FORMATO DE AFORO PEATONALES

FLUJOS PEATONALES									
CÓDIGO ESTACIÓN: VÍA O INTERSECCIÓN: DÍA Y FECHA: ENCUESTADOR: NÚMERO DNI:									
HORA		↑		↓		⇒		⇐	
DE:									
A:									
DE:									
A:									
DE:									
A:									
DE:									
A:									
DE:									
A:									
DE:									
A:									
DE:									
A:									

**PERÚ**Ministerio
de Transportes
y ComunicacionesViceministerio
de TransportesDirección General de
Políticas y Regulación en
Transporte Multimodal

FORMATO DE AFOROS VEHICULARES

FORMATO DE FLUJOS VEHICULARES															
COD LUGAR: _____ LUGAR: _____ FECHA: _____ ENCUESTADOR: _____ SENTIDO: _____ COORDINADOR: _____															
HORA	 AUTOS	 MICROBUSES	 CAMIONETA RURAL	 OMBUS	 CAMION	 CAMION + TRILLO	 BUS INTER	 MOTOCICLO	OTROS*						
DE:															
A:															
DE:															
A:															
DE:															
A:															
DE:															
A:															
DE:															
A:															

OTROS*: De los vehículos descritos en el formato, se pueden añadir un adicional o más para su registro, según a la realidad provincial y el tipo de proyecto a evaluar.



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General de
Políticas y Regulación en
Transporte Multimodal

FORMATO DE ENCUESTA ORIGEN - DESTINO

ENCUESTA ORIGEN - DESTINO

UBICACIÓN: _____ DIA: _____ FECHA: _____
ENCUESTADOR: _____ SUPERVISOR: _____ OBSERVACIONES: _____

Nº	DE DONDE VIENE?	TIPO DE VEHICULO	HORA APROX. DE SALIDA	DURACION DEL VIAJE	COSTO DEL VIAJE (S/.)	A DONDE SE DIRIGE?	MOTIVO DE VIAJE	FRECUENCIA DEL VIAJE A LA SEMANA	EDAD	SEXO
	PRECISAR CALLE, JR., AV. O PUNTO DE REFERENCIA REPRESENTATIVO					PRECISAR CALLE, JR., AV. O PUNTO DE REFERENCIA REPRESENTATIVO				
1	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
2	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
3	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
4	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
5	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
6	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
7	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
8	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
9	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
10	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
11	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
12	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
13	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
14	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F
15	UBICACIÓN:					UBICACIÓN:				M
	DISTRITO:					DISTRITO:				F

P: A Pie
AP: Auto Particular
AC: Auto Colectivo
C: Combi
M: Microbus
MT: Mototaxi
ML: Moto Lineal

H: Hogar
T: Trabajo
E: Estudio
C: Comercio
R: Recreación
O: Otros

1 vez semana
2 veces
3 veces
4 veces
5 veces
6 veces
Todos los dias

FORMATO DE ENCUESTA DE PREFERENCIAS DECLARADAS

ENCUESTA DE PREFERENCIA DECLARADA

(Saludo al encuestado), Sr(a) estamos realizando una encuesta para mejorar el servicio de transporte, le agradeceríamos que nos ayude con algunas preguntas.

Punto de encuesta		Código Zona		Fecha de encuesta	
Nombre del encuestador				Hora de encuesta	
1	¿DE DONDE VIENE?				
	Nombre del Distrito				
	Urbanización y/o Sector				
	Punto de Referencia				
	¿HACIA DONDE VA?				
	Nombre del Distrito				
	Urbanización y/o Sector				
2	¿CUAL ES SU MOTIVO DE VIAJE?				
	a. Trabajo		c. Ocio		
3	b. Estudio		d. Otros		
	¿CUAL ES LA FRECUENCIA DE VIAJE?				
	a. De lunes a domingo		d. 1-2 veces a la semana		
	b. De lunes a viernes		e. Menos de 1 a la semana		
4	c. 3-4 veces a la semana		f. No contesta		
	¿CUAL ES EL TIEMPO DE VIAJE?				
5	¿CUAL ES EL COSTO DE VIAJE?				
6	¿CUANTOS Y QUE TIPOS DE VEHICULOS UTILIZA PARA LLEGAR A SU DESTINO?				
	a. Uno	c. Tres	e. Otros		
	b. Dos	d. Cuatro			
	a. Micro	c. Mototaxi	e. Colectivo		
	b. Camioneta Rural	d. Taxi	f. Caminando		
7	¿ESTARIA DE ACUERDO A UTILIZAR EL SERVICIO DE BUSES?				
	a. SI		b. NO		
8	¿CUANTO PAGARIA POR EL SERVICIO DE BUSES?				
	a. S/ 0.80		c. S/ 1.20		
	b. S/ 1.00		d. S/ 1.50		

9

¿CUAL ELEGIRIA ENTRE EL TRANSPORTE PUBLICO VERSUS NUEVO SISTEMA DE BUSES? (SELECCIONE UNO DE LOS CUATRO GRUPOS DE PREGUNTAS)

ESCENARIOS	Transporte Público actual	Nuevo Sistema de Buses
ESCENARIO 1	Transporte Público Actual	Nuevo Sistema de Buses
Tiempo Total de Viaje (horas / / minutos)	45 min	20 min
En el vehículo / esperando	10 min	10 min
Caminando	10 min	5 min
Pasaje Total (s/.)	1.00	Bus: S/.1.50
N° de Transbordos	0	1
ESCENARIO 2	Transporte Público Actual	Nuevo Sistema de Buses
Tiempo Total de Viaje (horas / / minutos)	45 min	25 min
En el vehículo / esperando	10 min	10 min
Caminando	10 min	5 min
Pasaje Total (s/.)	1.00	Metro: S/.1.20
N° de Transbordos	0	1
ESCENARIO 3	Transporte Público Actual	Nuevo Sistema de Buses
Tiempo Total de Viaje (horas / / minutos)	45 min	30 min
En el vehículo / esperando	10 min	10 min
Caminando	10 min	5 min
Pasaje Total (s/.)	1.00	Metro: S/.1.00
N° de Transbordos	0	1
ESCENARIO 4	Transporte Público Actual	Nuevo Sistema de Buses
Tiempo Total de Viaje (horas / / minutos)	45 min	35 min
En el vehículo / esperando	10 min	10 min
Caminando	10 min	5 min
Pasaje Total (s/.)	1.00	Metro: S/.0.80
N° de Transbordos	0	1

Nota: Concesionarios en este formato – ejemplo son solo referenciales, se deberá plantear escenarios de acuerdo con la realidad provincial y el tipo de proyecto a evaluar.

ANEXO VI

Términos de referencia de profesionales mínimos para conformar el equipo técnico para el desarrollo de un PRR

Jefe de proyecto

El o la especialista debe ser un graduado(a), titulado(a) y colegiado(a) en ingeniería de transportes e ingeniería civil. El o la especialista debe tener experiencia mínima en planificación del transporte, movilidad urbana, infraestructura de transporte, sistemas de tráfico e implementación de sistemas de transporte sostenibles. Además, experiencia como líder de equipo en proyectos del sector urbano, con liderazgo comprobado y capacidad de gestión de proyectos. El o la especialista debe tener experiencia específica en la elaboración de proyectos de transporte público de pasajeros, de planes integrales urbanos, movilidad urbana, desarrollo urbano con conocimiento sólido de los instrumentos legales, regulatorios, económicos y tecnológicos.

Especialista en modelos de transporte y software de modelación

El o la especialista debe ser un graduado(a) y titulado(a) en ingeniería de transportes o ingeniería civil o una disciplina del sector con especialización y/o diplomado en modelos de transporte, simulación y modelación de transporte. El o la especialista debe tener experiencia mínima en proyectos que impliquen conocimientos de la metodología para la construcción de los modelos de demanda de transporte, capacitación en softwares de transportes vehicular y peatonal, (Transcad, Vissim, Aimsun, Legion).

Técnico CAD o GIS

El o la especialista debe ser un graduado(a) y titulado(a) en ingeniería, arquitectura o una disciplina del sector con especialización en diseño asistido por computadora (CAD) o sistemas de información geográfica (GIS). El o la especialista debe tener experiencia en proyectos que impliquen coordinación, gestión y elaboración asociados al uso de metodología, herramienta o softwares CAD/GIS.

Especialista legal

El o la especialista debe ser un graduado(a) y titulado(a) en Derecho con más de 3 años en experiencia en el sector público o privado. El o la especialista debe tener experiencia mínima de 2 años en proyectos que impliquen análisis y/o en elaboración de normativa de transporte, asesoría legal para elaboración de herramientas de gestión municipal.

Asistente Técnico recolección de datos (encuestas y aforos)

El o la especialista debe ser un bachiller o titulado(a) en ingeniería de transporte, estadística o una disciplina del sector con especialización metodología y herramientas de recolección y realización de aforos y de datos, así como su procesamiento. El o la especialista debe tener experiencia mínima de 2 años en proyectos que impliquen coordinación, gestión y elaboración asociados al uso de



metodología, herramienta y proceso de aforos y encuestas relacionadas a movilidad urbana y/o relacionada.

ANEXO VII

Contenido mínimo de la estructura del estudio para la elaboración de un PRR

CAPITULO I

- 1. Antecedentes**
- 2. Objetivos generales y específico**
 - 2.1. Objetivos Generales
 - 2.2. Objetivos Específicos
- 3. Alcance del Estudio**
- 4. Marco legal**
- 5. Marco Conceptual**
 - 5.1. Concepto de Plan Regulador de Rutas
- 6. Marco Referencial**
 - 6.1. Población
 - 6.2. Indicadores Socioeconómicos
 - 6.3. Parque Automotor
- 7. Metodología general del estudio**
- 8. Situación actual**
 - 8.1. Recopilación de Información Institucional
 - a) Planes Municipales
 - b) Normas Legales
 - c) Rutas Autorizadas
 - 8.2. Recopilación de Información de Campo
 - a) Infraestructura y Red Vial
 - b) Rutas de transporte regular de pasajeros
 - c) Centros atractores y generadores de viajes
 - d) Otros trabajos de campo
 - 8.3. Análisis Situación Actual
- 9. Componentes del Modelo**
 - 9.1. Zonificación
 - a) Criterios para zonificar

- b) Construcción de la zonificación
- c) Caracterización de la zonificación

9.2. Matriz de viaje

- a) Concepto
- b) Determinación de la Matriz O-D
 - b.1.) Encuestas Origen – Destino
 - b.2.) Encuestas de Preferencias Declaradas
 - b.3.) Aplicación de las Zonas de Tránsito a la Matriz Origen – Destino
- c) Características Generales
- d) Líneas de Deseo

9.3. Red Vial

- a) Construcción de la Red
- b) Centros y Centroides
- c) Clasificación de la Red Vial
- d) Caracterización de las Vías

9.4. Rutas de Transporte

- a) Construcción de rutas de transporte
- b) Rutas actuales
- c) Caracterización de las rutas

9.5. Calibración del Modelo de Demanda

- a) Metodología
- b) Estadístico GEH
- c) Trabajos de campo para la calibración del modelo
 - c.1.) Aforos de ocupación visual en transporte público
 - c.2.) Conteos de Tráfico
 - c.3.) Estudios de velocidades
- d) Calibración de Intervalos de paso
- e) Calibración de Viajes

9.6. Modelo de Planeamiento de Transporte

- a) Modelo de generación y atracción de viajes

b) Modelo de distribución de viajes

c) Modelo de partición modal

9.7. Demanda de Viajes

a) Escenarios

b) Resultados

c) Escenario Evolutivo

d) Resumen

9.8. Propuesta de Diseño Operacional de Rutas

a) Linealidad

b) Accesibilidad – Aproximación de Sentidos

c) Otros

10. Conclusiones

11. Recomendaciones

CAPÍTULO II

Diseño Operacional de rutas propuestas con sus respectivas Fichas Técnicas



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024



Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Jr. Zorritos 1203, Lima, Perú
Central telefónica: 01 615 7800

www.gob.pe/mtc