

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
SECCIÓN DE POST - GRADO



**MODELACIÓN Y ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS EN EL
CENTRO HISTÓRICO DE LIMA CON RESTRICCIONES DE
TRÁFICO E IMPACTO EN LA MOVILIDAD**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
MENCIÓN EN INGENIERÍA DE TRANSPORTES

ING. PEDRO LUIS MIÑANO CHAMORRO

LIMA – PERU

2017

DEDICATORIA

A Dios, mi familia y amigos que siempre me apoyan para alcanzar mis objetivos y una mención especial a Olga Chamorro Sánchez por su enorme ayuda.

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo proponer un sistema de transporte masivo en el área del Centro Histórico de Lima, para mitigar los impactos a la movilidad que se vienen generando debido a la congestión vehicular, para ello se efectuó una revisión bibliográfica del uso del espacio público y la movilidad urbana en Centros Históricos, además se analizan los sistemas de transporte masivo que se vienen implementando en zonas definidas como patrimonios culturales en países europeos; se observó que en estos países se viene implementando desde hace muchos años tranvías debido a que son sistemas que atienden gran número de personas y tienen la ventaja que pueden convivir tanto con peatones como ciclistas. Para conocer las condiciones actuales de la movilidad en el área del Centro Histórico de Lima se desarrolló un diagnóstico integral para después definir un nuevo sistema de transporte masivo que merme la problemática de la citada área y luego dimensionar el nuevo sistema de transporte de acuerdo a la oferta vial y demanda existente, para determinar la primera se realizó visitas a la zona para evaluar posibles rutas, mientras que para la segunda se generó un modelo cuyos valores fueron ajustados con encuestas origen destino y conteos de tráfico. Los resultados de las encuestas origen destino arrojaron que las personas para movilizarse dentro del Centro Histórico en su mayoría lo realizan en Taxis (60.5%) y por motivo de compras (57.1%), debido a que no existe un sistema de transporte que responda a estas necesidades de viajes. Para atender estas necesidades se eligió la implementar un Tranvía, toda vez que ello promoverá el turismo facilitando los desplazamientos de manera económica, cómoda y segura y pone a la ciudad de Lima en estándares acordes a ciudades de primer orden como las europeas. Asimismo, reducirá dramáticamente la congestión y se mejorará la movilidad. Los impactos inmediatos a reducirse será la congestión vehicular ya que se aumenta la cantidad de viajes de personas, pero se reducen la cantidad de vehículos y al tener menos vehículos circulando se reducen las emisiones de gases y ende la contaminación. Esta propuesta deberá ser complementada con políticas de gestión de tránsito como restricciones vehiculares, horarios de carga y descarga, peatonalización de calles, construcción de ciclovías, evitar parqueos en las vías, entre otros, a fin que permitan un buen desempeño del sistema de transporte a implementar.

ABSTRACT

The present research aims to propose a mass transportation system in the area of the Historical Center of Lima, to mitigate the impacts to the mobility that have been generated due to vehicular congestion, for it was carried out a bibliographical review of the use of the public space And urban mobility in Historical Centers, in addition to analyzing the mass transport systems that are being implemented in areas defined as cultural heritage in European countries; It was observed that in these countries trams have been implemented for many years because they are systems that attend large numbers of people and have the advantage that can coexist with both pedestrians and cyclists. To know the current conditions of mobility in the area of the Historic Center of Lima, a comprehensive diagnosis was developed to later define a new mass transportation system that would reduce the problem of the area and then size the new transportation system according to the Supply of roads and existing demand. In order to determine the first, visits were made to the area to evaluate possible routes, while for the second, a model was generated whose values were adjusted with destination source surveys and traffic counts. The results of the destination source surveys showed that people to be mobilized within the Historical Center are mostly in Taxis (60.5%) and because of purchases (57.1%), because there is no transportation system that responds to These travel needs. To meet these needs, it was decided to implement a Tranvía, since this will promote tourism by facilitating travel in an economical, comfortable and safe way, and places the city of Lima in standards according to cities of the first order, such as those in Europe. It will also dramatically reduce congestion and improve mobility. The immediate impacts to be reduced will be vehicular congestion as it increases the number of people traveling, but reduce the number of vehicles and having fewer vehicles circulating reduces the emissions of gases and pollution. This proposal should be complemented with traffic management policies such as vehicle restrictions, loading and unloading schedules, pedestrianization of streets, construction of bicycle lanes, avoiding parking on the roads, among others, in order to allow a good performance of the transportation system to implement.

INDICE GENERAL

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INDICE GENERAL	5
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN AI PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1.Introducción	11
1.2.Justificación	12
1.3.Marco Teórico.....	12
1.3.1.Gestión de la demanda de transporte	12
1.3.2.Sistemas de transporte masivo en centros históricos	14
1.3.2.1.El tranvía, un sistema de transporte renovado.....	14
1.3.2.2.Tranvía	15
1.3.2.3.Infraestructura del tranvía	18
1.3.2.4.Tranvías en el mundo	20
1.3.2.5.Recomendaciones específicas del trazo de un Tranvía	23
1.3.2.6.Proyecto de los sistemas tranviarios.....	25
1.3.2.7.Concepción del trazado de la vía.....	26
1.3.2.8.Inserción Urbana del Tranvía.....	30
1.3.2.9.Inserción de la Plataforma en la vía Pública	34
1.3.2.10.Interacción con otros usuarios de la vía	37
1.3.2.11.Paradas y estaciones	40
1.3.2.12.Ubicación y tipologías.....	40
1.3.2.13.Características básicas.....	42
1.3.2.14.Secciones tipo.....	44
1.4.Estructura de la investigación	47
CAPITULO II: ENFOQUE DEL PROBLEMA	48
2.1.Planteamiento del problema.....	48
2.2.Formulación del problema	49
2.2.1.Problema General.....	49
2.2.2.Problemas específicos	49
2.3.Objetivos y utilidad de la investigación	49
2.3.1.Objetivo general.....	49
2.3.2.Objetivos Específicos.....	49

2.4.Limitaciones y alcances	50
2.4.1.Limitaciones de la investigación.....	50
2.4.2.Alcances de la Investigación.....	50
2.5.Hipótesis.....	50
2.5.1.Hipótesis General.....	50
2.6.Metodología de la Investigación	50
2.6.1.Tipo de investigación	50
2.6.2.Nivel de Investigación	51
2.7.Estrategia.....	51
2.8.Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	52
2.8.1.Técnicas:	52
2.8.2.Instrumentos:.....	53
2.9.Descripción de las técnicas e instrumentos	53
CAPITULO III: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
3.1.Introducción	54
3.1.1.Determinación de las variables de estudio	54
3.1.2.Definición operacional de Variables.....	54
3.1.3.Población y Muestra	55
3.1.3.1.Población de estudio.....	55
3.1.3.2.Tamaño de Muestra.....	56
4.1.Desarrollo de la investigación.....	58
4.1.1.Introducción	58
4.1.2.Diagnóstico integral de las condiciones de circulación vehicular	60
4.1.2.1.Uso de suelo del Centro Histórico de Lima	61
a) Uso Residencial.....	63
b) Uso Comercial.....	63
c) Uso Mixto: Vivienda Comercio	63
d) Otros Usos.....	64
4.1.2.2.Condiciones de la infraestructura vial existente.....	66
4.1.3.Caracterización vial de las vías del Centro Histórico de Lima	67
4.1.3.1.Análisis de la infraestructura vial.....	68
4.1.4.Condiciones de tránsito.....	70
4.1.4.1.Modos de transporte en el área del Centro Histórico de Lima	71
4.1.4.2.Volumen vehicular	72
4.1.4.3.Volumen peatonal	74
4.1.5.Evaluación de modos de transporte y su impacto vial.	76
4.1.5.1.Transporte de carga	76

4.1.5.2. Transporte público.....	76
4.1.5.3. Transporte Privado y Taxis	78
4.1.6. Análisis de las externalidades del tráfico vehicular	78
4.1.7. Elección del nuevo modo de Transporte para el Centro Histórico de Lima	79
4.1.8. Propuesta para la implementación de un Tranvía	80
4.1.8.1. Diseño vial.....	80
4.1.8.2. Diseño operacional.....	106
4.1.8.3. Propuestas complementarias	107
4.1.9. Modelación de la propuesta con el Software VISSIM 7.....	112
CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE RESULTADOS	114
CAPITULO V: VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	118
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
6.1. CONCLUSIONES	119
6.2. RECOMENDACIONES	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Primeros tranvías.....	15
Figura N° 2. Primer tranvía eléctrico.....	16
Figura N° 3. Riel de garganta.....	18
Figura N° 4. Tranvía Barcelona.....	19
Figura N° 5. Pantógrafo ferroviario.....	19
Figura N° 6. Curva en S en la que el movimiento del vehículo es más incierto.....	29
Figura N° 7. Convivencia del tranvía con el espacio público.....	33
Figura N° 8. Acabados de la superficie diferenciados en zona peatonal, Berlín.....	36
Figura N° 9. Uso compartido de la plataforma entre bus y tranvía.....	36
Figura N° 10. Andén lateral incorporado en la acera, Orleans.....	42
Figura N° 11. Rampa de acceso al andén, Barcelona.....	44
Figura N° 12. Posible configuración para calle con anchura ≈ 10 m:.....	45
Figura N° 13. Posible configuración para calle con anchura ≈ 16 m:.....	45
Figura N° 14. Posible configuración para calle con anchura ≈ 18 m:.....	46
Figura N° 15. Posible configuración para calle con anchura ≈ 20 m:.....	46
Figura N° 16. Vía con pavimento articulado de uso peatonal – Jr. Ucayali.....	66
Figura N° 17. Vía con pavimento asfáltico de uso vehicular Jr. Carabaya.....	66
Figura N° 18. Propuesta de infraestructura peatonal.....	69
Figura N° 19. Condiciones de tránsito en el CHL.....	70
Figura N° 20. Sistema Integral de Transporte Público.....	72
Figura N° 21. Volumen vehicular de las principales vías del CHL.....	73
Figura N° 22. Volumen vehicular del Jr. Paruro.....	73
Figura N° 23. Volumen vehicular del Jr. Huallaga.....	73
Figura N° 24. Volumen peatonal en el Mercado Central.....	74
Figura N° 25. Volumen peatonal en el Jr. Ucayali.....	74
Figura N° 26. Vías del CHL con alto tránsito peatonal.....	75
Figura N° 27. Sistema de rutas de Transporte Público dentro del área del CHL.....	77
Figura N° 28. Encuesta origen destino, Jr. De la Unión.....	96
Figura N° 29. Encuesta origen destino, Av. Tacna.....	97
Figura N° 30. Encuesta origen destino, Mercado Central.....	97
Figura N° 31. Ubicación de conteo vehicular.....	101
Figura N° 32. Ubicación de conteo peatonal.....	101

Figura N° 33. Ingreso de datos al Transcad en base a flujos de campo 102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Principales elementos para un proyecto de Tranvía 25

Gráfico N° 2. Alineación recta entre curvas en S. 28

Gráfico N° 3. Formato de encuestas origen destino..... 57

Gráfico N° 4. Ubicación del área de estudio..... 60

Gráfico N° 5. Porcentaje de áreas por tipo de uso de suelo 62

Gráfico N° 6. Plano con zonas a detalle de uso de suelo 65

Gráfico N° 7. Sistema Vial Metropolitano y vías principales del centro histórico de Lima. 67

Gráfico N° 8. Vías que bordean el Centro Histórico de Lima 68

Gráfico N° 9. Zonificación en el área de influencia de la ruta propuesta 84

Gráfico N° 10. Red Viaria Definida en el Modelo de Transporte..... 86

Gráfico N° 11. Red de transporte público..... 87

Gráfico N° 12. Red del Tranvia Propuesto 88

Gráfico N° 13. Matriz de Deseos de Viajes 89

Gráfico N° 14. Modelo de 4 etapas..... 90

Gráfico N° 15. Estructura utilizada para la calibración del modelo..... 103

Gráfico N° 16. Corrida del modelo para obtener los resultados 104

Gráfico N° 17. Intervenciones complementarias a la propuesta del Tranvía..... 111

Gráfico N° 18. Niveles de servicio de las vías del Centro Histórico de Lima – año 2030, escenario sin proyecto vs escenario con proyecto..... 114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Beneficios potenciales de la planificación con GDT.....	14
Tabla N° 2. Principales tranvías en el Mundo.....	21
Tabla N° 3. Definición conceptual de variables.....	54
Tabla N° 4. Definición operacional de variables	55
Tabla N° 5. Población del CHL	55
Tabla N° 6. Proyección de la Población del CHL al 2016.....	56
Tabla N° 7. Superficie por tipo de uso de suelo.....	62
Tabla N° 8. Selección de modo de transporte.....	79
Tabla N° 9. Principales Atributos de la Red Viaria	85
Tabla N° 10. Matriz de Viajes (2012).....	89
Tabla N° 11. Modelo de Generación de Viajes.....	91
Tabla N° 12. Modelo de Atracción de Viajes	92
Tabla N° 13. Modelo de Reparto Modal HPM	93
Tabla N° 14. Modelo de Distribución de Viajes HPM	93
Tabla N° 15. Matriz Origen destino en el área del Tranvía propuesto.....	100
Tabla N° 16. Resultados de la Calibración	102
Tabla N° 17. Resultados del modelo, demanda de estaciones hora punta de la mañana y tarde – proyección año 2030	105
Tabla N° 18. Estructuración del Plan de Movilidad	107
Tabla N° 19. Niveles de servicio comparativo de las principales vías- año 2030	115

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN AI PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Los centros históricos pueden considerarse como los lugares más simbólicos, apreciados, distintivos de las ciudades. Son los espacios que dotan a éstas de un carácter especial, y que las hace diferentes de las demás ciudades. Son lugares donde existen, la mayoría de las veces, monumentos históricos, conjuntos arquitectónicos y edificaciones simbólicas, elementos que, en definitiva, son los que provocan esa diferenciación de la ciudad, y que esta sea un lugar de la cual se puedan sentir orgullosos sus propios habitantes. El centro histórico representa la memoria colectiva de la ciudad. Vestigios del urbanismo de diferentes épocas y arquitecturas de distintos estilos muestran la historia viva del pasado de la ciudad; por eso tienen un valor educativo y atraen el interés de viajeros y turistas. Pero, además, la imagen colectiva de la ciudad se construye sobre esos elementos paisajísticos heredados. Por otra parte, los centros históricos encierran valores de convivencia para el conjunto de los ciudadanos. Sus calles y plazas son lugares de paseo y de encuentro, son espacios de diversidad y mezcla funcional que propician las relaciones sociales. Todos estos hechos hacen de los centros históricos los espacios sociales físicos de más valor y de mayor complejidad de la ciudad.

Los centros históricos en países desarrollados vienen teniendo un tratamiento especial, a fin de conservar los aspectos arquitectónicos y monumentos existentes que diariamente tanto residentes como turistas extranjeros visitan haciendo a estos centros las zonas más concurridas, lo cual a su vez ha generado un incremento notable del flujo vehicular tanto de vehículos privados, taxis y vehículos de transporte turístico, los cuales vienen generando impactos ambientales debido a la contaminación ambiental y sonora, además vienen deteriorando la infraestructura vial existente debido que las calles son angostas como para soportar buses de transporte turístico de grandes dimensiones; por ello en países desarrollados vienen implementando planes de movilidad en los centros históricos, donde dentro de sus propuestas se consideran la restricción parcial o total de vehículos para aliviar los impactos que estos vienen generando.

En el caso específico de la ciudad de Lima, en el Centro Histórico se encuentran los principales monumentos históricos de la ciudad de Lima que generan visitas de turistas, así como los principales servicios públicos y servicios financieros como es el Palacio de Gobierno, Palacio Municipal, Ministerio de Relaciones Exteriores, SAT, Sunat, Bancos, Bolsa de Valores de Lima, entre otros. Esta área merece un tratamiento especial, a fin de conservar los detalles arquitectónicos y urbanistas. Sin embargo, el alto flujo vehicular que diariamente ingresa al área del Centro Histórico de Lima, viene generando impactos a la infraestructura vial, al medio ambiente (polución y contaminación sonora) e impacto visual al entorno urbano.

Es por ello, a través de la presente investigación se evalúa el impacto que viene generando la congestión vehicular en el área del Centro Histórico de Lima, con el objeto de plantear un sistema de transporte que sea compatible y garantice la conservación del patrimonio arquitectónico, urbanístico de dicha área, y a su vez que tal sistema sea amigable con el medio ambiente y se articule con los medios de transporte masivos existentes en el área como la Línea 1 del Metro, El Metropolitano y el Corredor Azul.

1.2. Justificación

El área del centro histórico de Lima viene aquejando problemas de congestión vehicular, lo cual viene generando impactos como la contaminación ambiental y el deterioro de la infraestructura vial y de los componentes arquitectónicos de dicha área; para mitigar tales impactos es necesario investigar de forma integral los factores que vienen generando la congestión vehicular, los cuales permitan esbozar medidas y planes que solucionen tal problema y a su vez generar una zona agradable garantizando su conservación por ser Patrimonio Cultural de la Humanidad.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Gestión de la demanda de transporte

La Gestión de la Demanda del Transporte (Transportation Demand Management) (GDT), también llamada Gestión de la Demanda de Viajes (Travel Demand Management), busca maximizar la eficiencia del sistema de transporte urbano al desmotivar el uso innecesario del vehículo privado (automóvil) y promover modos de transporte más efectivos, saludables y

amigables con el medio ambiente, en general el transporte público y el transporte no motorizado.

La GDT puede proporcionar muchos beneficios, como se resume en la Tabla N° 1. La planificación convencional del transporte tiende a obviar muchos de estos beneficios. Por ejemplo, las agencias de transporte tienden a evaluar las medidas GDT principalmente en términos de congestión y emisiones de contaminantes, pero frecuentemente olvidan los ahorros en costos de estacionamiento y los beneficios en seguridad.

Cuando todos los impactos (beneficios y costos) se consideran, la GDT es frecuentemente la estrategia de mejoramiento de transporte más costo-efectiva. Además, muchas medidas individuales de GDT se pueden lograr con un costo relativamente bajo, lo cual las hace especialmente asequibles para ciudades con recursos financieros limitados. La experiencia ha mostrado que varias opciones y medidas de GDT deberían ser diseñadas e implementadas de manera comprensiva para asegurarse de que se logren máximos beneficios.

Hay dos tipos básicos de medidas que logran la meta de mejorar la eficiencia de un sistema de transporte: Las medidas de «empuje» que hacen menos atractivo el uso de vehículos particulares, y las medidas de «hale» que hacen a los otros modos más atractivos. Estas son interdependientes y necesitan ser combinadas para una máxima efectividad.

Una aproximación de tres componentes, utilizando

- 1) Mejoramiento de opciones de movilidad
- 2) Medidas económicas
- 3) Crecimiento inteligente y gestión de los usos del suelo; es la forma más efectiva de gestionar la demanda y crear un sistema de transporte versátil y eficiente.

Tabla N° 1. Beneficios potenciales de la planificación con GDT

Beneficios	Definición
Reducción de congestión	Congestión de tráfico reducida para los usuarios del automóvil, usuarios de buses, peatones y ciclistas
Ahorros en costos de vías	Reducción de costos para construir, hacer mantenimiento y operar sistemas de vías
Ahorros en estacionamiento	Reducción de problemas de estacionamiento y de costos de infraestructura para estacionar
Ahorros para el consumidor	Ahorros en costos de transporte para consumidores
Opciones de movilidad mejoradas	Opciones de movilidad mejoradas, particularmente para no-conductores
Seguridad vial	Reducción de riesgo per cápita de accidentes de tránsito
Conservación de energía	Reducción en consumo de energía per cápita
Reducción de emisiones	Reducción per cápita de emisiones de contaminación
Usos de suelo eficientes	Diseño de comunidades más accesibles, consumo de suelos per cápita reducido
Salud pública	Incremento en actividad física y beneficios de salud asociados.

Fuente: CAF, 2012

1.3.2. Sistemas de transporte masivo en centros históricos

En muchas ciudades de países europeos los tranvías forman parte del sistema de transporte masivo, debido a su convivencia con el resto del tráfico y a su beneficio social, económico y medioambiental que generan.

1.3.2.1. El tranvía, un sistema de transporte renovado

El tranvía llegó a predominar en el transporte urbano antes de ser suplantado por el automóvil. Tras un proceso de modernización iniciado hace unos 20 años, el tranvía está en auge y vuelve progresivamente a las calles revolucionando la movilidad urbana.

Su modernización reside principalmente en la disminución de interferencias provocadas por el resto del tráfico. La solución se consigue mediante el uso de plataforma reservada en la mayor parte del recorrido, siendo esta la principal característica de los actuales sistemas de tranvía moderno en oposición a los antiguos tranvías.

1.3.2.2. Tranvía

Un tranvía es un medio de transporte de pasajeros que circula sobre rieles en áreas urbanas sin separación del resto de la vía, tiene una capacidad de transporte intermedia (menos que el tren más que un autobús), es amigable con el medio ambiente ya que no emite ninguna clase de contaminantes y genera poco ruido.

Al ser un medio de transporte que circula sobre rieles, los cuales son metálicos y por ende su coeficiente de fricción es muy bajo, la energía que se consume para su desplazamiento es relativamente menor que para un vehículo que circula con neumáticos (autobús).

Historia del Tranvía

Los inicios ferroviarios de pasajeros en el mundo, se iniciaron en 1807 en Gales, usando carruajes que eran diseñados en una línea de tranvía impulsado por caballos para el transporte de mercaderías.

Figura N° 1. Primeros tranvías



Fuente: Tranvías en el Mundo, “Movilidad Urbana” (2013)

En 1832 la ciudad de Nueva York (Estados Unidos), transitó el primer tranvía netamente urbano y se dedicaba únicamente al transporte de pasajeros, también fue de tracción animal. En el año de 1879, Werner von Siemens demostró que mediante una dinamo se podía generar suficiente tracción como para empujar un tranvía. Dos años después, en 1881, el mismo inventor abrió la primera línea regular de tranvía de tracción eléctrica en el mundo. Fue en la ciudad de Lichterfelde, cerca de Berlín. Alcanzaba una velocidad máxima de 40 km/h y tenía una capacidad de 20 personas a la vez, la electricidad era suministrada directamente a través de los rieles.

Se intentó adaptar al tranvía la tracción por vapor, como los ferrocarriles, pero este causó molestias por los humos y vapor que generaban lo cual no lo hizo popular, salvo en lugares que el tranvía circulaba por el campo.

Figura N° 2. Primer tranvía eléctrico



Fuente: Tranvías en el Mundo, “Movilidad Urbana” (2013)

El tranvía tuvo su desarrollo a comienzos del siglo XX, con la multiplicación de vías y el incremento de pasajeros, convirtiéndose así en el principal transporte urbano, ya que el mismo, realizado a caballo desapareció en casi todas las

ciudades de Europa y América y los autobuses estaban en etapa de desarrollo por ese motivo no superaban al tranvía en prestaciones de servicios, mientras que el automóvil era reservado para clientela limitada.

Ventajas del tranvía moderno

Entre las ventajas que puede ofrecer el tranvía moderno destacan las que a continuación se mencionan:

- Servicio accesible, fiable y cómodo
- Bajos niveles de accidentalidad viaria
- Mayor velocidad comercial y capacidad que los buses
- Contribución a la mejora de la movilidad urbana
- En comparación con el metro, costes inferiores y plazos de implantación reducidos
- Eficiencia energética y menor impacto ambiental
- Flexible: urbano-interurbano, superficie-túnel-viaducto, zonas peatonales
- Instrumento de renovación urbanística

Estado actual de las redes tranviarias

Las redes de tranvías modernos se van extendiendo progresivamente por toda la geografía. Se pueden encontrar tanto en grandes ciudades como en poblaciones intermedias.

Europa presenta el mayor número de líneas de este modo de transporte. De todas formas, tanto Estados Unidos como Asia y Oriente Medio muestran una tendencia activa en la implantación de nuevos sistemas.

Los datos más recientes sobre las redes tranviarias en Europa han sido recogidos por Salmerón (2009). Se pueden encontrar sistemas antiguos y modernos de tranvía en 284 ciudades del continente europeo sumando unos 11617 km de longitud. Los países que cuentan con mayor número son Alemania y Rusia.

Respecto al tranvía moderno, se han establecido nuevas líneas en unas 70 ciudades desde la primera abierta en Nantes en 1985.

España, a día de hoy, cuenta con tranvías modernos en circulación en muchas de sus ciudades. En el Anexo 1 se muestra una tabla con información al respecto. También cuenta con un número importante de proyectos en fase de estudio o ejecución, consolidándose de esta manera la presencia del tranvía moderno en el territorio.

1.3.2.3. Infraestructura del tranvía

Para el funcionamiento del tranvía es necesario contar con una infraestructura propia, la misma que dispone de varios elementos como son:

Riel del tranvía

Normalmente es construido de un acero o perfil especial comúnmente llamado “de garganta”, el cual puede ser colocado sobre una vía pavimentada para poder compartir la vialidad con otros medios de transporte en caso de ser necesario.

Figura N° 3. Riel de garganta



Fuente: Tranvías en el Mundo, “Movilidad Urbana” (2013)

Toma de corriente del tranvía

Existen dos posibilidades de tomar la corriente para la tracción del tranvía; estas pueden ser: mediante un cable conductor de energía eléctrica soterrado (cable por debajo de la tierra), también denominado sistema APS (por sus siglas en francés) es un sistema de alimentación para el tranvía sin conexión catenaria (línea aérea de alimentación que transmite energía eléctrica a las locomotoras), por lo general están en el centro de los dos rieles, y es inaccesible para los peatones lo cual lo hace más seguro.

Figura N° 4. Tranvía Barcelona



Fuente: Sistemas Masivos en Barcelona, 2013

Otra de las posibilidades de tomar corriente, para la tracción del tranvía es, mediante catenaria que son “cables aéreos a los cuáles el tranvía se conecta a través de un aparato llamado pantógrafo”.

Figura N° 5. Pantógrafo ferroviario



Fuente: Sistemas Masivos en Barcelona, 2013

1.3.2.4. Tranvías en el mundo

Por sus características amigables con el medio ambiente, muchas ciudades en el mundo han optado por este medio de transporte. Una de las ciudades con la mayor red de tranvía fue Buenos Aires. “La capital argentina tuvo una de las redes de tranvías eléctricos más grandes del mundo, con cerca de 800 kilómetros de vías, un centenar de líneas y casi tres mil coches”.

Actualmente, las redes de tranvía más grande del mundo, están en Australia (ciudad de Melbourne), cuentan con 250 kilómetros de vías. A nivel mundial, varios países están reincorporando este sistema de tranvía como medio de transporte masivo de pasajeros, entre los que tenemos: Estados Unidos, Francia, España, Israel, etc., ya que son considerados baratos, rápidos y es amigable con el medio ambiente, siendo Francia la pionera en la reincorporación de este sistema de transporte.

Existen aproximadamente 350 ciudades, en todo el mundo, que cuentan con este sistema de transporte, y que actualmente se encuentran en servicio activo, entre las más importantes en contar con este medio de transporte tenemos a: Ámsterdam, Berlín, Bruselas, Colonia, Dresde, Montpellier, en Latinoamérica la ciudad de Buenos Aires entre otras.

Tabla N° 2. Principales tranvías en el Mundo

País	Descripción	Vistas fotográficas	
Francia	<p>Francia es la cuna del tranvía moderno el primer tranvía se construyó en Nantes en 1975.</p> <p>Se contabilizan hasta 20 ciudades con tranvía, sumando un total de 23 redes con 43 líneas. Este hecho supone el 32% de kilómetros de tranvía en Europa.</p>	 <p>Tranvía de Nantes</p>	 <p>Tranvía de Marsella</p>
España	<p>Existen 15 ciudades en la actualidad con tranvía moderno.</p> <p>Madrid dispone de hasta tres redes diferentes de tranvía o metro ligero en su área metropolitana</p> <p>La ciudad de Barcelona dispone desde 2004 de dos redes que han funcionado con gran éxito de pasajeros.</p>	 <p>Tranvía de Parla -Madrid</p>	 <p>Tranvía de Barcelona</p>

MODELACIÓN Y ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LIMA CON RESTRICCIONES DE TRÁFICO E IMPACTO EN LA MOVILIDAD

<p>Alemania</p>	<p>Alemania es el país con más población de la Unión Europea.</p> <p>Muchos sistemas tranviarios son de finales del siglo XIX. Este es el caso de Karlsruhe</p> <p>Estas líneas, se han construido nuevos tramos y se ha renovado el parque móvil en gran medida</p>	 <p>Tranvía de Karlsruhe</p>	 <p>Tranvía de Düsseldorf</p>
<p>Italia</p>	<p>De las líneas de tranvía construidas a finales de siglo XIX, solo han sobrevivido las de las cuatro ciudades más importantes de Italia, que son Roma (2,7 millones de habitantes), Milán (1,3 millones), Nápoles (1 millón) y Turín (900.000).</p>	 <p>Tranvía de Milán</p>	 <p>Tranvía de Messina</p>

1.3.2.5. Recomendaciones específicas del trazo de un Tranvía

La literatura sobre el trazado de la vía en sistemas tranviarios no es particularmente abundante. Cabe destacar que la documentación correspondiente ha sido publicada en la última década; con anterioridad a este periodo, la información es escasa. La mayor parte de la información existente en la actualidad está constituida por una serie de recomendaciones mencionadas en guías que cubren diversos temas relacionados con los modos de transporte colectivo en superficie; las recomendaciones de trazado no suelen coincidir entre ellas. No se evidencian estudios exhaustivos específicos de tranvías sobre los parámetros relativos a la concepción del trazado de la vía.

Esta situación contrasta con la que se da en el ferrocarril convencional, en la que se dispone de mayor información y también de normativas específicas. A título indicativo, en el ámbito europeo, se dispone de la siguiente reglamentación: la UNE ENV 13803 -1 “Parámetros de proyecto del trazado de la vía. Ancho de vía de 1435 mm y mayores. Parte 1: Plena vía”. Además, a nivel nacional, muchos países cuentan con recomendaciones propias.

En la actualidad, no se dispone de un conjunto integrado de criterios debidamente justificados para el diseño del trazado de la vía en los sistemas tranviarios. Cabe entonces preguntarse cómo se ha efectuado el diseño de las líneas de tranvía construidas hasta este momento. La respuesta es sencilla: aprovechando las pocas recomendaciones disponibles, adaptando los criterios derivados del ferrocarril convencional y principalmente recurriendo a la experiencia previa. En vista de los resultados favorables que están dando los diversos sistemas tranviarios implantados, estaríamos tentados a concluir que el establecimiento de un marco de referencia específico para tranvías no es necesario.

No obstante, hay argumentos que nos exigen determinar un marco de referencia integrador que oriente la concepción del trazado de la vía en sistemas tranviarios de cara al desarrollo de futuras aplicaciones.

En primer lugar, existen deficiencias en algunos tramos de redes tranviarias existentes. Este marco representa una oportunidad de mejora de la calidad de explotación del sistema. Los temas sobre los que se puede incidir mediante los criterios que constituirían el marco de referencia mencionado son básicamente:

- Aumentar el confort percibido por el viajero.
- Reducir los puntos que restringen la velocidad de circulación.
- Conseguir una mejor conservación del material móvil y de la infraestructura.

El aumento del confort permite dotar al tranvía de un carácter más atractivo y poder así constituirlo como una alternativa competitiva al vehículo particular. Aunque lo que más atrae al viajero es el aumento de la velocidad comercial: disminuye los tiempos de recorrido y con la misma flota de vehículos se puede ofrecer una frecuencia mayor. Otro efecto positivo del aumento de la velocidad es que para el mismo servicio se requiere un número inferior de vehículos, lo cual representa una disminución de costes de explotación. La mejor conservación permite a su vez disminuir los costes de mantenimiento y, por ende, los costes de explotación.

Otro argumento de gran peso es que se han utilizado criterios acomodaticios del ferrocarril convencional. El tranvía tiene unas características intrínsecas claramente diferenciadas en cuanto a material móvil, explotación del sistema, inserción en el territorio, etc.

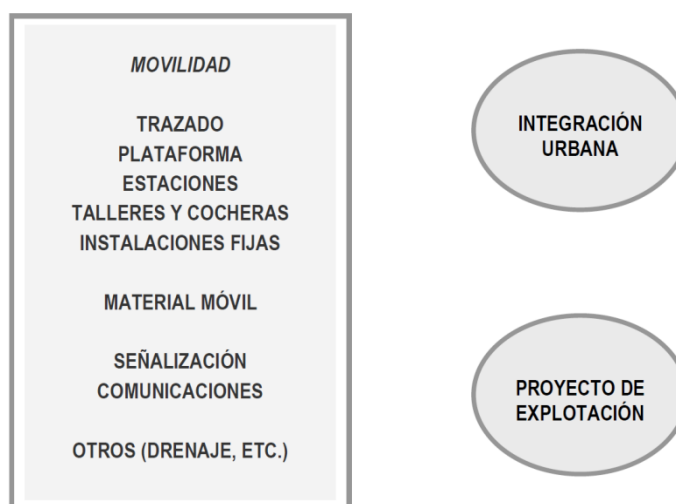
El marco de referencia en cuestión no tiene un carácter normativo sino orientativo. La principal razón reside en el hecho de que, si fuese normativo, tocaría descartar la implantación de tranvías en muchas zonas urbanas.

1.3.2.6. Proyecto de los sistemas tranviarios

El proyecto de un sistema tranviario consta de diversas partes interrelacionadas entre sí y sobre las que inciden la integración urbana y el proyecto de explotación.

El siguiente esquema pretende mostrar los principales elementos, excepto los relacionados con gestión y financiación, que conforman un proyecto de tranvía.

Gráfico N° 1. Principales elementos para un proyecto de Tranvía



Fuente: La guía del TCRP, 2010

En una primera fase de planificación se evalúan las necesidades de movilidad de la zona de influencia con el fin de identificar corredores. Posteriormente se debe evaluar la idoneidad de cada uno de los corredores, es decir, hacer un estudio de alternativas. Se debe analizar las características de explotación ofrecidas por

cada uno de las opciones y las posibilidades de inserción urbana, sin olvidar los criterios económicos. Para ello es necesario definir los aspectos restantes del cuadro superior.

1.3.2.7. Concepción del trazado de la vía

Entendemos por trazado de la vía la definición geométrica de la misma. Constituye el eje que da apoyo a la trayectoria de los vehículos.

Se aborda la definición geométrica de la vía en planta, en alzado y su combinación, además de la sección transversal. Se presentan asimismo las particularidades ligadas a las estaciones, cocheras, aparatos de vía y combinación de planta con alzado.

Los objetivos en el establecimiento del trazado en un sistema ferroviario de transporte de viajeros son:

- Maximizar la calidad de explotación del sistema: velocidad, mantenimiento, confort.
- Adaptarse a las prestaciones técnicas ofrecidas por el material móvil y la infraestructura.
- Compatibilizar el trazado con la geometría del territorio.

El tranvía tiene estos y muchos otros puntos en común con el ferrocarril convencional. Sin embargo, las particularidades de cada sistema conducen al establecimiento de criterios de trazado diferenciados. La singularidad del tranvía reside en su mayor nivel de integración en el entorno urbano, las velocidades inferiores de circulación, el uso de material móvil ligero, entre otros.

Trazado en planta

El trazado en planta está constituido por una serie de alineaciones rectas y circulares, unidas mediante curvas de transición.

Su definición está sujeta a una serie de condicionantes: la geometría del entorno, las prestaciones del material móvil y las condiciones de seguridad. Una vez resueltas estas exigencias, el trazado debe maximizar la calidad de explotación del sistema; se persigue conseguir velocidades de circulación suficientes, una conservación de la infraestructura asumible, y, en la medida de lo posible, garantizar niveles de confort aceptables, y todo ello a un coste razonable.

Es importante destacar que condiciones de confort muy exigentes representan una situación ideal, siendo necesario en la mayoría de las veces aceptar un nivel de confort inferior.

Un aspecto más a tener en cuenta es el hecho de que en los sistemas tranviarios implantados en entornos urbanos las condiciones de seguridad son menos limitativas que en el ferrocarril convencional.

Alineaciones rectas

Como en todo ferrocarril, y en esto no se diferencia de otros sistemas guiados sobre carriles, la alineación recta es la predominante y es la que debe ser privilegiada.

La recta proporciona la trayectoria óptima. Obviamente se trata de una situación ideal ya que el trazado debe ser compatible con la configuración del espacio urbano. Pero aún en circunstancias locales restrictivas, se debe asegurar un mínimo de calidad.

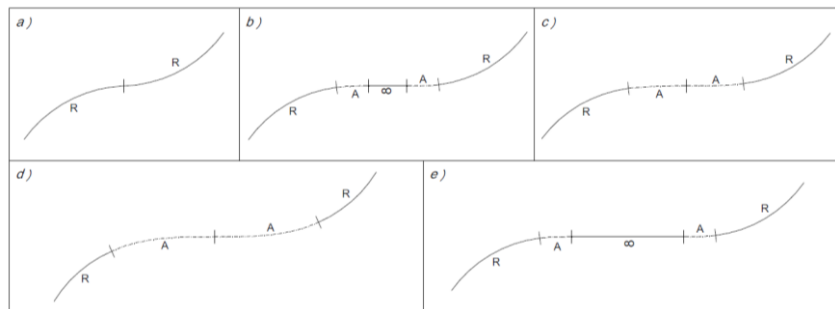
En este sentido, se indican las siguientes recomendaciones:

▪ **Longitud mínima entre curvas**

Se plantea establecer longitudes mínimas de las alineaciones rectas entre curvas con el objetivo de reducir el vaivén. El criterio a adoptar depende de las características del vehículo y del nivel de confort que se desee alcanzar.

Si se desea estudiar con detalle la longitud de un segmento recto entre curvas, se han de tomar en consideración las curvas de transición. En curvas en S, las opciones que se presentan son las señaladas en la siguiente figura.

Gráfico N° 2. Alineación recta entre curvas en S.



Fuente: La guía del TCRP, 2010

Las diferentes opciones están ordenadas de forma que la (a) es la menos favorable y la (e) la más favorable. En la disposición más favorable se usan curvas de transición y el segmento recto tiene una longitud mayor o igual a la del vehículo.

A nivel de confort, las opciones (d) y (e) son equivalentes. La explicación de por qué la opción (e) es mejor que la (d) reside en el efecto de los sobreeanchos que se presentan, al circular en curva. En una curva dada, es relativamente fácil prever el movimiento que hará el vehículo. Pero en una curva en S, como la de la imagen siguiente, el comportamiento del vehículo es más incierto.

Figura N° 6. Curva en S en la que el movimiento del vehículo es más incierto, Montpellier. (Autor: F. Carrasco)



Fuente: La guía del TCRP, 2010

La guía del TCRP aborda ampliamente este tema y expone las siguientes reflexiones:

- Si la geometría lo permite, un criterio es la longitud del vehículo, en condiciones normales de explotación.
- De cara al confort, un criterio es la longitud dada por $L(m) = 0,57 * V(km/h)$, donde la fórmula se basa en un vehículo circulando al menos 2 segundos por tramo recto.
- En la mayor parte de los casos, es difícil disponer de suficiente espacio para establecer estas longitudes. Cuando la geometría es muy estricta proponen:

- 1) Para curvas en S: un criterio es la distancia entre bogíes, que suele ser de 10 a 15 metros; si no es posible establecer esta distancia, una solución límite es reducir a cero el tramo recto entre curvas, siempre que la velocidad sea inferior a 20 km/h y no se utilice peralte.
- 2) Para curvas del mismo sentido: es preferible que la longitud del tramo recto entre ellas sea igual a cero.

1.3.2.8. Inserción Urbana del Tranvía

El espacio público es el soporte, a nivel espacial y funcional, del tranvía. Su conocimiento es esencial ya que marca las principales características de un sistema tranviario. A su vez, el tranvía transforma el espacio público.

Para introducir este tema vale la pena citar a Manuel Herce (2009): “La calle es el elemento básico de organización de la ciudad; en ella se concentran todas las funciones sobre las que descansan las interrelaciones entre las personas y las diversas actividades, lo que constituye la esencia de lo urbano”.

Se trata de una definición enfocada a la funcionalidad del espacio público. No es la única, pero nos permite estudiar de forma adecuada la inserción urbana del tranvía.

Al mismo tiempo, las consideraciones estéticas influyen en la solución. El número de usuarios visuales de las infraestructuras tranviarias es considerable por lo que se le debe prestar especial atención a su funcionalidad visual. No obstante, este criterio no puede ser el único a la hora de proyectar el espacio público, sino que ha de ser complementario.

En este capítulo se aborda el estudio del espacio público desde la óptica de la movilidad urbana.

La calle es entendida pues como el soporte de las diferentes formas de movilidad.

Inserción urbana del tranvía

La creación de un eje tranviario en una zona urbana ya establecida impone grandes restricciones a la inserción de la línea. Los parámetros de trazado quedan condicionados por la anchura y pendiente de las calles, y también por los radios de giro impuestos por la geometría urbana.

Anteriormente se ha expuesto toda una serie de criterios de trazado para mejorar la calidad de explotación del sistema adecuándose a la tecnología disponible. Estos criterios no son los únicos que definen el eje de una línea tranviaria, sino que complementan el proceso de toma de decisiones. El recorrido de una línea es el resultado de la consideración de diversos aspectos.

Un proyecto de transporte colectivo en superficie conlleva una remodelación de las vías por las que discurre. Su ámbito de influencia no sólo está circunscrito a dichas vías, sino también a su entorno más próximo. Para apreciar el impacto de la inserción urbana del tranvía, se puede equiparar el espacio público a un ecosistema, donde cualquier modificación de un parámetro cambia el estado de equilibrio global. La mayor parte de proyectos tranviarios se desarrollan en ecosistemas ya creados; con el objeto de llegar a un nuevo equilibrio es necesaria la concertación de los diferentes agentes del ecosistema. Por último, cabe recordar el carácter difícilmente reversible de la mayor parte de intervenciones de esta índole.

El impacto de la implantación de un sistema tranviario debería estar alineado con la consecución de una serie de propósitos relacionados con la mejora de la calidad de vida de los habitantes. Se persigue contribuir a dar respuesta a los derechos de los ciudadanos relacionados con la movilidad y al desarrollo del entorno comunitario.

Las reflexiones efectuadas hasta el momento nos llevan a un diseño de las redes tranviarias que contemplen las necesidades y limitaciones de los diferentes usuarios de la vía, así como la previsión de la evolución de los usos del espacio público.

A nivel de infraestructura, los elementos angulares de este estudio se resumen en:

- Plataforma: grados de segregación, posición, tipos de separación y acabados superficie
- Cruces de peatones
- Intersecciones
- Señalización
- Paradas y estaciones

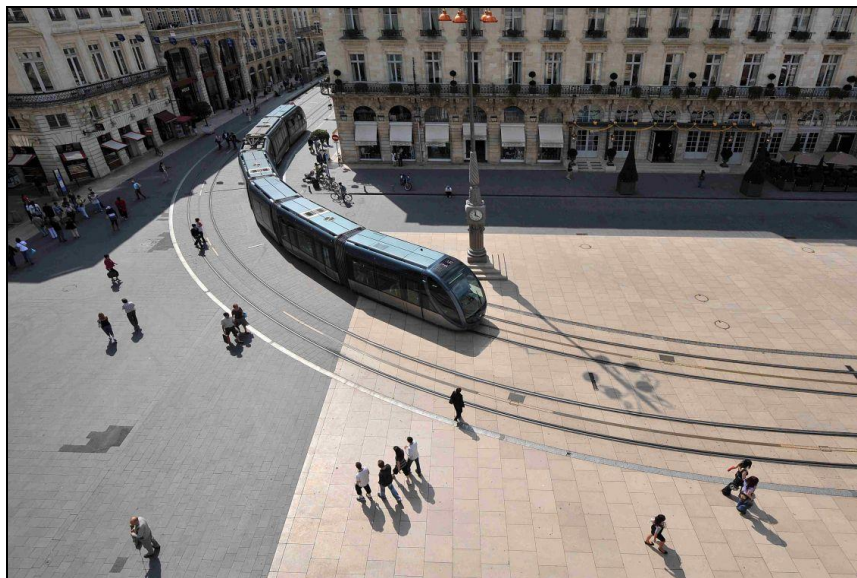
El diseño e interrelación de estos elementos han de estar enfocados a:

- Conseguir la mayor calidad de explotación del sistema.
- Presentar una imagen del sistema tranviario que invite a su utilización.
- Integrar las diferentes funciones técnicas.
- Conseguir la legibilidad del espacio.

Usos de la vía

La repartición y geometría de la vía pública es un reflejo de sus usos. Desde el punto de vista de la movilidad, la entendemos como el espacio destinado a permitir el movimiento de los peatones, ciclistas, automóviles y medios de transporte colectivo. Así la vía puede estar constituida en cada caso por aceras, zonas peatonales, carriles bici, carriles de circulación general y plataformas reservadas de transporte público en superficie, así como medianas y bandas de estacionamiento. En la Figura N° 7 se puede apreciar la diversidad de usos del espacio público.

Figura N° 7. Convivencia del tranvía con el espacio publico



Fuente: TRAM (Bordeaux, Francia), 2011

Durante las últimas décadas la vía pública se ha repartido fundamentalmente entre peatones y automóviles. Dada la creciente necesidad de transporte público y el creciente uso de la bicicleta, es necesario reequilibrar el espacio público para dar cabida a los diferentes usuarios, es decir, hace falta una transformación de la movilidad urbana.

Los usos y formas de la vía están claramente interrelacionados. El espacio urbano se ha ido creando por capas a lo largo de la historia, de manera que sus formas son reflejo de la evolución de los usos que ha tenido la vía. Resulta bien conocido que en cascos urbanos antiguos el espacio esta generalmente a escala del peatón, resultando una geometría restrictiva para la inserción del tranvía.

Podríamos pensar como más adecuadas las vías concebidas para el automóvil; sin embargo, estas suelen tener el inconveniente de haber olvidado al peatón, el cual es esencial para un transporte público. La visión histórica de la evolución

acumulativa de las formas y usos es un complemento para conocer mejor el espacio actual.

Usuarios de la vía

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la clasificación de los usuarios de la vía según su modo de desplazamiento sería: peatón, ciclista, transporte público, automóvil. Cabe destacar que el orden de prioridad no es el mismo en todos los países.

1.3.2.9. Inserción de la Plataforma en la vía Pública

Grado de segregación

El grado de segregación de la plataforma es un punto fundamental de un proyecto de tranvía: repercute en la explotación del sistema, en el aspecto global, en la redistribución de los usos del espacio público, etc. Una elección desacertada puede conducir al fracaso del sistema tranviario.

Tal y como se explica posteriormente, la opción predominante es la plataforma reservada con separadores físicos no franqueables, cuyo grado de segregación es máximo. Se trata de una solución que genera discusión en vista de la intensa movilidad urbana, que suele ocupar buena parte del espacio disponible. La plataforma reservada necesita parte del espacio antes ocupado por otros usuarios, generalmente los automóviles, generándose un conflicto de intereses. La ciudad debe entonces decidir qué tipo de movilidad urbana necesita.

Plataforma compartida

La plataforma está integrada en el viario y por ella pueden circular habitualmente otros usuarios de la vía. Como bien se sabe, es la configuración empleada por los sistemas antiguos de tranvía.

La calidad de explotación ofrecida depende de forma sustancial de las medidas de regulación aplicadas. Sin una ordenación apropiada se crearían conflictos con el resto de tráfico ofreciendo un nivel de servicio inferior al de los autobuses, que pueden maniobrar mejor.

En lugares en los que la cultura y hábitos de los habitantes están adaptados a la circulación de tranvías por la vía pública, incorporando reglas de circulación del tráfico adecuadas se puede alcanzar un estado operacional seguro y relativamente eficiente, tal y como sucede en las ciudades de Zúrich y Ámsterdam.

El uso de tranvías en zonas peatonales es una práctica común en muchas ciudades y según la UITP (2003) las experiencias están siendo favorables. En estas zonas la prioridad la tiene el peatón. Por motivos de seguridad, claramente la velocidad de circulación debe ser reducida (<25 – 30 km/h), empeorando el nivel de servicio. Con el mismo fin, el mobiliario urbano no puede constituir un obstáculo a la visibilidad del conductor del tranvía. No hay que olvidar las personas de movilidad y visibilidad reducida. Las medidas a adoptar en este sentido van desde colocar la plataforma a una cota inferior con pequeñas rampas como bordes, o disponer una textura diferenciada del revestimiento tal y como se muestra en la Figura N° 8.

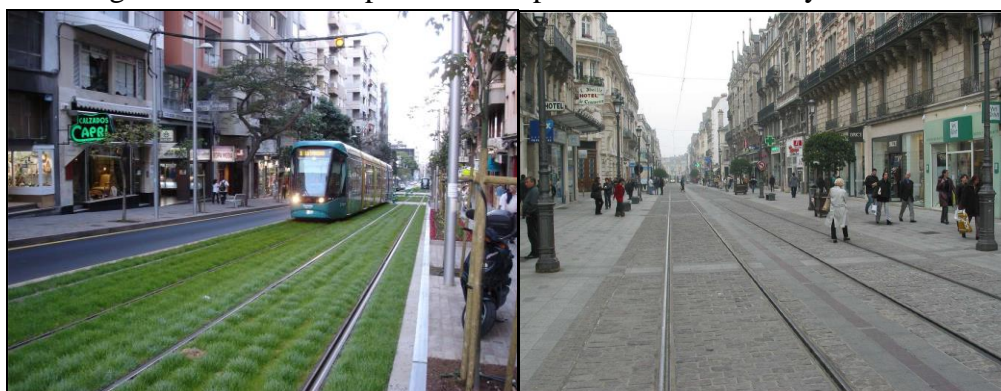
Figura N° 8. Acabados de la superficie diferenciados en zona peatonal, en el centro de Berlín



Fuente: Sistemas Masivos en Alemania, 2013

El uso compartido de la plataforma entre bus y tranvía es complicado pero posible si se da solución a una serie de exigencias. Se debe compatibilizar la explotación de un sistema con otro (frecuencias, paradas, etc.). La fiabilidad de las operaciones es alcanzable si la explotación conjunta la realiza un mismo operador. En lo que concierne a la sección tipo, la búsqueda de la solución debe contemplar el distinto comportamiento cinemático de los vehículos.

Figura N° 9. Uso compartido de la plataforma entre bus y tranvía



Fuente: Sistemas Masivos en Barcelona, 2013

1.3.2.10. Interacción con otros usuarios de la vía

Una de las características de los sistemas de tranvía moderno es que la plataforma puede ser atravesada al mismo nivel por otros usuarios, tales como peatones, automóviles, buses o bicis.

En los cruces se da la mayor interacción entre usuarios y por ello constituyen uno de los puntos más conflictivos. El enfoque que se le debe dar a su tratamiento es cubrir la necesidad de cruce de la vía en buenas condiciones de seguridad a la vez que se interfiere lo menos posible la circulación del tranvía.

Con el fin de minimizar el riesgo de accidentes, es necesario diseñar los elementos contextuales de los cruces teniendo en cuenta el comportamiento de los diferentes usuarios de la vía, e intentando que el conjunto de elementos sea fácil de interpretar.

Cruces de peatones

Como se ha indicado con anterioridad, la imprevisibilidad de los peatones confiere gran complejidad al cruce de la vía, haya plataforma reservada o no. Esta se ve agravada por las siguientes circunstancias:

- Circulación densa de automóviles.
- Frecuencia de paso del tranvía elevada.
- Velocidades elevadas.
- Numerosas vías a atravesar.
- Condiciones de visibilidad insuficientes.
- Superficie de la plataforma deteriorada.

Designación de los puntos de cruce

El objetivo de disminuir las interferencias, que afectan negativamente a la explotación, pasa por el acotamiento de los puntos de cruce de la plataforma. Obviamente, se deben colocar cruces de peatones en las estaciones para permitir el

acceso a las mismas; la función del cruce se puede ampliar si la estación se ubica en las inmediaciones de una intersección.

Sabemos que los recorridos naturales del peatón se efectúan de cara a la mayor rapidez y comodidad. Por consiguiente, los sitios designados para los cruces deberían ser percibidos por el peatón como los que mejor satisfacen sus requerimientos y no estar excesivamente distanciados. De esta forma, se intenta disuadir a los peatones de atravesar la vía en los tramos no indicados a este fin.

Los separadores físicos de la plataforma buscan el mismo objetivo. Por ejemplo, una barrera es un buen elemento disuasorio. Una medida más sutil es la de jugar con la anchura de los bordillos. Resultan de interés las reflexiones indicadas en la bibliografía del CERTU (2000): un bordillo necesita como mínimo 1 metro de anchura para poder servir de refugio; si no es posible implantar un separador con esta característica, es preferible colocar un bordillo de poca anchura (máximo 30 centímetros), que en general no sería percibido como una posibilidad de refugio.

Geometría de los pasos de peatones

A la hora de diseñar el cruce, se debe tener en cuenta la distancia a recorrer por el peatón, la presencia o no de señalización luminosa, la posibilidad de colocar refugios, así como la percepción que tenga el peatón del espacio real ocupado por el tranvía a su paso.

Son de interés las recomendaciones indicadas por el CERTU (2000) en este sentido:

- La distancia mínima a recorrer por el peatón suele ser de 9 metros; el cruce se debería efectuar en dos tiempos

asegurando refugios para peatones de anchura como mínimo, en condiciones normales, de 2 metros, y de forma excepcional, 1.5 metros (medidos a partir del GLO).

- En ausencia de señalización luminosa, si no hay posibilidad de refugio de anchura superior a 1.5 m, es preferible no colocar cruce de peatones.
- En caso de señalización luminosa, el tiempo del ciclo debe ser suficiente para efectuar el cruce.
- Es importante materializar el galibo de alguna manera (diferencia de color y textura de los materiales, ligero desnivel...).

Intersecciones

Resulta bien conocido que las intersecciones son uno de los puntos más complejos de un sistema tranviario. En ellas se pueden dar una gran cantidad de operaciones: cruces de peatones, paradas de tranvías, cruces y giros de diversos vehículos.

Suelen ser los tramos de la línea causantes de los tiempos muertos en la circulación del tranvía, adoptando como criterio de referencia la calidad de explotación del sistema, la situación ideal es aquella en la que el tranvía no se debe parar a su paso por la intersección.

Cabe preguntarse si es posible proporcionar prioridad al tranvía en todas las intersecciones. La realidad es que la vía pública debe dar cabida a diferentes tipos de usuarios, cada uno con sus necesidades y limitaciones. Por lo tanto, nos ceñiremos a la búsqueda de soluciones que proporcionen el máximo nivel de prioridad al tranvía dentro de lo posible.

Un requisito elemental es la seguridad. Los principales factores que influyen en el nivel de seguridad buscado son: la

señalización, las barreras y refugios, la elección del número y lugar de cruces permitidos, la organización de los carriles, el nivel de segregación de la plataforma.

También tiene un papel primordial en la seguridad el hecho de que la plataforma sea compartida o reservada. Claramente el tratamiento de las intersecciones es más sencillo en plataformas reservadas.

La consecución práctica de los objetivos expuestos pasa indiscutiblemente por la reducción del número de cruces permitidos, pero sobre todo por la supresión de operaciones en los cruces que afecten a la prioridad del tranvía y la seguridad.

Si bien, para llegar a una solución realista, no podemos olvidar que el proceso de decisión debe enmarcarse en un contexto más amplio, en el que se tenga en cuenta los flujos de cada modo de transporte de las vías ubicadas en la zona de influencia de la línea.

1.3.2.11. Paradas y estaciones

Las paradas y estaciones constituyen un punto de encuentro entre el viajero y el servicio. Son elementos de la infraestructura, así como de la explotación. Su diseño debe tener en cuenta la accesibilidad y seguridad. Asimismo, deben contribuir positivamente en la imagen global de la red tranviaria.

1.3.2.12. Ubicación y tipologías

Ubicación

La ubicación de las paradas de tranvía obedece a criterios de satisfacción de la demanda y de explotación en el sentido de que paradas muy frecuentes disminuyen la velocidad comercial.

Un lugar muy ventajoso a nivel operacional es cerca de las intersecciones: los accesos a la estación coinciden con los cruces de peatones y, si se sitúa antes de la intersección, la parada del tranvía coincide con la parada previa a la intersección.

Un criterio adicional para la elección de la ubicación es la existencia de visibilidad recíproca entre los peatones y los conductores del tranvía.

Tipologías

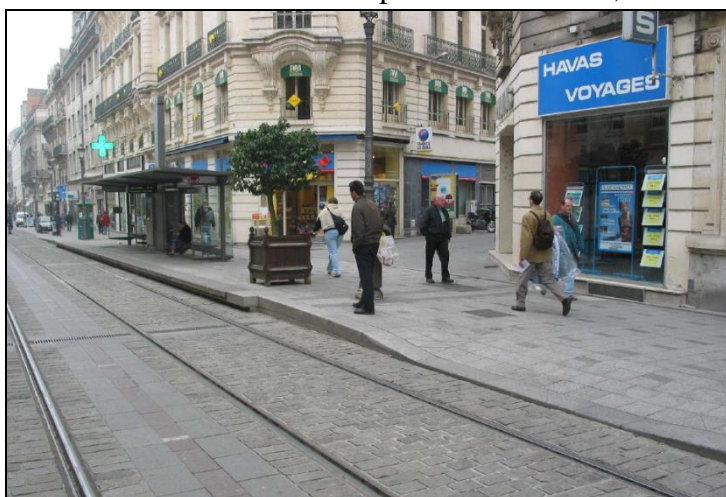
El andén puede estar integrado en el viario o tener entidad propia, mediante una plataforma sobre elevada diferenciada.

En el primer caso, si el andén no está integrado en la acera, el peatón necesita protección adicional ya que comparte espacio con el resto del tráfico rodado. Por esta razón, la zona de parada debe estar debidamente identificada mediante marcas e indicadores. Se puede garantizar que la zona de embarque/desembarque de pasajeros quede libre mediante el uso de señalización luminosa. Es importante señalar que esta configuración dificulta el acceso al servicio a las personas de movilidad reducida; la accesibilidad es una de las ventajas que pretende ofrecer el tranvía moderno en oposición a otros modos de transporte.

En la medida de lo posible se intentará que el andén forme parte de una plataforma sobre elevada aun cuando esta medida implique la reducción de espacio para la circulación general. Es decir, evitar andenes. Se consigue aumentar la seguridad y facilitar la accesibilidad. Básicamente, se cuenta con dos tipos de andenes: centrales y laterales.

Los andenes centrales ahorran más espacio que los laterales, a no ser que estos últimos estén integrados en la acera (Figura N° 10). No obstante, necesitan refugio para facilitar el acceso, con lo que la diferencia de espacio requerido es prácticamente insignificativa. Por otro lado, presentan el inconveniente de estar más alejadas a la hora de utilizarlas y de que, si el espacio es escaso, la trayectoria del tranvía sufre cambios en detrimento del confort del usuario.

Figura N° 10. Anden lateral incorporado en la acera, Orleans.



Fuente: Sistemas Masivos en Francia, 2015

1.3.2.13. Características básicas

Dimensiones

La longitud de la estación está formada por la longitud del andén más las rampas de acceso. El andén viene determinado por la longitud de los vehículos que se emplearan durante la explotación más un margen de error.

La anchura es una de las variables que influyen en la posibilidad de inserción urbana de una estación. No solo debe proporcionar suficiente espacio a los pasajeros, sino que también ha de tener en cuenta sus movimientos y la acumulación producida durante la espera.

A título orientativo, la UITP (2003) indica una anchura útil de 2 metros como mínimo y una anchura recomendable de 3 metros. Si la plataforma de la estación no está incorporada en la acera y queda elevada, con el fin de aumentar la sensación de seguridad de los pasajeros el mínimo recomendable es de 2.5 metros. Para la anchura de los andenes centrales, Zamorano Etal. (2006) recomienda un valor de 3 metros como mínimo y 4 metros deseables.

La altura del andén se determina a partir del nivel de las puertas del tranvía buscando facilitar el acceso al vehículo. De cara a mejorar la accesibilidad y la inserción urbana es conveniente limitar esta altura. El uso de vehículos de plataforma baja proporciona alturas sobre el carril en el entorno de los 30 cm. El uso de plataformas de mayor altura es desaconsejable.

Accesibilidad

Es imperativo garantizar un acceso seguro y fácil en las interfaces acera/andén y andén/tranvía. Se debería suministrar un acceso seguro y cómodo a todos, incluyendo a las personas de movilidad reducida. Si la plataforma es elevada se hace necesario el uso de rampas de acceso para acceder al andén. En el documento de la Office of Rail Regulación (2006) se recomienda un valor máximo de la pendiente de la rampa del 5%, y en casos excepcionales, del 8.5% siendo entonces conveniente la instalación de una barandilla. El Codid'accessibilitat de Catalunya (1995) recomienda un valor máximo de 8% para rampas de longitud entre 3 y 10 metros. Por otro lado, se ha de garantizar el acceso a la parada mediante cruces de peatones en condiciones de seguridad.

Figura N° 11. Rampa de acceso al andén, Barcelona



Fuente: Sistemas Masivos en Barcelona, 2013

Medidas adicionales

Los andenes y accesos deberían estar provistos de superficies podotáctiles y colores diferenciados, especialmente los bordes para que queden claramente definidos.

Si la plataforma de la estación está en contacto con los carriles de tráfico rodado serán necesarias barreras protectoras.

1.3.2.14. Secciones tipo

La sección tipo es el resultado de la consideración de diversos aspectos:

- La anchura total de la vía.
- Los usos que soportara la vía pública, cada uno un espacio mínimo necesario.
- La configuración del entorno: tipo de edificación adyacente, cota de la fachada.
- Los flujos previstos de cada tipo de usuario y sus necesidades.
- El rango de pendientes transversales y desniveles permisibles.
- Aspectos paisajísticos.

Un proyecto tranviario no concierne únicamente a la plataforma del tranvía, sino que incluye toda la calle y su entorno.

Ejemplos

A título indicativo se presentan algunas posibles secciones tipo para vías con anchos iguales o inferiores a 20 metros de acuerdo a la UITP, 2003 (Figuras 12 a 15).

Figura N° 12. Posible configuración para calle con anchura \approx 10 m: aceras, plataforma tranvía; vía doble.

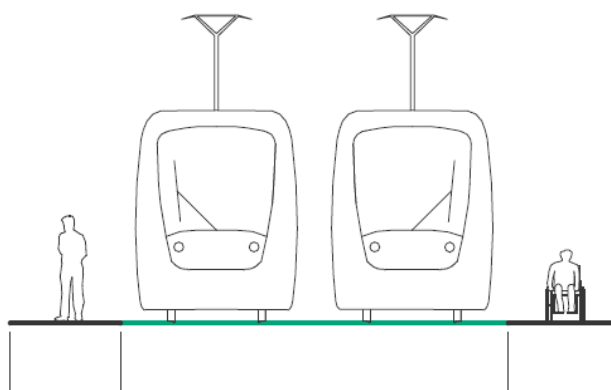


Figura N° 13. Posible configuración para calle con anchura \approx 16 m: aceras, un carril, una banda estacionamiento, parada tranvía; vía única.

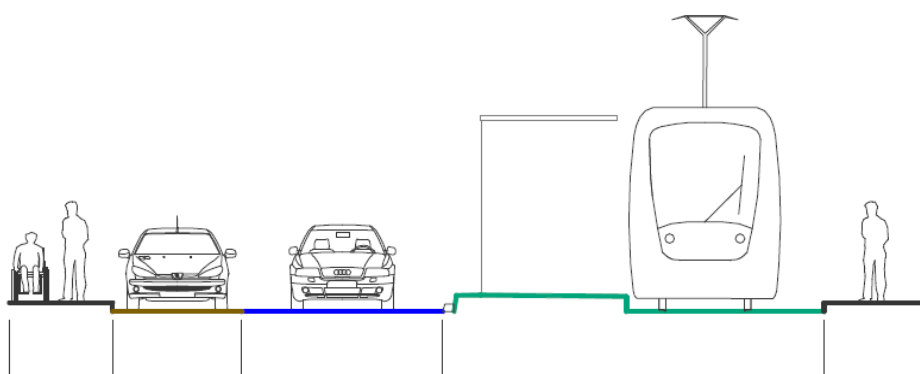


Figura N° 14. Posible configuración para calle con anchura \approx
18 m: aceras, dos carriles, parada tranvía; vía única.

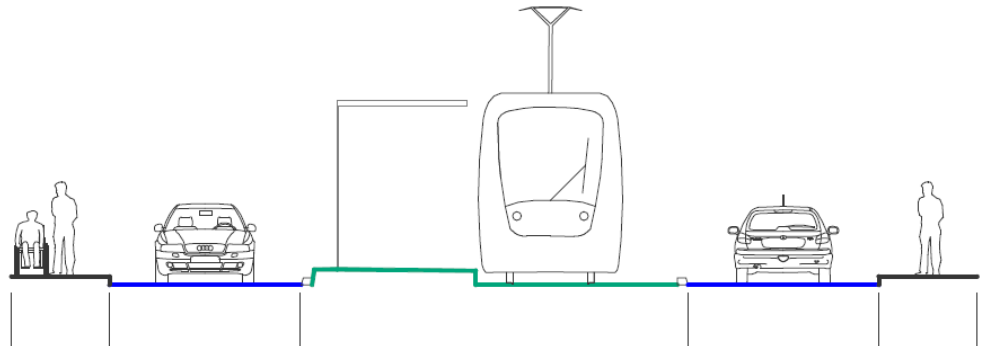
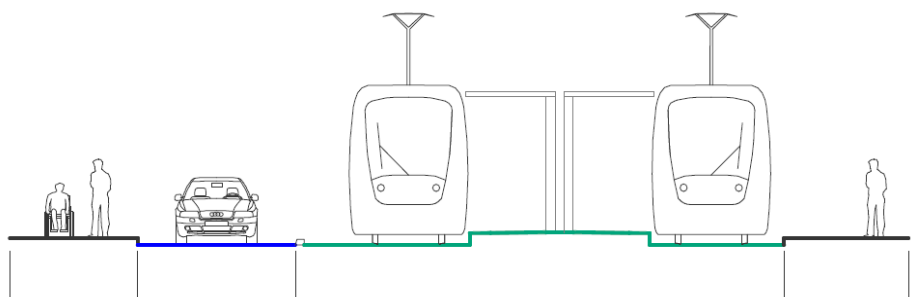


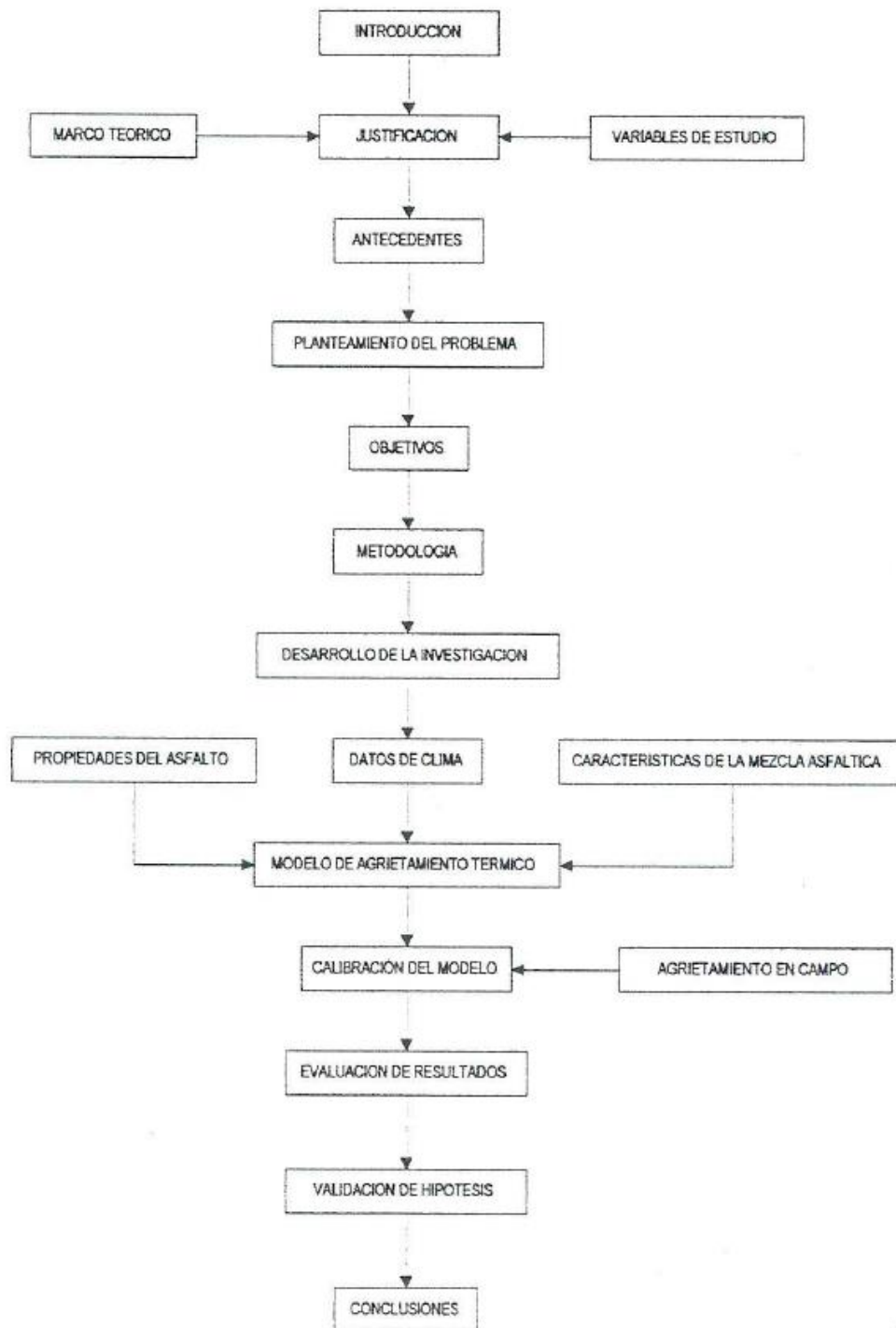
Figura N° 15. Posible configuración para calle con anchura \approx
20 m: aceras, un carril, parada tranvía; vía doble.



1.4. Estructura de la investigación

La estructura de la investigación se desarrolla en concordancia a los términos del temario de tesis aprobado por la Asesoría y la Dirección de Post Grado, el cual se ha constituido en el siguiente diagrama.

Estructura de la investigación



CAPITULO II

ENFOQUE DEL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

El uso excesivo del automóvil y del taxi como medio de transporte urbano en el área del Centro Histórico de Lima debe llegar a su fin. Una nueva cultura de la movilidad debe surgir en esta área. Y esta cultura ha de surgir con propuestas coherentes de una movilidad urbana. Si bien es cierto que el diseño de nuestra ciudad de Lima no es el resultado de un adecuado planeamiento urbano, puesto que su expansión se desarrolló en base a su densidad poblacional; es necesario que las autoridades encargadas de gestionar el transporte en la ciudad, principalmente en el área de Centro Histórico, tengan nociones de la movilidad urbana y desarrollo sostenible en el momento de tomar decisiones, debido a la importancia de conocer las prioridades para una adecuada gestión del transporte; dentro de estas prioridades es dar facilidades a los desplazamientos de los peatones (Movilidad Peatonal) y no a la circulación de los vehículos, y por otro lado, incentivar el uso de vehículos amigables con el medio ambiente.

El área central de nuestra ciudad viene aquejando problemas de congestión vehicular, de acuerdo a la última actualización del Plan Maestro de Transporte Urbano de Lima y Callao realizado en el año del 2012, la zona central es una de las zonas más críticas, puesto que en horas de máxima demanda vehicular las velocidades de circulación son inferiores a los 10km/h, lo cual incita a que los vehículos estén en un constante proceso de acelerar y desacelerar incrementando la combustión de los motores y a su vez incrementando la emisión de gases contaminantes; Asimismo, de acuerdo a los monitores de ruido que viene realizando la Gerencia de Transporte Urbano los índices de ruido captados son superiores a los establecidos por la Dirección General de Salud Ambiental, toda esta problemática viene generando impactos socioeconómicos que diariamente afectan a nuestra sociedad. Es por ello, que a través de la presente investigación se evalúa incluir en el área del Centro Histórico una gestión integral de movilidad urbana sostenible el cual incluya vías peatonales y redes de ciclovías las cuales estén articuladas a un sistema de transporte masivo.

2.2. Formulación del problema

Ante los problemas de congestión vehicular y deterioro del patrimonio arquitectónico y urbanístico del Centro Histórico de Lima; se plantea a través de la presente investigación responder las siguientes interrogantes:

2.2.1. Problema General

¿Cómo mitigar el problema de congestión vehicular y sus impactos que se generan en el área del Centro Histórico de Lima?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo mejorar la movilidad del transporte público en el área del Centro Histórico de Lima?
- ¿Cómo reducir los tiempos de desplazamiento en el área del Centro Histórico de Lima?
- ¿Qué impactos genera la congestión vehicular en el área del Centro Histórico de Lima?

2.3. Objetivos y utilidad de la investigación

2.3.1. Objetivo general

Proponer un sistema de transporte masivo en el área del Centro Histórico de Lima, para mitigar los impactos que se vienen generando debido a la congestión vehicular.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Proponer un nuevo modo de transporte público masivo en el área del Centro Histórico de Lima.
- Proponer políticas de gestión de tránsito en el área del Centro Histórico de Lima.
- Identificar los impactos que genera la congestión vehicular en el área del Centro Histórico de Lima.

2.4. Limitaciones y alcances

2.4.1. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones están relacionadas a la delimitación espacial, ya que la investigación no abarca toda el área del Centro Histórico de Lima, sino la zona más crítica vista de un enfoque de movilidad (área más congestionada).

2.4.2. Alcances de la Investigación

▪ Delimitación Geográfica

La presente investigación se desarrolla sobre el área del Centro Histórico de Lima, principalmente en las zonas del Damero de Pizarro y Barrios Altos, y en el distrito de Cercado de Lima.

▪ Delimitación Temporal

El presente estudio de investigación se realizó en el periodo del año 2016-2017, influido por el tipo de diseño no experimental, como una investigación cuantitativa.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

A través de un nuevo modo de transporte público y políticas de gestión de tránsito se mitigará la congestión vehicular y sus impactos en el área del Centro Histórico de Lima

2.6. Metodología de la Investigación

2.6.1. Tipo de investigación

De acuerdo al propósito de la investigación, naturaleza de los problemas, objetivos formulados y en razón a que no se manipula ninguna de las variables que intervienen, la presente investigación reúne las condiciones suficientes para ser calificado como una investigación cuantitativa no experimental.

2.6.2. Nivel de Investigación

De acuerdo a los alcances de la presente investigación y a la clasificación propuesta por Sampieri (2014), la presente investigación es una investigación “Descriptiva” y “Explicativa” en base a la finalidad de la misma.

- **Descriptiva.** Se describe un fenómeno o situación mediante el estudio del mismo en una circunstancia temporal y espacio determinado (*congestión vehicular y sus impactos en el área del centro Histórico de Lima*).

- **Explicativa.** Se busca responder las razones y causas que generan el problema (*Factores que generan la congestión vehicular y sus impactos en el área del centro Histórico de Lima*).

2.7. Estrategia

Para realizar la presente investigación se decidió adoptar la siguiente metodología, que consta de tres etapas:

- a) Diagnóstico integral de las condiciones de circulación vehicular y sus impactos en el área del centro Histórico de Lima. El diagnóstico incluye los siguientes componentes:
 - Uso de suelo en el entorno del área de estudio
 - Condiciones de la infraestructura vial existente
 - Sección vial normativa y de campo (Gráficos)
 - Análisis de la infraestructura vial
 - Condiciones de tránsito
 - Modos de transporte en el área de estudio
 - Composición vehicular
 - Volumen vehicular
 - Volumen peatonal

- b) Evaluación de modos de transporte y su impacto vial.
 - Transporte de carga
 - Transporte público
 - Transporte privado

- c) Análisis de las externalidades del tráfico vehicular
 - Impacto ambiental (contaminación sonora y atmosférica)

- d) Evaluación de la infraestructura y el diseño vial

- e) Propuesta para la implementación de un nuevo sistema de transporte público masivo (Tranvía)
 - Diseño vial
 - Diseño geométrico (Ruta)
 - Número y ubicación de estaciones
 - Dimensionamiento de estaciones
 - Accesibilidad peatonal a las estaciones

 - Diseño operacional
 - Dimensionamiento del Tranvía (número de vagones)
 - Frecuencia de paso
 - Velocidad de diseño

- f) Propuesta gestión de tránsito
 - Definir y proponer vías a peatonalizar
 - Evaluar medidas de restricción vehicular

- g) Modelación de la propuesta con el Software VISSIM 7

2.8. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

2.8.1. Técnicas:

Las principales técnicas empleadas en la investigación son:

- Observación de campo

- Encuestas
- Aforos vehiculares y peatonales
- Revisión documental
- Internet

2.8.2. Instrumentos:

Los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son:

- Fichas
- Grabaciones
- Fotografías
- Cuestionario de encuestas
- Conteo vehicular y peatonal

2.9. Descripción de las técnicas e instrumentos

a) Recopilación de la información:

- Visita a instituciones (Municipalidad Metropolitana de Lima)
- Visitas a bibliotecas de universidades
- Internet.

b) Asesoría de Expertos:

- Metodologías y estrategias

c) Trabajo de campo:

- Diseño de formatos y planimetría (planos en AutoCAD)
- Toma de datos de campo (encuestas)

d) Procesamiento de la Información:

- Ordenamiento y reorganización de los datos
- Análisis
- Tabulación de resultados

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Introducción

Para un mejor análisis se ha determinado variables de estudio, los cuales se manejaron de acuerdo a indicadores; asimismo, se definió la población y tamaño de muestra para conocer la percepción de la población referente a alcances del tema de investigación.

3.1.1. Determinación de las variables de estudio

Las variables a medir en la presente investigación, “Modelación y Asignación de Vehículos en el centro Histórico de lima con Restricciones de Tráfico y su Impacto en la Movilidad” son tres:

Tabla N° 3. Definición conceptual de variables

Variables	Definición Conceptual
Nuevo modo de transporte publico	El tranvía es un medio de transporte urbano; circula sobre carriles de hierro, pero es más ligero que el ferrocarril. Discurre por las vías urbanas, a menudo compartiendo camino con los demás vehículos de transporte. (Salcedo G, 2014)
Gestión de Tránsito	Consiste en el Manejo del Grado de Saturación a través de medidas de ingeniería. Estas se pueden aplicar tanto sobre la oferta como sobre la demanda. A las primeras, se le conoce como gestión de la capacidad vial; a las segundas, como gestión de la demanda de tráfico (Rodrigo F, 2011)
Congestión vehicular	La congestión vehicular es un exceso de vehículos en una vía, lo cual trae como consecuencia que cada vehículo avance de forma lenta e irregular en comparación a las condiciones normales de operación. (Cali Mayor, 2010)

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Definición operacional de Variables

En el siguiente cuadro se describen las actividades que se deben de realizar para medir las variables formuladas en la presente investigación:

Tabla N° 4. Definición operacional de variables

Variables	Operacionalidad de Variables	Unidad de Medida
Nuevo modo de transporte publico	- Capacidad del Tranvía - Frecuencia - Uso del espacio público - Diseño	- Pasajeros/Tranvía - Tranvías/hora - Correlación (Actual vs Propuesto) - Radios de giro - Capacidad de estaciones
Gestión de Tránsito	- Incrementar la capacidad peatonal - Restricción vial - Restricción vehicular	- m ² . - Km - %
Congestión vehicular	- Velocidad - Flujo vehicular - Densidad vehicular	- Km/h - Veh/hr. - Veh/km

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3. Población y Muestra

3.1.3.1. Población de estudio

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el último censo realizado en el año 2007, el Centro Histórico de Lima tenía una población de 146126 habitantes, de los cuales el 67% corresponden al Cercado de Lima (tendencia decreciente), el 32% al distrito del Rímac (tendencia creciente) y el 1% restante a otros Distritos (El Agustino, San Juan de Lurigancho, Breña, Jesús María, La Victoria y San Martín de Porras).

Tabla N° 5. Población del CHL

Distritos	POBLACIÓN		ÁREA TOTAL DEL CHL		ÁREA NETA (de manzanas)		DENSIDAD (hab/Ha)	
	Habitantes	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Bruta	Neta
Cercado de Lima	97752	66.90%	694.26	67.88%	529.25	72.29%	140.80	184.70
Rímac	46278	31.67%	287.35	28.09%	173.42	23.69%	161.05	266.86
Otros Distritos	2096	1.43%	41.2	4.03%	29.47	4.03%	50.87	71.12
Total	146126	100.00%	1022.81	100.00%	732.14	100.00%	142.87	199.59

Fuente: Elaborado Propia a partir del Censo 2007 (INEI)

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0.01) y 9% (0.09), valor que queda a criterio del encuestador.

Para la presente investigación se consideraron los siguientes valores:

$N= 88730$ personas

$\sigma =0.5$

$Z= 95\%$ de confianza (1.96)

$e= 5\%$

Reemplazando estos valores en la ecuación N° 1, el tamaño de la muestra es de **656 personas**, el cual servirá para realizar las encuestas origen destino, a fin de calibrar el modelo de demanda de viajes en el área de estudio.

Para el desarrollo de las encuestas origen destino se utilizó el siguiente formato:

Gráfico N° 3. Formato de encuestas origen destino

ENCUESTADOR: _____		Día		Mes		Año											
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>											
		hh		mm		Hora de Encuesta: <input type="text"/>											
1. Dedonde viene?		<input type="text"/>															
		CÓDIGO DE ESTACION (O): _____															
2. Hacia donde se dirige?		<input type="text"/>															
		CÓDIGO DE ESTACION (D): _____															
3. Cual es el motivo de su viaje?		Trabajo	Estudio	Salud	Compras	Distracción	Otro	Cuál? _____									
4. En que modo realizara su viaje?		<table border="1"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Metropolitano</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Bus</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Minivan</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Taxi</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Pie</td></tr> </table>						<input type="checkbox"/>	Metropolitano	<input type="checkbox"/>	Bus	<input type="checkbox"/>	Minivan	<input type="checkbox"/>	Taxi	<input type="checkbox"/>	Pie
<input type="checkbox"/>	Metropolitano																
<input type="checkbox"/>	Bus																
<input type="checkbox"/>	Minivan																
<input type="checkbox"/>	Taxi																
<input type="checkbox"/>	Pie																

Fuente: Elaboración propia

4.1. Desarrollo de la investigación

CASO DE ESTUDIO: IMPLEMENTACION DE UN NUEVO MODO DE TRANSPORTE EN EL CENTRO HISTORICO DE LIMA

4.1.1. Introducción

A lo largo de su historia, el Centro Histórico de Lima ha acumulado la mayor concentración de monumentos de gran valor artístico, histórico y cultural que posee la nación; así también, alberga espacios urbanos monumentales y puntos estratégicos de comercio como es el “Mercado Central”; todo ello atrae gran número de visitantes tanto nacionales como extranjeros haciendo el área más visitada diariamente de nuestra ciudad capital; sin embargo, es una de las zonas más congestionadas debido a la ausencia de una gestión de tráfico eficiente y una movilidad ordenada que facilite el desplazamiento peatonal y a su vez se articule con sistemas de transporte existentes como el corredor azul, el Metropolitano y la Línea 1 Metro; estas deficiencias viene generando impactos al entorno como contaminación ambiental, perdidas horas hombre en los desplazamientos y perdidas económicas al comercio existente debido al poco dinamismo vial.

Es por ello, a través de la presente investigación se pretende evaluar los factores que vienen generando la congestión vehicular y sus impactos en el área del Centro Histórico, a fin de formular propuestas de gestión de tránsito y un nuevo modo de transporte masivo (Tranvía) que mitigue los problemas de movilidad que viene aquejando dicha área. En ese sentido la presente investigación se ha estructurado de la siguiente manera:

- a) Diagnóstico integral de las condiciones de circulación vehicular y sus impactos en el área del centro Histórico de Lima. El diagnóstico incluye los siguientes componentes:
 - Uso de suelo en el entorno del área de estudio
 - Condiciones de la infraestructura vial existente
- b) Sección vial normativa y de campo (Gráficos)

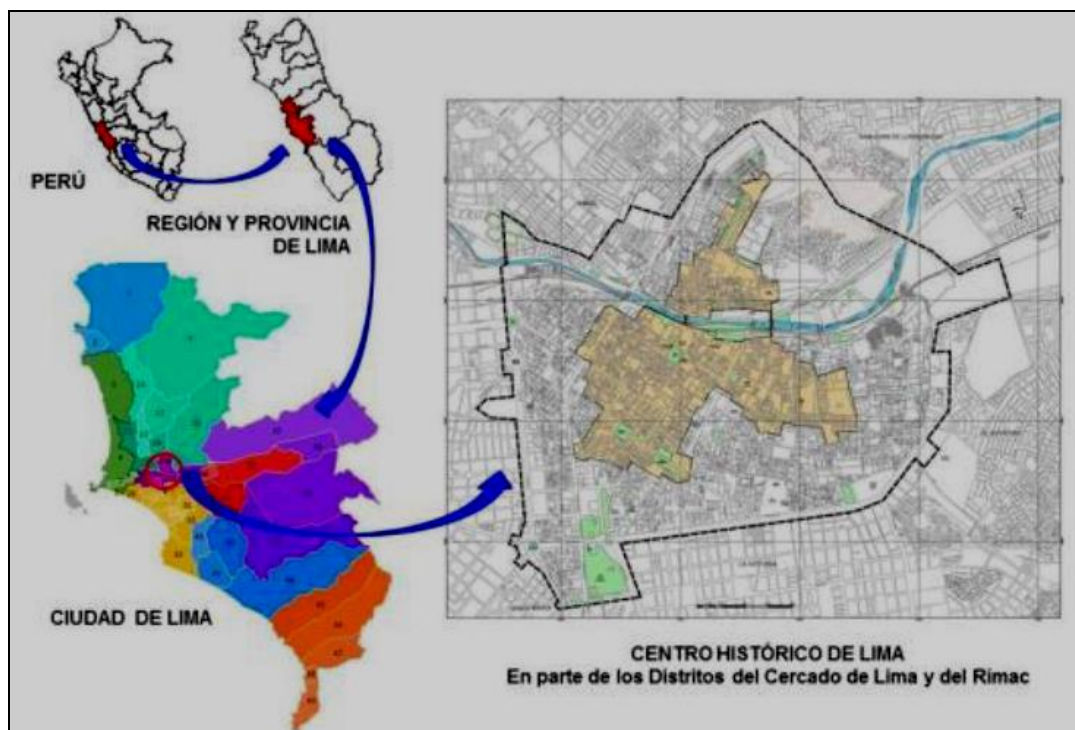
- c) Análisis de la infraestructura vial
 - Condiciones de tránsito
- d) Modos de transporte en el área de estudio
 - Composición vehicular
 - Volumen vehicular
 - Volumen peatonal
- e) Evaluación de modos de transporte y su impacto vial.
 - Transporte de carga
 - Transporte público
 - Transporte privado
- f) Análisis de las externalidades del tráfico vehicular
 - Impacto ambiental (contaminación sonora y atmosférica)
- g) Evaluación de la infraestructura y el diseño vial
- h) Propuesta para la implementación de un nuevo sistema de transporte público masivo (Tranvía)
 - Diseño vial
 - Diseño geométrico (Ruta)
 - Número y ubicación de estaciones
 - Dimensionamiento de estaciones
 - Accesibilidad peatonal a las estaciones
- i) Diseño operacional
 - Dimensionamiento del Tranvía (número de vagones)
 - Frecuencia de paso
 - Velocidad de diseño
- j) Propuesta gestión de tránsito
 - Definir y proponer vías a peatonalizar
 - Evaluar medidas de restricción vehicular
- k) Modelación de la propuesta con el Software VISSIM 7

4.1.2. Diagnóstico integral de las condiciones de circulación vehicular y sus impactos en el área del centro Histórico de Lima.

El Centro Histórico de Lima, se ubica en la Región y Departamento de Lima, en el distrito del Cercado de Lima y se encuentra bajo la administración territorial de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

El Centro Histórico de Lima fue inscrito en la Lista de Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO, el 12 de diciembre el año 1991, como extensión de la inscripción del Convento de San Francisco, el año 1988, corresponde al área de antigua fundación y desde la cual se extendió la ciudad y posee sectores urbanos, con características urbanísticas y arquitectónicas, que atestiguan su desarrollo (zona denominada A en la Ordenanza N° 062 o Reglamento de la Administración del Centro Histórico de Lima).

Gráfico N° 4. Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaborado Propia

El ámbito del CHL tiene una extensión de 1022.81 Ha, de las cuales el 68% corresponden al Cercado de Lima, el 28% al distrito del Rímac y el 4% restante a otros Distritos (El Agustino, San Juan de Lurigancho, Breña, Jesús María, La Victoria y San Martín de Porras). El área declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad es de 239.69 Ha. (23% del total del CHL).

El Centro Histórico de Lima cuenta con vías expresas (nacionales – Panamericana- y metropolitanas –Av. Alfonso Ugarte-), vías arteriales (Av. Grau, Malecón del Rímac) y vías colectoras (Avenidas: Garcilaso – Tacna, Abancay, Nicolás de Piérola, entre otras), del Sistema Vial Metropolitano, que a su vez concentran una gran cantidad de rutas del transporte público.

En el CHL se tienen un grupo de vías peatonales, donde la más importante por su antigüedad y flujos es el Jr. De la Unión. A fines del 2012 se inauguró el eje Ica-Ucayali que a la fecha ha transformado la dinámica de la zona e incrementado el valor del suelo.

Por otro lado, en los alrededores del Mercado Central y Mesa Redonda, en especial los jirones Ayacucho y Andahuaylas con sus transversales entre la Av. Abancay y el Jr. Paruro, se han ido peatonalizando debido a la dinámica comercial de la zona.

4.1.2.1. Uso de suelo del Centro Histórico de Lima

En el Centro Histórico de Lima, se ha identificado un uso del suelo heterogéneo, predominando los usos residenciales, comercial y otros usos. Tal como se muestran en el Gráfico N° 5 y Tabla N° 7, el uso residencial presenta una superficie de 191.36 Ha. Que representa el 18.7% del área total. Le siguen los usos comerciales y otros usos (uso institucional) con 17.4% (177.55 Ha.) y 13.9% (142.07 Ha.) respectivamente. El equipamiento de salud (19.78 Ha.) y educación (37.34 Ha) en conjunto hacen un total de 57.12

Ha. (5.6%). El uso recreativo representa el 3.8% (38.8 Ha.); los lotes desocupados representan el 2.3% (23.9 Ha). El uso menos representativo es el industrial con el 1.0% (10.71 Ha), se localiza principalmente en el distrito del Rímac y en menor proporción la zona inmediata al Jr. Rivera Dávalos.

Gráfico N° 5. Porcentaje de áreas por tipo de uso de suelo

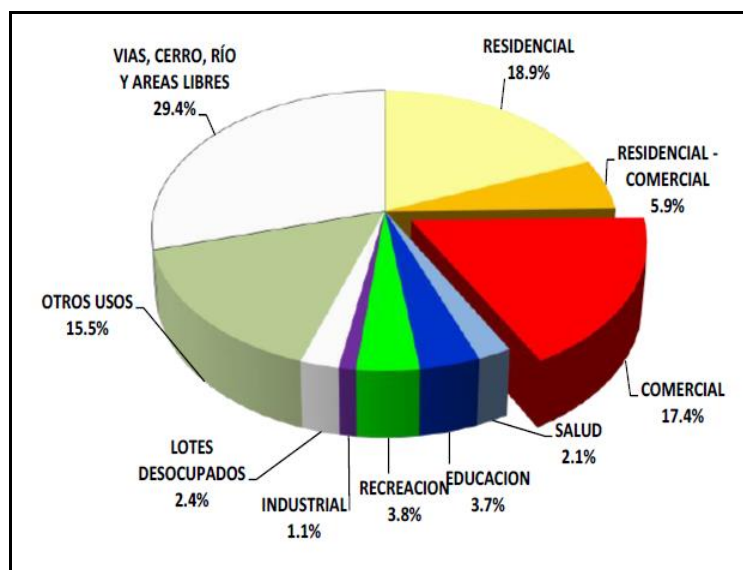


Tabla N° 7. Superficie por tipo de uso de suelo

USOS DEL SUELO		SUPERFICIE		
		Hás.	%	%
AREA OCUPADA	RESIDENCIAL	191.36	18.71	27.30
	RESIDENCIAL - COMERCIAL	59.17	5.78	8.44
	COMERCIAL	177.55	17.36	25.33
	SALUD	19.78	1.93	2.82
	EDUCACION	37.34	3.65	5.33
	RECREACION	38.88	3.80	5.55
	INDUSTRIAL	10.71	1.05	1.53
	LOTES DESOCUPADOS	23.97	2.34	3.42
	OTROS USOS	142.07	13.89	20.27
	TOTAL ÁREA OCUPADA		700.83	68.52
AREA NO OCUPADA	VIAS, CERRO, RÍO Y AREAS LIBRES	321.98	31.48	
TOTAL AREA URBANA		1,022.81	100.00	

Fuente: Elaborado Propia a partir del Plan Maestro del CHL, 2014

a) Uso Residencial

El uso residencial, se localiza principalmente en el distrito del Rímac; Monserrate, Barrios Altos:

Santa Clara, Cocharcas, Cinco Esquinas, inmediato a la plazuela de El Cercado y al Jr. Sebastián Lorente. En menor proporción se localiza en dos zonas puntuales, la primera comprendida entre la Av. Grau, Jirones Cotabambas, Bambas, Sandia y Zavala Loayza; y la segunda conformada por las calles Washington, Bolivia, Chota y Zorritos.

b) Uso Comercial

El uso comercial se concentra en la poligonal conformada por el Jr. Huanta, Av. Grau, Av. Alfonso Ugarte, Av. Emancipación, Av. Tacna, Jr. Conde de Superunda, Jr. Junín, Av. Abancay y Jr. Amazonas, en esta zona se viene dando un proceso de consolidación de la ocupación comercial. El comercio que se desarrolla en el Centro Histórico es de Nivel Metropolitano, con especialización por conglomerados. Adicionalmente, cabe mencionar que se aprecia una tendencia a la ocupación de manera puntual de usos comerciales en las zonas de Monserrate y Barrios Altos (Cocharcas).

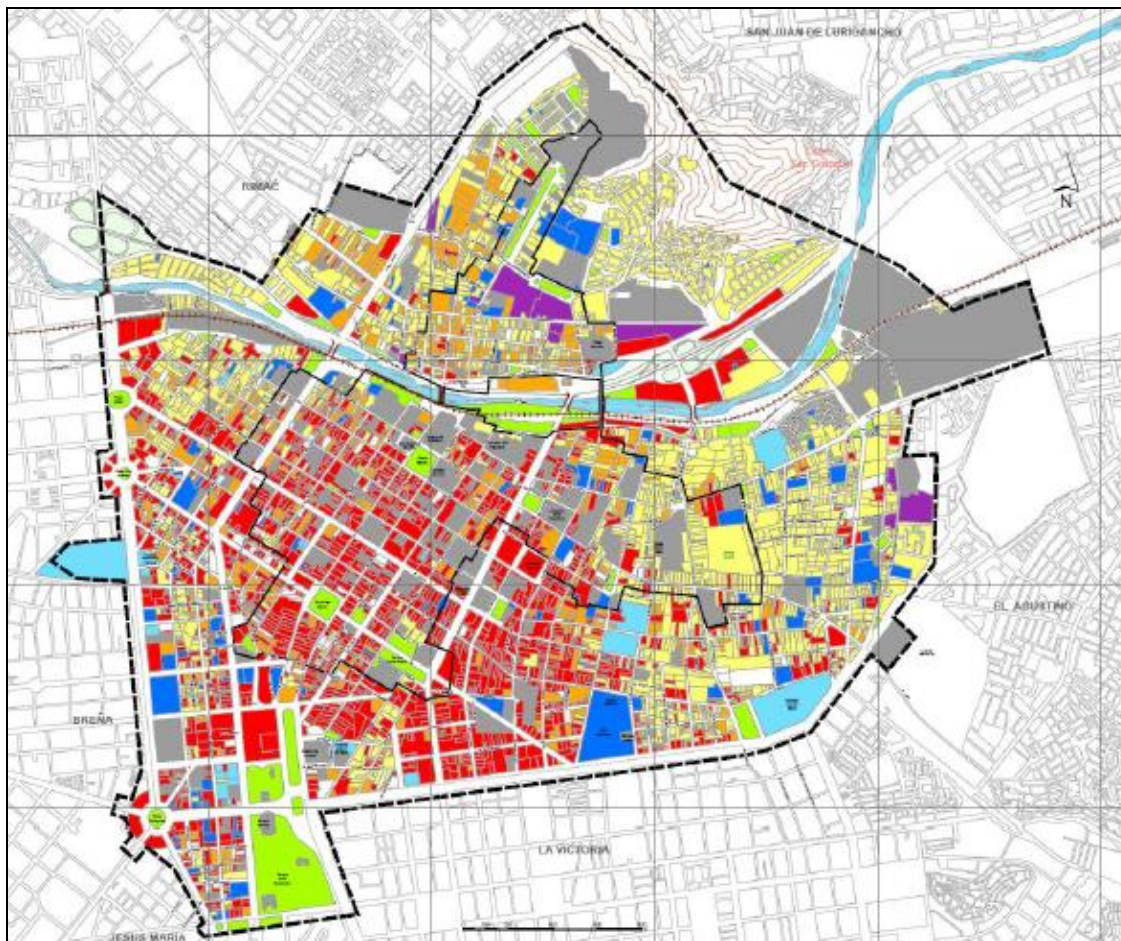
c) Uso Mixto: Vivienda Comercio

El uso mixto referido a Vivienda-Comercio, se presenta mayoritariamente en el distrito del Rímac y en la zona donde predomina el uso comercial, presentándose como una transición entre el uso residencial y el comercial.

d) Otros Usos

Los Otros Usos están referidos a la infraestructura para el desarrollo de las actividades administrativas del sector público pública, actividades religiosas y culturales, prestación de servicios y servicios complementarios, como cementerios, comisarías, cárcel, cuartel, etc. Este tipo de uso se localiza de forma dispersa en todo el Centro Histórico, concentrándose en el área central las instituciones público administrativas. Los equipamientos mayores dentro de esta calificación se encuentran en la periferia del Centro Histórico tales como el Cementerio, Central Térmica Santa Rosa, Cuartel Barbones, Estación Monserrate, Cuartel El Potao entre otros.

Gráfico N° 6. Plano con zonas a detalle de uso de suelo



LEYENDA	
	Residencial
	Residencial-Comercial
	Comercial
	Otros Usos
	Educación
	Salud
	Recreacional
	Industrial
	Desocupado
	Límite del Centro Histórico
	Límite del Patrimonio Cultural de la Humanidad

Fuente: Instituto catastral de Lima, 2016

4.1.2.2. Condiciones de la infraestructura vial existente

El área del Centro Histórico de Lima (CHL) está compuesta por vías Principales (Av. Alfonso Ugarte, Av. Tacna, Av. Garcilaso, Av. Abancay y la Av. Grau.) y vías locales que se encuentran bajo la administración tanto de la Municipalidad Metropolitana de Lima como de la Municipalidad Distrital de El Rímac. Toda la red vial del CHL se encuentra pavimentada, en su mayoría con una superficie de carpeta asfáltica y las restantes con una superficie de concreto, por ser un área de tratamiento especial (Patrimonio de la Humanidad) ambas Municipalidades citadas en el realizan actividades de mantenimiento periódico con el objeto de mantener las vías con estándares de calidad y serviciabilidad.

Figura N° 16. Vía con pavimento articulado de uso peatonal – Jr. Ucayali



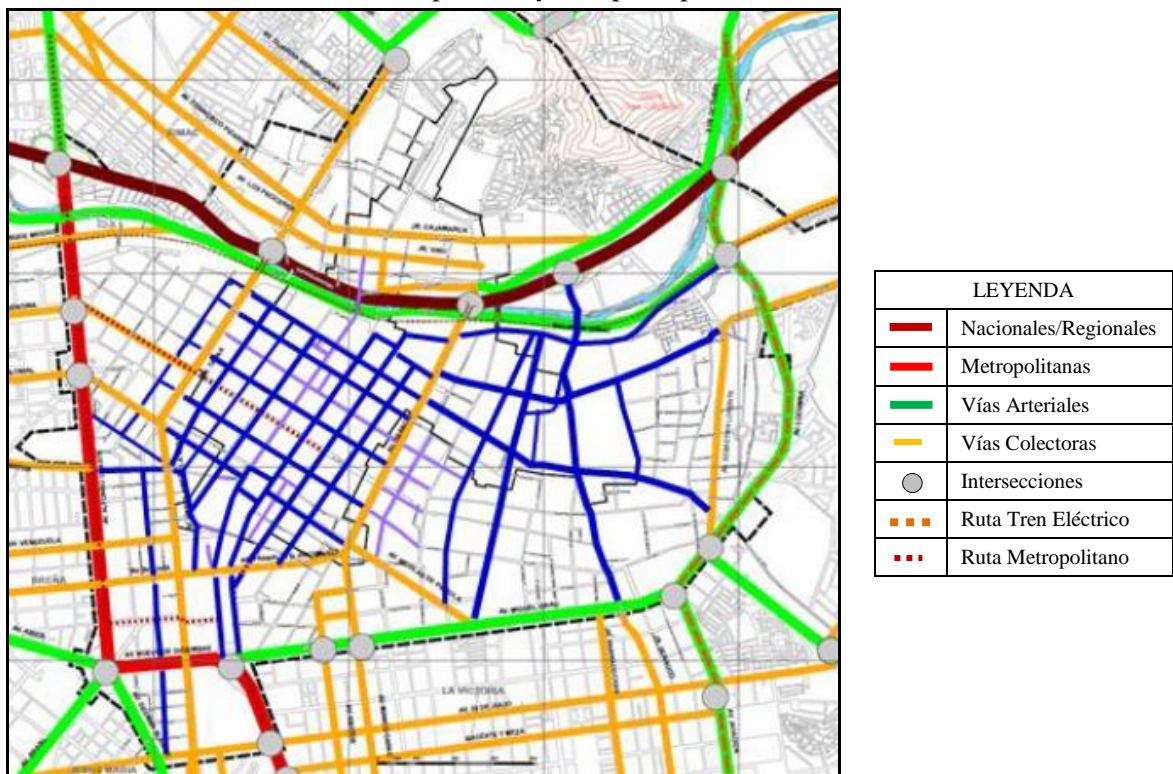
Figura N° 17. Vía con pavimento asfáltico de uso vehicular Jr. Carabaya



4.1.3. Caracterización vial de las vías del Centro Histórico de Lima

De acuerdo a la Ordenanza N° 341 que rige el Sistema Vial Metropolitano el área del Centro Histórico de Lima (CHL) está compuesta por vías expresas, arteriales, colectoras y vías; las tres primeras están bajo la administración de la Municipalidad Metropolitana de Lima, mientras que la última comparte la administración con la Municipalidad Distrital de El Rímac. La infraestructura vial del CHL se encuentra en estado regular.

Gráfico N° 7. Sistema Vial Metropolitano y vías principales del centro histórico de Lima

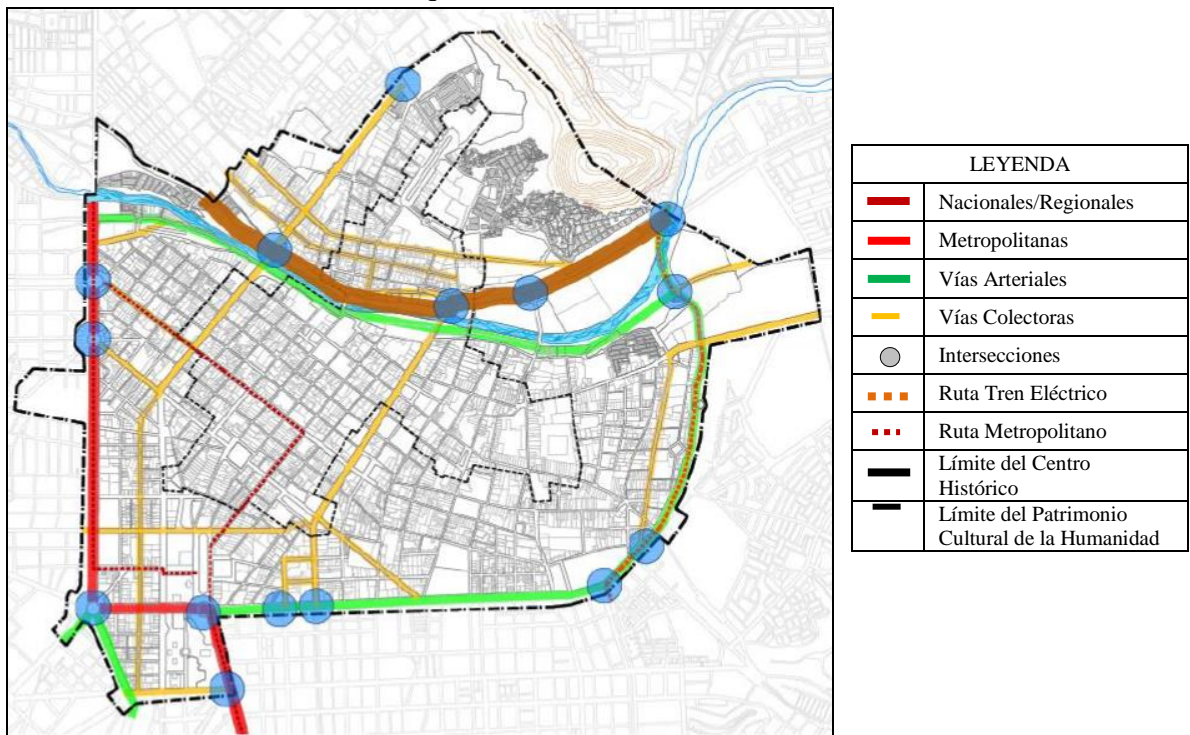


Fuente: Plan Maestro del CHL, 2014

El plan vial metropolitano propone un modelo vial que pretende priorizar los flujos vehiculares por las vías metropolitanas y colectoras que delimitan el centro histórico. Dentro del centro define como vías colectoras a las avenidas Tacna y Abancay, que son claramente pasantes, y un tramo de la Av. Nicolás de Piérola y Roosevelt con la aparente finalidad de vincular las anteriores con el anillo de borde. Fuera de estas vías, el Centro Histórico aparece como un tablero en blanco, con vías de carácter local que estructuran y alimentan el corazón del área central,

barrios altos y Monserrate. En el Rímac la situación es similar, se reconocen como vías colectoras los jirones Cajamarca y Virú, con la aparente finalidad de conducir los flujos vehiculares de la zona este (San Juan de Lurigancho) hacia la zona Norte (Independencia, San Martín de Porres, etc.), quedando el resto del distrito sin una estructuración vial que limite los flujos vehiculares y por ende favorezca la movilidad peatonal y sistemas no motorizados.

Gráfico N° 8. Vías que bordean el Centro Histórico de Lima



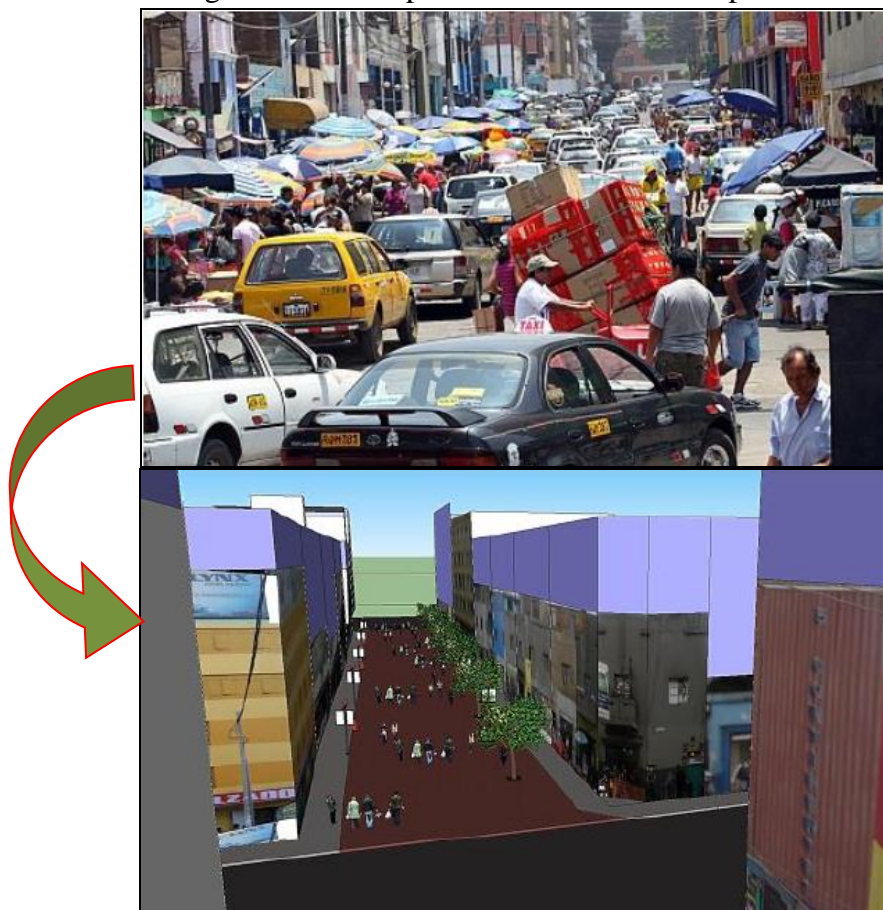
Fuente: Plan Maestro del CHL, 2014

4.1.3.1. Análisis de la infraestructura vial

Las vías locales del Centro Histórico de Lima (CHL) en su mayoría son vías de un sentido de tránsito de dos carriles de circulación, con aceras de anchos inferiores para albergar el volumen peatonal que a diario transita por el área del CHL; estas deficiencias dificultan el desplazamiento peatonal principalmente de personas con movilidad reducida (madres gestantes, ancianos, niños, personas con deficiencias físicas, otros). Todo ello nos conlleva a pensar en propuestas que mitiguen tal problema y

permitan generar espacios agradables que inciten la movilidad peatonal.

Figura N° 18. Propuesta de infraestructura peatonal



Fuente: Plan Maestro CHL, 2014

El transporte público sigue la estructura vial propuesta por el plan Metropolitano, no existe una jerarquización vial para dar prioridad a este sistema de transporte, esto trae como natural consecuencia el uso de las calles de forma desordenada por taxis, colectivos y vehículos particulares que copan las calles tanto del área del Damero de Pizarro como del área de Barrios Altos. La no continuidad de la Av. Grau hacia el este, genera una saturación de las vías, especialmente en la Av. Abancay y las que derivan en el Pte. Huánuco.

4.1.4. Condiciones de tránsito

El Centro Histórico de Lima, es una de las zonas de la ciudad donde se sufren más intensamente los problemas de la congestión vehicular por la fuerte predominancia del transporte privado, los que son el principal factor de congestión de las principales vías de acceso al Centro como son las Avenidas Abancay y Grau, mientras que existe un grado relativo de equilibrio en la circulación de vehículos públicos y privados en las Avenidas Alfonso Ugarte y Tacna.

El congestionamiento vehicular en el área del Centro Histórico de Lima tiene dos orígenes principales, uno es el alto flujo vehicular y otra es la operación de los taxis y autos colectivos, los mismos que realizan paradas y giros que ocasionan conflictos en el libre tránsito vehicular.

A esto se le suma la gran demanda del tránsito peatonal, la semaforización en casi todas las intersecciones y la dificultad para poder salir del Damero ya que está rodeada por tres vías importantes que trasladan altos volúmenes vehiculares.

Debemos tener presente que, si bien hay gran demanda vehicular para ingresar al Damero de Pizarro, la mayoría es para acceder a los centros de trabajo, centros comerciales y entidades de servicios públicos, y la demanda vehicular por turismo se ve reducida frente a esta.

Figura N° 19. Condiciones de tránsito en el CHL



Alto Flujo Peatonal

Taxis Colectivos



Autos Colectivos

Taxis Vacíos

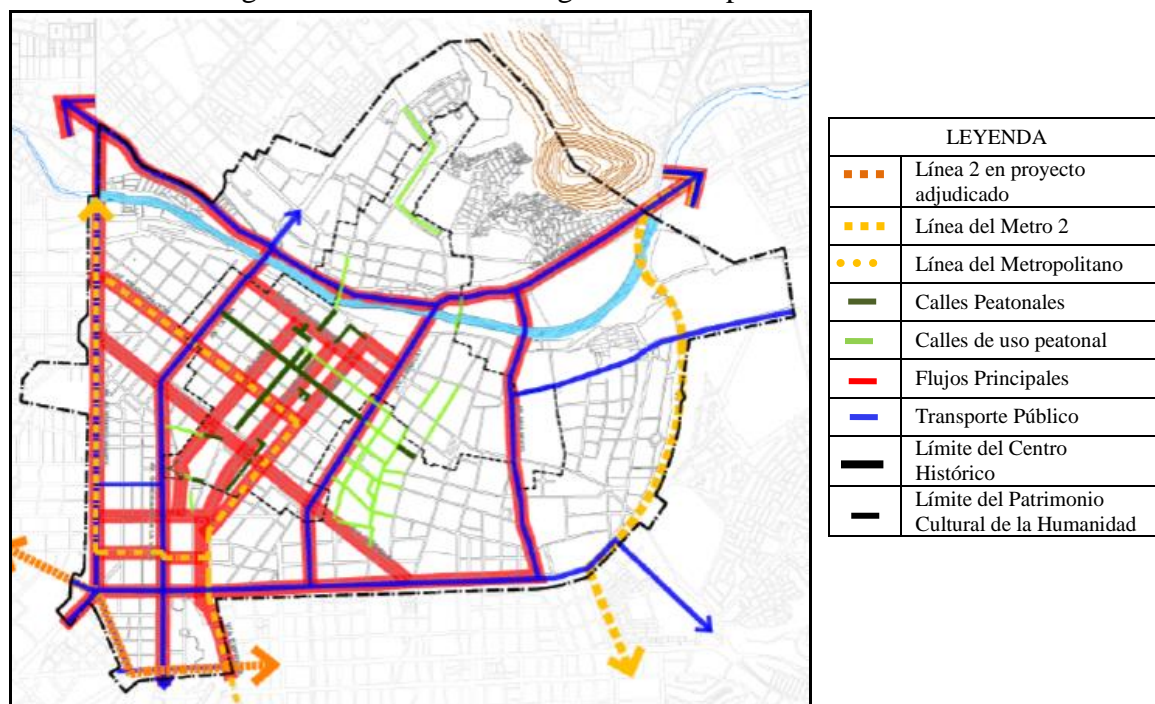
4.1.4.1. Modos de transporte en el área del Centro Histórico de Lima

Dentro del Centro Histórico de Lima circulan vehículos privados, vehículos de transporte de carga (vehículos de < 3.5 tn) y vehículos de transporte público, este último está compuesto por el Metropolitano, los corredores complementarios y las líneas uno, dos y tres de Metro.

El Metropolitano, desde el año 2008 viene en operación con una ruta que atraviesa el Centro Histórico de Lima, permite la interconexión del área central con la zona Sur y Norte de la ciudad capital facilitando el desplazamiento de miles de viajes, esta ruta se interconectará en la estación central con las líneas dos y tres del Metro de Lima (líneas proyectadas), asimismo con los corredores complementarios que viene implementando la Municipalidad Metropolitana de Lima, a fin de generar una movilidad accesible y permitir la intermodalidad.

Las estructuras de los corredores complementarios están propuestas sobre una lógica del Plan vial Metropolitano, complementando al Metropolitano con corredores que circularan por las avenidas Tacna, Abancay, Vía Evitamiento y parte de la Av. Grau. Esta importante propuesta de movilidad deberá tener un diseño adecuado del espacio público para que en vez de consolidar las actuales barreras urbanas que se generan en la Av. Tacna y Av. Abancay, aporte a la recuperación del espacio urbano.

Figura N° 20. Sistema Integral de Transporte Público



Fuente: Plan Maestro del CHL, 2014

4.1.4.2. Volumen vehicular

El uso actual de vías desborda la propuesta del plan vial metropolitano y consolida de uso una trama de vías designadas como vías principales para poder estructurar los flujos en el área nuclear en barrios altos, al no tener una trama priorizada desde el diseño vial, las vías se saturan casi en simultaneo por vehículos que buscan conectar distritos como El Rímac y San Juan de Lurigancho, con los distritos de Lima Centro y Sur al no estar habilitado un sistema de cruce e intercambio vial para la prolongación del Jr. Locumba, los vehículos buscan el Puente Abancay y Huánuco para poder atravesar el Centro.

Figura N° 21. Volumen vehicular de las principales vías del CHL

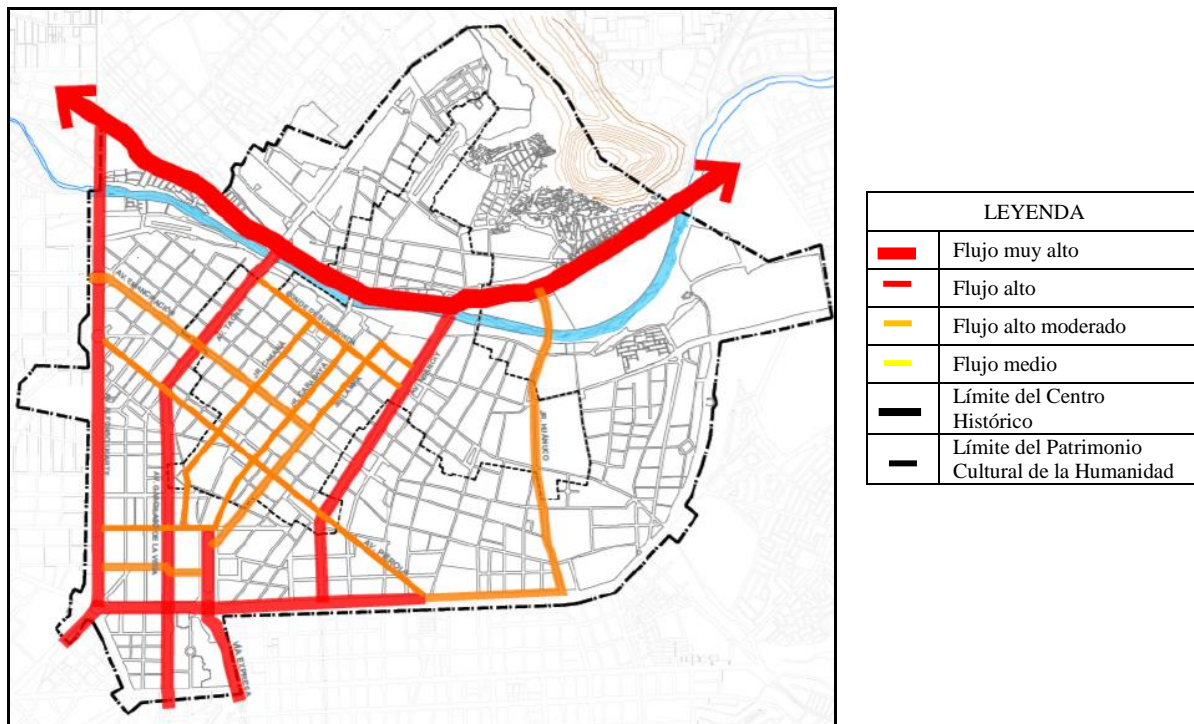


Figura N° 22. Volumen vehicular del Jr. Paruro



Figura N° 23. Volumen vehicular del Jr. Huallaga



4.1.4.3. Volumen peatonal

El mayor tránsito peatonal se realiza por las avenidas Tacna, Garcilaso, Abancay y por los jirones Emancipación, Cusco, Ica, Ucayali, y por el Jr. De la Unión, estos tres últimos cuentan con infraestructura exclusiva para el desplazamiento peatonal (vías peatonalizadas); asimismo, la mayor concentración del flujo peatonal se desarrolla por la zona del Mercado Central debido al comercio que se desarrolla en dicha zona.

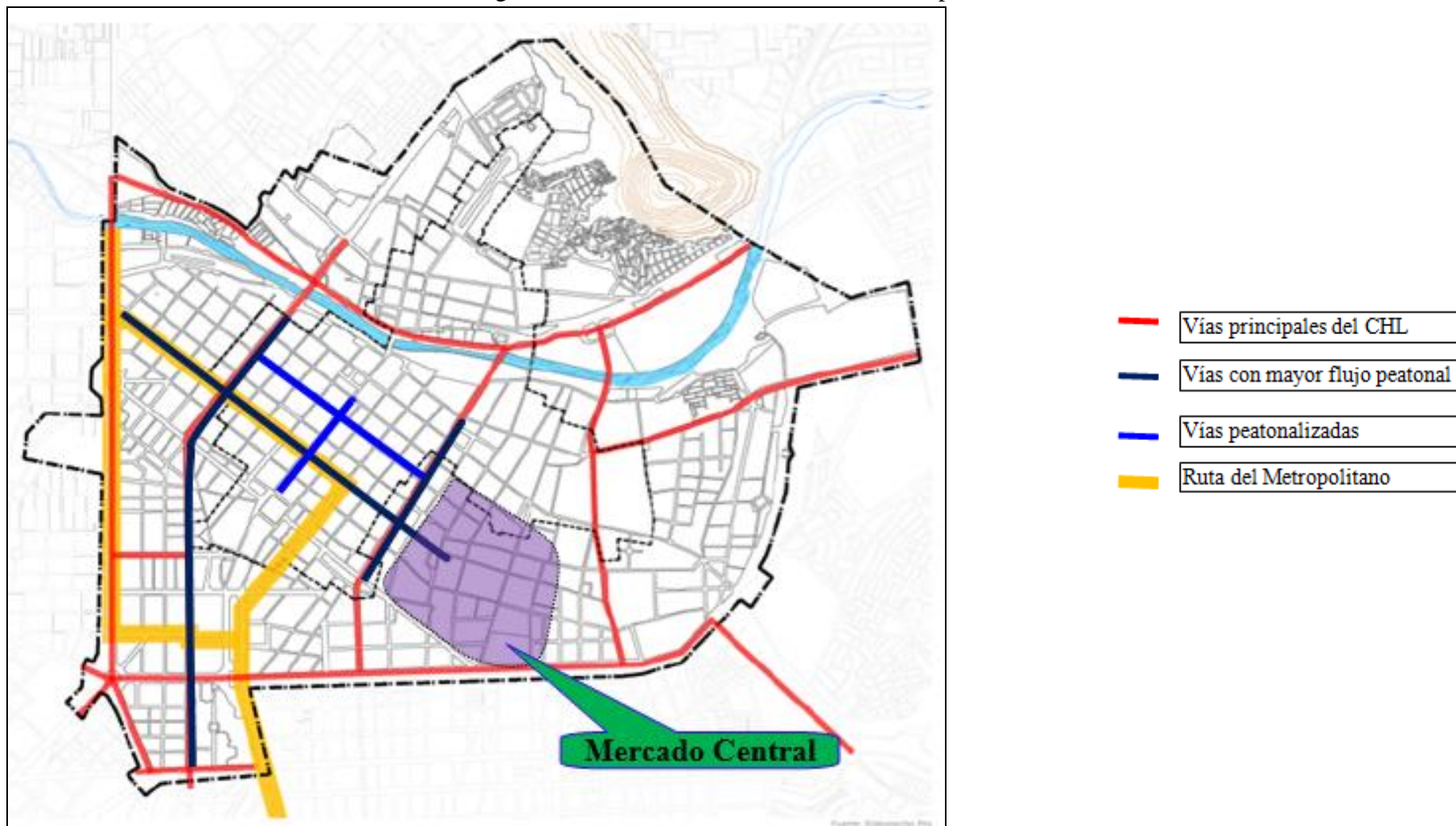
Figura N° 24. Volumen peatonal en el Mercado Central



Figura N° 25. Volumen peatonal en el Jr. Ucayali



Figura N° 26. Vías del CHL con alto tránsito peatonal



4.1.5. Evaluación de modos de transporte y su impacto vial.

4.1.5.1. Transporte de carga

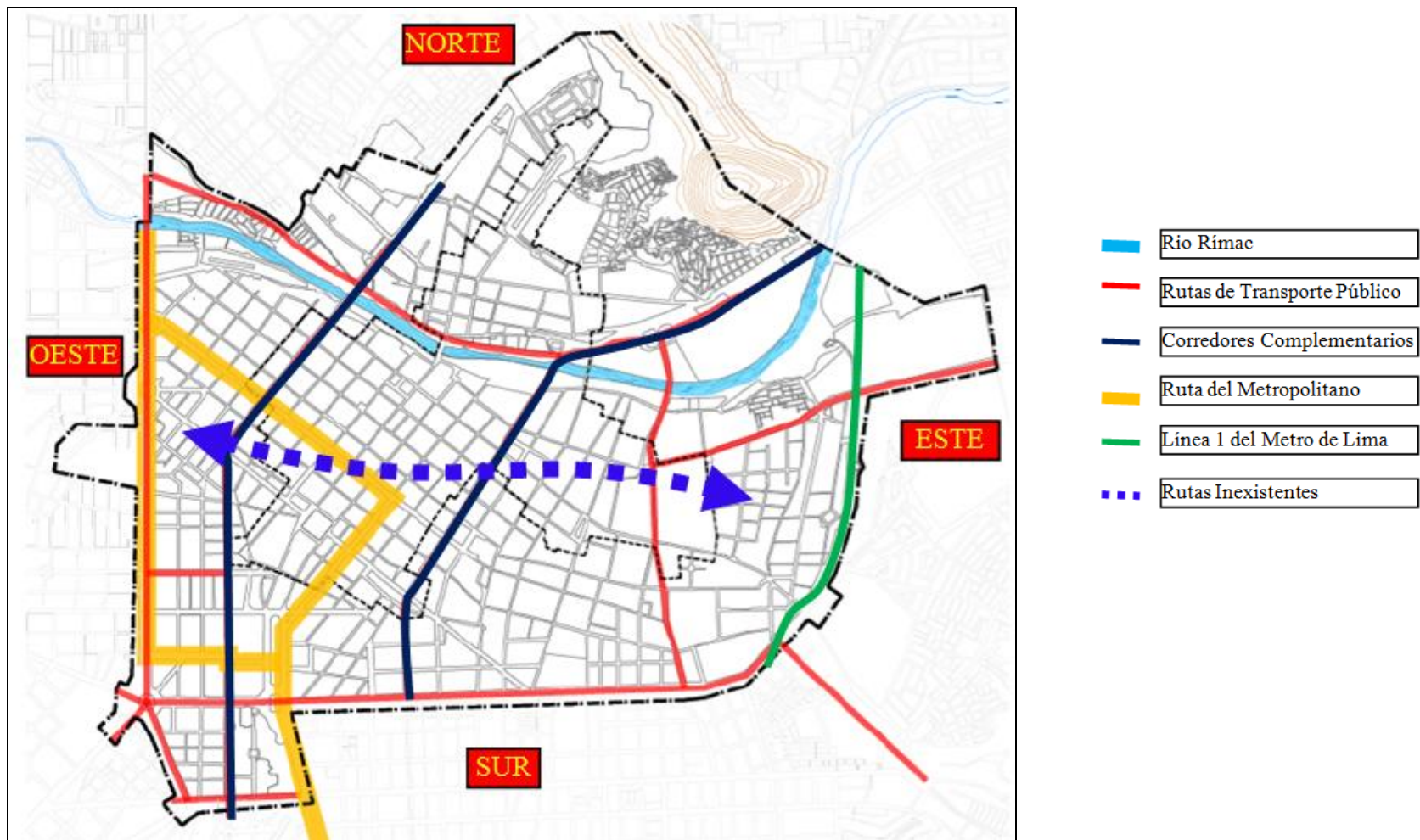
De acuerdo a la ordenanza N° 062 que reglamenta la administración del Centro Histórico de Lima, está restringido la circulación de transporte de carga superiores a 3.5 toneladas, quedando permitido únicamente en horarios de la noche (desde las 9:00 pm hasta las 6:00 am)

4.1.5.2. Transporte público

Actualmente el área del Centro Histórico de Lima (CHL) se encuentra servida por rutas de transporte público compuesta por microbús y ómnibus; asimismo, por dicha área pasa la ruta del Metropolitano compuesta por buses articulados y las rutas de los corredores complementarios compuesto por buses patrón sobre las avenidas Tacna y Abancay, esta última próximo a entrar en operación; además, se tiene la Línea 1 del Metro de Lima que recorre la zona este del CHL, presenta una infraestructura aérea con rieles y opera con trenes de 6 vagones alimentados por una catenaria aérea.

Sin embargo, dentro del Centro Histórico de Lima (CHL) existen zonas no atendidas por el sistema de transporte público actual, las rutas existentes conectan las zonas Norte y Sur del CHL, mientras que la zona Oeste y Este no se encuentran conectados por rutas que presten el servicio de transporte público generando un problema de inaccesibilidad, incitando a las personas a que utilicen otros modos de transporte para movilizarse como el servicio de taxi o desplazarse a pie.

Figura N° 27. Sistema de rutas de Transporte Público dentro del área del CHL



4.1.5.3. Transporte Privado y Taxis

El flujo vehicular que circulan por las vías del Centro Histórico de Lima (CHL) principalmente está compuesto por vehículos privados y taxis, estos son los que ocupan gran parte de la capacidad de las vías, la circulación de estos vehículos dentro del área del CHL está permitido; sin embargo, en otros países estas áreas tienen un tratamiento especial donde las circulaciones de estos vehículos tienen restricción parcial debido a los impactos urbanísticos y arquitectónicos que generan.

4.1.6. Análisis de las externalidades del tráfico vehicular

En horas de máxima demanda vehicular, las velocidades de circulación son inferiores a los 10km/h, ello viene incrementando los tiempos de viaje y por ende perdidas horas hombre y a su vez deteriorando la calidad ambiental del área del Centro Histórico de Lima (CHL).

Asimismo, cabe indicar que de acuerdo a las visitas realizadas a campo se observó que debido a la ausencia de fiscalización del tránsito muchos vehículos privados utilizan uno de los carriles de los Jirones del CHL para estacionamiento, lo cual reduce la capacidad vial generando congestión y por ende mayores emisiones de contaminantes y ruido.

Por otro lado, la Dirección de General de Salud Ambiental (DIGESA) en el mes de marzo del presente año realizó operativos de calidad ambiental en las principales zonas de la ciudad capital, una de estas fue Mesa Redonda entre los Jirones Cuzco y Andahuaylas; los resultados obtenidos fueron contrastados con los Límites Máximos permisibles (LMP) de acuerdo al Decreto Supremo N° 047 – MTC, concluyendo que debido a los problemas de congestión vehicular que se vienen generando tales limites se vienen superando, lo cual viene afectando a la salud de las personas.

4.1.7. Elección del nuevo modo de Transporte para el Centro Histórico de Lima

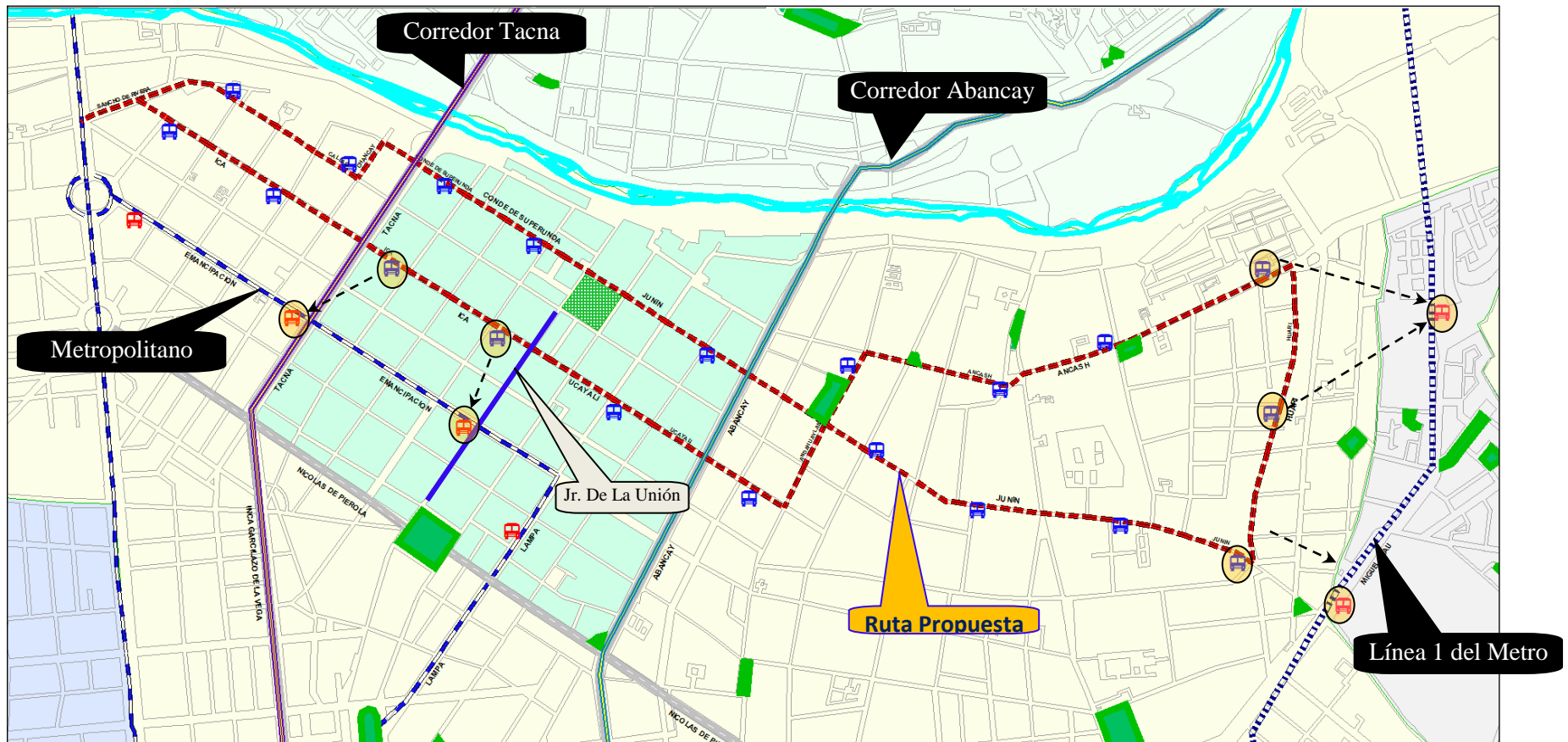
Para definir el nuevo modo de transporte que va operar sobre la ruta propuesta, fue necesario evaluar tres posibles alternativas tales como BRT, Tranvía y Metro; considerando que el Centro Histórico de Lima es una zona monumental y por ende el modo de transporte a definir deberá encajar en el entorno paisajista y arquitectónico de esta área.

Tabla N° 8. Selección de modo de transporte

Ventajas y Desventajas				
Modos	Medio Ambiente	Costos de Infraestructura	Seguro	Convivencia con otros modos
Tranvía	Si	Bajo	Seguro	Si
Metro	Si	Alto	Seguro	No
Bus Articulado	Si	Bajo	Menos Seguro	No

b) Número y ubicación de estaciones

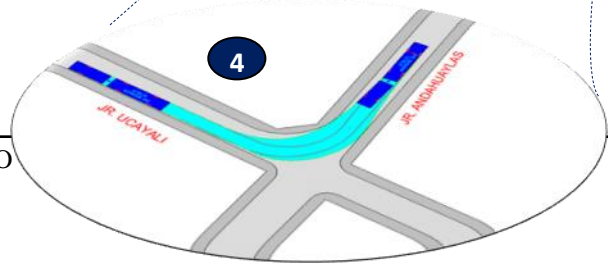
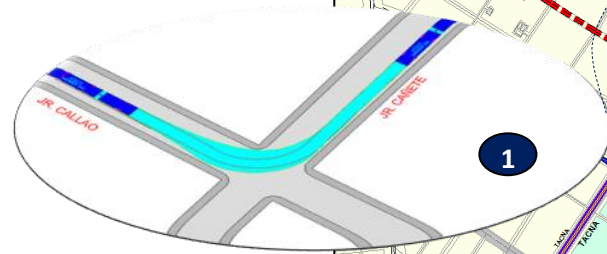
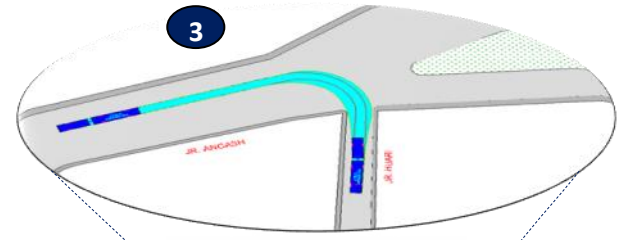
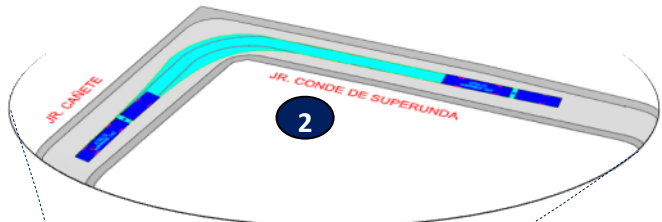
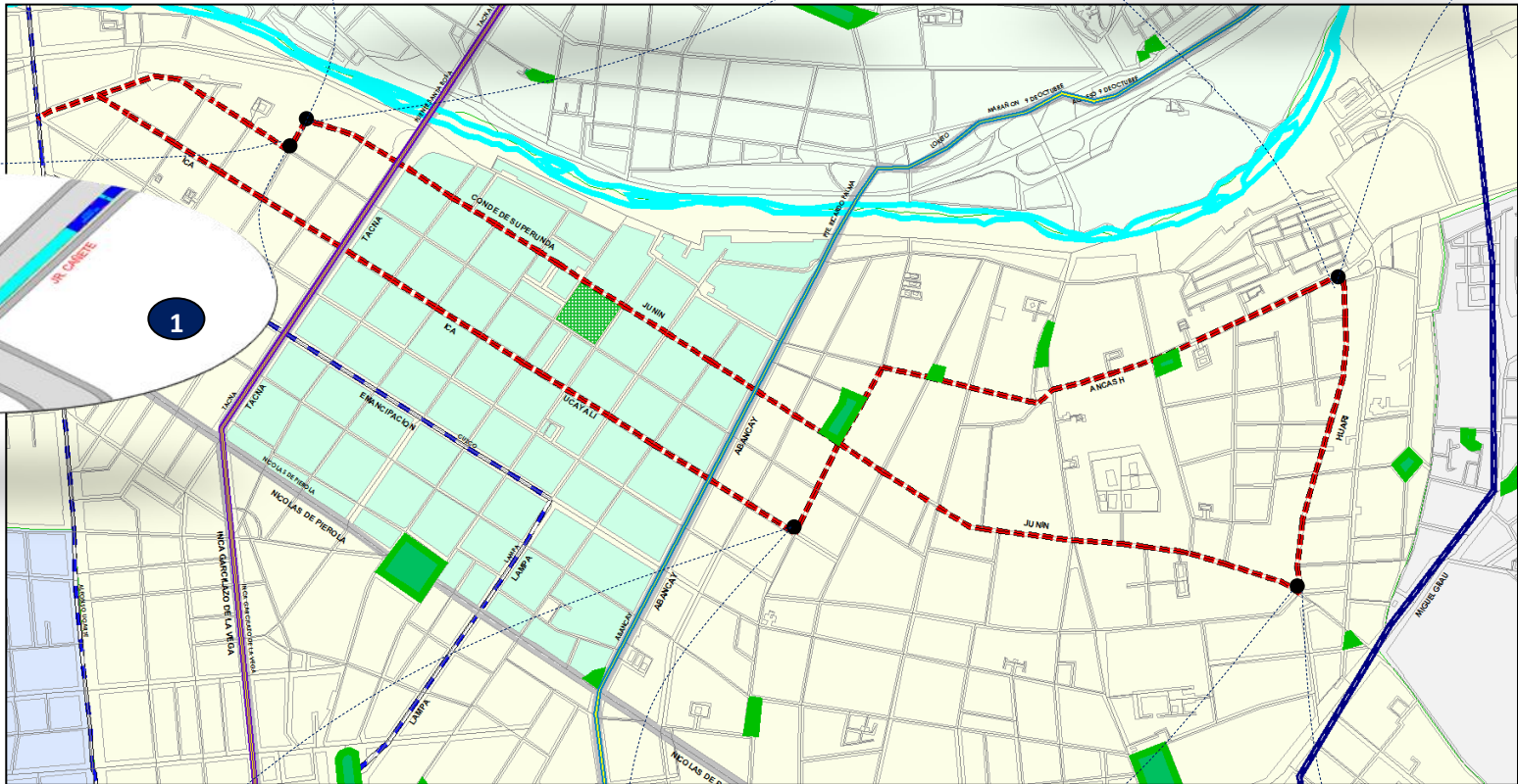
Se proyectan implementar 20 estaciones para la ruta propuesta del Tranvía, estas estaciones estarán ubicadas estratégicamente con el objeto que permitan el intercambio de viajes con los sistemas de transporte existentes en el Centro Histórico de Lima, el distanciamiento promedio entre estaciones es de 300 metros.



c) Criterios de diseño

Se analizaron las trayectorias en las curvas críticas a través del Software Autoturn, donde se observó que un

Tranvía de 25 metros de longitud no tendría dificultades para realizar los virajes a la izquierda y derecha



Se proyecta modificar la geometría existente (expropiación de viviendas)

- 1 Curva 1: Jr. Callao – Jr. Cañete
- 2 Curva 2: Jr. Cañete – Jr. Conde Superunda
- 3 Curva 3: Jr. Ancash – Jr. Wary
- 4 Curva 4: Jr. Ucayali – Jr. Andahuaylas
- 4 Curva 5: Jr. Junín – Jr. Wary

d) Dimensionamiento de estaciones

Para determinar la capacidad de las estaciones fue necesario predecir la demanda de viajes en el entorno a la ruta propuesta del Tranvía, para ello se utilizó el Software TransCAD versión 7.0, y para construir el modelo de la demanda se utilizó como base de partida, la información procedente del “Estudio de Demanda de la Línea 2 del Metro de Lima” en el 2013, con motivo del Estudio de Pre inversión de la Línea 2, convocado por PROINVERSION y elaborado por la empresa italiana Geodata. En dicho estudio se utilizaron trabajos de campo para construir el modelo, entre ellos: conteos vehiculares, aforos de ocupación, frecuencia de paso de transporte público, toma de tiempos de viaje sobre la red vial para transporte público y privado, así como encuestas origen-destino de interceptación. Este modelo fue calibrado en el eje de la Av. Grau que está en el perímetro del proyecto. En concreto, el punto de partida del presente estudio, en términos de zonificación, redes viales y matrices de viajes, corresponde a este estudio del año 2013. A continuación, se describen las características del modelo, así como de su construcción.

Componentes del Modelo

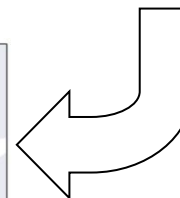
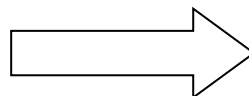
Área de Estudio

La zonificación del área de estudio se basa en los datos del “*Servicio de Toma y Análisis-Estudio de Demanda de la Línea 2 del Metro de Lima*” que contaba con 534 zonas de tránsito en Lima y 19 zonas externas ubicadas en los accesos a la ciudad. Para la presente investigación se ha desagregado 5 zonas de viajes (tránsito) que corresponden al eje propuesto del Tranvía para tener una mejor representatividad de los viajes que se realizan en ese sector y se realice una mejor distribución de los viajes asignados en las paradas que se encuentren en las zonas del Tranvía.

Gráfico N° 9. Zonificación en el área de influencia de la ruta propuesta



Fuente: Estudio de Demanda de la Línea 2 del Metro de Lima



Red Viaria

La red viaria comprende las calles de la ciudad de Lima y Callao y las principales carreteras de acceso.

Las características y atributos definidos para esta red viaria son los siguientes:

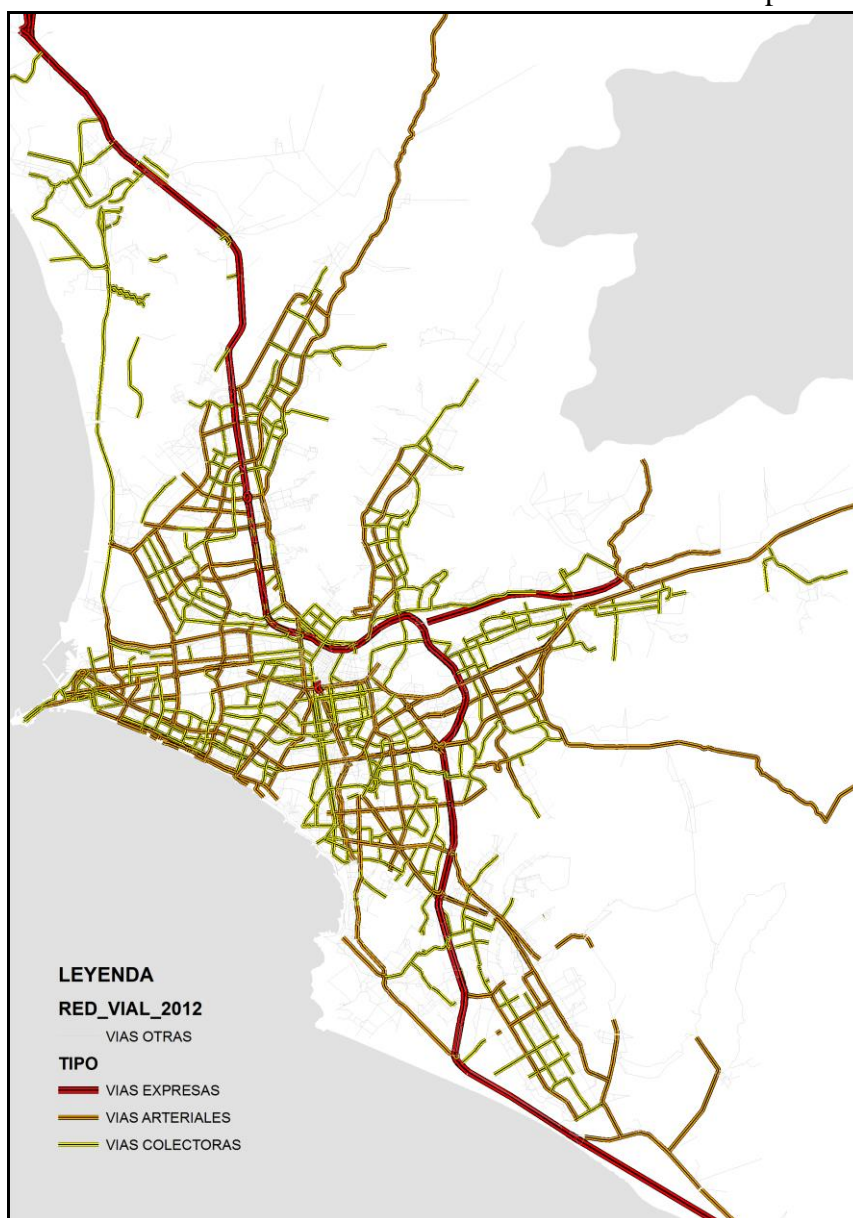
- Nodo origen y destino.
- Longitud del arco.
- Tipología de arco (tipos de infraestructura existentes en el área de estudio).
- Número de carriles.
- Capacidad de los arcos en veh/carril por hora.
- Velocidad del arco (km/h) y tiempos de recorrido (min) en flujo libre.
- Función volumen-tiempo y funciones de demora, utilizadas para reflejar el comportamiento de las vías frente a la congestión, relacionan la intensidad, es decir el volumen de vehículos asignados, con el tiempo de recorrido para cada arco. La 09 y detallan los principales atributos de la red viaria definida.

Tabla N° 9. Principales Atributos de la Red Viaria

Código	Tipo	Capacidad	Velocidad
1	Vías Arteriales	1200	45
2	Vías Colectoras	960	30
3	Vías Expresas Metropolitanas	1400	80
4	Vías Expresas Regionales	1400	80
5	Vías Locales	840	25
6	Vías Mal Pavimentadas	700	20
7	Vías Sin Pavimentar	600	10
8	Enlaces Penalizados	600	10
20 – 29	Corredores Metropolitanos y Metros	9999	-
30	Arcos Peatonales	9999	4
99	Conectores	9999	4

Fuente: JICA “Plan Maestro 2005”

Gráfico N° 10. Red Viaria Definida en el Modelo de Transporte

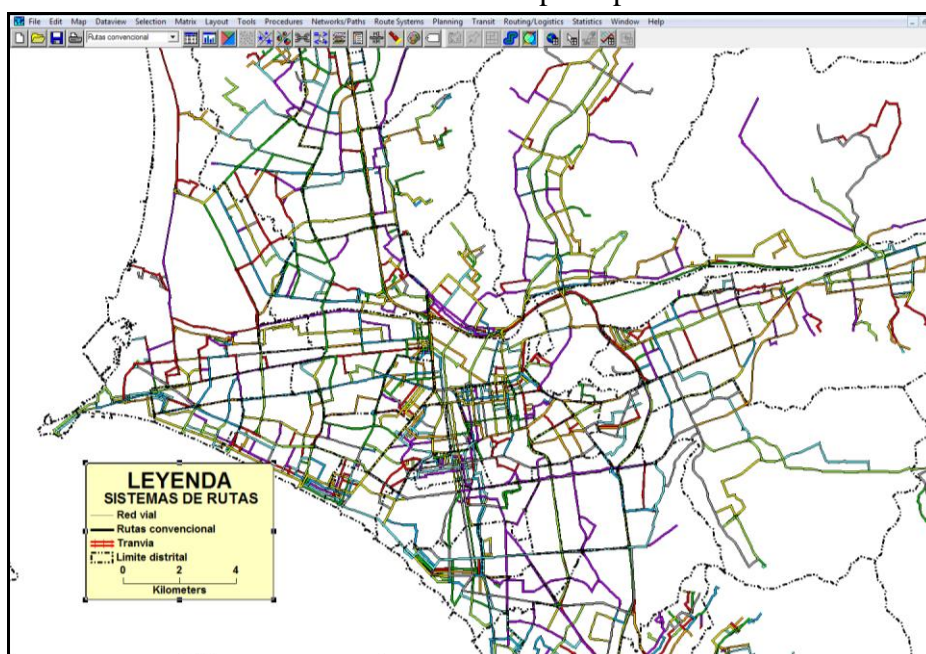


Fuente: Ordenanza N°341 MML

Líneas de Transporte Público

La red de transporte público de Lima del año 2012 comprende un total de 1122 líneas de ida y vuelta estructuradas en un sistema de camionetas rurales, microbuses y autobuses, sistema que se completa con el Metropolitano (16 líneas de ida y vuelta), sus alimentadoras (36 líneas de ida y vuelta) y el Metro (2 líneas de ida y vuelta).

Gráfico N° 11. Red de transporte público



La red de transporte público resultante se define por una serie de características:

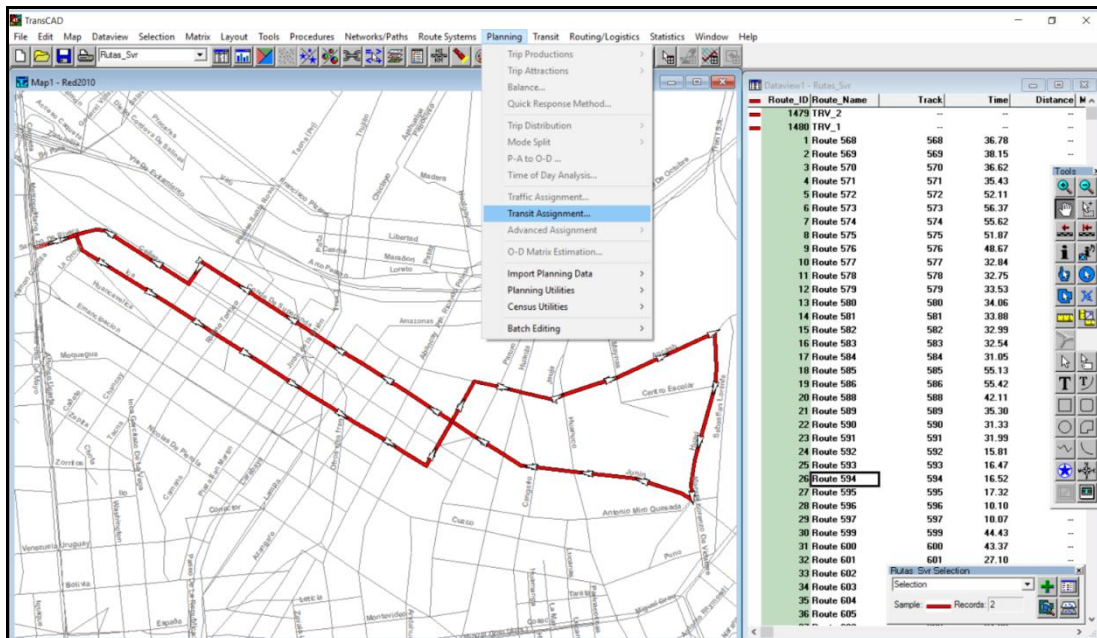
- Itinerario de la línea y paradas.
- Frecuencia de servicio reflejada como tiempo de espera (min) en HPM (hora pico mañana), HPT (hora pico tarde) y HV (hora valle).
- Tarifas de viaje aplicando el siguiente sistema:
 - El sistema convencional tiene una matriz de tarifas zonales, construida a partir de las distancias entre zonas de transporte y teniendo en cuenta la variación de tarifas existentes en el sistema actual. Cada embarque en una nueva ruta supone la nueva aplicación de la matriz de tarifas.
 - El resto de sistemas (“Metropolitano”, Rutas Alimentadoras del “Metropolitano” y La Línea 1 del Metro) tienen una tarifa plana de S/.2.00 para el “Metropolitano”, S/.1.00 para las Rutas Alimentadoras y S/.1.50 para el Metro.

Dado que el modelo de asignación funciona con variables de tiempo, esta tarifa debe transformarse en tiempo, para lo cual se adopta un valor del tiempo de S/.3/hora.

Otro factor fundamental en el modelo son las funciones de tiempo que evalúan el tiempo real que un autobús tarda en realizar su recorrido en función de una serie de variables que le afectan como son el tráfico y la congestión en la red. Estas funciones recogen el comportamiento global de la red de transporte público en función de las velocidades del vehículo privado y las propias limitaciones de los autobuses. En el área de estudio se ha considerado la siguiente relación de tráfico privado/público:

- ✓ $V_{privado} \leq 10 \text{ Km/h}$ $V_{público} = V_{privado}$
- ✓ $10 \text{ km/h} < V_{privado} < V_{pubmax}$ $V_{público} = a * V_{privado}$
- ✓ $V_{púbmax} \leq V_{privado}$ $V_{público} = V_{pubmax} = 30 \text{ Km/h}$

Gráfico N° 12. Red del Tranvia Propuesto



Es decir, la velocidad del autobús se define como un coeficiente por la velocidad del vehículo privado, pero si ésta es muy alta el

autobús no puede superar su velocidad máxima de diseño. Por el contrario, si la vía se encuentra congestionada, la velocidad del transporte público es semejante a la velocidad del vehículo privado.

Matrices Base

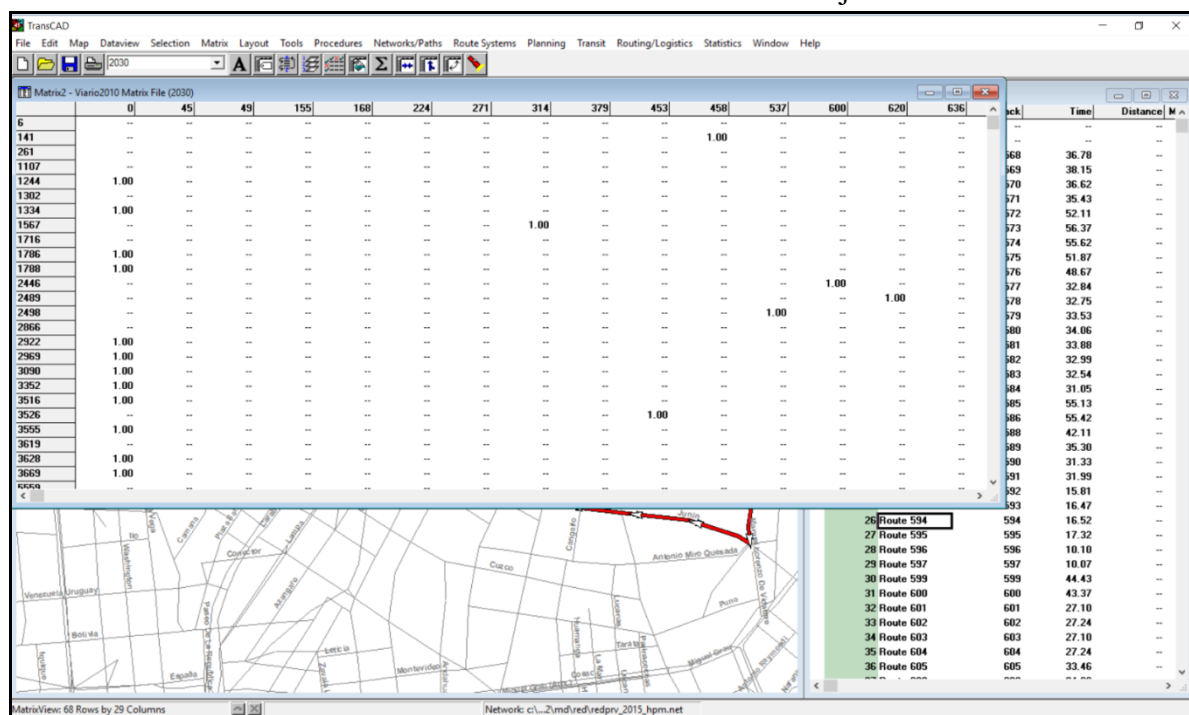
Las matrices de viajes relativas al año 2012 para las tres franjas temporales diversas se han facilitado en el estudio “SERVICIO DE TOMA Y ANÁLISIS-ESTUDIO DE DEMANDA DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE LIMA”. Los valores para el año 2012 se presentan en la 0.

Tabla N° 10. Matriz de Viajes (2012)

Matriz o/d	Viajes HPM	Viajes HPT	Viajes HV	Total Diario
Auto Particular	187038	106891	82557	1661099
Taxi	116307	105396	88860	1598586
Vehículos Pesados	14052	10776	10369	184453
Transporte Público	1026716	697980	481503	9708931

Estas matrices resultan fundamentales tanto para la asignación del modelo de transporte representativo de la situación actual, como elemento de partida para estimar las matrices futuras.

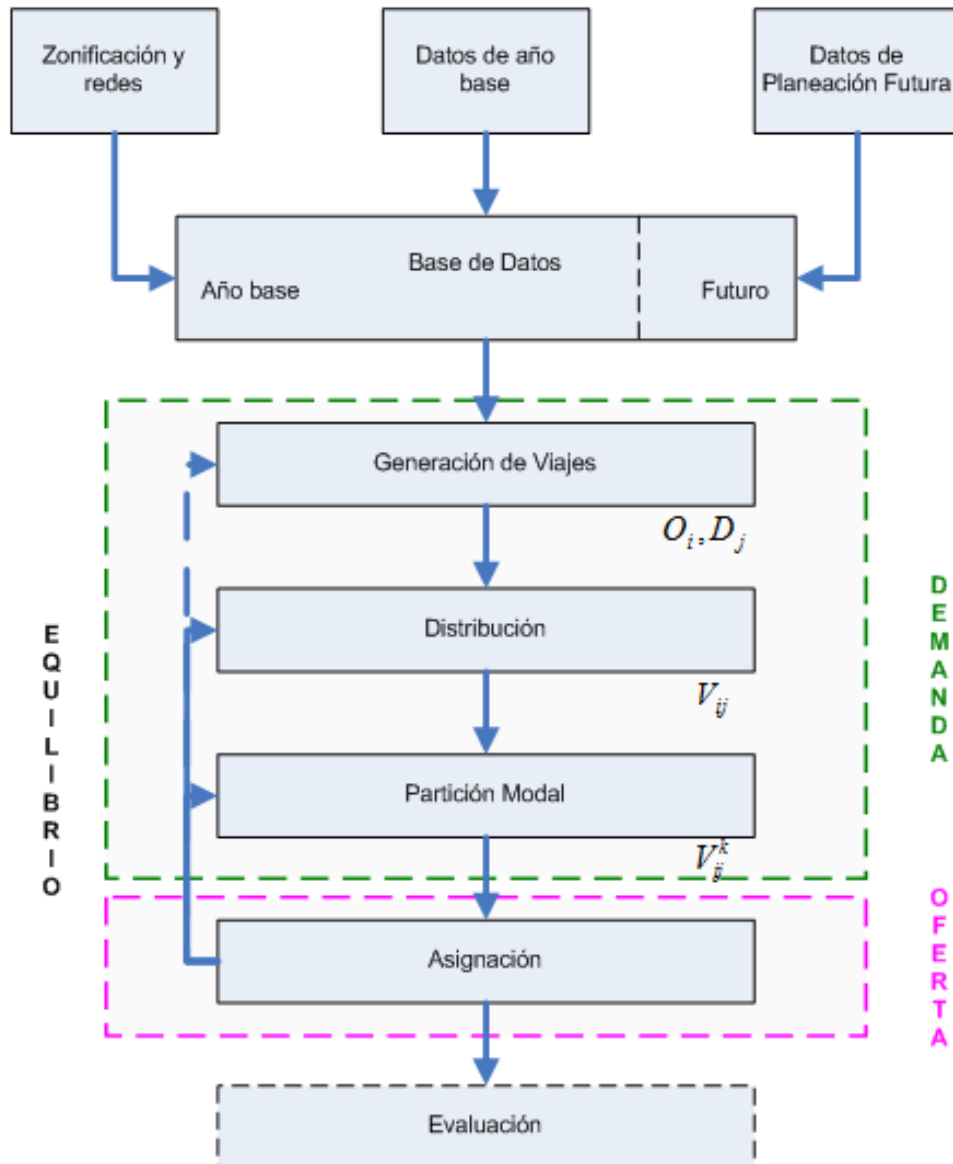
Gráfico N° 13. Matriz de Deseos de Viajes



Modelo de Demanda (Modelo general de 4 etapas)

Para la formulación de los sub modelos desarrollados se han utilizado la zonificación agregada de 160 macro zonas de tránsito, para luego aplicarlos en forma desagregada a las 559 zonas establecidas para el estudio.

Gráfico N° 14. Modelo de 4 etapas



Modelo de Generación de Viajes

El modelo matemático es capaz de pronosticar con cierto grado de confianza el número de viajes generados según la unidad de análisis considerada: población, empleo, plazas escolares,

número de vehículos. Los modelos utilizados serán de tipo lineal con la siguiente formulación:

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

Donde:

- **O_i** Número de viajes con origen en la zona i
- **V_i¹** Variable socioeconómica de la zona i
- **a,b,c,n** Parámetros de ajuste

A continuación, se presenta el modelo y estadísticos obtenidos para la hora punta de la mañana (HPM): Modelos de HPM

Tabla N° 11. Modelo de Generación de Viajes

Variable	Coefficiente	T estadístico	R2
Población	0.0846	15.1	0.84
Vehículos	0.6431	8.17	

Modelo de Atracción de Viajes

El modelo matemático 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:

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

Donde:

- **D_j** Número de viajes con destino en la zona j
- **V_j¹** Variable socioeconómica de la zona i
- **a,b,c,n** Parámetros de ajuste

A continuación, se presenta el modelo y estadísticos obtenidos para la hora punta de la mañana (HPM):

Tabla N° 12. Modelo de Atracción de Viajes

Variable	Coefficiente	T estadístico	R2
Empleo	0.1679	8.49	0.75
Plazas Escolares	0.1702	5.31	

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.

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 adoptaran 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

Modelo de Reparto Modal

La formulación tipo adoptada es la siguiente:

$$Ratio = a + (b * R^1) + (c * R^2) + \dots + (n * R^n)$$

Donde:

- **Ratio** Variable a estimar
- **R1** Variables explicativas
- **a,b,c,n** Parámetros de ajuste

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.

A continuación se presentan los modelos obtenidos en los períodos de análisis, así como sus estadísticos:

Tabla N° 13. Modelo de Reparto Modal HPM

Modelo	Variable	Coef.	T estadístico	R2
Ratio Transp. Privado	Ratio Veh. Origen	0.5024	11.13	0.58
	Ratio Tiempo	0.308	19.52	
Ratio Transp. Público	Ratio Tiempo	0.307	14.33	0.83
	Ratio Coste	0.0619	1.52	

A continuación, se presentan los modelos obtenidos en los períodos de análisis, así como sus estadísticos:

Tabla N° 14. Modelo de Distribución de Viajes HPM

Variable	Coefficiente	T estadístico	R2
Origen	0.4284	33.87	0.94
Destino	0.4471	37.61	
Coste Generalizado	- 0.8917	- 47.83	

Calibración de la situación actual

Metodología

Procedimiento de Select Link

El detalle de este proceso se puede resumir en los siguientes pasos:

- Se asigna primeramente la matriz de partida, obteniendo en el proceso los denominados “select link” de todos los arcos donde se cuenta con un punto de aforo. Este “select link” obtiene las matrices origen-destino de todos los movimientos que pasen por el arco seleccionado.
- Estas matrices parciales se modifican en función del aforo en aquellos casos donde se producen distorsiones en el comportamiento del modelo frente a la realidad, obteniendo matrices ajustadas para los tráficos de este conjunto de arcos.
- La matriz de asignación es ajustada mediante un proceso donde se sustituyen las matrices parciales iniciales por las ajustadas.
- La matriz resultante se vuelve a asignar y contrastar con los aforos haciendo un proceso de ajuste iterativo hasta obtener una matriz final que reproduce de forma satisfactoria los puntos de aforo de contraste.

Cabe destacar que los aforos de referencia para estos ajustes son los procedentes del trabajo de campo de aforos y ocupación visual que se realizaron en el presente estudio.

Procedimiento de Asignación

La asignación y calibrado de la red tiene como principal objetivo la obtención de un modelo de la red de transporte lo más ajustado posible a la realidad, caracterizándose por un comportamiento funcional adecuado y libre de errores que se ajuste a los aforos de tráfico.

El procedimiento de asignación adoptado presenta las siguientes características y esquema de funcionamiento:

- Inicialmente se asigna la red de transporte público utilizando el Método de Equilibrio de Usuario Estocástico (SUE). Este método es iterativo, el método de asignación de equilibrio probabilístico, el cual toma en cuenta la capacidad de los servicios de transporte público y el efecto de la congestión en el vehículo y demora en tiempo de los viajeros.
- El método SUE distribuye el flujo de vehículos entre un origen y destino al camino más rápido, y otras alternativas de camino como función de los costos generalizados de los caminos. El flujo será limitado si hay congestión dentro del vehículo o falta de capacidad en la ruta.
- El método que asume 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 otros métodos, porque el SUE permite el uso de rutas más atractivas y la menos atractiva. Rutas menos atractivas serán menos utilizados en este método. Para converger y calcular el equilibrio se utiliza el método de promedios sucesivos y necesita muchas iteraciones.

Parámetro de Comparación: 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 es una fórmula utilizada en la ingeniería de tráfico, la previsión del tráfico y la modelización del tráfico para comparar dos conjuntos de volúmenes de tráfico. El estadístico GEH es aceptado por la mayoría de los consultores como un

indicador de calibración sobre la red; en otras palabras, es usado para comparar los volúmenes de tráfico obtenidos del modelo con los volúmenes de tráfico reales. Su formulación es:

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

Dónde:

- C_i es el dato observado
- A_i es el dato asignado por el modelo en el enlace i .

Los rangos de GEH son interpretados de la siguiente manera:

- $GEH < 5$ → la calibración es buena
- $5 < GEH < 7$ → la calibración es aceptable
- $7 < GEH < 10$ → la calibración es aceptable pero es necesario realizar algunos ajustes al modelo.
- $GEH > 10$ → la calibración no es aceptable

Para ajustar el modelo, se realizaron encuestas Origen Destino a 680 personas en relación al tamaño de muestra determinado de 656, las mismas que se realizaron en cada una de las 20 estaciones propuestas para el Tranvía, encuestándose a 34 personas por estación.

Figura N° 28. Encuesta origen destino, Jr. De la Unión



Figura N° 29. Encuesta origen destino, Av. Tacna



Figura N° 30. Encuesta origen destino, Mercado Central

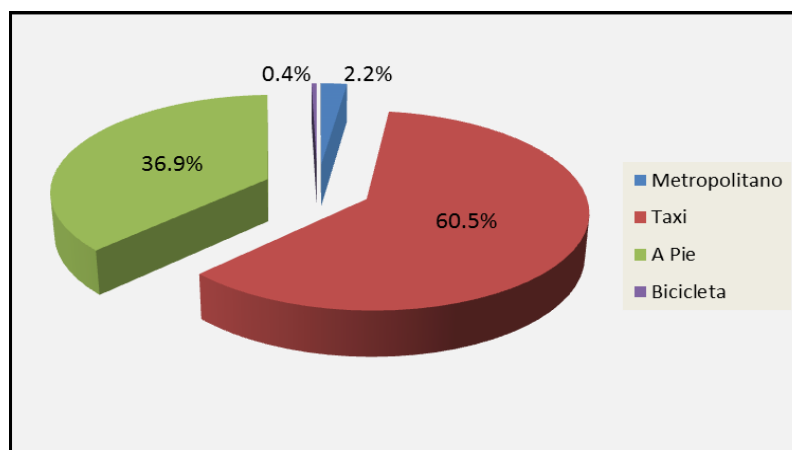


Fuente: Elaboración Propia

Partición modal

De acuerdo a los resultados de las encuestas, se observa que la mayoría de las personas para movilizarse en el entorno de la ruta del Tranvía propuesto, lo realizan en taxi 60.5% mientras que el 36.9% lo realiza a Pie, asimismo el 2.2% lo realiza en el Metropolitano y el 0.4% en Bicicleta.

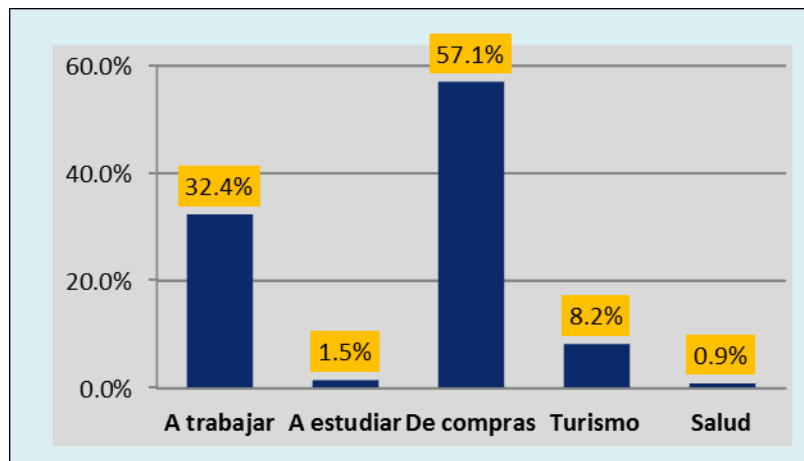
Modos	Total	%
Metropolitano	15	2.2
Taxi	410	60.5
A Pie	250	36.9
Bicicleta	5	0.4
Total	67	100



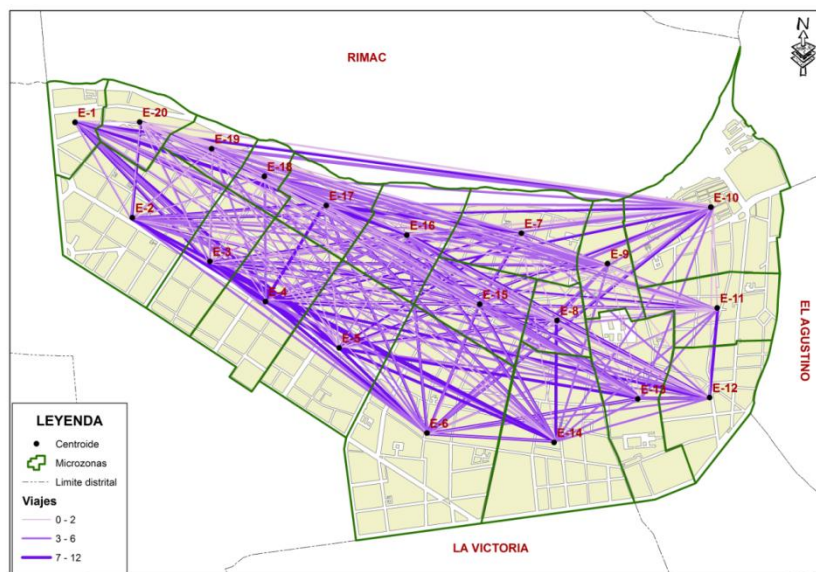
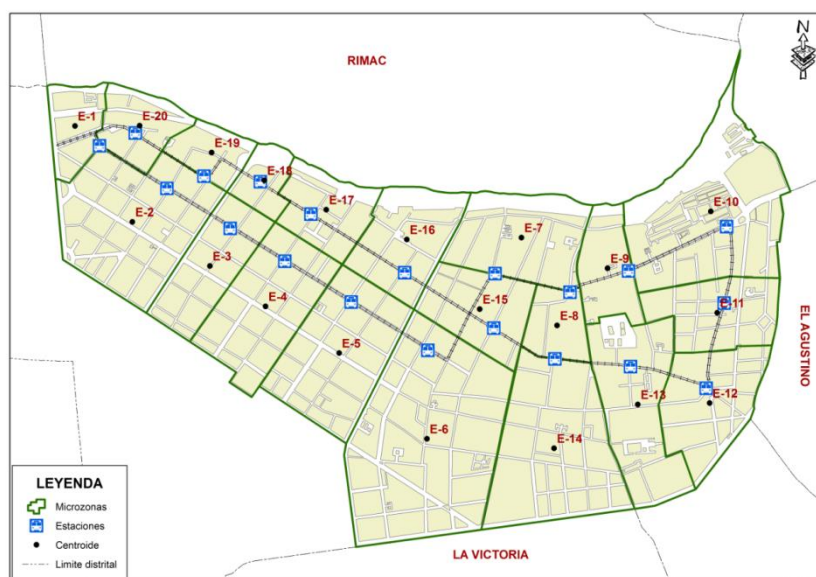
Deseos de viajes

Asimismo, la mayoría de los entrevistados indicaron que los viajes que realizan son generalmente por motivo de compras (57.1%) y por motivo de trabajo (32.4%). El primero en razón que existen centros generadores de tránsito como centros comerciales, el Mercado Central entre otras tiendas; mientras que el segundo es debido que el Centro Histórico de Lima congrega sistemas de transporte masivo y es una zona para intercambio de viajes.

Motivos de Viaje	Total	%
A trabajar	220	32.4%
A estudiar	10	1.5%
De compras	388	57.1%
Turismo	56	8.2%
Salud	6	0.9%
Total	680	100%



Líneas de deseo



Fuente: Elaboración Propia

MODELACIÓN Y ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LIMA CON RESTRICCIONES DE TRÁFICO E IMPACTO EN LA MOVILIDAD

Por otro lado, las encuestas origen destino arrojaron la siguiente matriz, la cual permitirá ajustar el modelo existente de la Línea del Tranvía en el Centro Histórico.

Tabla N° 15. Matriz Origen destino en el área del Tranvía propuesto

	D	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
O		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E1	1	0	6	6	6	6	9	9	0	3	3	0	9	6	9	3	6	6	3	6	0
E2	2	6	0	6	6	6	9	9	0	3	0	0	9	6	9	3	6	6	3	3	0
E3	3	6	6	0	6	6	9	9	0	3	3	0	9	6	9	6	6	9	3	6	0
E4	4	6	6	6	0	9	12	12	0	3	3	0	9	9	9	6	6	9	3	6	0
E5	5	6	6	6	9	0	12	12	0	3	3	0	9	9	9	6	6	9	3	6	0
E6	6	9	9	9	12	12	0	12	0	3	3	0	9	9	9	6	6	9	3	6	0
E7	7	9	9	9	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E9	9	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	3	3	0	3	3	0	0	0
E10	10	3	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
E11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E12	12	9	9	9	9	9	9	0	0	3	3	0	0	6	9	3	6	6	3	6	0
E13	13	6	6	6	9	9	9	0	0	3	0	0	6	0	6	3	6	6	3	3	0
E14	14	9	9	9	9	9	9	0	0	3	3	0	9	6	0	3	6	9	3	6	0
E15	15	3	3	6	6	6	6	0	0	0	0	0	3	3	3	0	3	3	0	3	0
E16	16	6	6	6	6	6	6	0	0	3	0	0	6	6	6	3	0	9	3	6	0
E17	17	6	6	9	9	9	9	0	0	3	0	0	6	6	9	3	9	0	3	6	0
E18	18	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	3	3	0	3	3	0	3	0
E19	19	6	3	6	6	6	6	0	0	0	0	0	6	3	6	3	6	6	3	0	0
E20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ID	AB_Flow	BA_Flow	TOT_Flow	AB_Time	BA_Time	MAX_Time	AB_voc	BA_voc	MAX_voc	AB_speed	BA_speed
1	443.4727	1003.8668	1447.3395	0.0700	0.2343	0.2343	0.3696	0.9125	0.9125	40.1179	11.9923
2	932.6043	783.4319	1716.0361	0.3946	0.2470	0.3946	0.8325	0.6746	0.8325	15.0169	23.9556
3	411.2217		411.2217	0.3482		0.3482	0.5500		0.5500	19.0601	
5	976.2852	637.4258	1613.7111	0.6193	0.3094	0.6193	0.8814	0.6382	0.8814	12.3184	24.6588
6	1290.7622	2234.4795	3525.2417	1.9890	6.8781	6.8781	1.5652	2.3375	2.3375	2.5171	0.7279
7	1014.3498	603.5586	1617.9085	4.6835	2.3458	4.6835	0.8671	0.5583	0.8671	14.9215	29.7912
8	808.8627	554.7959	1363.6587	0.7240	0.4485	0.7240	1.1847	0.9644	1.1847	6.3010	10.1729
13	585.0562	427.1970	992.2531	2.1339	1.7010	2.1339	0.6727	0.5086	0.6727	16.1648	19.5789
14	381.2428	582.0606	963.3033	2.6458	4.0034	4.0034	0.5996	0.7631	0.7631	26.7764	17.6958
15	225.6447	186.7559	412.4006	1.4021	1.4021	1.4021	0.0226	0.0187	0.0226	4.0000	4.0000
18	273.8090	204.6695	478.4785	2.8045	2.8045	2.8045	0.0274	0.0205	0.0274	4.0000	4.0000
20	328.0885	491.0518	819.1402	3.6394	4.7676	4.7676	0.4622	0.7069	0.7069	20.3541	15.5373
21	352.8782	500.3713	853.2494	2.0882	2.6361	2.6361	0.7220	0.7220	0.7220	24.8904	19.7165
23	897.7283	552.6246	1450.3529	2.1789	1.0031	2.1789	1.1387	0.8479	1.1387	6.5024	14.1238
24	608.5760	913.2835	1521.8594	0.3232	0.7063	0.7063	0.9123	1.3385	1.3385	16.4878	7.5449
25	172.6999	23.0374	195.7373	0.3387	0.3263	0.3387	0.2056	0.0274	0.2056	24.0805	24.9916
26	740.5836	585.5386	1326.1221	0.4029	0.2480	0.4029	1.1596	0.8883	1.1596	10.5575	17.1545
27	993.1488	460.2743	1453.4230	0.2062	0.0644	0.2062	1.4279	0.7545	1.4279	6.4673	20.7026
28	0.0000	0.0000	0.0000	0.6258	0.6258	0.6258	0.0000	0.0000	0.0000	25.0000	25.0000
29	630.8368	993.1488	1689.9856	2.6258	5.8633	5.8633	0.9947	1.4279	1.4279	14.4414	6.4673
30	0.0000	230.5626	230.5626	4.3015	4.3015	4.3015	0.0000	0.0231	0.0231	4.0000	4.0000
31	275.1098	495.7548	770.8646	0.6556	0.8514	0.8514	0.3312	0.5902	0.5902	22.6577	17.4481
32	716.5899	439.7624	1156.3522	4.8375	2.3428	4.8375	1.3826	0.9889	1.3826	6.9976	14.4488
33	207.2292	263.4118	470.6410	0.3932	0.5044	0.5044	0.7434	0.9105	0.9105	20.8709	16.2690
34	9.5309	37.8459	47.3768	0.5874	0.5889	0.5889	0.0858	0.0858	0.0858	24.9530	24.8955
35	713.5226	408.3801	1121.9027	0.5898	0.2736	0.5898	1.4150	0.9886	1.4150	6.6151	14.2590
36	433.7624	716.5899	1150.3522	0.3958	0.8172	0.8172	0.9889	1.3826	1.3826	14.4488	6.9976
37	303.2382	283.2633	586.5014	2.5729	2.2467	2.5729	0.7925	0.7416	0.7925	16.5157	18.9136
38	354.2596	195.8836	550.1433	2.9262	2.8641	2.9262	0.8883	0.8717	0.8883	17.2226	17.5962
39	449.7357	488.5268	938.2625	1.0819	1.0956	1.0956	0.4324	0.4423	0.4423	36.7500	36.2921
40	85.4472	209.4644	294.9115	1.6007	1.6812	1.6812	0.5724	0.6240	0.6240	25.3289	24.1164
41	0.3082	0.1775	0.4857	10.0850	10.0850	10.0850	0.0000	0.0000	0.0000	4.0000	4.0000
42	180.6364		180.6364	0.2322		0.2322	0.4405		0.4405	36.3265	
44	650.1303	378.0384	1028.1687	1.5160	1.0936	1.5160	0.5630	0.3527	0.5630	29.1195	40.3665
45	317.7018	489.9897	807.6915	0.9407	1.0873	1.0873	0.2930	0.4266	0.4266	42.6114	36.8660
46	82.4779	150.8173	233.2952	5.0758	5.0758	5.0758	0.0082	0.0151	0.0151	4.0000	4.0000
47	186.7784	80.5676	247.3460	3.3487	9.3487	3.3487	0.0167	0.0081	0.0167	4.0000	4.0000
48	208.3521	159.6494	368.0014	1.1434	1.2856	1.2856	0.7320	0.8250	0.8250	21.1594	21.1594
49	350.7322	581.0301	931.7623	0.1690	0.2418	0.2418	0.4436	0.7545	0.7545	20.8782	24.8493
51	83.3157	348.7913	432.1070	0.8664	1.0137	1.0137	0.0932	0.4152	0.4152	24.8493	24.8493
52	169.3225	129.9357	299.2582	1.5657	1.4441	1.5657	0.5095	0.3471	0.5095	26.6764	28.9210
53	119.5267	206.9537	326.4804	0.7408	0.7548	0.7548	0.3065	0.3658	0.3658	29.2712	28.7264

Asimismo, se efectuaron conteos vehiculares y peatonales con la finalidad de ajustar el modelo, para tal fin se definieron 12 puntos de aforo vehicular y 6 puntos de conteo peatonal en lugares estratégicos a fin que permitan levantar la información requerida para ser ingresada al modelo.

Figura N° 31. Ubicación de conteo vehicular

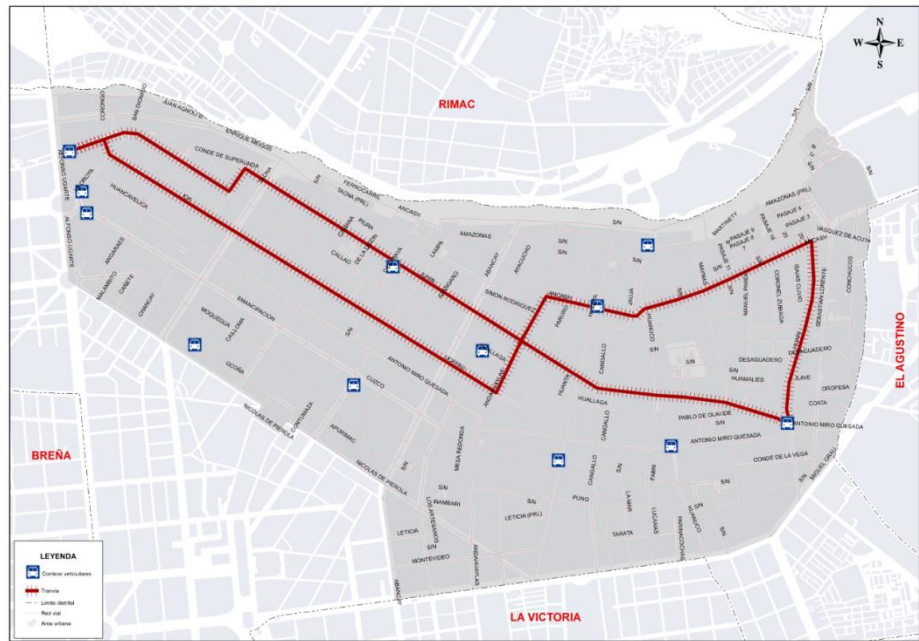
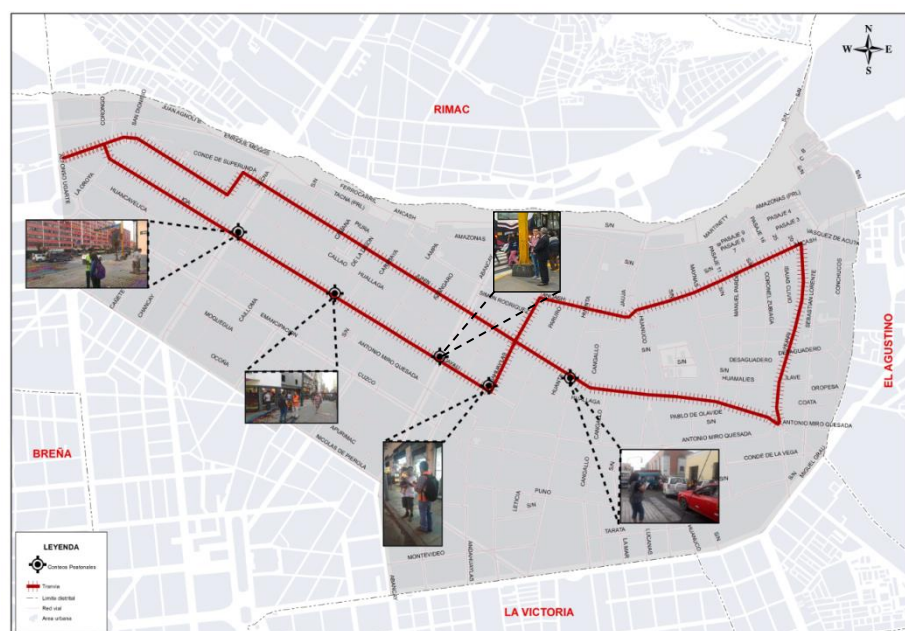
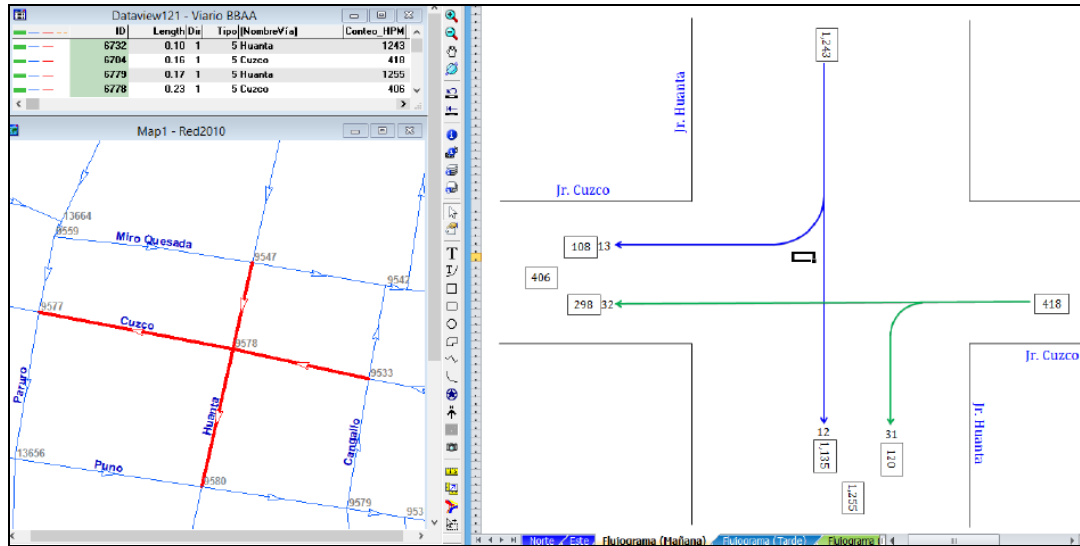


Figura N° 32. Ubicación de conteo peatonal



Los datos se ingresan en el Transcad para ajustar el modelo con los datos levantados en campo:

Figura N° 33. Ingreso de datos al Transcad en base a flujos de campo



Fuente: Elaboración Propia

Resultados de Calibración

Para realizar el ajuste se tomó en consideración los conteos realizados en los puntos señalados. El proceso de calibración siguió el proceso iterativo descrito en ítems anteriores, para los flujos totales, con lo que se obtienen los siguientes datos de demanda.

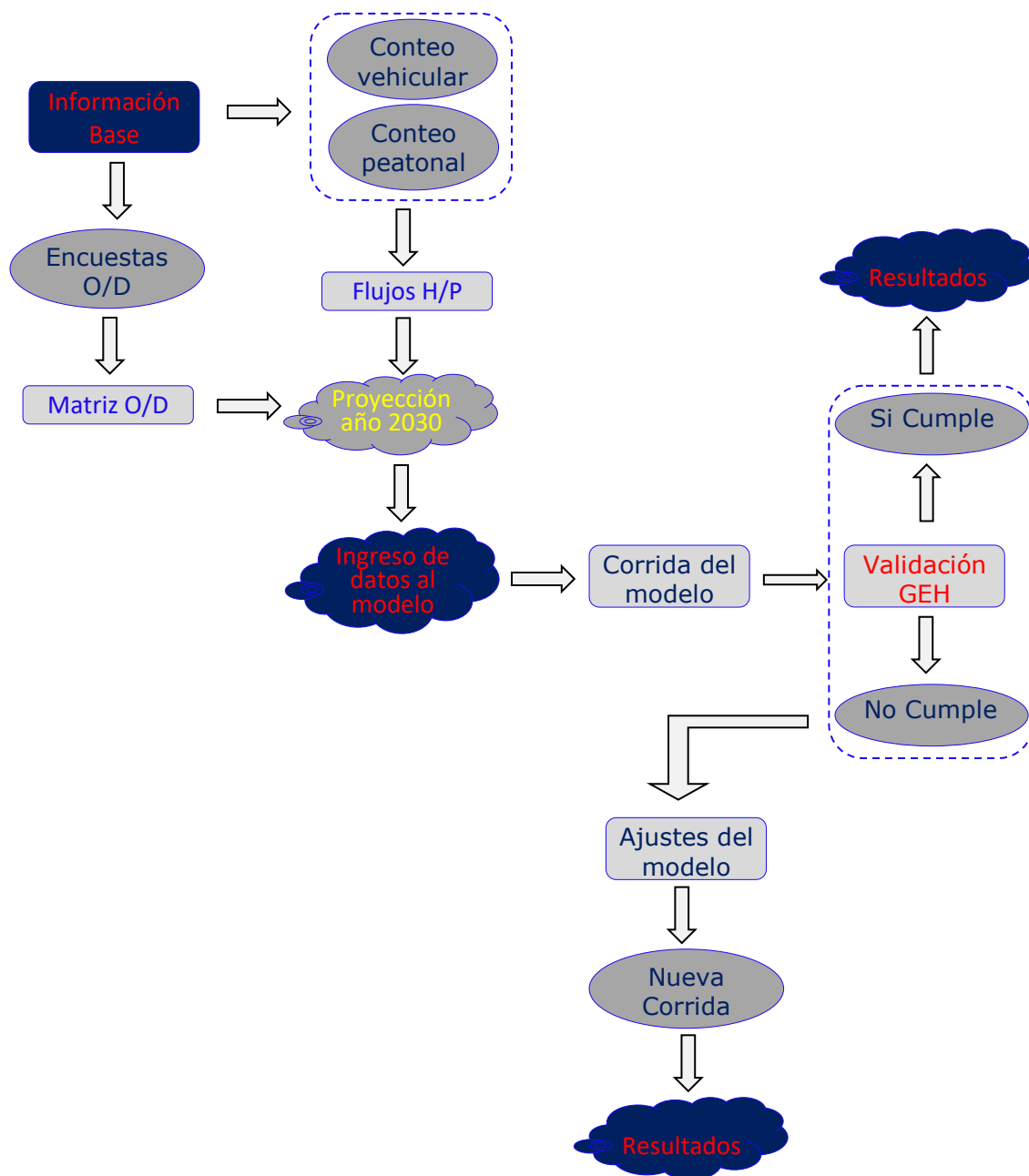
Tabla N° 16. Resultados de la Calibración

Matriz	Conteos	Modelo	GEH
Privado	39686	38634	5.32
Público	5342	5384	2.14

Como se observa en la tabla, los GEH obtenidos en cada punto están debajo de 7, lo cual es bastante aceptable según las condiciones mencionadas. Esto significa que, tras el proceso de calibración, los datos obtenidos del modelo se aproximan a los resultados obtenidos en campo, por lo que el modelo reproduce

adecuadamente las condiciones de movilidad en el área de la propuesta del tranvía.

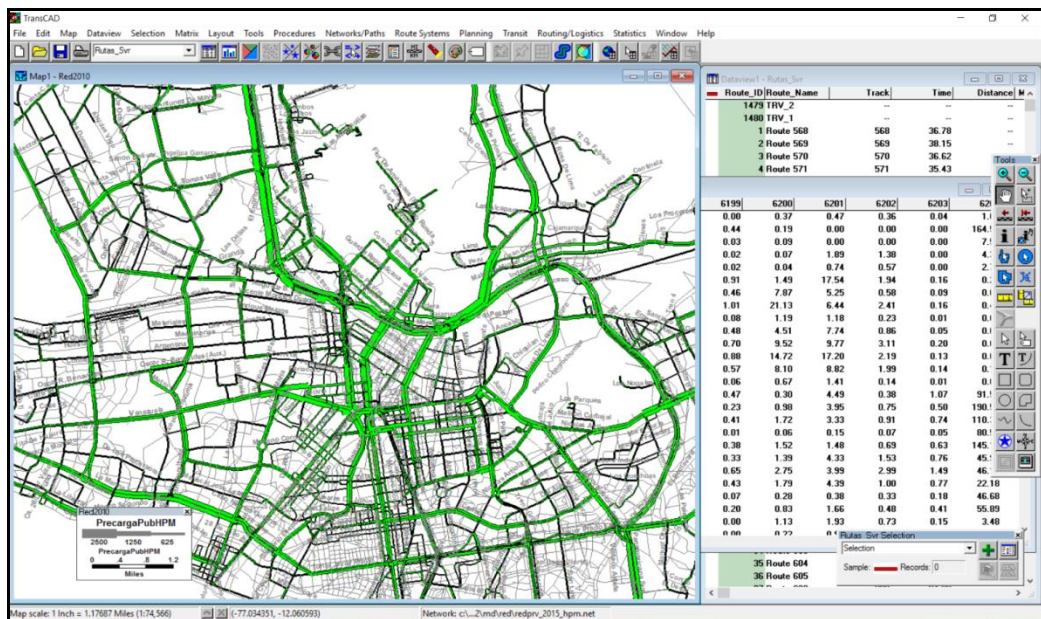
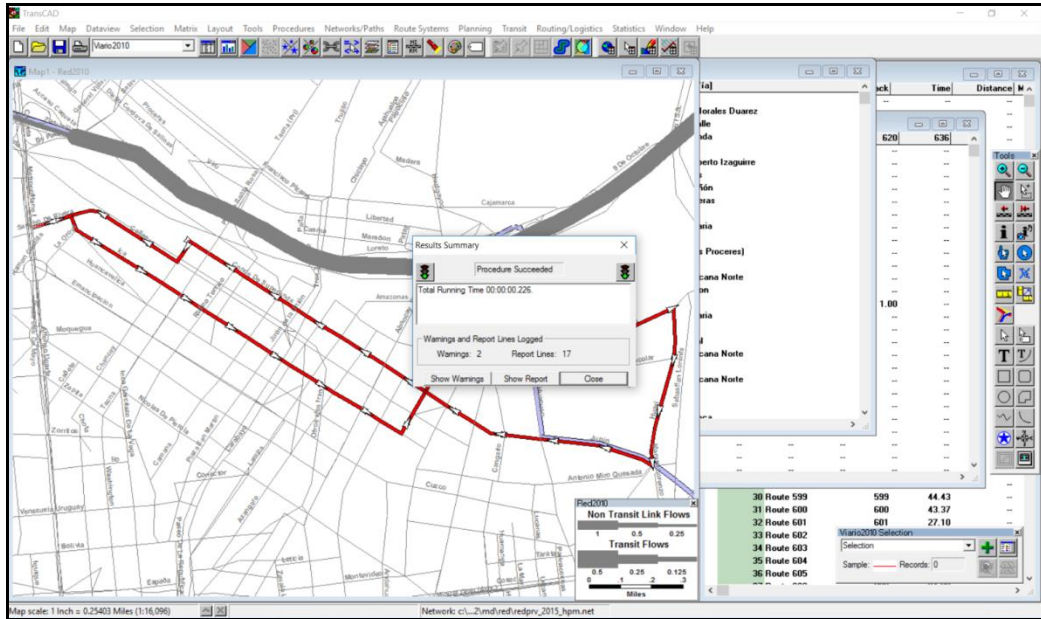
Gráfico N° 15. Estructura utilizada para la calibración del modelo



Resultados de la modelación

El modelo se corrió con un horizonte de evaluación al año 2030¹, los cuales determinaron la demanda de viajes para cada una de las 20 estaciones propuestas, en la Tabla N° 20 se detallan tales resultados.

Gráfico N° 16. Corrida del modelo para obtener los resultados



¹ El horizonte de evaluación 2030, se determinó a razón que en tal año estarían operando las seis Líneas del Metro, el Metropolitano y los Corredores Complementarios.

Tabla N° 17. Resultados del modelo, demanda de estaciones hora punta de la mañana y tarde – proyección año 2030

TRANVIA - Demanda Pasajeros - Hora Pico								
Sentido	N°	Estación	Mañana (8:30-9:30)		Tarde (18:30-19:30)		Mañana	Tarde
			Sube	Baja	Sube	Baja	Carga	Carga
IDA	E1	La Oroya	56	-	15	-	56	15
	E2	Cañete	9	-	12	-	65	27
	E3	Tacna	65	15	55	-	115	82
	E4	Jr. De La Unión	37	46	83	23	106	142
	E5	Azángaro	22	15	22	14	113	150
	E6	Mercado Central	85	63	62	30	135	182
	E7	Ancash	18	25	12	35	128	159
	E8	Huánuco	15	17	16	18	126	157
	E9	Maynas	16	36	13	25	106	145
	E10	Huari	45	32	38	55	119	128
	E11	Desaguadero	9	11	25	12	117	141
VUELTA	E12	Miroquesada	236	92	53	98	261	96
	E13	Quinta Heeren	15	13	12	15	263	93
	E14	Cangallo	18	49	15	26	232	82
	E15	Paruro	23	77	54	28	178	108
	E16	Abancay	55	103	65	76	130	97
	E17	Camana	15	61	14	35	84	76
	E18	Tacna	78	137	40	87	25	29
	E19	Cañete	12	18	12	22	19	19
	E20	Taya Caja	-	19	-	19	-	-
Sub total demanda hora -sentido			829	829	618	618	263	182

De acuerdo a los resultados de la modelación se puede observar que las estaciones que presentan mayor demanda en horas pico son las siguientes:

- Jr. De La Unión
- Mercado Central
- Miroquesada
- Tacna

Para el diseño de la infraestructura de las estaciones se deberá considerar la demanda (ver Tabla N°20), a fin que su capacidad atienda a los usuarios que accederán a cada una de ellas.

e) Accesibilidad peatonal a las estaciones

Las estaciones tendrán un diseño arquitectónico que encaje con el Centro Histórico de Lima, estarán ubicadas a nivel de calzada.

4.1.8.2. Diseño operacional

a) Dimensionamiento del Tranvía (número de vagones)

De acuerdo a los resultados del modelo, en el recorrido de la ruta propuesta del tranvía se tiene una máxima demanda de viajes en hora punta de **829 viajes**, los cuales deben de ser atendidos.

Por otro lado, los resultados del Software de trayectorias (Autoturn) indican que, para las condiciones geométricas existentes de la ruta propuesta, un tranvía de **dos vagones** no tendría problemas en su operación, toda vez que los radios de giro de la infraestructura facilita las maniobras de un **tranvía de 24 metros** de longitud cuya capacidad bordea los 200 pasajeros. Para atender a una demanda máxima hora sentido de 829 viajes, bastará con **cinco tranvías (05)**; sin embargo, se deberá considerar uno adicional que sirva como reten.

b) Velocidad de diseño

La propuesta de la presente investigación de implementar un tranvía y no otro modo de transporte en el Centro Histórico de Lima, es en razón a que se busca la convivencia entre el sistema de transporte a implementar con los peatones y modos no motorizados. En ese sentido para garantizar la seguridad de los peatones en la convivencia con el tranvía se propone una **velocidad de operación de 30Km/h.**, toda vez que está demostrado que de generarse accidentes con tal velocidad los daños son leves.

c) Frecuencia de paso

La ruta propuesta del tranvía tiene una longitud de 8.2 kilómetros a la velocidad de 30Km/h el tranvía lo puede recorrer en 17 minutos, sin embargo, a este tiempo se le debe adicionar las demoras generadas por los semáforos y por detenciones en los paraderos, tales demoras se estimaron de 15 min, además se considera 3 minutos de holgura por los cambios de velocidad en la operación (aceleraciones y desaceleraciones). En ese sentido, se prevé que el tiempo de viaje del tranvía sea de 35 minutos.

Para atender la demanda de usuarios del tranvía a una velocidad de operación de 30km/h, se considera razonable una frecuencia de paso de 7 minutos en la hora punta, mientras que en la hora valle una frecuencia de 10 minutos; toda vez que de acuerdo a los resultados de la modelación se observó que en esos minutos las estaciones tienen como mínimo 5 pasajeros.

4.1.8.3. Propuestas complementarias

a) Plan de movilidad en el Centro Histórico de Lima

El presente Plan de Movilidad pretende incentivar el uso de medios de transporte no motorizados para apoyar la implementación de un modelo de movilidad más respetuoso del ambiente y del peatón.

Tabla N° 18. Estructuración del Plan de Movilidad

Plan	SubPlan	Actuación
Movilidad	Promoción de la Movilidad Peatonal	▪ Implementación de ejes peatonales
		▪ Adecuación de Andenes
		▪ Mejoramiento de la accesibilidad para personas con movilidad reducida
	Promoción de medios de transporte no motorizado	▪ Implementación de ciclorutas
		▪ Implementación de bicicletas públicas
	Gestión del tráfico	▪ Plan de manejo de tráfico

b) Promoción de la movilidad peatonal

La promoción de la movilidad peatonal es uno de los aspectos más importantes para tener en cuenta en la elaboración de un plan de movilidad.

Al promocionar la movilidad peatonal se busca definir unas acciones que permitan incentivar el caminar como forma de movilidad alternativa a los demás modos de desplazamiento convencionales.

Es importante precisar que las actuaciones presentadas a continuación se elaboraron con la intención de fomentar una movilidad de tipo peatonal con énfasis particular en el área del Centro Histórico de Lima

c) Implementación de ejes peatonales

Estas acciones, que se deben desarrollar por etapas, permitirán un progresivo mejoramiento de las condiciones ambientales del centro, y un cambio paulatino de tendencia en su movilidad hacia la preferencia del peatón.

Para favorecer un cambio de tendencia hacia un fortalecimiento de la movilidad peatonal en el centro es importante definir un sistema de corredores con uso principalmente peatonal. A tal respecto se sugiere la peatonalización de unos ejes del centro que, de acuerdo con lo que se evidenció en fase de diagnóstico, presentan un alto flujo peatonal de paso y de estancia.

d) Adecuación de andenes en el Centro Histórico de Lima

Esta acción es muy importante bajo la óptica de complementar la red de vías peatonales, puesto que garantiza un desplazamiento del peatón seguro y continuo también en esos tramos viales, que se caracterizan por priorizar una circulación

de tipo vehicular. Al lograrlo, se completará la conformación de una red peatonal articulada y continua con cubrimiento total del área del centro para un mayor flujo peatonal.

Las acciones propuestas buscan redefinir la sección pública de algunas vías del centro que, por su ubicación y estado, ameritan potenciar su carácter peatonal. Para lograrlo se recomienda reducir la sección vehicular existente en favor de una ampliación de la franja peatonal.

e) Mejoramiento de la accesibilidad para las personas con movilidad reducida

La infraestructura peatonal debe facilitar la movilidad peatonal, para ello es necesario que su diseño cumpla con los parámetros mínimos para dar confort a los desplazamientos, principalmente a los peatones con movilidad reducida.

La adecuación del diseño y el tratamiento de la accesibilidad peatonal se deben de efectuar especialmente en intersecciones, toda vez que es donde se concentra el mayor flujo de peatones, los criterios de diseño deben de priorizar la seguridad de los peatones, de acuerdo a las características operacionales de las vías que la conforman (flujo vehicular, flujo peatonal, velocidad máxima, entre otros), para el caso específico del área del Centro Histórico de Lima, las vías tienen un límite máximo de velocidad de 40km/h y el flujo peatonal es considerable, para lo cual se debe de evaluar la posibilidad de elevar el área de la intersección a nivel de calzada en algunas intersecciones para dar facilidad a la movilidad peatonal, mientras que en las demás se debe de adecuar el diseño de las rampas peatonales considerando pendientes inferiores al 12% y que el ancho de estas sean de igual que el crucero peatonal.

f) Promoción de medios de transporte no motorizado

El Damero de Pizarro debería de tener un tratamiento especial por el valor monumental y arquitectónico que tiene, por lo cual se debe de buscar incentivar el uso de modos de transporte alternativos amigables con el medio ambiente como es el caso de las bicicletas, las cuales pueden convivir con los peatones.

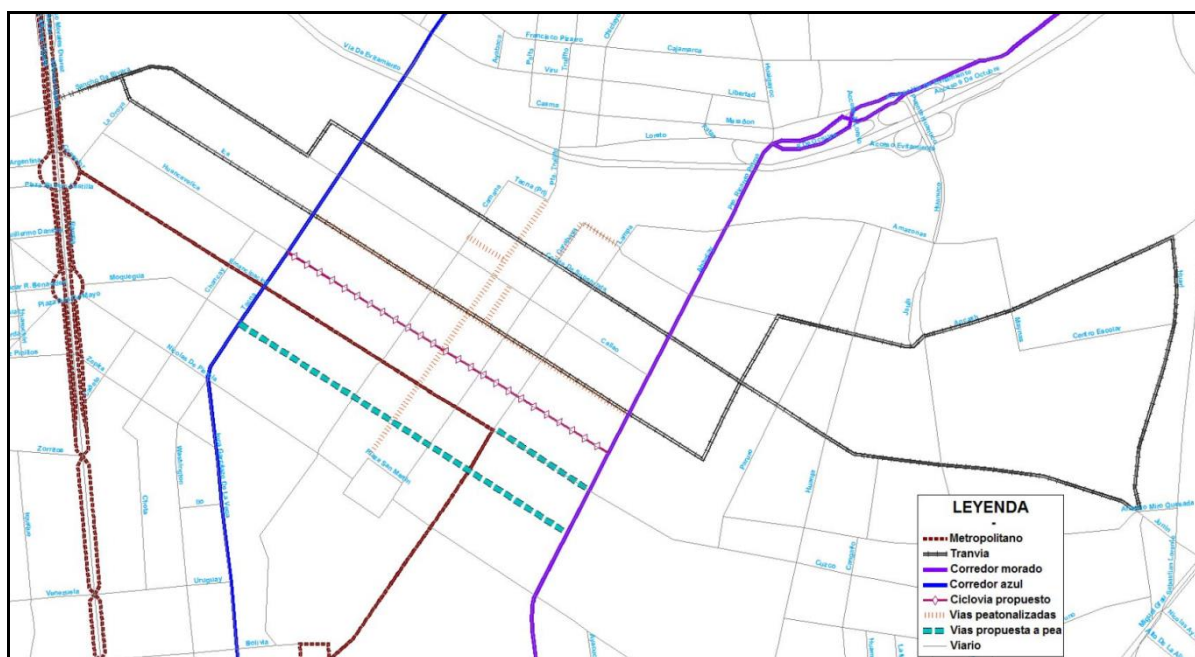
g) Implementación de ciclorutas

Se debe de definir rutas para la circulación de bicicletas las cuales deben de diseñarse con el propósito de atender una demanda de viajes que actualmente no está siendo atendida por el transporte público, es decir se puede conectar a través de ciclorutas transversales los ejes viales de la Av. Tacna con la Av. Abancay y viceversa.

h) Implementación de bicicletas públicas

Con las ciclorutas definidas se debe de establecer un sistema de bicicletas públicas el cual debe de estar liderado por el área del Proyecto Especial Metropolitano de Transporte No Motorizado de la Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad de Lima, el cual consistirá en el préstamo de bicicletas para movilizarse dentro del Área del Damero de Pizarro.

Gráfico N° 17. Intervenciones complementarias a la propuesta del Tranvía.



Se propone peatonalizar los jirones Moquegua, Puno y Cuzco en los tramos que se muestran en la imagen anterior, a fin de conectar a través de una infraestructura exclusiva para peatones el flujo peatonal que transcurre por la Av. Tacna con el área del mercado central.

Por otro lado, se propone implementar una ciclovia sobre los jirones Huancavelica y Antonio Miroquesada con el objeto de ser una alternativa de transporte que permita la conexión de los viajes del eje vial Av. Tacna con el eje vial Av. Abancay, para tal implementación será necesario eliminar uno de los dos carriles de los citados jirones, sobre la cual deberá construirse la infraestructura ciclista. Para garantizar la sustentabilidad y sostenibilidad de la propuesta se deberá gestionar para implementar un sistema de bicicletas públicas.

i) Plan de Manejo de tráfico

Desarrollar un Plan de manejo de tráfico sobre el Damero de Pizarro con políticas de movilidad urbana, con la finalidad de recuperar el espacio público para el peatón, mejorar las condiciones para la movilidad segura, eficiente de las personas en especial de niños, niñas, adultos mayores y personas con discapacidad.

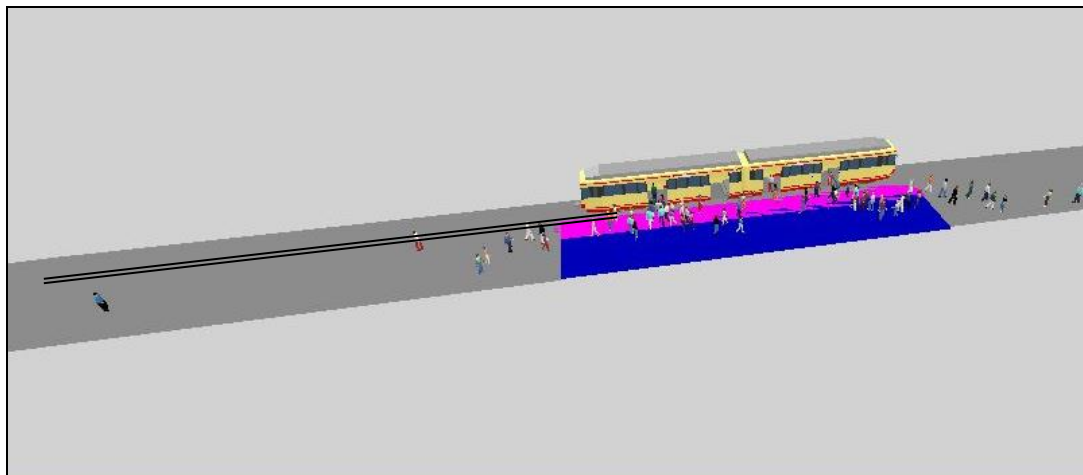
4.1.9. Modelación de la propuesta con el Software VISSIM 7

Para conocer las condiciones de operación del tranvía, se simuló la estación con mayor demanda en hora punta, en el Software Vissim versión 7, para ello se ingresaron los parámetros de operación definidos anteriormente como la velocidad de operación, frecuencia, demanda, entre otros.

Los resultados de la modelación arrojaron la necesidad que, con 5 tranvías operando en la vialidad, cuya operación se realice con una frecuencia de 7 minutos se atenderá la demanda de viajes de la Estación Mercado Central (estación crítica) con niveles de atención aceptable.



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En el gráfico N° 18 se muestran los niveles de servicio del escenario 2030 sin proyecto, así como del escenario 2030 con proyecto, en el primero se describe la configuración vial y modos de transportes existentes, mientras que el segundo muestra la configuración vial con las intervenciones proyectadas; de la comparación de estos se concluye que el dinamismo vial (niveles de servicio) mejora con la puesta en marcha del Tranvía y con las intervenciones complementarias proyectadas en la presente investigación.

Gráfico N° 18. Niveles de servicio de las vías del Centro Histórico de Lima – año 2030, escenario sin proyecto vs escenario con proyecto

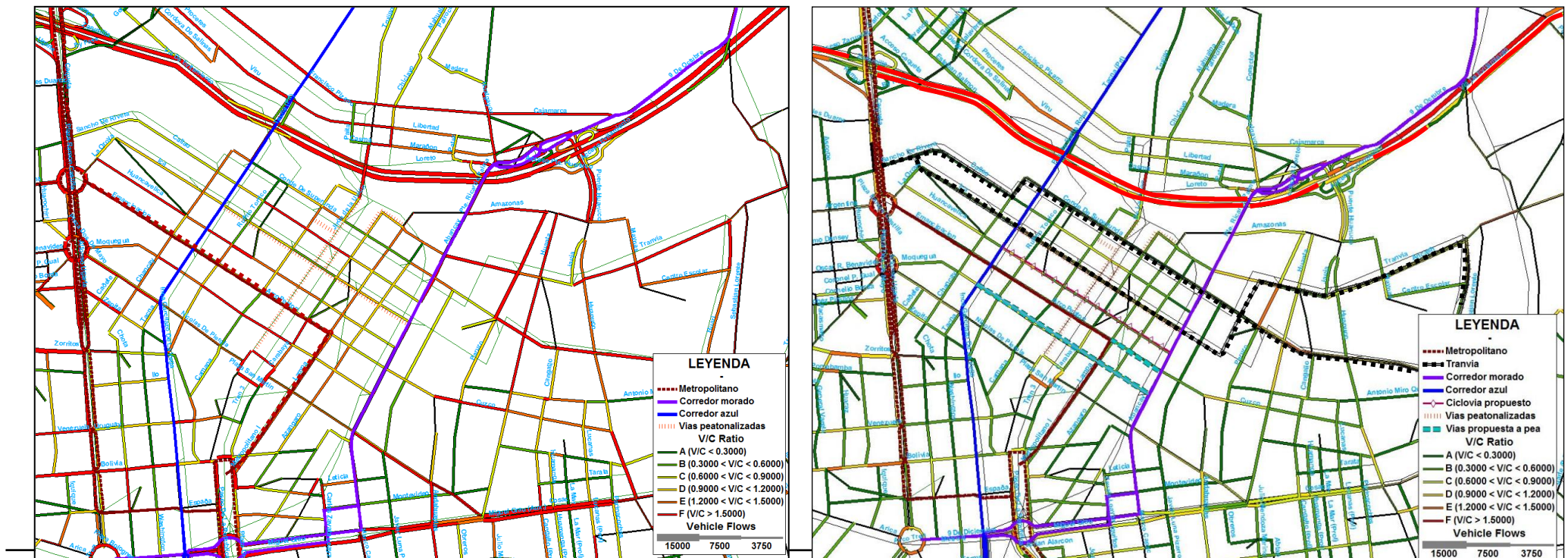


Tabla N° 19. Niveles de servicio comparativo de las principales vías- año 2030

N°	Nombre de Vía	Sin Proyecto		Con Proyecto	
		V/C	Servicio	V/C	Servicio
1	Abancay	2.4400	F	2.0008	F
2	Ancash	1.8132	F	1.146	D
3	Antonio Miro Quesada	2.2178	F	1.0733	D
4	Bolivia	1.6185	F	1.536	F
5	Camana	1.4338	E	0.943	D
6	Carabaya	1.7802	F	1.146	D
7	Chancay	1.4305	E	0.6495	C
8	Cuzco	0.8573	C	0.000	A
9	Emancipación	1.1215	E	0.9408	D
10	Huancavelica	2.3918	F	1.7867	F
11	Huanta	2.2747	F	1.2665	F
12	Huánuco	2.5872	F	2.3395	F
13	Ica	1.0323	D	0.9643	D
14	Inca Garcilaso De La Vega	1.9588	F	1.7552	F
15	Junín	2.3745	F	1.4907	E
16	La Oroya	1.0125	D	0.886	C
17	Moquegua	1.4167	E	0.000	A
18	Nicolas De Piérola	2.402	F	1.809	F
19	Paruro	3.248	F	1.9813	F
20	Plaza San Martin	3.3015	F	1.9045	F
21	Puno	1.2885	E	0.0000	A
22	Sebastián Lorente	2.2943	F	1.3115	E
23	Tacna	2.164	F	2.1512	F
24	Uruguay	1.8908	F	1.4675	E

De los resultados arrojados por el modelo, se observa que en las principales vías del área de influencia del tranvía como las avenidas Abancay, Tacna, Nicolás de Piérola, Sebastián Lorente, Huanta y Huánuco, los niveles de servicio del escenario actual y proyectado se mantienen, con mejoras mínimas respecto a la relación volumen capacidad; ello responde a que los volúmenes vehiculares sobre estas vías se mantendrán con proyecciones a incrementarse debido a que atienden necesidades de viajes de otras zonas de la ciudad, distantes al área de estudio. Sin embargo, las vías locales ubicadas en el área de influencia del Tranvía propuesto, se observa que los niveles de servicio mejoran considerablemente en el escenario proyectado en relación al actual, ello también responde debido a las propuestas complementarias al tranvía (Peatonalización, bicicletas públicas, gestión del tráfico, otros).

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

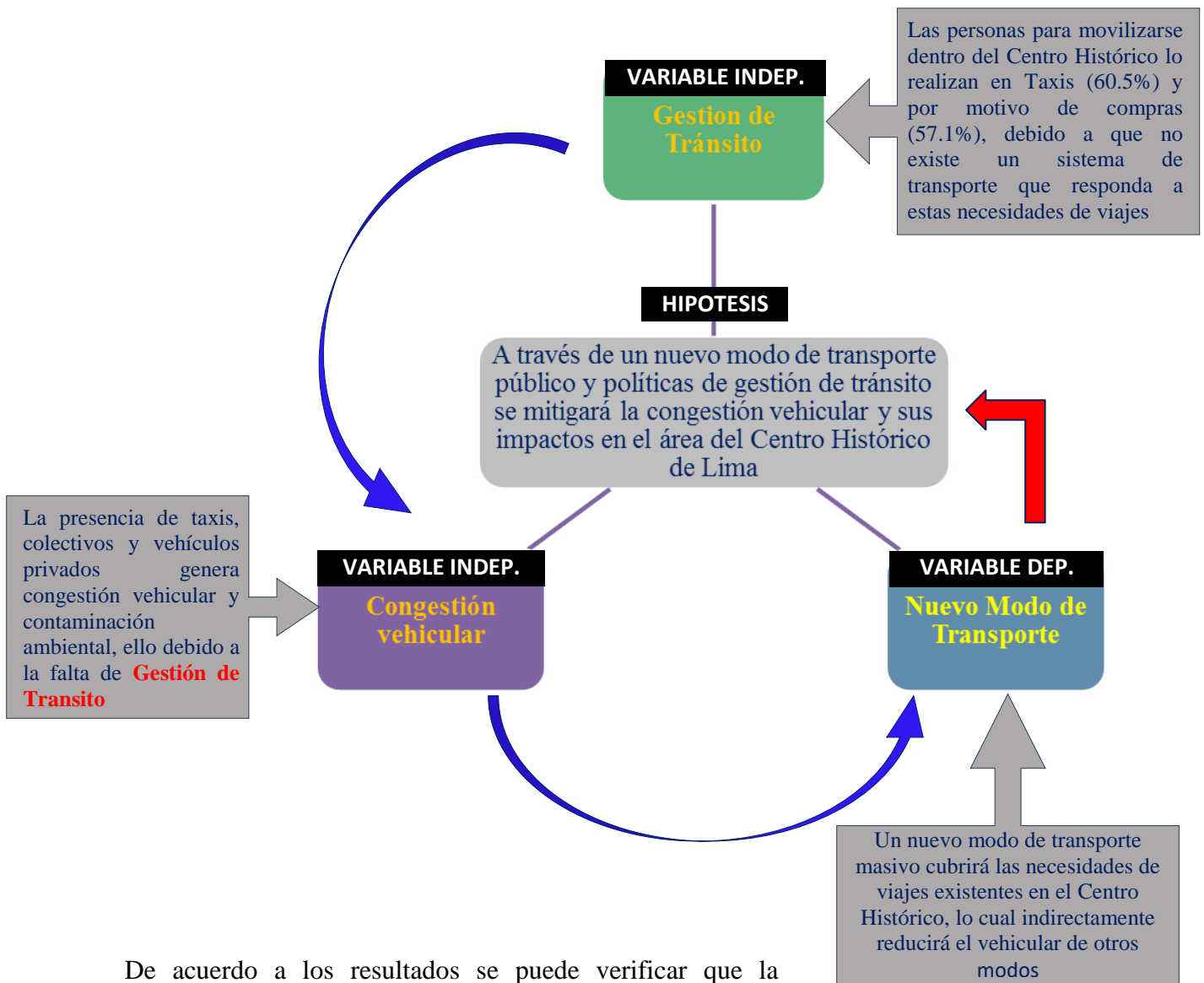
En el siguiente cuadro se muestra los resultados de la presente investigación; asimismo, se plantean medidas para la implementación del tranvía en el Centro Histórico de Lima.

Componentes	Discusión
<p>Nuevo Modo de Transporte Público</p>	<p>Los resultados de las encuestas origen destino arrojaron que las personas para movilizarse dentro del Centro Histórico en su mayoría lo realizan en Taxis (60.5%) y por motivo de compras (57.1%), debido a que no existe un sistema de transporte masivo que responda a estas necesidades de viajes. Por ello es necesario implementar un sistema de transporte que atienda estas necesidades y a su vez reduzca los impactos derivados del tráfico y mejore la calidad de vida de las personas.</p> <p>Para lo cual se evaluó las necesidades de viajes y se definió como alternativa de solución a la problemática de movilidad en el Centro Histórico de Lima la implementación de un Tranvía, en razón a que es un modo de transporte que encaja en el entorno urbano por su interacción con otros usuarios de la vía, cero contaminación ambiental y alto grado de seguridad con casi nula probabilidad de accidentes de tránsito.</p> <p>Por otro lado, se definieron los parámetros de operación del Tranvía Propuesto, como resultado del modelo de transporte construido.</p> <p><u>Ruta</u> Nro. de Estaciones: 20 Longitud de la Ruta: 8.2 km Nro. de viajes/hora: 829 viajes (5500viajes/día)</p> <p><u>Características del vehículo</u> 5 tranvías de 2 vagones (24 m) Capacidad: 200 pasajeros Velocidad: 30 km/h Tiempo de viaje: 35 min Frecuencia Hora Punta: 7min. Hora Valle: 10min</p>

	<p>Implementar un Tranvía en el centro histórico de Lima, promoverá el turismo facilitando los desplazamientos de manera económica, cómoda y segura y pone a la ciudad de Lima en estándares acordes a ciudades de primer orden como las europeas. Asimismo, reducirá dramáticamente la congestión y se mejorará la movilidad. Los impactos inmediatos a reducirse será la congestión vehicular ya que se aumenta la cantidad de viajes de personas, pero se reducen la cantidad de vehículos y al tener menos vehículos circulando se reducen las emisiones de gases y ende la contaminación.</p>
<p>Gestión de Tránsito</p>	<p>La implementación del Tranvía atenderá los viajes que actualmente en su mayoría vienen realizándose en taxis, con este nuevo sistema estos vehículos y los vehículos privados deberán ser analizados para formular acciones de restricción de tránsito en vías del área de influencia del Tranvía y así reducir la motorización en el Área del Centro Histórico de Lima.</p> <p>Por otro lado, es necesario establecer una red de ciclovía a fin que permita articularse con el Tranvía propuesto y con los modos de transporte masivo existentes, para garantizar una movilidad sostenible en el Área del Centro Histórico de Lima.</p> <p>La implementación de un sistema de transporte masivo debe estar acompañado de políticas de gestión de tránsito como restricciones vehiculares, horarios de carga y descarga, peatonalización de calles, evitar parqueos en las vías, peaje por congestión, etc. que permitan un buen desempeño del sistema de transporte a implementar.</p>
<p>Congestión vehicular</p>	<p>El Centro Histórico de Lima viene siendo afectado por el alto índice de motorización que recibe a diario, entre autos, taxis y colectivos, generando congestión vehicular y a su vez contaminación ambiental (polución y ruido); estos vehículos en su mayoría son utilizados por usuarios que se dirigen al Mercado Central y para hacer transbordos entre los sistemas de transporte masivo existentes. La implementación del Tranvía Propuesto atenderá estas necesidades y a su vez incrementará los viajes que se vienen generando en los sistemas masivos debido a su interconexión que tendrá con estos, mitigando los impactos derivados del tráfico que se vienen generando.</p>

CAPITULO V VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

De lo desarrollado en la presente investigación, y de la evaluación de cada variable se ha podido demostrar la hipótesis planteada como respuesta tentativa de esta investigación.



De acuerdo a los resultados se puede verificar que la hipótesis formulada en la presente investigación, es válida.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Los resultados del modelo de transporte muestran que existe una demanda de viajes en el Centro Histórico de Lima que los sistemas de transporte público existentes no vienen atendiendo, el cual está siendo atendido por taxis y colectivos; por ello la necesidad de implementar un nuevo sistema de transporte masivo que atienda aquella necesidad de viajes con estándares de calidad (confort, seguridad, confiabilidad, otros), y que reduzca la congestión vehicular y por ende la contaminación ambiental.

- El modo de transporte masivo para la presente tesis corresponde a un Tranvía debido a que posee mayor capacidad que un bus articulado, requiere menos espacio vial (rieles) para circular que un sistema basado en buses, se adapta mejor a los peatones pudiendo compartir un mismo espacio vial, respecto a una línea de metro, los costos de implementación son menores y la demanda no justifica un sistema tipo metro, un Tranvía en el centro histórico de Lima, promueve el turismo facilitando los desplazamientos de manera económica, cómoda y segura.

- Implementar políticas de Gestión de Tránsito para garantizar la viabilidad de la Implementación de un Tranvía en el Centro Histórico de Lima, tales como restricciones vehiculares, establecer horarios de carga y descarga, peatonalización de calles, construcción redes de ciclovías, evitar parqueos en las vías, peaje por congestión, otros.

- El principal impacto que genera la congestión vehicular en el área del Centro Histórico de Lima es la contaminación producida por las emisiones de gases de los vehículos a combustión, pero además se deben considerar otros impactos derivados tales como ruidos, estrés de la población en el área de influencia, incremento en el tiempo de viajes, accidentes, entre otros; los cuales se prevé mitigar con la implementación del Tranvía.

6.2. RECOMENDACIONES

- De la presente investigación se recomienda la implementación de un sistema de transporte masivo tipo tranvía, debido a las características particulares del centro histórico de Lima como son poco espacio público (Vías), es fácil la convivencia entre Tranvía-Peaton-Ciclista, y además pone a la ciudad de Lima en estándares acordes a ciudades de primer orden como las europeas
- El modo de transporte masivo tipo Tranvía impulsa el turismo en los centros históricos de las ciudades que lo tengan por ello es importante mirar hacia otras buenas experiencias de ciudades tales como San Francisco, Marsella, Madrid, Barcelona entre otros. Que utilizan este modo de transporte público con muy buenos resultados.
- Es recomendable utilizar buenas políticas de gestión del tránsito ya que estas serán las que te garanticen el éxito o fracaso al implementar un sistema de transporte masivo, en Lima ya se tiene experiencias al implementar la Línea 1 del Metro de Lima y el Metropolitano.
- Un sistema de transporte masivo tipo Tranvía, mitiga la congestión vehicular, reduce la contaminación ambiental, los ruidos y accidentes, además es recomendable complementar con programas como Bono de Carbono, para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero ya que al reducir las emisiones se puede obtener un dinero por dichas actividades, pero básicamente es la difusión la que muestra una mejor ciudad para el mundo y un gobierno que se preocupa por los temas ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carlos Augusto Gómez S. (2011). *El congestionamiento vehicular en la ciudad de Guatemala*. (Tesis de maestría, Universidad de San Carlos). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_9220.pdf.

Gabriela Zumaeta T. (2008), *Impactos sociales y económicos de las infraestructuras de transporte viario: estudio comparativo de dos ejes, el “Eix Transversal de Catalunya” y la carretera MEX120 en México*. (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña). Recuperado de [file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20(2).pdf).

Natalia Cristina Duran, A. (2009). *Análisis de medidas de gestión de tránsito que afecten la demanda de tráfico usando TRIPS*. (Tesis de maestría, Universidad de Chile). Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/duran_n/sources/duran_n.pdf.

Carlos Augusto Gómez S. (2011). *El congestionamiento vehicular en la ciudad de Guatemala*. (Tesis de maestría, Universidad de San Carlos). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_9220.pdf.

Gabriela Zumaeta T. (2008), *Impactos sociales y económicos de las infraestructuras de transporte viario: estudio comparativo de dos ejes, el “Eix Transversal de Catalunya” y la carretera MEX120 en México*. (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña). Recuperado de [file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20(2).pdf).

Natalia Cristina Duran, A. (2009). *Análisis de medidas de gestión de tránsito que afecten la demanda de tráfico usando TRIPS*. (Tesis de maestría, Universidad de Chile). Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/duran_n/sources/duran_n.pdf.

Miguel Ángel Sánchez L. (2013). *Estudio predictivo de costes y financiación del servicio de transporte urbano colectivo en las empresas españolas mediante la aplicación" de redes neuronales artificiales*. (Tesis Doctoral, Universidad Rey Juan Carlos). Recuperado de [file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/daniel/Downloads/01Saob01de01%20(3).pdf).

René Alexander Rodríguez G. (2011). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo*. (Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2199/1/Maestr%C3%ADa%20V.%20T.%206720-%20Rodr%C3%ADguez%20Gonz%C3%A1lez%20Ren%C3%A9%20Alexander.pdf>.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NATIONAL ACADEMIES. (2010). *Highway Capacity Manual* <http://fundacionconfemetal.com/capacidad-carreteras-hcm-2032.html>

Rafael Cali y Mayor, (2008). Ingeniería de Transito. <https://www.casadellibro.com/libro-ingenieria-de-transito/9789701501092/924205>

ANEXOS

1. Formato de conteo vehicular

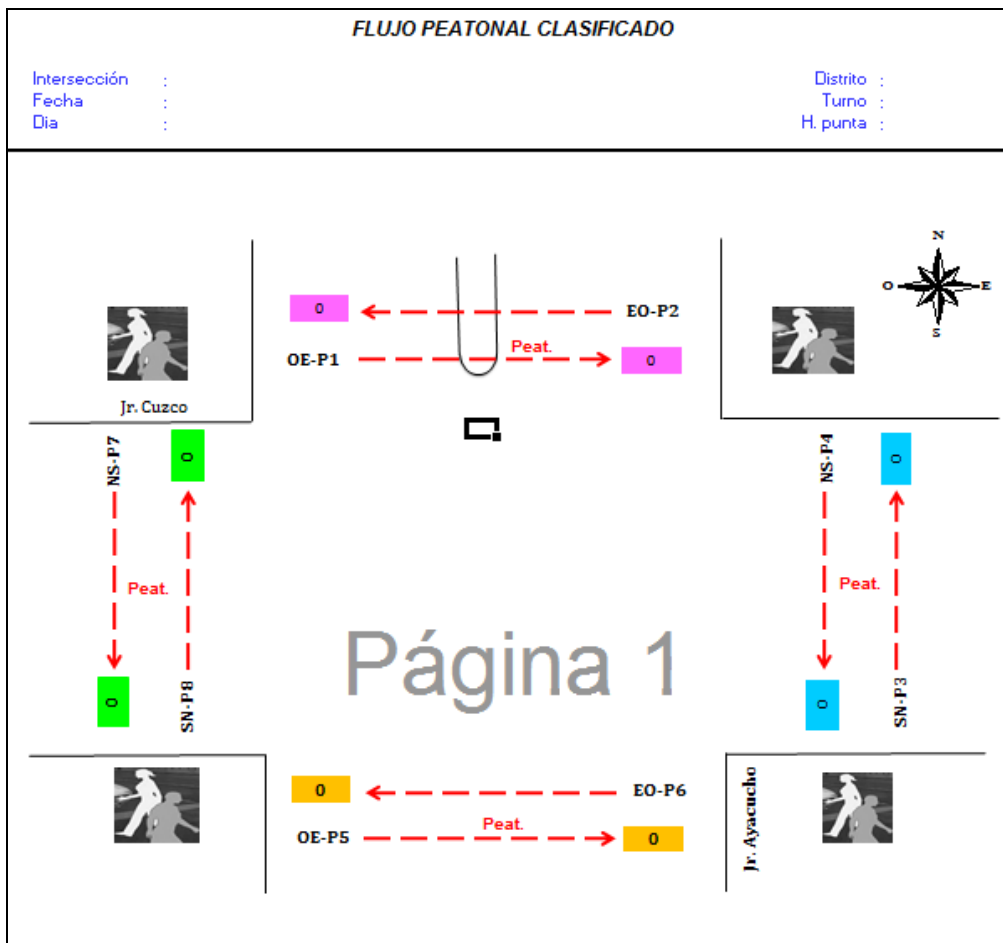


FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACION	
SENTIDO		CODIGO DE LA ESTACION	
UBICACION		DIA Y FECHA	
DIA			

HORA	SEN TI DO	AUTO	STATIO N WAGO	CAMIONETAS				BUS				CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURA L	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
00-	E																						
00-	S																						
01-02	E																						
01-02	S																						
02-03	E																						
02-03	S																						
03-04	E																						
03-04	S																						
04-05	E																						
04-05	S																						
05-06	E																						
05-06	S																						
06-07	E																						
06-07	S																						

2. Formato de conteo Peatonal



3. Formato de Encuestas O/D

ENCUESTADOR: _____	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="font-size: small;">Día</td> <td style="font-size: small;">Mes</td> <td style="font-size: small;">Año</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	Día	Mes	Año							
Día	Mes	Año									
1. Dedonde viene? _____	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="font-size: small;">hh</td> <td style="font-size: small;">mm</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	hh	mm								
hh	mm										
2. Hacia donde se dirige? _____											
3. Cual es el motivo de su viaje?	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="font-size: small;">CÓDIGO DE ESTACION (O): _____</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">CÓDIGO DE ESTACION (D): _____</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;"> <table border="1" style="display: inline-table; text-align: center;"> <tr> <td style="font-size: x-small;">Trabajo</td> <td style="font-size: x-small;">Estudio</td> <td style="font-size: x-small;">Salud</td> <td style="font-size: x-small;">Compras</td> <td style="font-size: x-small;">Distracción</td> <td style="font-size: x-small;">Otro</td> <td style="font-size: x-small;">Cuál?</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	CÓDIGO DE ESTACION (O): _____	CÓDIGO DE ESTACION (D): _____	<table border="1" style="display: inline-table; text-align: center;"> <tr> <td style="font-size: x-small;">Trabajo</td> <td style="font-size: x-small;">Estudio</td> <td style="font-size: x-small;">Salud</td> <td style="font-size: x-small;">Compras</td> <td style="font-size: x-small;">Distracción</td> <td style="font-size: x-small;">Otro</td> <td style="font-size: x-small;">Cuál?</td> </tr> </table>	Trabajo	Estudio	Salud	Compras	Distracción	Otro	Cuál?
CÓDIGO DE ESTACION (O): _____											
CÓDIGO DE ESTACION (D): _____											
<table border="1" style="display: inline-table; text-align: center;"> <tr> <td style="font-size: x-small;">Trabajo</td> <td style="font-size: x-small;">Estudio</td> <td style="font-size: x-small;">Salud</td> <td style="font-size: x-small;">Compras</td> <td style="font-size: x-small;">Distracción</td> <td style="font-size: x-small;">Otro</td> <td style="font-size: x-small;">Cuál?</td> </tr> </table>	Trabajo	Estudio	Salud	Compras	Distracción	Otro	Cuál?				
Trabajo	Estudio	Salud	Compras	Distracción	Otro	Cuál?					
4. En que modo realizara su viaje?											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="font-size: x-small;">Metropolitano</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="font-size: x-small;">Bus</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="font-size: x-small;">Minivan</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="font-size: x-small;">Taxi</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="font-size: x-small;">Pie</td></tr> </table>		Metropolitano		Bus		Minivan		Taxi		Pie	
	Metropolitano										
	Bus										
	Minivan										
	Taxi										
	Pie										

4. Glosario de Términos

Automóvil: Es el modo de transporte con mayor ratio de área ocupada por persona, siendo el principal agente causante de la congestión en el viario. Está sujeto a unas normas de circulación general.

No obstante, su comportamiento está ligado a la cultura y hábitos de los que forma parte el conductor. Conjuntamente con el peatón y los ciclistas, es el modo de transporte que reporta más accidentes.

BRT: Su capacidad es inferior respecto a un Tranvía o Metro, así como la contaminación ambiental. La distancia de frenado ante cualquier posible incidencia es superior a la de otros Modos de Transporte Masivo.

Ciclista: Tiene un comportamiento similar al del peatón, solo que la velocidad y espacio ocupados son mayores. La cohabitación con los peatones y automóviles no suele ser fácil. Se constatan puntos conflictivos en las paradas de transporte público y con los vehículos estacionados.

Calibración: Los modelos de transporte deberán tratar de recrear la situación actual, con el fin de que utilizando los mismos parámetros que recrean de forma fidedigna la situación actual (calibrada), se pueda conocer alguna situación hipotética o futura. Por esa razón, los modelos en transporte son una herramienta frecuente para la evaluación de medidas y para la toma de decisiones.

Demanda de Transporte: La administración de la demanda de transporte o gestión de la demanda de transporte (Inglés: Transportation Demand Management (TDM)) es el conjunto de políticas, estrategias y planes orientados a producir la disminución de la demanda de viajes en automóvil, con el fin de promover una movilidad sostenible.

Metro: El Metro difiere del tranvía en que es totalmente segregado y no convive con el resto del tráfico, por ello sus vehículos son diseñados para desarrollar altas velocidades y consumen mayor energía, por lo cual son menos ecológicos que el tranvía, pero más que los BRT

Modelos de Transporte: La modelización de transporte (también conocida como modelación de la demanda de transporte) permite estimar los flujos de pasajeros o vehículos que habrá en una red de transporte en cada uno de los modos considerados para escenarios futuros. A grandes rasgos existen dos grandes grupos de modelos: Los modelos basados en viajes, en los cuales la unidad de análisis es un viaje entre un origen y un destino y los modelos basados en actividades, en donde se estudia la cadena de viajes en un día completo derivada de llevar a cabo una serie de actividades.

Peatón

Uno de los integrantes básicos del sistema viario es el peatón y es precisamente el más vulnerable. El riesgo de que se produzca un accidente está relacionado con sus características y comportamiento en la vía pública: se desplaza más lentamente, tiende a buscar los trayectos más fáciles y directos, y es imprevisible. Su comportamiento esperado está ligado a la cultura y hábitos de los que forma parte.

Transporte colectivo

El usuario de transporte público también es peatón, y en ocasiones ciclista. En general, el transporte público sigue unas pautas determinadas. De cara a mejorar sus prestaciones, es recomendable que disponga de un espacio propio en la vía pública, espacio que por lo general le resta al automóvil. En vista de su mayor envergadura, el espacio requerido para circular es mayor. Debe disponer de puntos de confluencia con el peatón.

Tranvía

Un tranvía actualmente cuenta con diseños modernos y funcionales que se adaptan a las ciudades y que encajan en zonas monumentales. Un tranvía moderno es más ecológico que los otros modos de transporte. Además, es muchísimo más barato de construir y mantener que una línea de Metro. Sin embargo, su capacidad y su velocidad son menores que las del Metro.