

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“NIVEL DE SERVICIABILIDAD EN LAS AVENIDAS; ATAHUALPA,  
JUAN XXIII, INDEPENDENCIA, DE LOS HÉROES Y SAN MARTÍN  
DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA”**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presentado por el Bachiller:**

**CRISTHIAN ROBERTO ANGASPILCO CHINGUEL**

**Asesor**

**Ing. Alejandro Cubas Becerra**

**Cajamarca, diciembre del 2014**

## DEDICATORIA

### *A Dios*

Por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.  
Por ser mi guía y protección en el largo camino de la vida.

### *A mis padres, Roberto y Gladis*

Por haberme dado fortaleza, buenas enseñanzas, consejos y valores, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, por brindarme su cariño y apoyo incondicional a cada momento para poder lograr mis sueños, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

### *A mis hermanos, Diana y Diego y a mi pequeña Luciana*

Por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo momento, por compartir momentos significativos conmigo y por el gran cariño que nos une.

### *A una persona especial, Carmen*

Por el gran cariño que me brinda, porque nunca dejó de creer en mí y me apoya en todo momento para alcanzar mis metas.

## AGRADECIMIENTO

### *A Dios*

Por darme la oportunidad de vivir en este mundo y cumplir un sueño tan anhelado, el título.

### *A mis padres y familiares*

Por todo el apoyo y la dedicación que me han brindado a lo largo de todos estos años.

### *A mi asesor, Ing. Alejandro Cubas*

Por su apoyo, orientación y colaboración en el desarrollo de la presente tesis.

### *A la Universidad Nacional de Cajamarca*

Por haberme acogido en sus aulas y haberme brindado una buena formación académica a través de cada uno de los docentes de la Facultad de Ingeniería.

### *A la Ing. Elva Bengoa, José Gastelo, Carla Castañón y a cada uno de mis compañeros de Gestión Vial de la empresa CONCAR S.A.*

Por haberme brindado su apoyo, consejos y las facilidades para la elaboración de la presente tesis.

*A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este proyecto de investigación, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.*

# CONTENIDO

PORTADA	
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Hipótesis.....	4
1.2. Justificación de la Investigación.....	4
1.3. Alcances o Delimitación de la Investigación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	6
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. Elementos Básicos del Tránsito.....	8
2.2.1.1. El usuario.....	8
a) El Peatón.....	8
b) El Conductor.....	9
2.2.1.2. El vehículo.....	9
2.2.1.2.1. Clasificación Vehicular.....	10
2.2.1.3. La vía.....	13
a) Clasificación de las Vías Urbanas.....	13
2.2.2. Volúmenes de Tránsito.....	15
2.2.2.1. Volumen de Tránsito.....	15
2.2.2.2. Volúmenes de Tránsito Absolutos o Totales.....	15
2.2.2.3. Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios.....	16
2.2.2.4. Volúmenes de Tránsito Horarios.....	16
2.2.3. Uso de los Volúmenes de Tránsito.....	17
2.2.4. Características de los Volúmenes de Tránsito.....	17
2.2.4.1. Distribución y Composición del Volumen de Tránsito.....	17
2.2.4.2. Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.....	18
2.2.4.3. Variación horaria del volumen de tránsito.....	19
2.2.4.4. Variación diaria del volumen de tránsito.....	19
2.2.4.5. Variación mensual del volumen de tránsito.....	20
2.2.5. Capacidad Vial y Niveles de Servicio.....	20
a) Flujo Continuo.....	21
b) Flujo Discontinuo.....	21
2.2.5.1. Capacidad Vial.....	21
2.2.5.2. Condiciones Prevalcientes.....	22
2.2.5.3. Niveles de Servicio.....	23
2.2.5.4. Análisis de capacidad y niveles de servicio.....	24
2.2.6. Determinación del Nivel de Servicio de una Arteria Urbana según el HCM 2000.....	26
2.2.6.1. Niveles de Servicio Arterial.....	26
2.2.6.2. Clase de Arteria y Velocidad en Régimen Libre.....	28
2.2.7. Velocidades.....	30
2.2.7.1. Velocidad en General.....	30

2.2.7.2. Velocidad de punto .....	31
2.2.7.3. Velocidad media temporal.....	31
2.2.7.4. Velocidad media espacial .....	31
2.2.7.5. Velocidad de Recorrido.....	32
2.2.7.6. Estudio de Velocidades.....	33
a) Ubicación de los Estudios.....	33
b) Requerimientos del tamaño de la Muestra .....	34
2.2.8. Aforos .....	36
2.2.8.1. Métodos de aforo.....	36
a) Aforo mecánico.....	36
b) Aforos manuales.....	36
2.2.8.2. Períodos de aforo.....	36
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
Ubicación Geográfica.....	39
a) Procedimiento.....	41
b) Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.....	42
- Tipo de Investigación.....	42
Estudio de Flujo Vehicular.....	43
- Análisis de Flujo Vehicular.....	43
a) Av. de los Héroes (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi - Recoleta).....	44
b) Av. de los Héroes (sentido de flujo: Recoleta - Plazuela Bolognesi).....	49
c) Av. Independencia (sentido de flujo: Bolognesi – Silva Santisteban).....	54
d) Av. Atahualpa (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi – Jr. Sucre).....	59
e) Av. Atahualpa (sentido de flujo: Jr. Sucre - Plazuela Bolognesi).....	64
f) Av. San Martín (sentido de flujo: Cumbe Mayo – Plazuela Bolognesi).....	69
g) Av. Juan XXIII (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi – Jr. Progreso).....	74
h) Av. Juan XXIII (sentido de flujo: Jr. Progreso - Plazuela Bolognesi).....	79
Estudio de Velocidades y Determinación del Nivel de Servicio.....	84
- Distancia de recorrido.....	84
- Análisis Estadístico.....	84
- Determinación de Velocidad Media de Recorrido.....	85
- Determinación del Nivel de Servicio.....	85
a) Av. de los Héroes (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi - Recoleta).....	86
b) Av. de los Héroes (sentido de flujo: Recoleta - Plazuela Bolognesi).....	88
c) Av. Independencia (sentido de flujo: Bolognesi – Silva Santisteban).....	90
d) Av. Atahualpa (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi – Jr. Sucre).....	92
e) Av. Atahualpa (sentido de flujo: Jr. Sucre - Plazuela Bolognesi).....	94
f) Av. San Martín (sentido de flujo: Cumbe Mayo – Plazuela Bolognesi).....	96
g) Av. Juan XXIII (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi – Jr. Progreso).....	98
h) Av. Juan XXIII (sentido de flujo: Jr. Progreso - Plazuela Bolognesi).....	100
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>102</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
Conclusiones.....	105
Recomendaciones.....	107
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO 01 PLANOS .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO 02 REGLAMENTO NACIONAL DE TRÁNSITO .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO 03 FORMATOS DE CAMPO PARA AFOROS.....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 04 PANEL FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO 05 RELACION DE EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO .....</b>	<b>130</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: POBLACIÓN ESTIMADA Y PROYECTADA AL AÑO 2011.....	10
TABLA 2: PARÁMETROS DE DISEÑO VINCULADOS A LA CLASIFICACIÓN DE VÍAS URBANAS .....	14
TABLA 3: MEDIDAS DE EFICIENCIA PARA LA DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO. ....	26
TABLA 4: NIVELES DE SERVICIO EN ARTERIAS.....	28
TABLA 5: AYUDA PARA LA CLASIFICACIÓN DE UNA ARTERIA.....	29
TABLA 6: CLASES DE ARTERIA DE ACUERDO CON SU FUNCIÓN Y CATEGORÍA DE PROYECTO. ....	30
TABLA 7: DESVIACIONES ESTÁNDAR DE VELOCIDADES INSTANTÁNEAS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y SENTIDO .....	34
TABLA 8: CONSTANTES CORRESPONDIENTES AL NIVEL DE CONFIANZA.....	35
TABLA 9: COORDENADAS UTM Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS VÍAS EN ESTUDIO.....	39
TABLA 10: FORMATO PARA AFORO DE TRÁFICO VEHICULAR. ....	41
TABLA 11: PUNTOS DE CONTEO PARA AFORO VEHICULAR Y TRAMO A EVALUAR POR CADA VÍA EN ESTUDIO. ....	43
TABLA 12: CLASE DE VEHÍCULOS CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO. ....	43
TABLA 13: AFORO VEHICULAR (TPDS) EN LA AV. DE LOS HÉROES (HACIA LA RECOLETA).....	44
TABLA 14: RESUMEN DE AFORO PROMEDIO DIARIO SEMANAL SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO. ....	45
TABLA 15: VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD). ....	46
TABLA 16: AFORO VEHICULAR (TPDS) EN LA AV. DE LOS HÉROES (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). .	49
TABLA 17: RESUMEN DE AFORO PROMEDIO DIARIO SEMANAL SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO. ....	50
TABLA 18: VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD). ....	51
TABLA 19: AFORO VEHICULAR (TPDS) EN LA AV. INDEPENDENCIA (HACIA JR. SILVA SANTISTEBAN).....	54
TABLA 20: RESUMEN DE AFORO PROMEDIO DIARIO SEMANAL SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO. ....	55
TABLA 21: VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD). ....	56
TABLA 22: AFORO VEHICULAR (TPDS) EN LA AV. ATAHUALPA (HACIA JR. SUCRE). ....	59
TABLA 23: RESUMEN DE AFORO PROMEDIO DIARIO SEMANAL SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO. ....	60
TABLA 24: VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD). ....	61
TABLA 25: AFORO VEHICULAR (TPDS) EN LA AV. ATAHUALPA (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). ....	64
TABLA 26: RESUMEN DE AFORO PROMEDIO DIARIO SEMANAL SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO. ....	65
TABLA 27: VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD). ....	66
TABLA 28: AFORO VEHICULAR (TPDS) EN LA AV. SAN MARTÍN (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). ....	69
TABLA 29: RESUMEN DE AFORO PROMEDIO DIARIO SEMANAL SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO. ....	70
TABLA 30: VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD). ....	71
TABLA 31: AFORO VEHICULAR (TPDS) EN LA AV. JUAN XXIII (HACIA JR. PROGRESO). ....	74
TABLA 32: RESUMEN DE AFORO PROMEDIO DIARIO SEMANAL SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO. ....	75
TABLA 33: VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD). ....	76
TABLA 34: AFORO VEHICULAR (TPDS) EN LA AV. JUAN XXIII (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). ....	79
TABLA 35: RESUMEN DE AFORO PROMEDIO DIARIO SEMANAL SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO. ....	80
TABLA 36: VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD). ....	81
TABLA 37: DISTANCIA DE LOS TRAMOS PARA MEDICIÓN DE VELOCIDADES. ....	84
TABLA 38: TAMAÑO DE MUESTRA PARA EL ANÁLISIS DE VELOCIDADES. ....	84
TABLA 39: VELOCIDADES DE RECORRIDO Y VELOCIDADES INVERSAS DE RECORRIDO. AV. DE LOS HÉROES (HACIA LA RECOLETA). ....	86
TABLA 40: VELOCIDADES DE RECORRIDO Y VELOCIDADES INVERSAS DE RECORRIDO. AV. DE LOS HÉROES (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). ....	88
TABLA 41: VELOCIDADES DE RECORRIDO Y VELOCIDADES INVERSAS DE RECORRIDO. AV. INDEPENDENCIA (HACIA JR. SILVA SANTISTEBAN).....	90

TABLA 42: VELOCIDADES DE RECORRIDO Y VELOCIDADES INVERSAS DE RECORRIDO. AV. ATAHUALPA (HACIA JR. SUCRE) .....	92
TABLA 43: VELOCIDADES DE RECORRIDO Y VELOCIDADES INVERSAS DE RECORRIDO. AV. ATAHUALPA (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI) .....	94
TABLA 44: VELOCIDADES DE RECORRIDO Y VELOCIDADES INVERSAS DE RECORRIDO. AV. SAN MARTÍN (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI) .....	96
TABLA 45: VELOCIDADES DE RECORRIDO Y VELOCIDADES INVERSAS DE RECORRIDO. AV. JUAN XXIII (HACIA JR. PROGRESO) .....	98
TABLA 46: VELOCIDADES DE RECORRIDO Y VELOCIDADES INVERSAS DE RECORRIDO. AV. JUAN XXIII (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI) .....	100
TABLA 47: ID DE LAS AVENIDAS Y TRAMOS EN EVALUACIÓN.....	102
TABLA 48: AFORO VEHICULAR POR TIPO DE VEHÍCULO. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL .....	102
TABLA 49: VEHÍCULOS CON MAYOR INFLUENCIA EN LAS VÍAS. ....	103
TABLA 50: FACTOR DE MÁXIMA DEMANDA.....	103
TABLA 51: NIVELES DE SERVICIO.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CANTIDAD DE AUTOMÓVILES POR CADA 1000 PERSONAS EN EL PERÚ. ....	9
FIGURA 2: TRIMOTO, VEHÍCULO DE LA CATEGORÍA L. ....	10
FIGURA 3: AUTOMÓVIL O TAXI, VEHÍCULO DE LA CATEGORÍA M1. ....	11
FIGURA 4: ÓMNIBUS, MINIBÚS Y MICROBÚS, VEHÍCULOS DE LA CATEGORÍA M2 Y M3. ....	11
FIGURA 5: CAMIÓN, VEHÍCULO DE LA CATEGORÍA N. ....	12
FIGURA 6: REMOLQUE, VEHÍCULO DE LA CATEGORÍA O. ....	12
FIGURA 7: HISTOGRAMA DE VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. .....	19
FIGURA 8: CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO .....	24
FIGURA 9: UBICACIÓN DE CADA TRAMO DE LAS AVENIDAS EN INVESTIGACIÓN. ....	40
FIGURA 10: HISTOGRAMA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA LA AV. DE LOS HÉROES (HACIA LA RECOLETA). ....	47
FIGURA 11: PARTICIPACIÓN DEL TRÁNSITO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO POR DÍA (6:30 AM - 8:00 PM).....	48
FIGURA 12: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. ....	48
FIGURA 13: HISTOGRAMA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA LA AV. DE LOS HÉROES (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). ....	52
FIGURA 14: PARTICIPACIÓN DEL TRÁNSITO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO POR DÍA (6:30 AM - 8:00 PM).....	53
FIGURA 15: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. ....	53
FIGURA 16: HISTOGRAMA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA LA AV. INDEPENDENCIA (HACIA JR. SILVA SANTISTEBAN).....	57
FIGURA 17: PARTICIPACIÓN DEL TRÁNSITO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO POR DÍA (6:30 AM - 8:00 PM).....	58
FIGURA 18: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. ....	58
FIGURA 19: HISTOGRAMA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA LA AV. ATAHUALPA (HACIA JR. SUCRE). ....	62
FIGURA 20: PARTICIPACIÓN DEL TRÁNSITO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO POR DÍA (6:30 AM - 8:00 PM).....	63
FIGURA 21: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. ....	63
FIGURA 22: HISTOGRAMA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA LA AV. ATAHUALPA (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). ....	67
FIGURA 23: PARTICIPACIÓN DEL TRÁNSITO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO POR DÍA (6:30 AM - 8:00 PM).....	68
FIGURA 24: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. ....	68
FIGURA 25: HISTOGRAMA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA LA AV. SAN MARTÍN (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). ....	72
FIGURA 26: PARTICIPACIÓN DEL TRÁNSITO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO POR DÍA (6:30 AM - 8:00 PM).....	73
FIGURA 27: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. ....	73
FIGURA 28: HISTOGRAMA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA LA AV. JUAN XXIII (HACIA JR. PROGRESO). ....	77
FIGURA 29: PARTICIPACIÓN DEL TRÁNSITO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO POR DÍA (6:30 AM - 8:00 PM).....	78
FIGURA 30: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. ....	78
FIGURA 31: HISTOGRAMA DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA LA AV. JUAN XXIII (HACIA LA PLAZUELA BOLOGNESI). ....	82
FIGURA 32: PARTICIPACIÓN DEL TRÁNSITO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO POR DÍA (6:30 AM - 8:00 PM).....	83
FIGURA 33: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. ....	83



## RESUMEN

Hoy en día uno de los objetivos fundamentales de los ingenieros, es el de planear, diseñar y operar los sistemas viales, de tal manera que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas. Motivo por el cual surge la idea de realizar este trabajo de grado que tiene como objetivo general determinar el "Nivel de Serviciabilidad en las Avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca", considerando como problema actual en la ciudad, el crecimiento del parque automotor, que conlleva al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana. El estudio se realizó de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 11 Arterias Urbanas y Suburbanas del Manual de Capacidad de Carreteras ("Highway Capacity Manual, HCM"). Como parte de la investigación se realizó el aforo del tránsito vehicular, para determinar; las horas críticas y los volúmenes de tránsito, estos resultados se muestran mediante histogramas, figuras y tablas donde se confirma el problema que existe en las avenidas. Por otro lado, se realizó estudios de las velocidades, donde se determinó la velocidad de recorrido en las horas punta y con esto el nivel de servicio al que operan las vías en estudio (resultado: nivel D, E y F). Finalmente se hacen las conclusiones y recomendaciones pertinentes al tema y se espera que esta investigación sea útil para estudios posteriores de entidades competentes.

**Palabras claves:** Nivel de servicio, aforo, flujo vehicular, volumen de tránsito, velocidad de recorrido.

## **ABSTRACT**

Today is one of the fundamental objectives of the engineers, the planning, design and operate the road systems, in such a way that delays induced users are minimal. Reason why the idea of this work of degree that general objective is to determine the "level of Serviciabilidad in the avenues; Atahualpa, Juan XXIII, independence, of the Heroes and San Martin of the city of Cajamarca", whereas as a current problem in the city, the growth of the automotive Park, which leads to traffic congestion and the low level of service operate routes in the urban area. The study was carried out in accordance with Chapter 11 arteries urban and Sub urban highway capacity manual ("HCM"). As part of the investigation, the capacity of the vehicular traffic was conducted to determine; critical hours and traffic volumes, these results are displayed using histograms, figures, and tables where it is confirmed the problem that exists in the avenues. On the other hand, are studied speeds, where determined travel speed during rush hour, and with this level of service to which operate routes in study (result: level D, E and F). Finally make conclusions and recommendations relevant to the topic and he is expected that this research will be useful for further studies of relevant entities.

**Keywords:** Level of service, capacity, traffic flow, traffic volume, travel speed.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las exigencias de movilidad en distintas ciudades a nivel mundial, así como el crecimiento acelerado de las mismas, ha hecho cada vez más relevante la necesidad de fortalecimiento en el área de vialidad, ya sea para el uso privado, público o para el traslado de personas u objetos.

Es importante señalar que un gran avance para el desarrollo de la sociedad, ha sido la aparición del automóvil, permitiendo mejorar las condiciones y la eficiencia del transporte, tan pronto se empezó a fabricar y comercializar este medio de transporte, se hizo necesaria la adecuación del terreno para la disposición de caminos destinados para la circulación de los vehículos.

Sin embargo para la gran mayoría de ciudades de Latinoamérica, la incorporación y el crecimiento vehicular viene generando problemas de tránsito. La ciudad de Cajamarca no es ajena a este tipo de problemas, la mayoría de las vías urbanas con las que cuenta corresponden a la de una ciudad antigua, estas son muy angostas, a esto se añade el gran incremento del parque automotor de los últimos años. Estas características vienen generando congestionamiento vehicular, demora de viajes, accidentes; el nivel de servicio que ofrecen las vías es bajo en horas punta. Justamente mediante este estudio se determinará el nivel de servicio con el que cuentan las vías de la ciudad y se evaluará la calidad de flujo vehicular de las mismas. En esta investigación las vías de estudio serán las avenidas De los Héroes, Independencia, Atahualpa, San Martín de Porres y Juan XXIII avenidas que convergen en la Plazuela Bolognesi, y que a simple vista ofrecen un nivel de servicio bajo.

El Manual de Capacidad de Carreteras (1985) ha establecido seis niveles de servicio de la A a la F (de mejor a peor), cada nivel de servicio corresponde un volumen de servicio, que será el máximo número de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que pasará mientras se conserve dicho nivel. (Cal y Cárdenas, 2000: 328).

Las estimaciones de Capacidad y Niveles de Servicio son necesarias para la mayoría de las decisiones de la Ingeniería de Tránsito. Esto incluye el análisis de los elementos del flujo vehicular, mediante los cuales se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito. Este análisis describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vía, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia de funcionalidad o nivel de servicio con el que cuenta la vía. Cal y Cárdenas (2000: 246).

De acuerdo a lo antes planteado, surge la siguiente interrogante: ¿Cuál es nivel de serviciabilidad en las avenidas, Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca?

### **1.1. Hipótesis**

La serviciabilidad en las avenidas Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca, corresponde al nivel de servicio E según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000<sup>1</sup>).

### **1.2. Justificación de la Investigación**

Existe una carencia en lo que concierne a estudios de tránsito en la ciudad de Cajamarca, esto limita el éxito de cualquier iniciativa de mejoramiento del funcionamiento de las vías, también limita que se cumpla el objetivo de contribuir a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Además con el transcurrir de los años, el congestionamiento y demora en los viajes, se han convertido en un gran problema para la sociedad, hoy en día tema de estudio, ya que se determinará el nivel de servicio al cual están operando las vías de la ciudad, el estudio incluso podrá ser utilizado para la toma de decisiones y acciones en la ingeniería de tránsito y planteamiento de transporte en la ciudad, por las entidades competentes.

### **1.3. Alcances o Delimitación de la Investigación**

El presente estudio se centró únicamente en las avenidas: Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca, avenidas que convergen en la Plazuela Bolognesi, es decir en los tramos de las vías mas no en dicha plazuela.

La toma de datos referente al conteo vehicular se realizó los meses de setiembre y octubre, en los días de mayor demanda, días laborables, es decir de lunes a viernes, en horarios de 06:30 a.m. a 08:00 p.m.

---

<sup>1</sup> HCM 2000: Highway Capacity Manual 2000

#### **1.4. Objetivos**

- Determinar el nivel de serviciabilidad en las avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca.
- Determinar los volúmenes del tránsito vehicular y el factor de máxima demanda.
- Determinar las velocidades de recorrido.

Finalmente, señalar que el desarrollo de esta investigación está comprendido en 5 capítulos, los cuales se adaptan al objetivo en estudio y se describen uno a uno a continuación:

Capítulo I. Introducción, en esta etapa se explican los argumentos que soportan el planteamiento del problema, su formulación e hipótesis, también se desarrollan los objetivos que llevaron a la orientación para la elaboración del trabajo de investigación, a su vez se plantea el alcance y justificación de la investigación.

Capítulo II. Marco teórico: en este capítulo se procedió a la búsqueda de investigaciones relacionadas con el tema en estudio, los mismos que fueron plasmados mediante una serie de elementos conceptuales referentes a la ingeniería de tránsito, sirviendo de base para el desarrollo del mismo.

Capítulo III. Metodología y Procedimiento: en esta fase se indica de manera precisa la forma en que se desarrolló el estudio, el procedimiento y técnicas a seguir. Este capítulo comprende el tratamiento y análisis de los datos, finalmente en el mismo se presenta los resultados obtenidos de la investigación.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados: Este capítulo brinda el alcance final de la obtención de resultados a través de un análisis de los mismos, en él se describe y explica la situación actual de cada tramo de vía en investigación.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones: se presentan de manera precisa los aspectos derivados del estudio y del análisis de resultados, demostrando el logro de los objetivos planteados y haciendo las recomendaciones pertinentes para mejorar el flujo vehicular presente en la zona de estudio.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes teóricos de la investigación:**

En Argentina, Galarraga, J. et al. (2003), realizaron una investigación referente a la capacidad y nivel de servicio de las vías urbanas, dicha investigación tuvo por objetivo mejorar el análisis mediante la estimación de coeficientes de cálculo que representen adecuadamente las condiciones locales. Señalan que los procedimientos que recomienda el Manual de Capacidad están basados en datos empíricos correspondientes a su propia realidad de conductores, parque vehicular y reglamentaciones.

Para la investigación se tuvo en consideración el funcionamiento de cada uno de los componentes de las vías, entre los que se tienen las intersecciones semaforizadas, las intersecciones no semaforizadas y las arterias urbanas como segmentos integrados, en las cuales se estudió a detalle las variables proporcionados de acuerdo a su respectivo entorno.

Por ejemplo para intersecciones semaforizadas, se hizo un análisis cuando las llegadas se dan solo en el tiempo de verde implica que la demora sería nula, para lo cual se determina un factor de progresión. Si esta es buena, una gran cantidad de los vehículos llega a la intersección en verde y la demora uniforme tendrá poca incidencia en la demora total, mientras que una mala progresión hace que una gran proporción de vehículos arriben en rojo y por lo tanto la demora uniforme es importante, pero los valores por defecto sugeridos por el Manual para identificar el tipo de arribo (para luego calcular el factor de progresión) están basados en el espaciamiento de los semáforos y en consideraciones generales.

De este análisis se pudieron sacar varias conclusiones como que la estimación con parámetros locales determina medidas de eficiencia mucho más cercanas a las reales que el cálculo realizado con valores por defecto. Además que los resultados obtenidos permiten ganar confianza sobre las recomendaciones efectuadas para la estimación de demoras en intersecciones semaforizadas y no semaforizadas.

Entonces si bien las mediciones de campo se realizaron en la ciudad de Córdoba, consideran haber propuesto ajustes que razonablemente podrían emplearse en otras ciudades, pues los parámetros reflejan comportamientos de los conductores y fricciones del entorno que son típicas en Argentina.

Finalmente, se puede afirmar que la multiplicidad de variables y escenarios posibles conforma un campo a explorar en detalle, a partir de la base alcanzada.

En la ciudad de Bolívar, Coraspe, L; Marsiglia, O (2011), realizaron un Análisis del Flujo Vehicular en las Avenidas que convergen en la Plaza de las Banderas (Avenida República, Avenida Menca de Leoni, Prolongación Paseo Orinoco y Prolongación Avenida República) Ciudad Bolívar, la investigación se hizo con el fin de brindar alternativas de solución a los problemas de congestión que se han generado en esta zona, se realizó el estudio teniendo en cuenta características reales y parámetros existentes en las avenidas. Para la obtención de datos se realizó un aforo vehicular para determinar la clase de vehículos que transitan en las horas punta, el volumen de tránsito, la capacidad que operan las vías y el nivel de servicio que presta cada avenida. Los resultados de campo se tabularon y se mostraron en forma gráfica mediante histogramas y polígonos de frecuencia, donde se aprecia la variación de volúmenes y se corroboró la problemática de congestión en esta zona.

Luego de realizar las investigaciones en campo se determinó que las medidas de las secciones de la avenida cumplen de acuerdo a su respectivo manual. En lo que concierne al flujo vehicular, se pudo determinar que los días de mayor demanda entre los tres elegidos (martes, miércoles y jueves), son los días jueves entre las 11:45 a.m. y 12:45 p.m. con un flujo vehicular de 11034 veh/d. También se determinó que la cantidad de flujo en el área de estudio se ve reflejado por la cantidad de vehículos livianos que en su mayoría son el 95.8%.

Y por último con la evaluación de las velocidades se determinó la capacidad de vías y el nivel de servicio, donde se confirmó que 2 de las avenidas que convergen en la plaza operan dentro de los límites de capacidad de vías, las otras 6 operan en el límite de capacidad, con esto se comprueba que con el transcurrir de los años el parque automotor de las ciudades latinoamericanas va en aumento y se han generado problemas de congestión a grandes rasgos, que se deberán solucionar mediante esta clase de estudios. Los niveles de servicio que arrojó el estudio tuvieron como resultado niveles desde el nivel A (flujo libre) al D (circulación elevada).

En Cajamarca, Huamán, S. (2007) desarrolló un proyecto de tesis titulado Estudio del Congestionamiento Vehicular en la Zona Monumental de la ciudad de Cajamarca, donde tuvo como objetivo principal analizar la problemática del congestionamiento en la zona monumental de esta ciudad, la forma como estaba distribuido el flujo vehicular y proponer alternativas de solución. En dicho estudio tuvo en cuenta factores como ancho de vías, pendientes, uso del suelo, área de estacionamientos, semáforos, señalización entre otros, con el fin de determinar el factor de congestión para cada intersección de calles en estudio. Los resultados de la investigación fue que en todas las intersección de las calles de la zona monumental existe congestión ( $I_c > 0.9$ ), siendo las más críticas las intersecciones Jr. El Comercio con Jr. Cruz de Piedra, Jr.

Amalia Puga con Jr. Dos de Mayo y Jr. El Comercio con Jr. José Gálvez y las de menor congestión Jr. Marañón con Jr. Leguía y Jr. Junín con Jr. Apurímac. La investigación conllevó también a brindar alternativas de solución como la prolongación del Jr. El Comercio hacia el Jr. Eten, esto con previa evaluación de los beneficios y daños que ocasionarían a la infraestructura de la zona, reducción de la oferta de taxis, restricciones horarias de ciertos vehículos a la zona, entre otros.

Finalmente, el análisis del tránsito arrojó que el nivel de vehículos privados (14%) es bajo en comparación al servicio público (taxis 52% y mototaxis 11%) y que el mayor volumen de tránsito ocurre en las mañanas durante las horas 7 a 9 y en las tardes de 5 a 7.

## **2.2. Bases Teóricas.**

### **2.2.1. Elementos Básicos del Tránsito.**

Con el propósito de estudiar los aspectos operacionales de la Ingeniería de Tránsito, es importante analizar, de manera muy general, los elementos básicos que hacen que se produzcan los flujos de tránsito interactuando entre sí. Existen 3 elementos básicos que son (Tapia J., Veizaga R. 2006):

- El usuario: peatón y conductor.
- El vehículo: privado, público y comercial.
- La vía.

#### **2.2.1.1. El usuario:**

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor. El usuario está relacionado con los peatones y conductores.

##### **a) El Peatón:**

Se considera como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año de edad hasta más de cien años.

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en las autopistas el tráfico de los peatones es casi nulo.

El peatón en las calles de una ciudad es un factor importante en los problemas de circulación. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro



factor. Por lo tanto se debe considerar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas de dichos problemas.

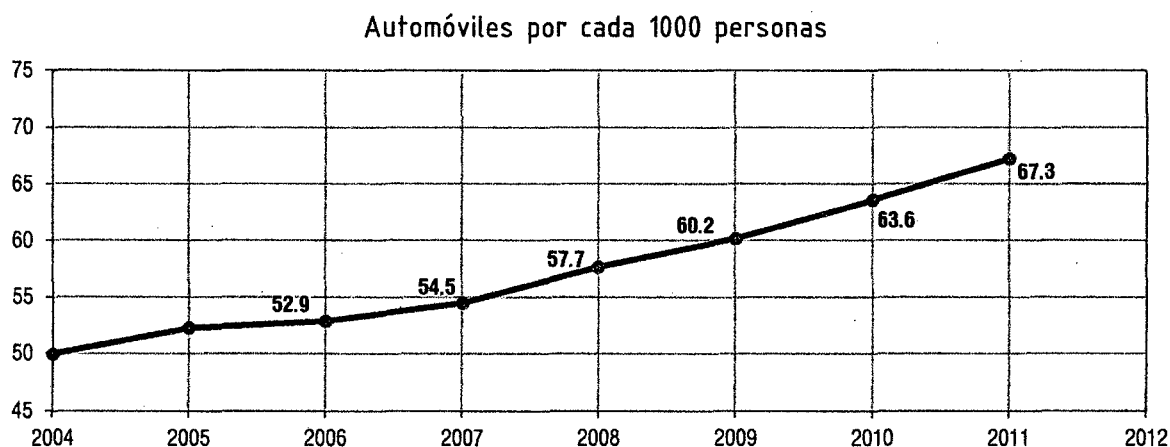
### b) El Conductor:

Constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la vía y de la circulación. En referencia a las reacciones que tienen los conductores se consideran factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, la fatiga, el clima, etc.

#### 2.2.1.2. El vehículo:

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

El Banco Mundial BIRF-AIF a través de sus indicadores, establece los siguientes datos para el Perú, correspondientes a la cantidad de automóviles por cada 1000 personas (Figura 1).



**Figura 1:** Cantidad de automóviles por cada 1000 personas en el Perú.

Fuente: El Banco Mundial BIRF-AIF.

**Tabla 1:** Población estimada y proyectada al año 2011.

PERU	CAJAMARCA DEPARTAMENTO	CAJAMARCA CAPITAL
2'979,7694	1'507,486	197,589

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI - Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo, según Departamento, Provincia y Distrito, 2000 - 2015.

### 2.2.1.2.1 Clasificación Vehicular:

Según la DIRECTIVA N°002-2006-MTC/15, Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares, publicada por el Ministerio de Transportes del Perú. La clasificación vehicular por categoría es:

**Categoría L:** Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

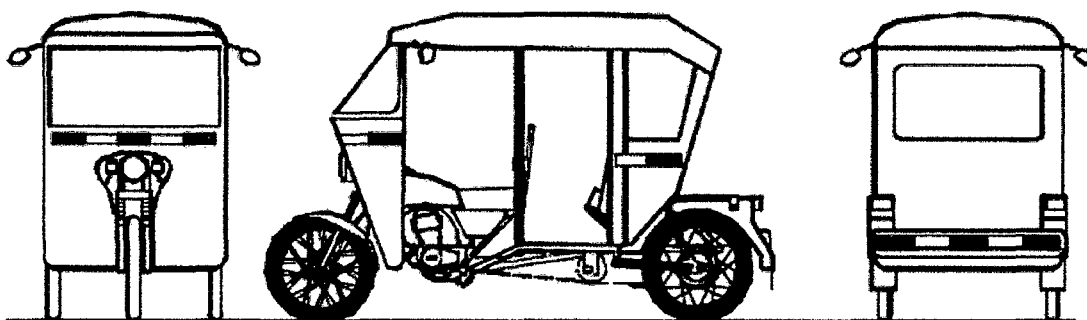
L1: Vehículos de 2 ruedas, de hasta 50 cm<sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.

L2: Vehículos de 3 ruedas, de hasta 50 cm<sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.

L3: Vehículos de 2 ruedas, de más de 50 cm<sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h.

L4: Vehículos de 3 ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm<sup>3</sup> o una velocidad mayor de 50 km/h.

L5: Vehículos de 3 ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm<sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no excedan de una tonelada.



**Figura 2:** Trimoto, vehículo de la Categoría L.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares.

**Categoría M:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

M1: Vehículos de 8 asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.

M2: Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.

M3: Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

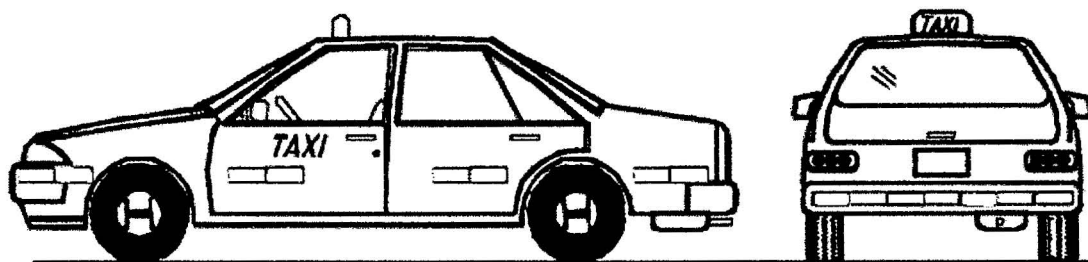


Figura 3: Automóvil o taxi, vehículo de la Categoría M1.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

Clase I: Vehículos contruidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos

Clase II: Vehículos contruidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

Clase III: Vehículos contruidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

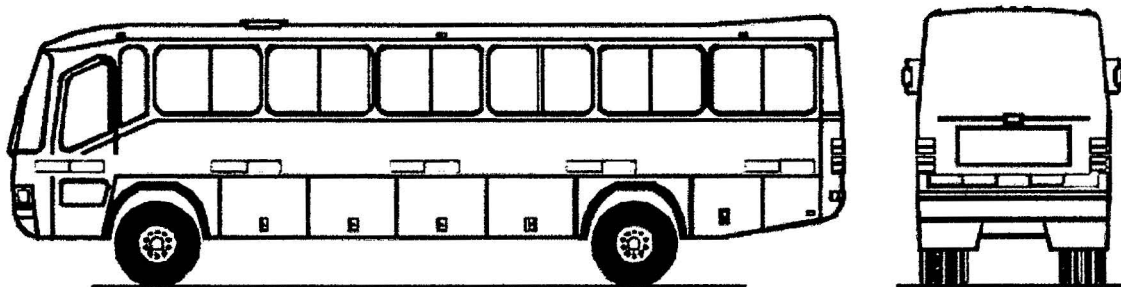


Figura 4: Ómnibus, minibús y microbús, vehículos de la Categoría M2 y M3.

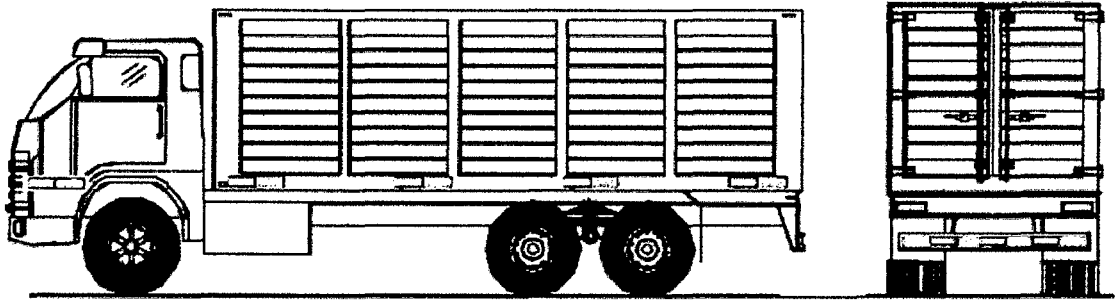
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares.

**Categoría N:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancía.

N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.

N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.

**N3:** Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.



**Figura 5:** Camión, vehículo de la Categoría N.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares.

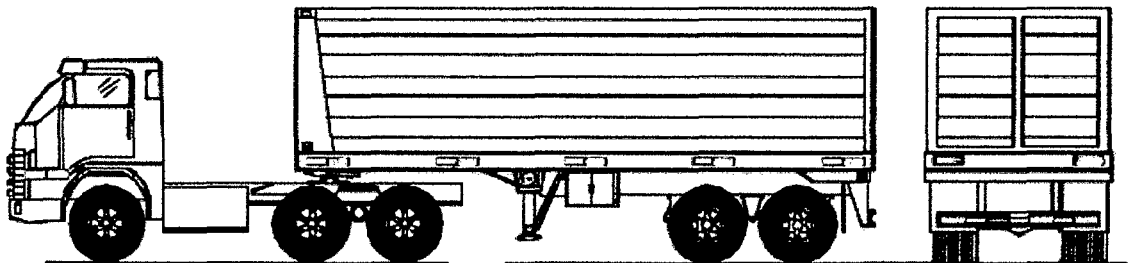
**Categoría O:** Remolques (incluidos semirremolques).

O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.

O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.

O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.

O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.



**Figura 6:** Remolque, vehículo de la Categoría O.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares.

## **COMBINACIONES ESPECIALES**

S: Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

SA: Casas rodantes

SB: Vehículos blindados para el transporte de valores

SC: Ambulancias

SD: Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

### 2.2.1.3. La vía:

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vialidad o la vía por el que se mueven los vehículos. Es una infraestructura de transporte acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo.

#### a) Clasificación de las Vías Urbanas<sup>1</sup>:

El sistema de clasificación planteado es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías.

La clasificación adoptada considera 4 categorías principales y una categoría adicional denominada "vías especiales" en la que se consideran aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.

**Vías Expresas:** Establecen la relación entre los sistemas viales interurbano y urbano. Transportan grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. No es permitido el estacionamiento, la descarga de mercaderías, ni el tránsito de peatones.

**Vías Arteriales:** Permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales.

**Vías Colectoras:** Sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes. Este tipo de vías, reciben muchas veces el nombre genérico de Jirón, Vía Parque, e inclusive Avenida.

**Vías Locales:** Su función principal es proveer acceso a los lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio. Por ellas transitan vehículos livianos, se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Este tipo de vías han recibido el nombre genérico de calles y pasajes.

---

<sup>1</sup> Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005. Instituto de Construcción y Gerencia.

**Vías de Diseño Especial:** Son todas aquellas cuyas características no se ajustan a la clasificación establecida anteriormente. Se puede mencionar a:

- Vías peatonales de acceso a frentes de lote.
- Pasajes peatonales, malecones, paseos.
- Vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas.

**Tabla 2:** Parámetros de diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de diseño	Entre 80 y 100 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más cañiles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o "Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado deber desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 del Instituto de la Construcción y Gerencia ICG

## 2.2.2. Volúmenes de Tránsito

El tránsito es el flujo de vehículos que circula a través de una vía. El término tránsito incluye tanto a los vehículos en movimiento como en reposo.

### 2.2.2.1. Volumen de Tránsito:

Se realizan estudios de volúmenes de tránsito para recolectar datos del número de vehículos y/o peatones que pasan por un punto determinado de la carretera durante un periodo específico de tiempo. Este periodo de tiempo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos.

Este se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o una calzada, durante un periodo determinado<sup>1</sup>.

$$Q = \frac{N}{T} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

- Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)
- N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)
- T = Período determinado (unidades de Tiempo)

### 2.2.2.2. Volúmenes de Tránsito Absolutos o Totales:

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado, dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito totales o absolutos:

- **Tránsito anual (TA):** es el número total de vehículos que pasan durante un año, en este caso T=1 año.
- **Tránsito mensual (TM):** es el número total de vehículos que pasan durante un mes, en este caso T = 1 mes.
- **Tránsito semanal (TS):** es el número total de vehículos que pasan durante una semana, en este caso T = 1 semana.
- **Tránsito diario (TD):** es el número de vehículos que pasan durante un día, en este caso T = 1 día.
- **Tránsito horario (TH):** es el número total de vehículos que pasan durante una hora, en este caso T = 1 hora.
- **Tasa de flujo o flujo (q):** es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora, en este caso T < 1 hora.

---

<sup>1</sup> Fuente: Ingeniería de Tránsito - Cal y Cárdenas (2000), Pág. 152.

En todos los casos anteriores, los períodos especificados, un año, un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos y período en minutos seguidos inferiores a una hora (Cal y Cárdenas, 2000: 153).

### 2.2.2.3. Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios:

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado, (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dado en vehículos por día:

1. Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365} \dots\dots\dots (2)$$

2. Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30} \dots\dots\dots (3)$$

3. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7} \dots\dots\dots (4)$$

### 2.2.2.4. Volúmenes de Tránsito Horarios:

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora: Cal y Cárdenas (2000).

- a) **Volumen horario máximo anual (VHMA):** es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o calzada durante un año determinado. Es decir, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.
- b) **Volumen horario de máxima demanda (VHMD):** es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.



**c) Volumen horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH):** es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o calzada durante un año determinado, que es excedido por 9,19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina en horario de la 10ª, 20ava y 30ava hora de máximo volumen.

### **2.2.3. Uso de los Volúmenes de Tránsito**

Los datos de volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en varios campos, en Ingeniería de Tránsito es utilizada para realizar estudios como:

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades
- Necesidades de dispositivos para el control de tránsito
- Estudio de estacionamientos.

### **2.2.4. Características de los Volúmenes de Tránsito<sup>1</sup>**

Dado el carácter dinámico que presentan los volúmenes de tránsito, es necesario conocer las variaciones periódicas que tiene el mismo dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Así mismo, se debe considerar las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional, y su composición.

#### **2.2.4.1. Distribución y Composición del Volumen de Tránsito<sup>2</sup>**

La distribución de los volúmenes de tránsito por carriles debe ser considerada, tanto en el proyecto como en la operación de calles y vías. Tratándose de tres o más carriles de operación en un sentido, el flujo se asemeja a una corriente hidráulica. Así, al medir los volúmenes de tránsito por carril, en zona urbana, la mayor velocidad y capacidad, generalmente se logran en el carril del medio; las fricciones laterales, como paradas de autobuses y taxis y las vueltas izquierdas y derechas causan un flujo más lento en los carriles extremos, llevando el menor volumen el carril cercano a la acera.

En cuanto a la distribución direccional, en las calles que comunican el centro de la ciudad con la periferia de la misma, el fenómeno común que se presenta en el flujo de tránsito es de volúmenes máximos hacia el centro en la mañana y

---

<sup>1</sup> Referencia: Texto Guía de Ingeniería de Tránsito. Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico. Universidad Mayor de San Simón (2004).

<sup>2</sup> Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005. Instituto de Gerencia y Construcción

hacia la periferia en las tardes y noches. Es una situación semejante al flujo y reflujos que se presenta los fines de semana cuando los veraneantes salen de la ciudad el viernes y sábado y regresan el domingo en la tarde. Este fenómeno se presenta especialmente en arterias del tipo radial. En cambio, ciertas arterias urbanas que comunican "centros de gravedad" importantes, no registran variaciones direccionales muy marcadas en los volúmenes de tránsito.

**2.2.4.2. Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda:**

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no significa que el flujo sea constante durante toda la hora.

Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora misma. Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo ( $q_{m\acute{a}x}$ ), que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{max})} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

N: Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose éste último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max15})} \dots \dots \dots (6)$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante

todo la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. (Cal y Cárdenas 2000).

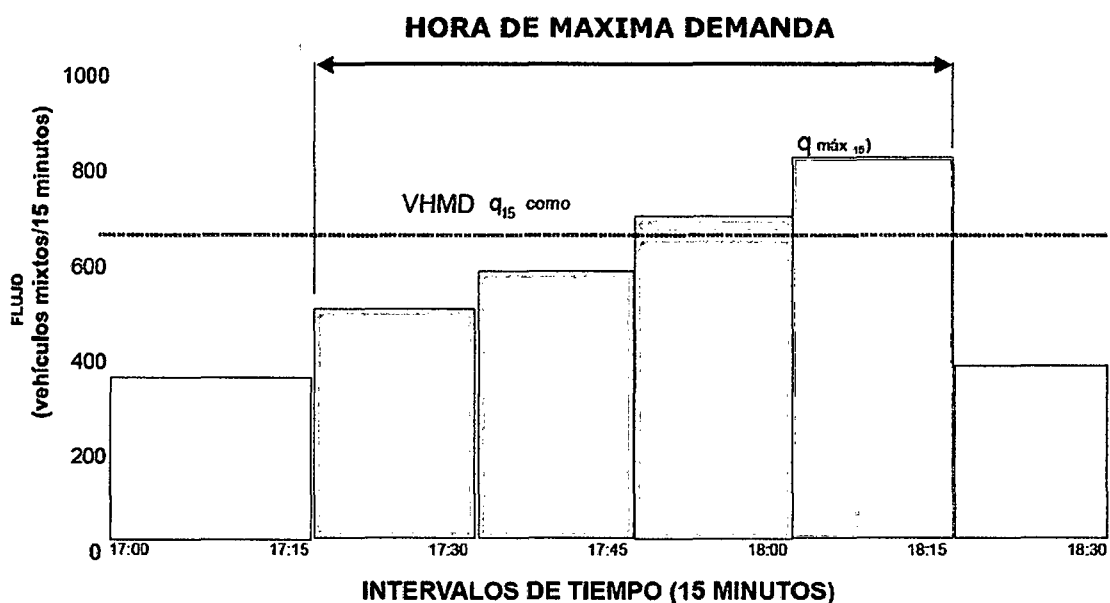


Figura 7: Histograma de Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 del Instituto de la Construcción y Gerencia ICG

#### 2.2.4.3. Variación horaria del volumen de tránsito:

Las variaciones de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día, dependen del tipo de ruta, según las actividades que prevalezcan en ella, puesto que hay rutas de tipo turístico, agrícola, comercial, etc.

En las ciudades se tiene variación típica de la siguiente manera: la madrugada empieza con bajo volumen de vehículos, se va incrementando hasta alcanzar cifras máximas entre las 7:30 y 9:30 horas. De las 9:30 a las 13:00 horas baja y empieza a ascender a las 14:00 y 15:00 horas. Disminuye entre las 14:00 y 18:00 horas, y asciende por última vez entre las 18:00 y las 20:00 horas. De esta hora en adelante tiende a bajar al mínimo en la madrugada.

#### 2.2.4.4. Variación diaria del volumen de tránsito:

En las vías de la ciudad, la variación de los volúmenes de tránsito diario no es muy pronunciada entre semana, están más o menos distribuidos en los días laborables, sin embargo, los volúmenes más altos ocurren los viernes. Vale mencionar, con referencia a la variación diaria de los volúmenes de tránsito tanto a nivel urbano como rural, que se presentan máximos en aquellos días de eventos especiales como Semana Santa, Navidad, fin de año, etc.

#### **2.2.4.5. Variación mensual del volumen de tránsito**

Hay meses que las calles y vías llegan mayores volúmenes que otros, presentando variaciones notables. Los más altos volúmenes de tránsito se registran en Semana Santa, en las vacaciones y a fin de año por las fiestas del mes de diciembre. Por esta razón los volúmenes de tránsito promedio diarios que caracterizan cada mes son diferentes, dependiendo también, en cierta manera, de la categoría y del tipo de servicio que prestan las calles y vías.

#### **2.2.5. Capacidad Vial y Niveles de Servicio<sup>1</sup>:**

Estos conceptos se aplican a los sistemas de transporte para análisis, tanto de diseño como de operación. Para los especialistas en transporte urbano, los sistemas en cuestión son: autopistas urbanas, vías urbanas (arterias y calles), intersecciones semaforizadas o no, infraestructura para autobuses y transporte público, infraestructuras peatonales y para ciclistas.

La capacidad depende de las unidades en cuestión (peatones, vehículos particulares, transporte público, etc.), el periodo de tiempo, y el área de la infraestructura en cuestión (carriles, ancho de la calzada, etc.).

El nivel de servicio es un intento en describir las condiciones operacionales del volumen del tránsito tal y como las percibe el usuario. Originalmente, el concepto de nivel de servicio era definido como una manera cualitativa de medir las condiciones operacionales de una vialidad. Esta medida cubriría idealmente factores como velocidad, tiempos de viaje, demoras, libertad de maniobras, interrupciones del tránsito, comodidad y conveniencia y, seguridad. Para los especialistas de transporte, las medidas cuantitativas de estos factores son los de importancia; sin embargo, el concepto de los niveles de servicio es de utilidad para la comunicación con el público en general.

Para cada tipo de infraestructura se definen seis categorías de niveles de servicio, del "A" al "F". El nivel "A" se refiere a condiciones de volumen libre. El nivel "E" se refiere a condiciones de volumen a capacidad y el nivel "F" a condiciones de congestión crítica. En ingeniería de tránsito existen dos tipos definidos de infraestructura: vías de flujo continuo y de flujo discontinuo.

---

<sup>1</sup> Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL - México.

### **a) Flujo Continuo:**

Las vías de flujo continuos no tienen elementos fijos que sean obstáculo al volumen de tránsito y que provoquen interrupciones, tales como semáforos, altos, etc.

#### Vías de Flujo Continuo:

Los siguientes son ejemplos de vías de volumen continuo:

- Autopistas
  - Tramos Básicos de Autopistas
  - Áreas de Entrecruzamiento
  - Enlaces
  - Sistemas de Autopistas
- Carreteras de Carriles Múltiples
- Carreteras de Dos Carriles

### **b) Flujo Discontinuo:**

Las vías de flujo discontinuo tienen elementos fijos que provocan la interrupción del tráfico de manera periódica. Estos elementos son: semáforos, señales de alto, y otros tipos de control. Estos mecanismos producen paradas del tránsito, indiferentemente de la cantidad de vehículos que existe.

#### Infraestructura de Flujo Discontinuo:

Las siguientes son ejemplos de infraestructura de flujo discontinuo:

- Intersecciones Semaforizadas
- Intersecciones no Semaforizadas (controladas por señales de alto y ceda el paso)
- Arterias
- Transporte Público
- Peatones
- Bicicletas

#### **2.2.5.1. Capacidad Vial**

En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de vías y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta.

A parte del estudio de la capacidad de las vías y calles, el propósito que también generalmente se sigue es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente vial.

Teóricamente la capacidad ( $q_{\text{máx}}$ ) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos (peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable.

La infraestructura vial, sea ésta una vía o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos fijos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos, que produzcan interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, tales como los semáforos, las señales de alto y otros tipos de regulación.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad.

#### **2.2.5.2. Condiciones Prevalecientes**

Es necesario tener en cuenta el carácter probabilístico de la capacidad, por lo que puede ser mayor o menor en un instante dado. A su vez, como la definición misma lo expresa, la capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican. Estos se agrupan en tres tipos generales.

- Condiciones de la infraestructura vial: Son las características físicas de la vía o calle; el desarrollo de su entorno; las características geométricas (ancho de carriles y acotamientos, obstrucciones laterales, velocidad de proyecto, restricciones para el rebase y características de los alineamientos); y, el tipo de terreno donde se aloja la obra.
- Condiciones del tránsito: Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, y a su composición en tipos de vehículos como livianos,

camiones, autobuses y vehículos recreativos, según el sistema de clasificación vehicular adoptado.

- Condiciones de control: Hace referencia a los dispositivos para el control del tránsito, tales como semáforos y señales restrictivas (alto, ceda, el paso, no estacionarse, sólo vueltas a la izquierda, etc.)

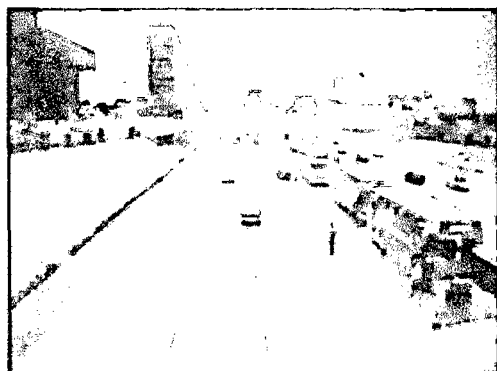
### 2.2.5.3. Niveles de Servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros.

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

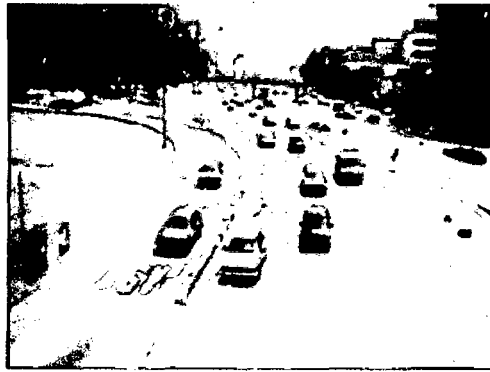
El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las condiciones de operación de estos niveles, se ilustran en la Figura 8.



**Nivel de Servicio A**



**Nivel de Servicio B**



Nivel de Servicio C



Nivel de Servicio D



Nivel de Servicio E



Nivel de Servicio F

Figura 8: Condiciones de operación de los niveles de servicio

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 del Instituto de la Construcción y Gerencia ICG

#### 2.2.5.4. Análisis de capacidad y niveles de servicio:

(Gómez 2004: 177) Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de un camino. Más bien se trata de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien el volumen admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué volúmenes y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del camino.

La velocidad es considerada el principal factor usado para identificar el Nivel de Servicio. Hay un segundo factor principal que es una relación, ya sea entre el volumen de demanda y la capacidad, o bien la relación entre el volumen de servicio y la capacidad, según el problema específico. Aunque la escala de medición de los niveles de servicio puede incluir todos los factores considerados deseables, el uso de los dos factores principales mencionados se considera necesario para un análisis práctico.

La capacidad vial tiene un intervalo de valores que va desde los 2000 vehículos/hora/carril, para una autopista de condiciones ideales, hasta unos



300 vehículos/hora/carril, en una zona urbana de calles viejas y angostas, con gran porcentaje de vehículos pesados y fuerte volumen de vueltas. Para carreteras ideales de dos carriles, la capacidad es de 2000 vehículos/hora para ambos sentidos. El volumen de servicio será siempre una fracción de la capacidad en condiciones ideales.

El análisis que comúnmente se realiza sirve para determinar el efecto de los factores externos e internos en la capacidad ideal de cierto tramo de camino, y el volumen de servicio que corresponde a un nivel de servicio dado. Los estudios de capacidad sirven para aislar y medir esos factores. La determinación de estos factores y el procedimiento de análisis están contenidos en el "Manual de Capacidad Vial" editado por la Junta de Investigación Vial, de los Estados Unidos. Constituye el más extenso trabajo realizado hasta la fecha sobre capacidad de calles y caminos y aunque muchos de los factores pueden corresponder a condiciones específicas de la vialidad de los Estados Unidos, se le ha utilizado en otros países con resultados muy positivos.

La capacidad de un camino es tan variable como pueden serlo las variables físicas del mismo o las condiciones del tráfico. Por esa razón los análisis de capacidad se realizan aislando diversas partes de un camino, como un tramo recto, un tramo con curvas, un tramo con pendientes, el acceso a una intersección, un tramo de entrecruzamiento, una rampa de enlace, etc.

Para fines de interpretación uniforme y metodológica ordenada, se han establecido los siguientes criterios:

1. El volumen y la capacidad son expresados en automóviles por hora para cada tramo del camino o calle.
2. El nivel de servicio se aplica a un tramo significativo del camino. Este puede variar en sus condiciones de operación, en diferentes puntos, debido a variaciones en el volumen de vehículos o en su capacidad.
3. Los elementos usados para medir la capacidad y los niveles de servicio son variables cuyos valores se obtienen fácilmente de los datos disponibles. Para la capacidad, se requieren el tipo de camino, características geométricas, promedio de velocidad, composición del tráfico y variaciones del volumen. Para el nivel de servicio, los factores adicionales que se requieren son la velocidad y la relación de volumen a capacidad.
4. Por razones prácticas se han fijado valores de velocidades y relaciones de volumen a capacidad, que definen los niveles de servicio para autopistas,

con y sin control de acceso, carreteras de dos y tres carriles, avenidas urbanas y calles del centro de una ciudad.

5. El criterio usado para una identificación práctica de los niveles de servicio de diversos tipos de caminos establece que deben considerarse los siguientes factores:

**Tabla 3:** Medidas de eficiencia para la definición de los niveles de servicio.

<b>TIPO DE INFRAESTRUCTURA</b>	<b>MEDIDAS DE EFICIENCIA</b>
Autopistas Segmentos básicos de autopista Entrecruzamientos Rampas de enlace	Densidad (vl/Km/c) Velocidad media de recorrido (Km/h) Tasas de flujo (vl/h)
Carreteras Multicarriles Carreteras de dos carriles	Densidad(veh.lig./km/carril) Demora porcentual(%) Velocidad media de recorrido (Km/h)
Intersecciones semaforizadas	Demora media individual por paradas(s/vl)
Intersecciones sin semaforizar	Capacidad en reserva (vl/h)
Arterias	Velocidad media de recorrido (Km/h)
Transporte colectivo	Factor de carga (pers/asiento)
Peatones	Espacio (m2/peatón)

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, D.C. 1985

## **2.2.6. Determinación del Nivel de Servicio de una Arteria Urbana según el HCM 2000<sup>1</sup>:**

### **2.2.6.1. Niveles de Servicio Arterial:**

El nivel de servicio arterial está basado en la velocidad media de recorrido para el segmento, tramo o arteria completa considerada. La velocidad media de recorrido se calcula a partir del tiempo en movimiento sobre el segmento arterial y de la demora en el acceso a las intersecciones.

Los niveles de servicio arteriales se definen de forma precisa en la tabla 4. Resulta útil, sin embargo, una descripción general de los diversos niveles.

El nivel de servicio arterial se define en función de la velocidad media de recorrido de todos los vehículos de paso sobre la arteria. Se ve fuertemente influida por el número de semáforos por kilómetro y por la demora media en las intersecciones. En una vía dada se puede degradar notablemente el nivel de

<sup>1</sup> Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras. Capítulo 11 Arterias Urbanas y Suburbanas.

servicio arterial por factores tales como un ciclo semafórico inadecuado, una progresión deficiente o un incremento de la circulación. Las arterias con una elevada densidad de semáforos son aún más sensibles a estos factores.

Los niveles de servicio arteriales son:

- **Nivel de Servicio A:** Describe una circulación en régimen libre, a velocidades de recorrido medias del 90 por ciento de la velocidad en régimen libre para esa clase de arteria. Los vehículos no encuentran impedimento alguno para maniobrar dentro de la circulación. La demora en las paradas de intersecciones semaforizadas en mínimo.
- **Nivel de Servicio B:** Representa una circulación con un nivel aceptable de impedimentos, con velocidades medias de recorrido generalmente del 70 por ciento de la velocidad en régimen libre para esa clase de arteria. La capacidad para maniobrar dentro de la corriente de circulación sólo se ve ligeramente restringida y las demoras en las paradas no resultan molestas. Generalmente, los conductores no se ven sometidos a una tensión apreciable.
- **Nivel de Servicio C:** Representa una circulación estable. Sin embargo, la capacidad para maniobrar y cambiar de carril en los tramos centrales de las manzanas, puede resultar más restringida que en el NS B y bien la existencia de colas más largas y/o una coordinación inadecuada de los semáforos pueden contribuir a disminuir las velocidades medias de recorrido, hasta un 50 por ciento de la velocidad en régimen libre para esa clase de arteria. En la conducción, los usuarios experimentarán una tensión apreciable.
- **Nivel de Servicio D:** Se halla en el límite de un nivel para el cual pequeños incrementos importantes de la demora en el acceso y por tanto, descensos en la velocidad arterial. Ello puede deberse a una progresión inadecuada de los semáforos, a un reglaje del ciclo semafórico inapropiado, a unos volúmenes elevados, o a alguna combinación de estos tres factores. Las velocidades medias de recorrido se hallan alrededor del 40 por ciento de la velocidad en régimen libre.
- **Nivel de Servicio E:** Se caracteriza por unas demoras importantes en el acceso y por unas velocidades medias de recorrido de un tercio o menos de la velocidad en régimen libre. Dicha circulación se produce por la combinación de una progresión inadecuada, una elevada densidad de semáforos, la formación de largas colas en las intersecciones críticas y un reglaje semafórico inapropiado.

- **Nivel de Servicio F:** Caracteriza un flujo arterial con velocidades extremadamente bajas, inferior a un tercio o un cuarto de la velocidad en régimen libre. En los emplazamientos críticos con semáforos es muy probable la congestión de la intersección, ocasionando demoras elevadas en el acceso. Con frecuencia una progresión inadecuada contribuye a empeorar estas condiciones.

La tabla 4 contiene las definiciones del nivel de servicio arterial, basadas en la velocidad media de recorrido a lo largo del segmento considerado que puede llegar a ser la totalidad de la vía. El concepto "clase de arteria" se define en la metodología expuesta a continuación.

Tabla 4: Niveles de Servicio en Arterias.

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
Velocidad en régimen libre Típica (Km/h)	64 Km/h	53 Km/h	43 Km/h
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, D.C. 1985

#### 2.2.6.2. Clase de Arteria y Velocidad en Régimen Libre:

EL Highway Capacity Manual establece tres clases de arterias en base a la función y el diseño arterial. Dentro de cada clase, las velocidades en régimen libre pueden variar dentro de una cierta gama.

En todos los casos la arteria debe clasificarse atendiendo, primero, a su categoría de proyecto. En algunos casos si existen dudas en su clasificación, la medición de la velocidad de régimen libre representará una ayuda valiosa para la correcta determinación de la clase de arteria.

Tanto la velocidad en régimen libre como la velocidad media de recorrido real pueden obtenerse mediante el estudio de los tiempos de recorrido en la arteria.

- **Velocidad en Régimen Libre:** Es la velocidad media de los vehículos sobre las secciones de tramos arteriales que no están cerca de intersecciones con semáforos, observadas bajo condiciones de volumen de

tráfico muy bajo, cuando los conductores no están restringidos por otros vehículos o por otros semáforos. La velocidad media en régimen libre debe aproximarse a las velocidades deseadas por los conductores. Estas velocidades pueden medirse mediante coches de ensayo u observación de velocidades puntuales lejos de la intersección.

La clasificación de una arteria se determina según la categoría funcional y la calidad de proyecto, una forma de determinarla se realiza mediante la tabla 5. En la práctica, a veces existen ambigüedades en la determinación de las categorías apropiadas. La medición o cálculo de la velocidad en régimen libre es una gran ayuda para esta determinación, puesto que cada clase de arteria tiene un campo de velocidades en régimen libre, dichos rangos se muestran en la Tabla 6.

Las velocidades en régimen libre no pueden utilizarse por sí solas para determinar la clase de arteria, pero sí como comprobación de la clasificación en la que se haya encuadrado.

Tabla 5: Ayuda para la Clasificación de una arteria

CRITERIOS	CATEGORIA FUNCIONAL		
	ARTERIAS PRINCIPALES		ARTERIAS SECUNDARIAS
Func. Movilidad	Muy importantes		Importante
Func. Accesibilidad	Muy escasa		Sustancial
Puntos relacionados	Autopistas, centros importantes de actividad generadores de tráfico principales		Arterias principales
Viajes predominantes servidos	Viajes relativamente importantes entre los puntos anteriores y viajes de paso que entran, salen y atraviesan la ciudad		Viajes de longitud moderada dentro de zonas geográficas relativamente pequeñas
CRITERIOS	CATEGORIA DE PROYECTO		
	SUBURBANO	INTERMEDIO	URBANO
Control de accesos	De parcial a completo	Parcial	Pequeño o nulo
Tipo de arteria	Multicarril con separación, sin separación o de dos carriles con berma	Multicarril con o sin separación de un solo sentido; de dos carriles	De un solo sentido o sin separación; de dos carriles o multicarril
Estacionamientos	Sin estacionamientos	Algunos estacionamientos	Estacionamiento prohibido

Carriles de giro a la izquierda separados	Sí	Algunos	No
Semáforos/Km	1 a 2.5	2.5 a 5	5 a 7.5
Límites de velocidad	64 a 72 Km/h	48 a 64 Km/h	40 a 56 Km/h
Interferencia peatonal	Ninguna	Ninguna	Alguna
Desarrollo urbano colateral	Baja densidad	Moderada	Alta densidad

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, D.C. 1985

Tabla 6: Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto.

CATEGORIA DE PROYECTO	CATEGORIA FUNCIONAL	
	ARTERIA PRINCIPAL	ARTERIA SECUNDARIA
Proyecto y control suburbano típico	I	II
Proyecto intermedio	II	III
Proyecto urbano típico	III	III

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, D.C. 1985

## 2.2.7. Velocidades<sup>1</sup>:

### 2.2.7.1. Velocidad en General:

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h).

Para el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:

$$v = \frac{d}{t} \dots\dots\dots (7)$$

Dónde:

- v = Velocidad constante (Km/h).
- d = Distancia recorrida (Km).
- t = Tiempo de recorrido (horas).

<sup>1</sup> Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones – Rafael Cal y Mayor. Pag. 205. 7ma edición.

### 2.2.7.2. Velocidad de punto:

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una vía o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina velocidad instantánea.

### 2.2.7.3. Velocidad media temporal:

Es el promedio aritmético de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o vía durante un intervalo de tiempo seleccionado. Se dice entonces, que se tiene una distribución temporal de velocidades de punto. Para datos de velocidades de punto no agrupados, matemáticamente la velocidad media temporal se define como:

$$\bar{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \dots\dots\dots (8)$$

Dónde:

- Vt = Velocidad media temporal (Km/h).
- Vi = Velocidad del vehículo i (Km/h).
- n = número total de vehículos observados o tamaño de la muestra.

Para el caso de datos de velocidades de punto agrupadas, la velocidad media temporal es:

$$\bar{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i v_i)}{n} \dots\dots\dots (9)$$

Dónde:

- f<sub>i</sub> = Número de vehículos en el grupo de velocidad i.
- V<sub>i</sub> = Velocidad del grupo i (Km/h).
- m = número de grupos de velocidad.

### 2.2.7.4. Velocidad media espacial:

Es el promedio aritmético de las velocidades de punto de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o vía. Se dice entonces, que se tiene una distribución espacial de velocidades de punto.

Para un espacio o distancia dados, la velocidad media espacial se calcula dividiendo la distancia por el promedio de los tiempos empleados por los vehículos en recorrerla. Esto es:

$$\bar{v}_e = \frac{d}{\bar{t}} \dots \dots \dots (10)$$

Dónde:

$\bar{v}_e$  = Velocidad media espacial

$d$  = Distancia dada o recorrida

$\bar{t}$  = Tiempo promedio de recorrido =  $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$

Esto es:

$$\bar{v}_e = \frac{d}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{d}\right)}$$

El tiempo empleado por el vehículo  $i$  en recorrer la distancia  $d$  es:

$t_i = \frac{d}{v_i}$ , de donde:  $d = v_i t_i$

Por lo tanto:

$$\bar{v}_e = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{v_i t_i}\right)}$$

$$\bar{v}_e = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{v_i}\right)} \dots \dots \dots (11)$$

Según la estadística descriptiva, a esta última expresión se le denomina media armónica, que para un evento dado es la media estadística que mejor lo describe. Por lo tanto, la velocidad media espacial es el indicador más apropiado a ser utilizado en el análisis de flujos vehiculares.

**2.2.7.5. Velocidad de Recorrido:**

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas



aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc.

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, la velocidad media de recorrido es la suma de sus distancias recorridas dividida entre la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos o el grupo de vehículos recorren la misma distancia, la velocidad media de recorrido se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido. Así, puede verse que la velocidad media de recorrido es una velocidad media espacial o con base en la distancia.

La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas.

#### **2.2.7.6. Estudio de Velocidades<sup>1</sup>:**

##### **a) Ubicación de los Estudios**

Los estudios de velocidades instantáneas se pueden hacer en ubicaciones generales o especiales.

**Ubicaciones Generales:** Son aquellas seleccionadas para estudios de tendencias o datos de encuestas básicas de tránsito. Para carreteras rurales, los estudios de tendencias se llevan a cabo en secciones rectas y sin pendiente lejos de intersecciones o desarrollos a los lados de la vía. En áreas urbanas se seleccionan ubicaciones a media cuadra, sin la influencia de estacionamientos y accesos.

**Ubicaciones Especiales:** Son aquellas seleccionadas para establecer límites de velocidad para calles específicas y secciones de vía, para evaluar mejoras de tránsito y para estudiar zonas de accidentes. Además, los estudios de velocidades se llevan a cabo en determinadas áreas para investigación y otros estudios especiales, o para evaluar la relación entre la velocidad y factores que puedan afectarla.

Para estimar la velocidad en una zona de manera precisa y no sesgada, se debe proceder de la siguiente forma:

---

<sup>1</sup> Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL – México. Tomo XII Pag. 14

1. El equipo de medición debe ser escondido de manera que el conductor no sepa que está siendo medido.
2. Si el observador necesita ver los vehículos, también debe esconderse.
3. Evitar tener público observando el aforo.
4. Chequear un número adecuado de velocidades de vehículos.

### b) Requerimientos del tamaño de la Muestra

Un estudio de velocidades instantáneas requiere un tamaño de muestra adecuado para satisfacer consideraciones estadísticas. La siguiente ecuación puede ser usada para calcular el número de velocidades a ser medidas:

$$N = \left(\frac{SK}{E}\right)^2 \dots\dots\dots (12)$$

Dónde:

- N = tamaño mínimo de la muestra.
- S = desviación estándar estimada de la muestra (KPH).
- K = constante que corresponden al nivel de confianza deseado.
- E = error permitido en el estimado de la velocidad.

Si la desviación estándar de las velocidades instantáneas no ha sido determinada en análisis de velocidad previos, entonces se puede hacer un estimado razonable usando la tabla 7 de acuerdo con el área de tránsito y el tipo de vía.

**Tabla 7: Desviaciones Estándar de Velocidades Instantáneas para Determinar el Tamaño de la Muestra y Sentido**

Área de Tránsito	Tipo de Carretera	Desviación Estándar Media (kph)
Rural	2 carriles	8,5
Rural	4 carriles	6,8
Intermedio	2 carriles	8,5
Intermedio	4 carriles	8,5
Urbana	2 carriles	7,7
Urbana	4 carriles	7,9
Valor Redondeado		8,0

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL - México.

Nótese que la desviación estándar media varía entre 7.9 y 8.5 KPH para las seis combinaciones de tipos de área de tránsito y tipo de carretera. Debido a que la variabilidad en las medidas de la dispersión de la velocidad es limitada,

se sugiere que se use un valor de 8.0 Kph para cualquier tipo de carretera y área de tránsito.

La constante K depende del nivel de confianza (la probabilidad que la velocidad media sea una estimación válida). Un valor de 2.00 se usa a menudo y proporciona un nivel de confianza de 95.5 %. Si un nivel de confianza mayor es requerido, un valor para K=3 establece un nivel de confianza del 99.7%. Valores adicionales para la constante K se presentan en la tabla 8.

Tabla 8: Constantes Correspondientes al Nivel de Confianza

Constante, K	Nivel de Confianza (%)
1,00	68,3
1,50	86,6
1,64	90,0
1,96	95,0
2,00	95,5
2,50	98,8
2,58	99,0
3,00	99,7

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL - México.

El error permitido "E" en el estimado de la velocidad depende de la precisión requerida en el estimado de la velocidad media. Esta medida es una tolerancia absoluta, esto quiere decir que el error absoluto se especifica como +/- un valor seleccionado. La ecuación anterior determina el número mínimo de observaciones necesarias, sin embargo, bajo ninguna circunstancia, el tamaño de la muestra puede ser menor que 30.

Si la estadística de interés es un valor diverso a la media, como por ejemplo el 85 percentil de las velocidades, entonces la siguiente ecuación es la apropiada para determinar el tamaño requerido de la muestra:

$$N = \frac{S^2 K^2 (2+U^2)}{2E^2} \dots\dots\dots (13)$$

Dónde:

N = tamaño de la muestra mínimo

S = desviación estándar estimada para el muestreo

K = constante correspondiente para el nivel de confianza deseado

E = error permitido en el estimado de la velocidad (KPH). Varía entre ±8 y ±1.5 km/h o menos.

U = constante correspondiente a la estadística de velocidad deseada; para velocidad media, use 0,00; para el 15 o 85 percentil, use 1,04; para el 5 o 95 percentil, use 1,64.

### **2.2.8. Aforos:**

Sirven para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, entran a una intersección o usan parte de un camino; como un carril, un paso de peatones o una acera.

#### **2.2.8.1. Métodos de aforo:**

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico (registro automático) y el manual.

##### **a) Aforo mecánico:**

Hay equipos tan sofisticados como las cámaras fotográficas, que pueden emplearse para registrar datos en periodos de una hora o más. La mayoría de contadores automáticos se instalan en lugares específicos y en un periodo de un día a una semana. Este tipo de aforo tiene gran aplicación en aquellos casos en donde solo sea necesario un simple conteo del número de vehículos, sin separar el tipo de vehículos, dirección, uso de carril, etc. Sin embargo los aforos automáticos son obtenidos y utilizados para determinar la variación horaria, diaria y estimación del tránsito anual.

##### **b) Aforos manuales:**

Se usa uno o más aforadores (personas) para recopilar datos en lugares específicos, pueden emplearse de manera que se observe y obtenga la información detallada de clasificación vehicular, movimientos direccionales, etc. En su forma más simple el aforo manual, requiere una persona con un lápiz para anotar mediante rayas los vehículos aforados en una hoja de campo.

#### **2.2.8.2. Períodos de aforo:**

Como regla general, los aforos realizados en zonas urbanas durante la hora de máxima demanda, demostrarán los volúmenes mayores. Se recomienda periodos de aforo de 15 minutos; para determinar el factor de la hora de máxima demanda (FHMD). No es recomendable que los aforos se lleven a cabo en días festivos, ni un día antes o posterior a ellos. Tampoco cuando existen condiciones atmosféricas adversas que pudiera afectar el flujo vehicular.

## **Definición de términos básicos.**

**Avenida<sup>1</sup>:** Calle ancha de doble sentido con calzadas separadas por una berma central. Las vías arteriales y colectoras reciben el nombre de avenida.

**Aforo<sup>2</sup>:** Cuantificación del número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino.

**Calle<sup>1</sup>:** En el sentido más genérico es una vía pública en la zona urbana, con ingreso y salida, destinada al tránsito de peatones y/o vehículos.

**Calzada<sup>1</sup>:** Es la parte de la sección de la vía, destinada a la circulación exclusiva de vehículos. También se le conoce como superficie de rodadura.

**Capacidad de vía<sup>1</sup>:** Es el número máximo de pasajeros y/o vehículos de pasajeros que puede, mediante criterios establecidos, pasar por determinada vía, en un periodo de tiempo, en determinadas condiciones.

**Conductor<sup>1</sup>:** Es la persona que tiene a su cargo el movimiento y dirección de un vehículo cualquiera, inclusive sin motor, generalmente denominado chofer.

**Densidad de Tránsito<sup>3</sup>:** Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro.

**Demora<sup>4</sup>:** Es el tiempo perdido por un vehículo debido a las causas más allá del control del conductor.

**Flujo Continuo<sup>1</sup>:** Es la condición en la cual un vehículo recorre un tramo de un carril o vía, y no está obligado a parar por ninguna causa externa.

**Flujo Interrumpido<sup>1</sup>:** Es la condición en la cual un vehículo, en el recorrido por una vía, está obligado a parar por causas externas, tales como una intersección o señalización.

**Ingeniería de Tránsito<sup>2</sup>:** Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras.

**Nivel de Servicio<sup>4</sup>:** Es la medida cualitativa descriptora de las condiciones operativas de un flujo viario y de su percepción de los motoristas y/o pasajeros. Se describe generalmente estas condiciones en relación con variables tales como la velocidad y el tiempo de recorrido.

**Tiempo de recorrido<sup>4</sup>:** Es el tiempo tomado por un vehículo para atravesar una sección dada en una vía.

**Tránsito<sup>2</sup>:** Acción de transitar. Actividad de personas y vehículos que pasan por una calle, una carretera, etc.

**Vehículo<sup>1</sup>:** Es un artefacto que sirve para transportar personas o cargas, impulsado por su propio motor, tracción o fuerza humana.

---

<sup>1</sup> Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 del ICG.

<sup>2</sup> Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito – Instituto de Ingenieros de Tránsito.

<sup>3</sup> Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito – Instituto de Ingenieros de Tránsito.

<sup>4</sup> HCM 2000 Manual de Capacidad de Carreteras.

**Velocidad<sup>1</sup>:** Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Se expresa en km/h.

**Velocidad de recorrido<sup>4</sup>:** También llamada velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el inicio hasta el fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla.

**Velocidad en Régimen Libre:** Es la velocidad media de los vehículos sobre las secciones de tramos arteriales que no están cerca de intersecciones con semáforos, observadas bajo condiciones de volumen de tráfico muy bajo, cuando los conductores no están restringidos por otros vehículos o por otros semáforos.

**Volumen de Tránsito<sup>2</sup>:** Es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.

**Vía<sup>2</sup>:** Carretera, vía urbana o camino rural abierto a la circulación pública de vehículos y/o peatones.

---

<sup>1</sup> Texto Guía Ingeniería de Tráfico.

<sup>2</sup> Reglamento Nacional de Tránsito.

### CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra ubicada en el distrito de Cajamarca, departamento del mismo nombre, localizada al Norte del Perú.

Departamento : Cajamarca.  
Provincia : Cajamarca.  
Distrito : Cajamarca.

La ciudad de Cajamarca, está situada a 2,719 msnm, con clima templado, seco y soleado. La temporada de lluvias es de diciembre a marzo.

La investigación se realizó de forma puntual en las avenidas que convergen en la Plazuela Bolognesi de la ciudad de Cajamarca entre los meses de setiembre a noviembre del año 2014.

Las avenidas son las siguientes:

- Av. Atahualpa.
- Av. Juan XXIII.
- Av. Independencia.
- Av. De los Héroes.
- Av. San Martín de Porres.

#### Ubicación Geográfica:

Tabla 9: Coordenadas UTM y coordenadas geográficas de las vías en estudio

AVENIDA/VÍA URBANA	PTO	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
		NORTE	ESTE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
De los Héroes	A	9207618	774714	78°30`45.696" W	7°09`42.573" S	2722 msnm
	B	9207458	774885	78°30`40.098" W	7°09`47.749" S	2715 msnm
Independencia	C	9207406	774902	78°30`39.535" W	7°09`49.438" S	2715 msnm
	D	9207348	774882	78°30`40.176" W	7°09`51.328" S	2719 msnm
Atahualpa	E	9207407	774928	78°30`38.688" W	7°09`49.400" S	2714 msnm
	F	9207206	775166	78°30`30.900" W	7°09`55.898" S	2715 msnm
San Martín	G	9207396	775089	78°30`33.442" W	7°09`49.730" S	2710 msnm
	H	9207429	774939	78°30`38.334" W	7°09`48.683" S	2716 msnm
Juan XXIII	I	9207479	774905	78°30`39.450" W	7°09`47.062" S	2718 msnm
	J	9207611	775052	78°30`34.685" W	7°09`42.742" S	2703 msnm

Fuente: Propia.

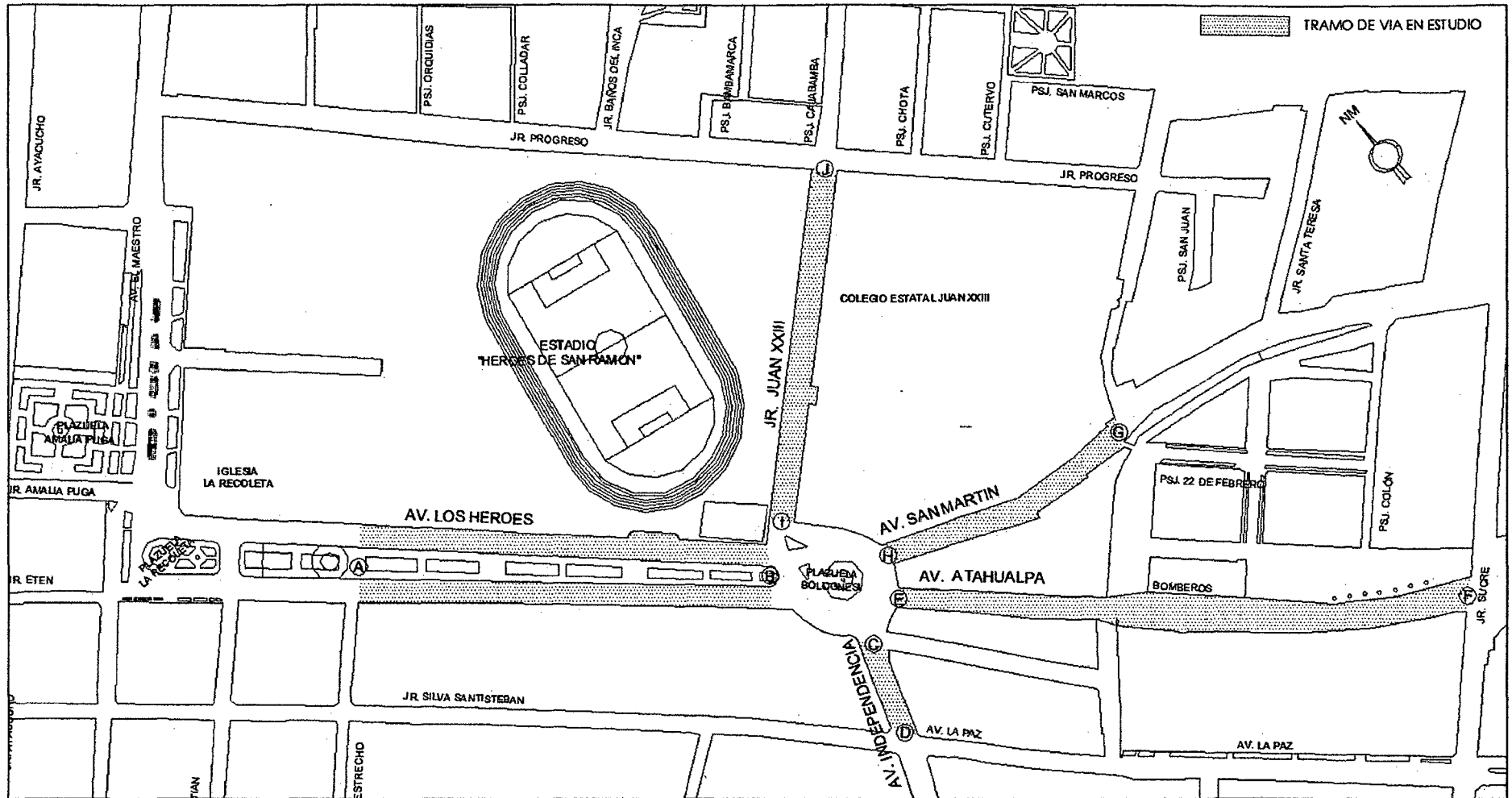


Figura 9: Ubicación de cada tramo de las avenidas en investigación.

Fuente: Propia.



### a) Procedimiento.

Se realizó la investigación y selección de la zona de estudio teniendo en cuenta los problemas de la vialidad que existe actualmente en la ciudad de Cajamarca.

El estudio tiene la finalidad de determinar el nivel de servicio de las vías antes mencionadas, las cuales en la actualidad atraviesan por problemas de congestión en horas punta.

A continuación se describe detalladamente cada uno de los pasos a seguir para la realización del presente estudio:

- 1) Se inicia con la recopilación de la información, para la cual se realizó un aforo vehicular en forma manual en los tramos de las vías a intervenir. Para realizar el aforo se utiliza el formato de aforo vehicular (tabla 10), en el cual se debe registrar el número de vehículos por categoría en intervalos de 15 minutos, iniciándose el registro desde las 6:30 a.m. hasta las 8:00 p.m.

Tabla 10: Formato para Aforo de Tráfico Vehicular.

HORA		MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION
06:30	06:45								
06:45	07:00								
07:00	07:15								
07:15	07:30								

Fuente: Propia.

- 2) Los datos obtenidos se procesan con la ayuda de hojas de cálculo Excel, realizando el análisis de flujo vehicular para cada tramo. Esto implica determinar entre otros el volumen de tránsito vehicular y el porcentaje por clase de vehículo que transitan en las horas evaluadas, el volumen horario de máxima demanda y el factor horario de máxima demanda, para cada caso se hace uso de la fórmula correspondiente, detallada en el marco teórico.
- 3) Una vez determinado el volumen horario de máxima demanda, se recurre a las avenidas nuevamente para realizar el estudio de velocidades, en este caso la velocidad de recorrido, el cual se hace en la hora de mayor demanda. La toma de datos se realiza en cada tramo y consiste en cronometrar los tiempos de recorrido de una cantidad determinada de vehículos, establecida mediante fórmulas estadísticas (tamaño de muestra), a su paso por el tramo en estudio, anteriormente se debe fijar la distancia de recorrido. Tener en cuenta que el tiempo involucra el tiempo en

movimiento más tiempo de paradas. Los datos son anotados en la libreta de campo, luego se digitan en hojas Excel y aplicando la ecuación de velocidad media espacial se determina la velocidad promedio para cada tramo. La misma que será útil para determinar el Nivel de Servicio de la vía.

- 4) Finalmente con la velocidad de recorrido promedio de cada tramo de vía, se determina el nivel de servicio, para esto se emplea la tabla Niveles de Servicio en Arterias del Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad de Carreteras), tabla de doble entrada, que recurre a los valores de la velocidad de recorrido y la clase de arteria para establecer el nivel de servicio de cada vía, objetivo de la investigación.

#### **b) Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

La recolección de información se hizo a través de la observación directa, tanto para cuantificar el número de vehículos que transitan por las vías (aforo), como para la obtención de los tiempos de recorrido de los vehículos, en el primero se realizó conjuntamente con el llenado del cuadro de aforo respectivo; y para el segundo haciendo uso de cronómetros y wincha, esta última para determinar la distancia de recorrido.

El análisis de datos se realizó netamente en gabinete, con el apoyo de las hojas de cálculo Excel (elaboración propia) y las fórmulas establecidas en el marco teórico. El análisis de datos corresponde a la determinación de volúmenes de tránsito vehicular, factor horario de máxima demanda, velocidades de recorrido, velocidad de recorrido promedio, entre otros.

Para determinar el nivel de servicio, resultado final de la investigación, se utilizó la tabla de nivel de servicio del Manual de Capacidad de Carreteras, propuesta en el marco teórico (Tabla 4).

#### **- Tipo de Investigación:**

Por lo tanto de acuerdo a la investigación planteada y en función de sus objetivos se incorpora el tipo de investigación descriptiva. Según Arias (2004), "la investigación descriptiva, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento". (p. 48).

La investigación se orienta hacia la incorporación de un diseño de campo, por cuanto este diseño de investigación permite no sólo observar, sino recolectar los datos directamente de la realidad en su ambiente cotidiano para así posteriormente analizar e interpretar los resultados de dicha investigación.

Para Alexis Pérez (2004), “la investigación de campo, el investigador recoge la información directa de la realidad, y está referida en fuentes primarias, los datos se obtienen a través de la aplicación de técnicas de recolección de datos...” (p. 19).

### Estudio de Flujo Vehicular:

Tabla 11: Puntos de conteo para aforo vehicular y tramo a evaluar por cada vía en estudio.

Punto de Conteo	Avenidas en estudio	Tramo a evaluar (sentido de flujo)
1	Av. De los Héroes	Plazuela Bolognesi - La Recoleta
2	Av. De los Héroes	La Recoleta - Plazuela Bolognesi
3	Av. Independencia	Plazuela Bolognesi - Jr. Silva Santisteban
4	Av. Atahualpa	Plazuela Bolognesi - Jr. Sucre
5	Av. Atahualpa	Jr. Sucre - Plazuela Bolognesi
6	Av. San Martín	Psje. Cumbe Mayo - Plazuela Bolognesi
7	Av. Juan XXIII	Plazuela Bolognesi - Jr. Progreso
8	Av. Juan XXIII	Jr. Progreso - Plazuela Bolognesi

Tabla 12: Clase de vehículos considerados en el estudio.

Mototaxis	Vehículos livianos	Buses	Camiones
Mototaxis	Autos, taxis, camionetas y combis	Minibuses y buses	Camiones

### - Análisis de Flujo Vehicular:

De acuerdo a lo que indica el Manual de vías urbanas del ICG, respecto a la variación diaria del volumen de tránsito (ítem 4.1.4.4 de dicho manual), la cual señala que los valores máximos de flujo vehicular en vías urbanas en el Perú se generan dentro de semana.

Para este estudio y con el objetivo de determinar el Nivel de Servicio de las vías, se trabajó con el promedio del conteo vehicular de 5 días dentro de la semana (La toma de datos se realizó del lunes 15/09/2014 al viernes 19/09/2014).

A continuación se presenta los resultados obtenidos correspondientes al análisis del flujo vehicular, como son: aforo vehicular en intervalos de 15 minutos, volúmenes de tránsito, volumen horario de máxima demanda, factor horario de máxima demanda, tasa de flujo máximo.

**a) Av. de los Héroes (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi - Recoleta).**

**Tabla 13: Aforo Vehicular (TPDS) en la Av. de los Héroes (hacia la Recoleta).**

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD									VHMD (veh/h)
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL	
06:30	06:45	122	28	34	24	8	1	0	6	224	1193
06:45	07:00	151	37	57	38	10	2	0	7	303	1247
07:00	07:15	177	46	69	29	11	1	0	6	339	1214
07:15	07:30	157	38	75	41	10	0	2	4	327	1094
07:30	07:45	153	25	60	28	5	2	0	5	278	973
07:45	08:00	150	22	71	18	6	0	1	1	270	895
08:00	08:15	107	22	62	19	4	1	0	2	219	862
08:15	08:30	96	24	59	21	3	2	0	3	206	863
08:30	08:45	87	28	54	20	5	1	2	3	200	836
08:45	09:00	94	33	66	36	6	0	0	2	237	834
09:00	09:15	92	23	67	32	3	1	0	3	220	783
09:15	09:30	84	27	45	19	1	0	0	3	179	742
09:30	09:45	82	33	45	26	4	1	2	5	198	749
09:45	10:00	63	21	62	31	1	0	2	6	186	751
10:00	10:15	64	22	48	36	2	2	0	5	179	742
10:15	10:30	72	24	51	33	2	0	0	3	186	745
10:30	10:45	82	33	47	26	4	0	2	5	200	765
10:45	11:00	84	28	44	19	1	0	0	2	177	784
11:00	11:15	83	23	52	18	2	0	0	4	182	849
11:15	11:30	92	31	60	15	5	1	0	2	206	931
11:30	11:45	92	23	67	32	3	1	0	2	219	1032
11:45	12:00	95	33	67	36	6	1	0	3	242	1146
12:00	12:15	124	32	69	25	4	1	1	8	264	1203
12:15	12:30	164	32	69	32	6	1	0	3	307	1244
12:30	12:45	168	30	70	30	30	0	3	2	333	1202
12:45	13:00	140	30	69	30	24	2	1	3	299	1083
13:00	13:15	150	35	71	35	7	2	1	5	305	984
13:15	13:30	127	32	69	25	4	1	1	6	265	859
13:30	13:45	101	23	61	18	3	2	1	6	214	771
13:45	14:00	86	26	63	15	5	0	0	6	200	762
14:00	14:15	81	24	52	19	1	1	0	2	180	742
14:15	14:30	80	26	45	20	1	1	1	2	177	753
14:30	14:45	103	25	50	20	2	1	2	3	205	753
14:45	15:00	89	22	45	19	1	1	1	1	180	735
15:00	15:15	84	31	51	21	3	1	0	1	191	734
15:15	15:30	72	24	52	22	3	1	0	3	177	725
15:30	15:45	65	25	61	31	2	1	1	1	187	723
15:45	16:00	67	28	47	30	1	1	0	4	179	723
16:00	16:15	72	24	43	33	4	1	2	3	182	732
16:15	16:30	80	27	44	20	2	0	0	2	175	749
16:30	16:45	81	23	49	32	0	1	0	1	187	783
16:45	17:00	83	27	42	31	4	1	0	0	188	819
17:00	17:15	86	27	55	23	5	1	0	1	199	859
17:15	17:30	102	31	49	19	3	1	1	2	209	907
17:30	17:45	106	28	58	21	5	2	0	3	223	983
17:45	18:00	124	20	53	21	5	1	1	3	228	1071
18:00	18:15	133	25	53	28	4	2	0	0	247	1152
18:15	18:30	149	35	55	34	6	1	1	3	285	1188

18:30	18:45	166	37	58	37	8	2	2	0	311	1162
18:45	19:00	168	37	63	32	6	2	0	2	309	1090
19:00	19:15	152	35	50	34	6	1	1	4	283	998
19:15	19:30	149	26	44	28	4	2	0	6	259	
19:30	19:45	140	22	46	23	5	0	1	3	239	
19:45	20:00	129	24	42	24	5	1	0	2	217	
<b>TOTAL</b>		<b>5623</b>	<b>1454</b>	<b>2920</b>	<b>1366</b>	<b>257</b>	<b>52</b>	<b>33</b>	<b>158</b>	<b>11864</b>	

Tabla 14: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

DIAS	MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES	TOTAL
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	
Lunes	5780	1450	2929	1377	235	49	33	211	<b>12064</b>
Martes	5587	1416	2814	1303	260	39	33	154	<b>11606</b>
Miércoles	5213	1453	2911	1339	254	66	33	139	<b>11408</b>
Jueves	5723	1371	2825	1318	262	42	33	139	<b>11713</b>
Viernes	5811	1582	3123	1494	274	62	33	148	<b>12527</b>
<b>TPDS</b>	5623	1454	2920	1366	257	52	33	158	<b>11864</b>
% Participación	47.4%	12.3%	24.6%	11.5%	2.2%	0.4%	0.3%	1.3%	<b>100.00%</b>

- **Volúmenes de Tránsito:**

De la tabla 14 podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito.

Tránsito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 12064 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 11606 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miércoles)} = 11408 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 11713 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Viernes)} = 12527 \text{ veh/día}$$

Tránsito Semanal (TS)\*:

$$TS = 12064 + 11606 + 11408 + 11713 + 12527$$

$$TS = 59318 \text{ veh/semana}$$

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)\*:

$$TPDS = \frac{59318}{5}$$

$$TPDS = 11864 \text{ veh/día}$$

\* Se consideró 5 días (laborables), debido al objetivo de la investigación.

- **Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.**

Hora de Máxima demanda: 06:45 a.m. – 07:45 a.m.

Tabla 15: Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

Período (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
06:45	07:00	303	<b>1247</b>
<b>07:00</b>	<b>07:15</b>	<b>339</b>	
07:15	07:30	327	
07:30	07:45	278	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

$$VHMD = 1247 \text{ veh/h}$$

$$q_{máx15} = 339 \text{ veh}/(15 \text{ minutos})$$

Reemplazamos valores en la ecuación 6:

$$FHMD_{15} = \frac{1247}{4(339)} \longrightarrow FHMD_{15} = 0.92$$

El FHMD es 0.92, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla 15 y de acuerdo a la ecuación 1, la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{máx15} = q = \frac{N}{T} = \frac{339 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 1356 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$ , significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (7:00 – 7:15) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.

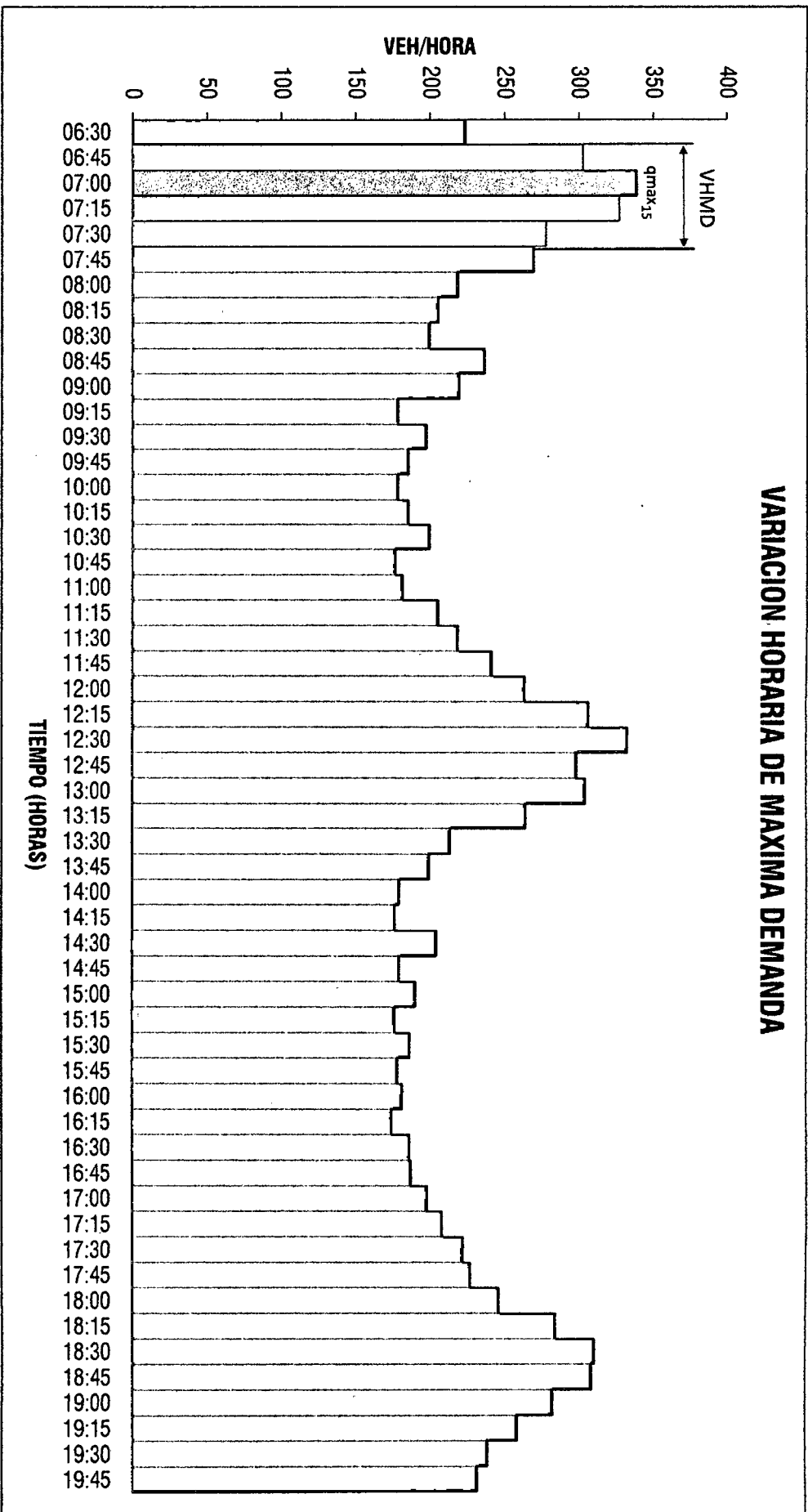


Figura 10: Histograma de la Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda para la av. de los Héroes (hacia la Recoleta).

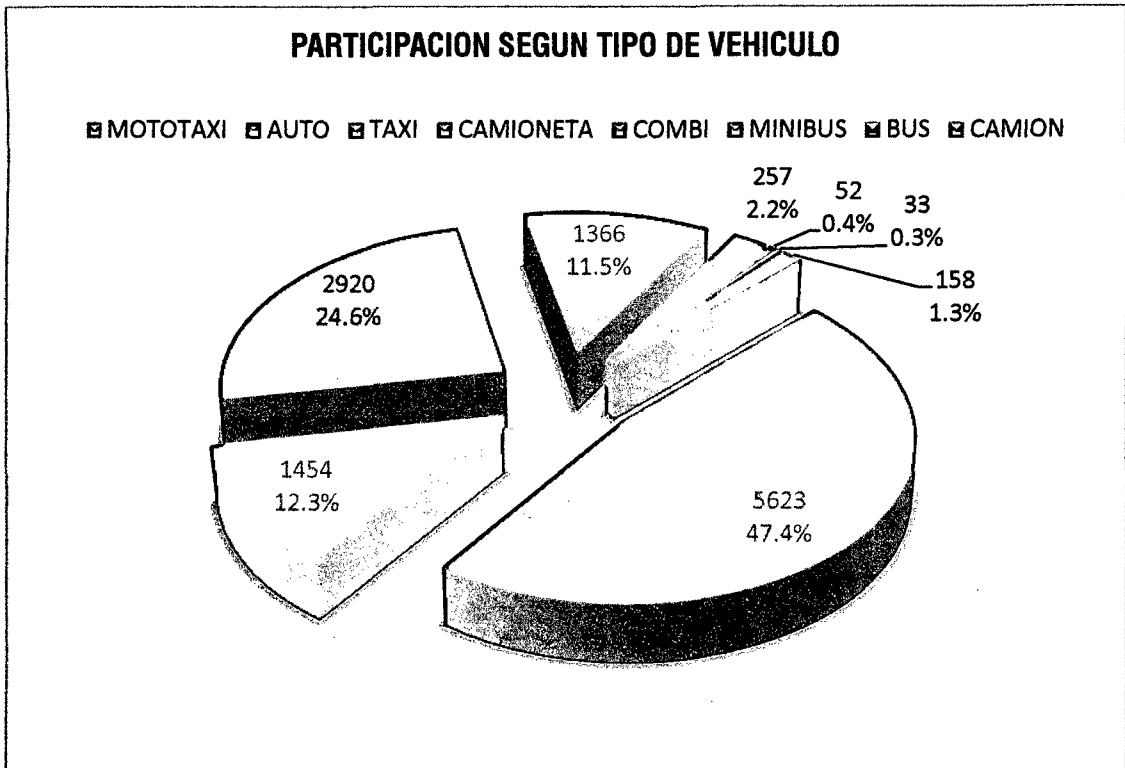


Figura 11: Participación del tránsito según tipo de vehículo por día (6:30 am - 8:00 pm).

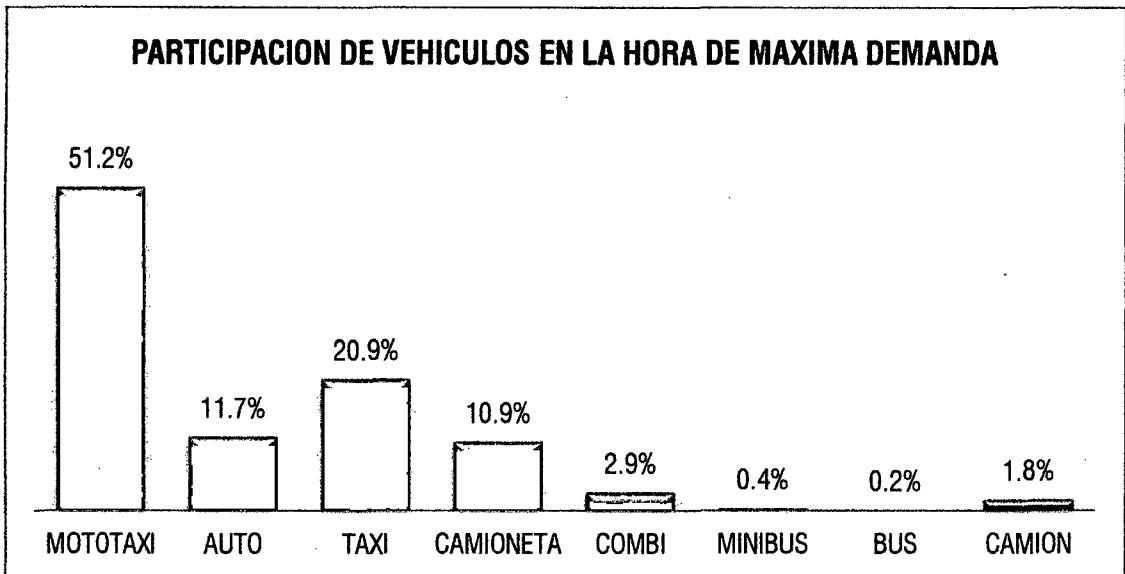


Figura 12: Distribución porcentual del tránsito en la hora de máxima demanda.



**b) Av. de los Héroes (sentido de flujo: Recoleta - Plazuela Bolognesi).**

**Tabla 16: Aforo Vehicular (TPDS) en la Av. de los Héroes (hacia la Plazuela Bolognesi).**

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD									VHMD (veh/h)
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL	
06:00	07:30	125	20	35	12	52	9	0	5	258	1335
07:30	07:30	169	25	40	12	65	10	2	5	328	1441
07:00	07:15	202	34	44	17	68	12	2	4	383	1497
07:15	07:30	192	29	55	13	65	9	0	2	366	1457
07:30	07:45	202	41	45	15	49	8	1	4	364	1424
07:45	08:00	209	31	71	14	45	8	1	5	384	1367
08:00	08:15	176	30	56	15	51	9	1	5	343	1295
08:15	08:30	186	29	50	18	34	9	2	4	333	1275
08:30	08:45	186	20	31	18	41	10	0	1	307	1249
08:45	09:00	172	23	46	18	42	9	1	3	312	1242
09:00	09:15	171	31	49	13	46	9	0	5	323	1218
09:15	09:30	171	30	42	19	35	8	0	3	307	1150
09:30	09:45	163	27	39	22	38	8	1	2	300	1076
09:45	10:00	151	28	41	23	37	7	1	0	288	990
10:00	10:15	131	23	41	17	35	7	0	1	255	916
10:15	10:30	108	25	39	15	33	7	0	5	233	888
10:30	10:45	90	24	40	12	35	7	1	5	214	901
10:45	11:00	89	26	40	12	35	7	1	5	214	958
11:00	11:15	102	24	42	13	35	7	1	4	227	1037
11:15	11:30	119	22	42	18	38	6	0	0	246	1137
11:30	11:45	129	25	41	22	41	7	1	5	271	1255
11:45	12:00	152	25	40	21	41	7	1	5	293	1382
12:00	12:15	188	26	41	16	47	6	1	2	327	1552
12:15	12:30	214	17	45	19	54	6	1	7	364	1642
12:30	12:45	225	30	47	22	66	6	1	1	398	<b>1667</b>
12:45	13:00	260	39	58	27	67	6	2	3	<b>463</b>	1583
13:00	13:15	241	28	47	26	64	5	2	4	417	1397
13:15	13:30	236	25	50	16	50	7	0	6	389	1229
13:30	13:45	172	25	40	20	44	7	1	5	314	1060
13:45	14:00	124	22	47	24	47	6	1	6	277	974
14:00	14:15	124	21	44	11	36	6	0	6	249	912
14:15	14:30	89	22	43	14	36	8	1	6	220	889
14:30	14:45	112	22	42	13	32	6	1	0	228	887
14:45	15:00	92	24	39	18	32	6	1	2	215	850
15:00	15:15	98	23	41	17	35	7	1	3	226	848
15:15	15:30	93	23	41	14	34	6	2	5	218	833
15:30	15:45	80	19	34	14	35	6	0	2	191	833
15:45	16:00	92	23	39	13	36	6	1	2	213	870
16:00	16:15	92	22	40	15	33	6	1	1	211	893
16:15	16:30	87	22	41	16	38	6	1	6	218	907
16:30	16:45	97	27	41	17	34	6	1	5	228	934
16:45	17:00	107	26	37	22	34	6	1	2	236	966
17:00	17:15	105	23	36	20	32	7	0	2	225	1043
17:15	17:30	120	20	37	20	34	7	1	5	245	1179
17:30	17:45	135	25	39	18	32	6	1	3	260	1343
17:45	18:00	169	24	44	22	42	6	1	6	313	1507
18:00	18:15	203	21	49	27	47	6	2	5	361	1574
18:15	18:30	234	24	57	31	49	7	1	6	409	1574

18:30	18:45	245	25	60	33	51	7	1	2	424	1513
18:45	19:00	209	25	53	29	53	7	1	2	380	1415
19:00	19:15	194	26	49	26	51	7	2	5	361	1350
19:15	19:30	183	27	46	25	55	6	1	5	348	
19:30	19:45	178	25	42	23	48	6	1	3	326	
19:45	20:00	170	25	40	22	46	7	2	3	315	
<b>TOTAL</b>		<b>8362</b>	<b>1371</b>	<b>2379</b>	<b>1014</b>	<b>2357</b>	<b>384</b>	<b>51</b>	<b>201</b>	<b>16118</b>	

Tabla 17: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

DIAS	MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES	TOTAL
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	
Lunes	8563	1390	2478	1017	2517	399	44	195	<b>16603</b>
Martes	8376	1314	2432	1042	2201	379	48	207	<b>15999</b>
Miércoles	8141	1400	2162	1040	2326	374	47	191	<b>15681</b>
Jueves	8265	1394	2306	997	2373	377	57	203	<b>15972</b>
Viernes	8463	1357	2517	973	2369	391	57	207	<b>16334</b>
<b>TPDS</b>	8362	1371	2379	1014	2357	384	51	201	<b>16118</b>
% Participación	51.9%	8.5%	14.8%	6.3%	14.6%	2.4%	0.3%	1.2%	<b>100.0%</b>

- **Volúmenes de Tránsito:**

De la tabla 17 podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito.

Tránsito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 16603 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 15999 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miércoles)} = 15681 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 15972 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Viernes)} = 16334 \text{ veh/día}$$

Tránsito Semanal (TS)\*:

$$TS = 16603 + 15999 + 15681 + 15972 + 16334$$

$$TS = 80589 \text{ veh/semana}$$

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)\*:

$$TPDS = \frac{80589}{5}$$

$$TPDS = 16118 \text{ veh/día}$$

\* Se consideró 5 días (laborables), debido al objetivo de la investigación.

- **Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.**

Hora de Máxima demanda: 12:30 p.m. – 01:30 p.m.

**Tabla 18:** Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

Período (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
12:30	12:45	398	<b>1667</b>
<b>12:45</b>	<b>13:00</b>	<b>463</b>	
13:00	13:15	417	
13:15	13:30	389	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

$$VHMD = 1667 \text{ veh/h}$$

$$q_{máx15} = 463 \text{ veh/(15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación 6:

$$FHMD_{15} = \frac{1667}{4(463)} \longrightarrow FHMD_{15} = 0.90$$

El FHMD es 0.90, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla 18 y de acuerdo a la ecuación 1, la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{máx15} = q = \frac{N}{T} = \frac{463 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 1852 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$ , significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (12:45 – 13:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.

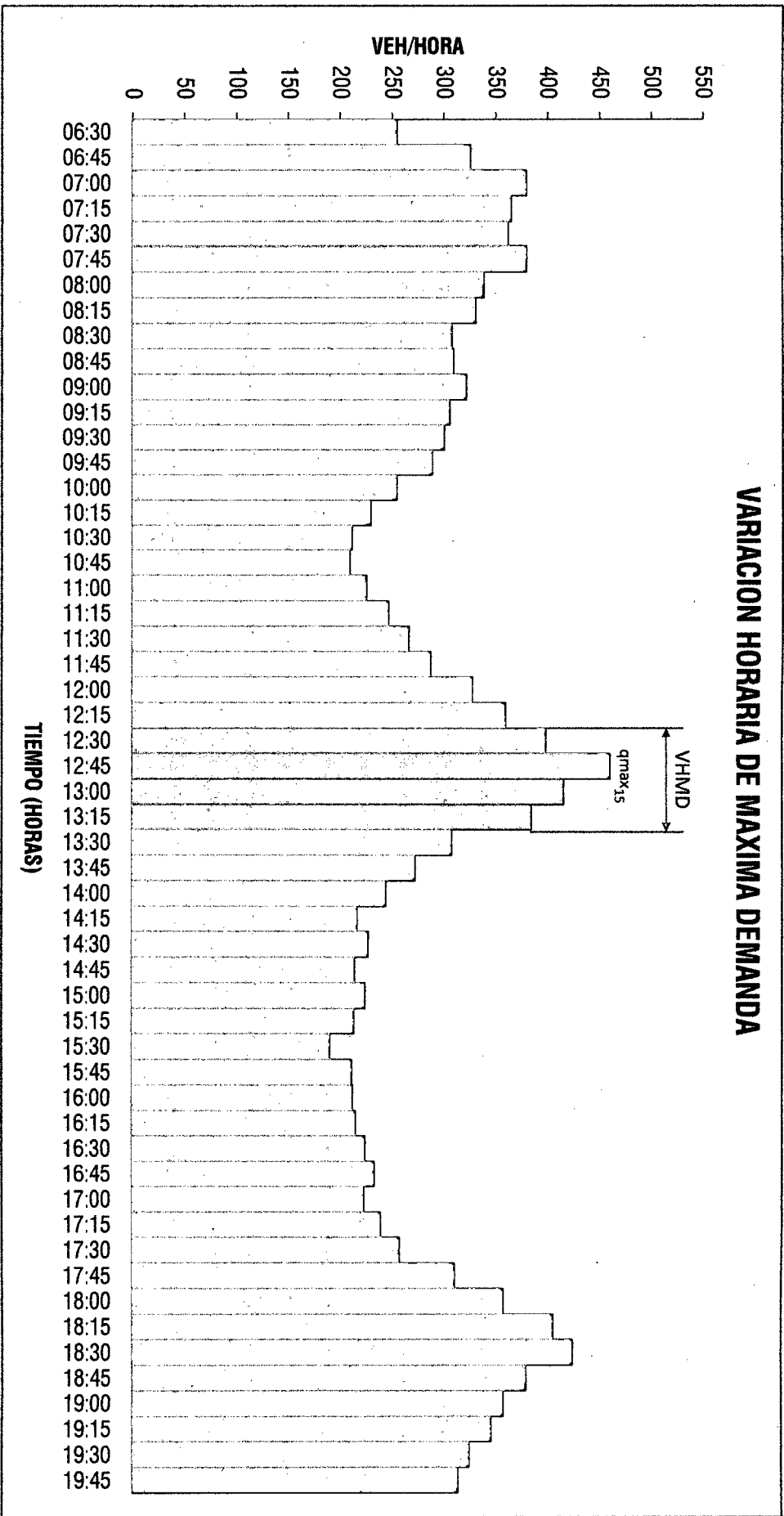


Figura 13: Histograma de la Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda para la av. de los Héroes (hacia la Plazuela Bolognesi).

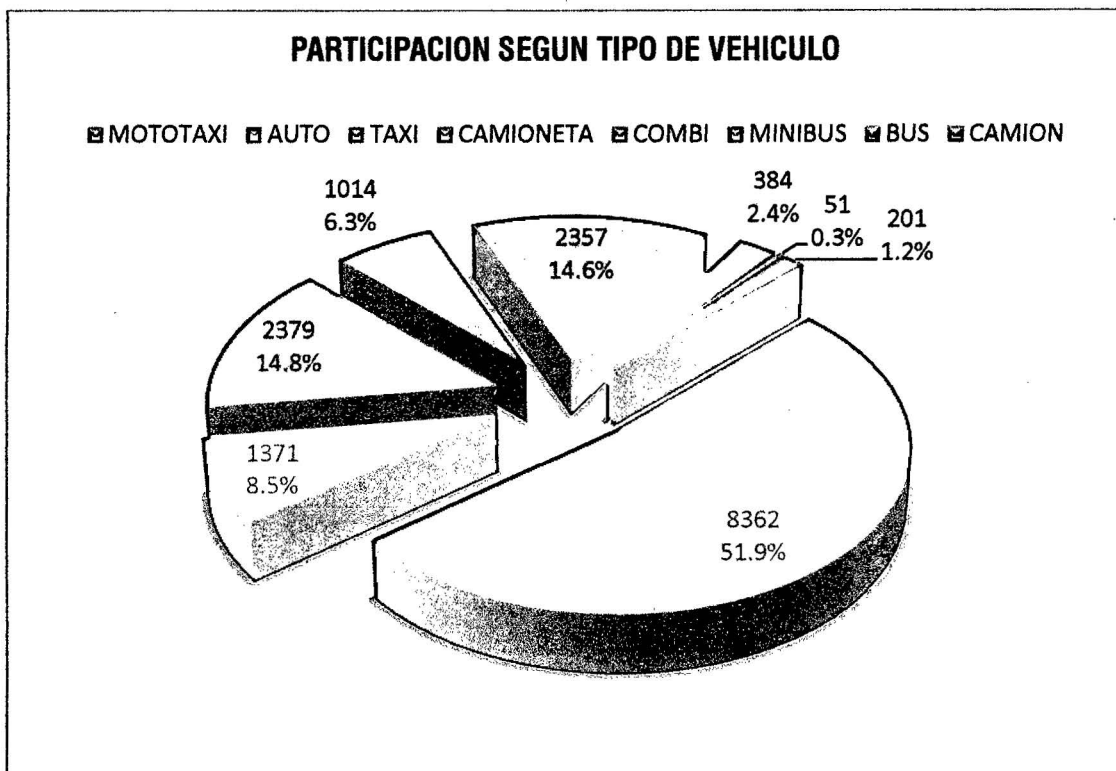


Figura 14: Participación del tránsito según tipo de vehículo por día (6:30 am - 8:00 pm).

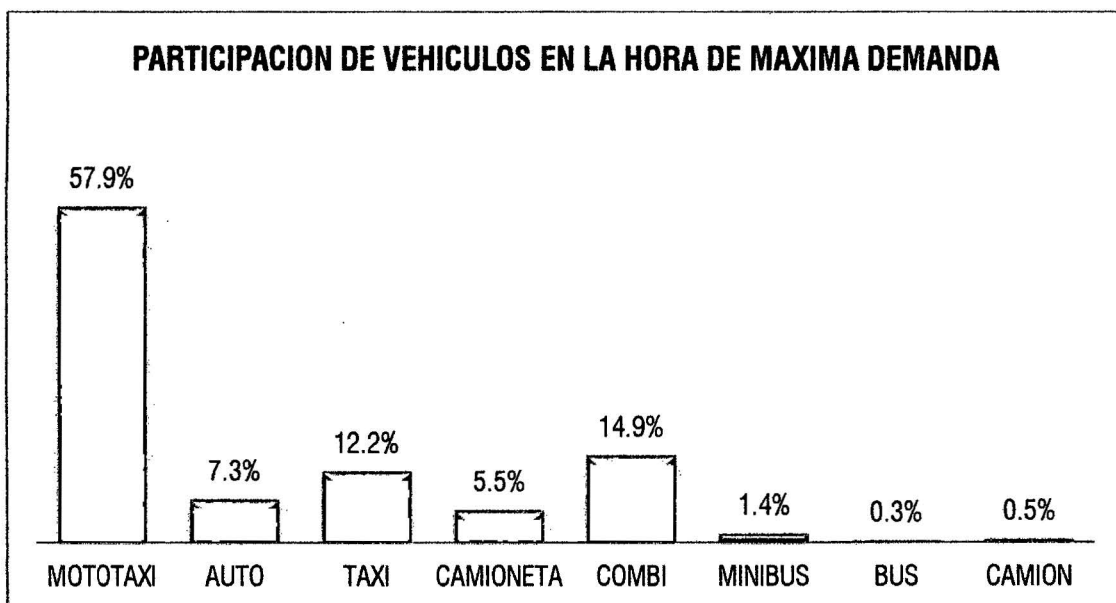


Figura 15: Distribución porcentual del tránsito en la hora de máxima demanda.

**c) Av. Independencia (sentido de flujo: Bolognesi – Silva Santisteban).**

**Tabla 19: Aforo Vehicular (TPDS) en la Av. Independencia (hacia Jr. Silva Santisteban).**

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD									VHMD (veh/h)
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL	
06:30	06:45	154	12	29	12	10	2	2	4	225	1010
06:45	07:00	175	13	32	11	12	0	1	2	247	1070
07:00	07:15	190	15	33	12	12	0	0	1	264	1099
07:15	07:30	193	15	36	16	13	0	0	2	274	1068
07:30	07:45	202	18	35	12	15	1	0	1	285	1049
07:45	08:00	194	17	31	13	17	0	1	3	276	1008
08:00	08:15	155	14	34	14	15	0	0	1	233	956
08:15	08:30	184	13	30	14	12	0	0	1	255	938
08:30	08:45	165	17	32	14	14	0	0	1	244	905
08:45	09:00	151	11	31	13	17	0	0	1	224	852
09:00	09:15	143	15	28	12	15	0	0	2	215	808
09:15	09:30	148	13	37	10	13	0	0	1	222	743
09:30	09:45	117	13	33	12	14	1	0	2	191	668
09:45	10:00	107	14	32	12	12	0	0	3	180	615
10:00	10:15	80	14	26	13	16	0	0	1	150	568
10:15	10:30	69	16	33	13	15	0	0	2	147	553
10:30	10:45	63	15	31	13	16	0	0	2	138	563
10:45	11:00	58	13	34	12	15	0	0	1	133	622
11:00	11:15	55	15	37	11	15	0	0	3	135	700
11:15	11:30	80	14	33	13	15	0	0	1	157	799
11:30	11:45	116	15	34	15	16	0	0	1	197	900
11:45	12:00	131	14	30	16	17	0	0	1	211	986
12:00	12:15	155	16	28	16	17	0	0	1	234	1077
12:15	12:30	181	17	27	15	17	0	0	1	258	1134
12:30	12:45	195	18	29	18	20	1	1	2	283	<b>1137</b>
12:45	13:00	211	18	31	16	22	1	1	3	<b>302</b>	1105
13:00	13:15	207	16	29	16	19	1	0	2	291	1049
13:15	13:30	185	13	32	14	16	0	0	2	261	980
13:30	13:45	167	14	32	17	19	0	0	2	251	932
13:45	14:00	162	17	31	14	20	0	0	1	246	877
14:00	14:15	151	15	25	13	16	1	0	2	222	810
14:15	14:30	148	11	23	13	16	0	0	1	213	744
14:30	14:45	128	12	28	13	16	0	0	0	196	669
14:45	15:00	119	13	20	13	12	0	0	1	179	604
15:00	15:15	89	11	24	13	16	0	0	3	156	545
15:15	15:30	62	18	27	15	16	0	0	0	138	521
15:30	15:45	63	14	28	11	13	0	0	1	131	513
15:45	16:00	48	12	29	14	15	0	0	2	120	521
16:00	16:15	60	16	28	12	13	0	0	2	132	534
16:15	16:30	68	15	19	12	14	2	0	2	130	534
16:30	16:45	78	12	20	11	15	0	0	1	139	561
16:45	17:00	69	13	21	14	15	0	0	1	133	603
17:00	17:15	67	14	26	11	13	0	0	1	132	687
17:15	17:30	83	16	29	11	16	1	0	2	157	776
17:30	17:45	106	15	30	14	15	0	0	1	181	869
17:45	18:00	146	12	29	14	14	0	0	1	217	953
18:00	18:15	151	15	30	12	12	0	1	2	221	1022
18:15	18:30	166	16	32	18	14	2	2	1	250	1093

18:30	18:45	183	16	33	15	15	0	1	2	265	1129
18:45	19:00	206	17	31	14	16	0	0	2	286	1135
19:00	19:15	196	20	38	10	26	0	5	19	292	1085
19:15	19:30	185	23	36	13	25	0	1	1	286	
19:30	19:45	176	20	33	14	26	0	0	1	271	
19:45	20:00	150	17	36	12	19	0	0	1	236	
<b>TOTAL</b>		<b>7290</b>	<b>807</b>	<b>1625</b>	<b>721</b>	<b>854</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>83</b>	<b>11412</b>	

Tabla 20: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

DIAS	MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES	TOTAL
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	
Lunes	7467	962	1676	739	907	17	19	90	<b>11877</b>
Martes	7121	867	1573	731	806	13	17	71	<b>11199</b>
Miércoles	7502	713	1734	699	873	14	16	95	<b>11646</b>
Jueves	7195	771	1588	696	840	12	15	76	<b>11193</b>
Viernes	7166	720	1556	742	843	11	23	82	<b>11143</b>
<b>TPDS</b>	7290	807	1625	721	854	13	18	83	<b>11412</b>
% Participación	63.9%	7.1%	14.2%	6.3%	7.5%	0.1%	0.2%	0.7%	<b>100.0%</b>

- **Volúmenes de Tránsito:**

De la tabla 20 podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito.

Tránsito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 11877 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 11199 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miércoles)} = 11646 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 11193 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Viernes)} = 11143 \text{ veh/día}$$

Tránsito Semanal (TS)\*:

$$TS = 11877 + 11199 + 11646 + 11193 + 11143$$

$$TS = 57058 \text{ veh/semana}$$

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)\*:

$$TPDS = \frac{57058}{5}$$

$$TPDS = 11412 \text{ veh/día}$$

\* Se consideró 5 días (laborables), debido al objetivo de la investigación.

- **Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.**

Hora de Máxima demanda: 12:30 p.m. – 01:30 p.m.

**Tabla 21:** Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

Período (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
12:30	12:45	283	<b>1137</b>
<b>12:45</b>	<b>13:00</b>	<b>302</b>	
13:00	13:15	291	
13:15	13:30	261	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

$$VHMD = 1137 \text{ veh/h}$$

$$q_{\text{máx15}} = 302 \text{ veh/(15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación 6:

$$FHMD_{15} = \frac{1137}{4(302)} \longrightarrow FHMD_{15} = 0.94$$

El FHMD es 0.94, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla 21 y de acuerdo a la ecuación 1, la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{\text{máx15}} = q = \frac{N}{T} = \frac{302 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 1208 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$ , significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (12:45 – 13:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.



## VARIACION HORARIA DE MAXIMA DEMANDA

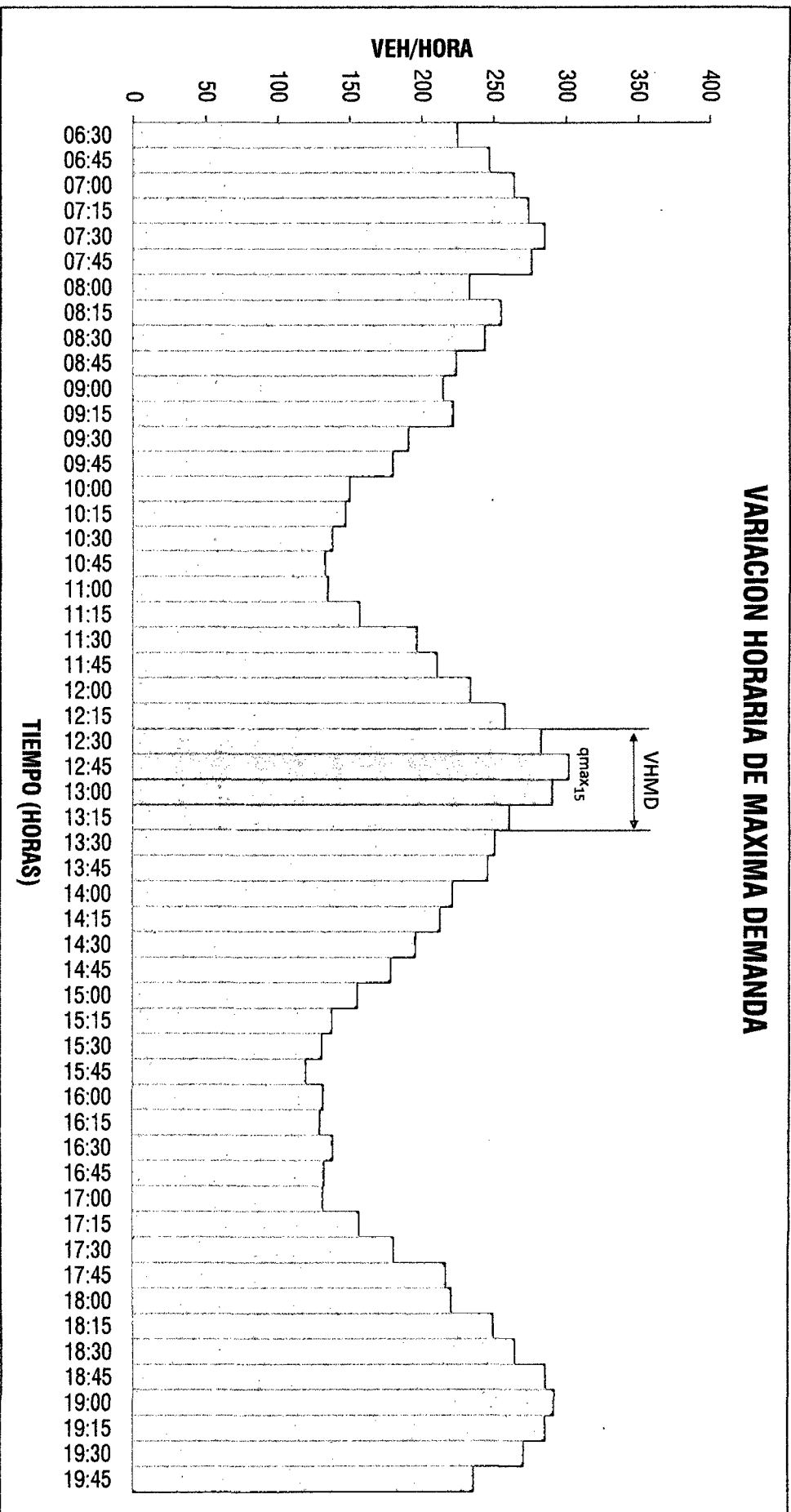


Figura 16: Histograma de la Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda para la av. Independencia (hacia Jr. Silva Santisteban).

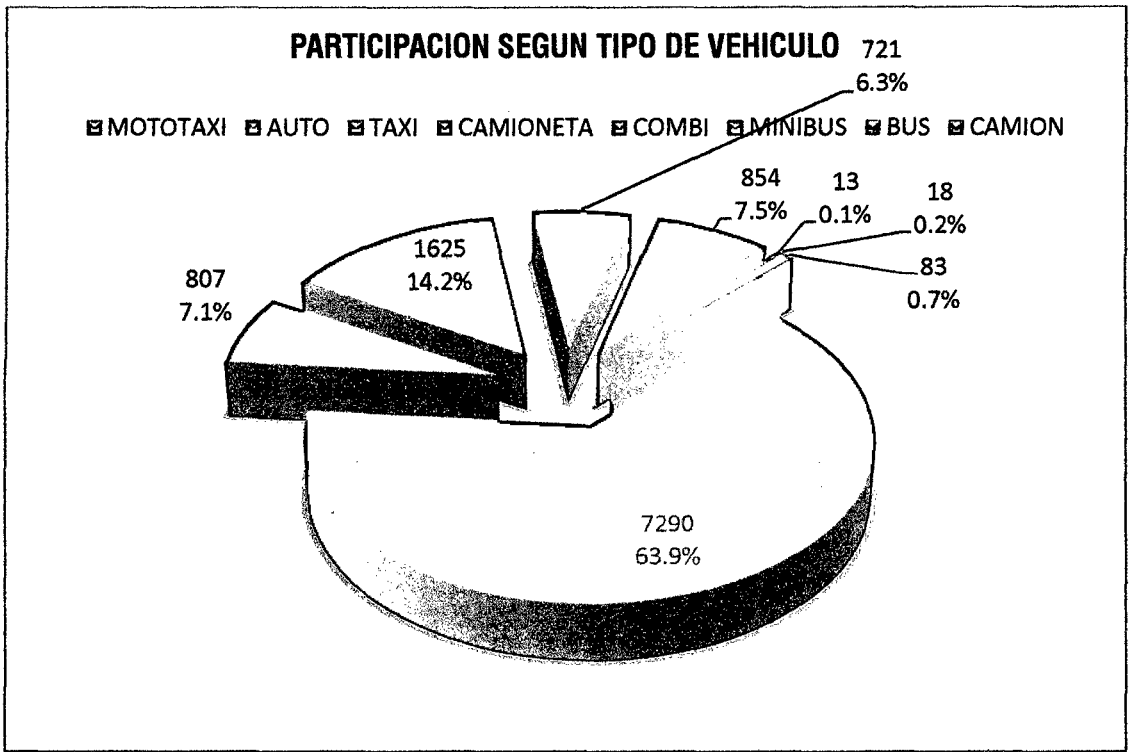


Figura 17: Participación del tránsito según tipo de vehículo por día (6:30 am - 8:00 pm).

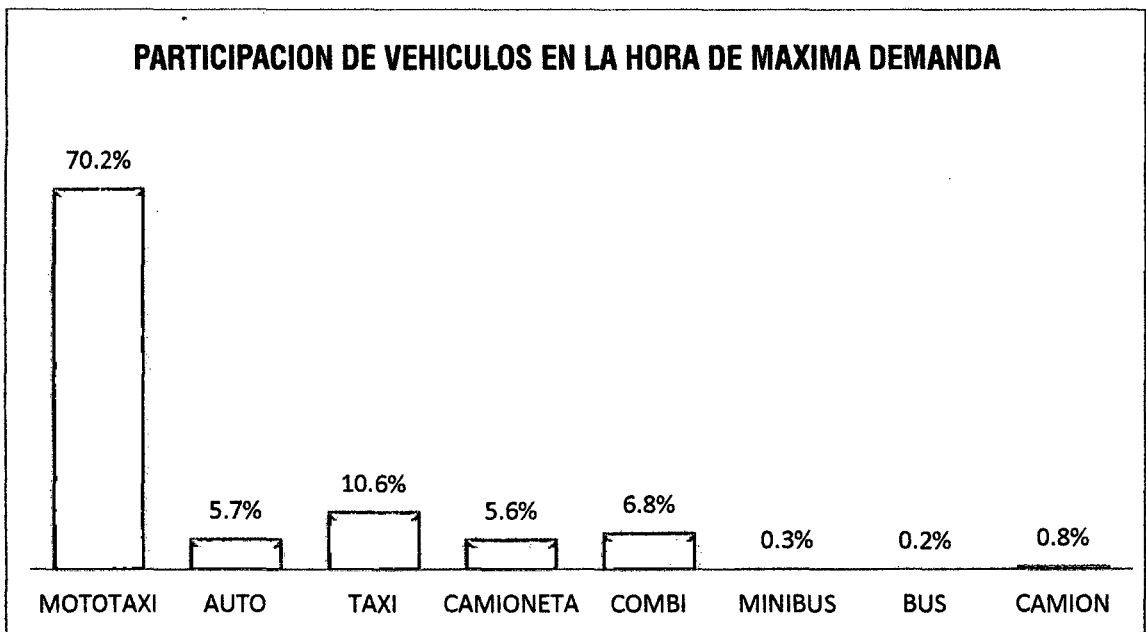


Figura 18: Distribución porcentual del tránsito en la hora de máxima demanda.

**d) Av. Atahualpa (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi – Jr. Sucre).**

**Tabla 22: Aforo Vehicular (TPDS) en la Av. Atahualpa (hacia Jr. Sucre).**

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD									VHMD (veh/h)
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL	
06:30	06:45	63	15	38	15	43	6	1	3	182	866
06:45	07:00	68	20	42	14	52	7	1	1	205	901
07:00	07:15	84	26	50	12	61	7	1	1	242	908
07:15	07:30	88	24	45	11	60	8	0	2	237	852
07:30	07:45	91	13	43	8	53	7	1	1	217	782
07:45	08:00	92	14	41	8	47	6	1	2	212	750
08:00	08:15	84	11	40	9	34	6	0	3	186	720
08:15	08:30	76	14	22	12	34	7	1	2	167	721
08:30	08:45	90	11	25	11	37	7	0	5	185	736
08:45	09:00	92	13	23	11	36	6	1	0	182	711
09:00	09:15	89	15	23	12	37	7	0	4	187	663
09:15	09:30	85	11	28	11	36	7	1	3	182	590
09:30	09:45	70	11	24	11	33	7	1	2	160	510
09:45	10:00	52	9	19	10	36	7	1	1	134	458
10:00	10:15	45	7	16	6	32	7	0	2	114	434
10:15	10:30	37	8	11	7	30	7	0	2	102	433
10:30	10:45	34	7	20	5	33	7	1	2	108	453
10:45	11:00	38	7	18	6	32	7	1	2	110	496
11:00	11:15	41	6	21	5	31	7	1	2	113	553
11:15	11:30	40	10	26	4	36	6	0	2	122	634
11:30	11:45	54	11	23	16	39	7	1	1	151	733
11:45	12:00	67	11	29	11	39	7	1	2	167	817
12:00	12:15	78	16	31	11	48	8	1	2	194	898
12:15	12:30	90	17	38	12	53	8	1	2	221	<b>937</b>
12:30	12:45	102	15	39	11	55	9	1	3	235	920
12:45	13:00	99	18	41	14	65	7	2	2	<b>248</b>	873
13:00	13:15	95	12	42	13	60	6	2	2	233	794
13:15	13:30	80	11	38	13	52	7	0	2	204	703
13:30	13:45	70	12	40	11	46	7	1	1	188	657
13:45	14:00	67	13	35	7	38	6	1	2	169	596
14:00	14:15	54	11	30	5	34	6	0	2	142	542
14:15	14:30	59	10	33	10	36	7	1	2	158	512
14:30	14:45	44	7	31	6	31	6	1	2	127	472
14:45	15:00	37	9	24	6	30	6	1	2	115	463
15:00	15:15	35	7	18	8	34	7	1	2	112	459
15:15	15:30	38	11	17	9	34	6	1	1	118	448
15:30	15:45	36	11	25	7	32	7	0	1	118	452
15:45	16:00	35	8	21	6	34	6	1	2	111	451
16:00	16:15	28	8	18	7	30	6	1	3	101	459
16:15	16:30	38	11	20	8	36	6	1	3	122	478
16:30	16:45	33	8	22	10	36	6	1	2	117	481
16:45	17:00	33	7	27	11	33	6	0	1	119	494
17:00	17:15	31	11	28	8	33	7	0	1	120	520
17:15	17:30	39	9	21	11	37	6	1	1	125	569
17:30	17:45	50	9	19	10	34	7	2	1	130	620
17:45	18:00	48	10	33	12	32	6	1	3	145	691
18:00	18:15	63	11	38	9	37	7	2	3	169	769
18:15	18:30	73	10	31	10	41	7	1	3	176	833

18:30	18:45	81	14	38	12	48	6	1	1	201	873
18:45	19:00	98	17	39	12	49	6	1	1	223	877
19:00	19:15	92	17	45	14	56	5	1	3	233	846
19:15	19:30	82	16	42	13	53	5	2	3	216	
19:30	19:45	79	13	39	10	52	7	1	3	205	
19:45	20:00	69	13	41	10	50	6	1	1	192	
<b>TOTAL</b>		<b>3435</b>	<b>645</b>	<b>1623</b>	<b>529</b>	<b>2210</b>	<b>355</b>	<b>49</b>	<b>108</b>	<b>8954</b>	

Tabla 23: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

DIAS	MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES	TOTAL
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	
Lunes	3540	656	1645	514	2264	357	42	99	<b>9117</b>
Martes	3369	629	1579	494	2168	346	50	113	<b>8748</b>
Miércoles	3288	602	1564	495	2127	340	52	106	<b>8574</b>
Jueves	3394	666	1661	568	2172	372	55	93	<b>8981</b>
Viernes	3586	670	1666	572	2319	358	47	130	<b>9348</b>
<b>TPDS</b>	<b>3435</b>	<b>645</b>	<b>1623</b>	<b>529</b>	<b>2210</b>	<b>355</b>	<b>49</b>	<b>108</b>	<b>8954</b>
% Participación	38.4%	7.2%	18.1%	5.9%	24.7%	4.0%	0.5%	1.2%	<b>100.0%</b>

- **Volúmenes de Tránsito:**

De la tabla 23 podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito.

Tránsito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 9117 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 8748 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miércoles)} = 8574 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 8981 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Viernes)} = 9348 \text{ veh/día}$$

Tránsito Semanal (TS)\*:

$$TS = 9117 + 8748 + 8574 + 8981 + 9348$$

$$TS = 44768 \text{ veh/semana}$$

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)\*:

$$TPDS = \frac{44768}{5}$$

$$TPDS = 8954 \text{ veh/día}$$

\* Se consideró 5 días (laborables), debido al objetivo de la investigación.

- **Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.**

Hora de Máxima demanda: 12:15 p.m. – 01:15 p.m.

**Tabla 24:** Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

Período (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
12:15	12:30	221	<b>937</b>
12:30	12:45	235	
<b>12:45</b>	<b>13:00</b>	<b>248</b>	
13:00	13:15	233	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

$$VHMD = 937 \text{ veh/h}$$

$$q_{\text{máx15}} = 248 \text{ veh/(15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación 6:

$$FHMD_{15} = \frac{937}{4(248)} \longrightarrow FHMD_{15} = 0.94$$

El FHMD es 0.94, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla 24 y de acuerdo a la ecuación 1, la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{\text{máx15}} = q = \frac{N}{T} = \frac{248 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 992 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$ , significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (12:45 – 13:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.

## VARIACION HORARIA DE MAXIMA DEMANDA

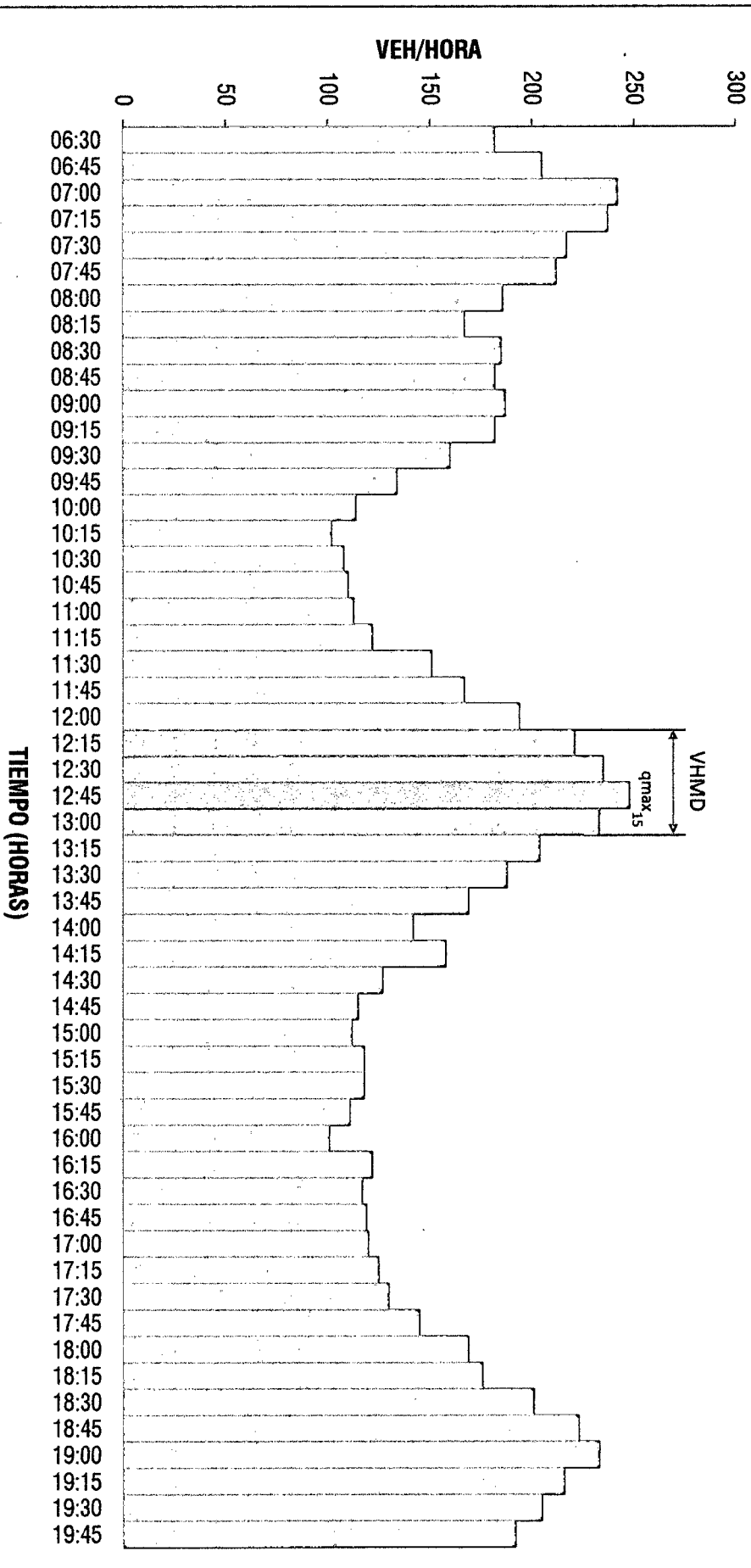


Figura 19: Histograma de la Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda para la av. Atahualpa (hacia Jr. Sucre).

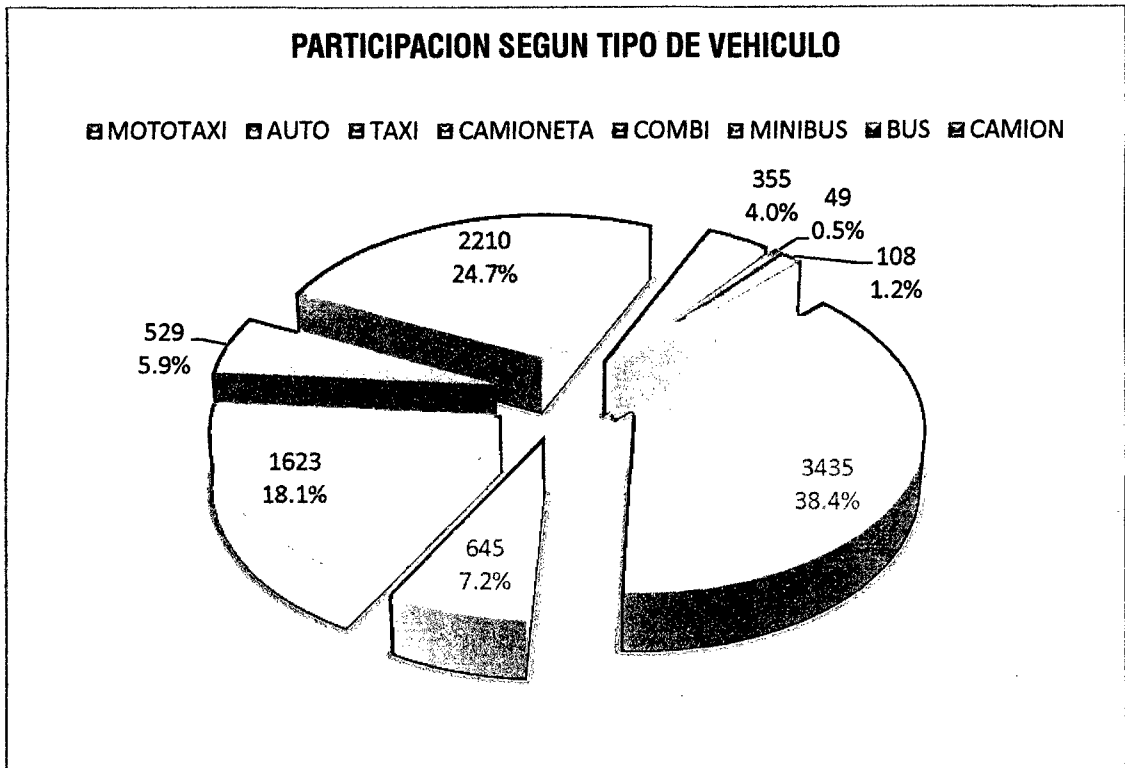


Figura 20: Participación del tránsito según tipo de vehículo por día (6:30 am - 8:00 pm).

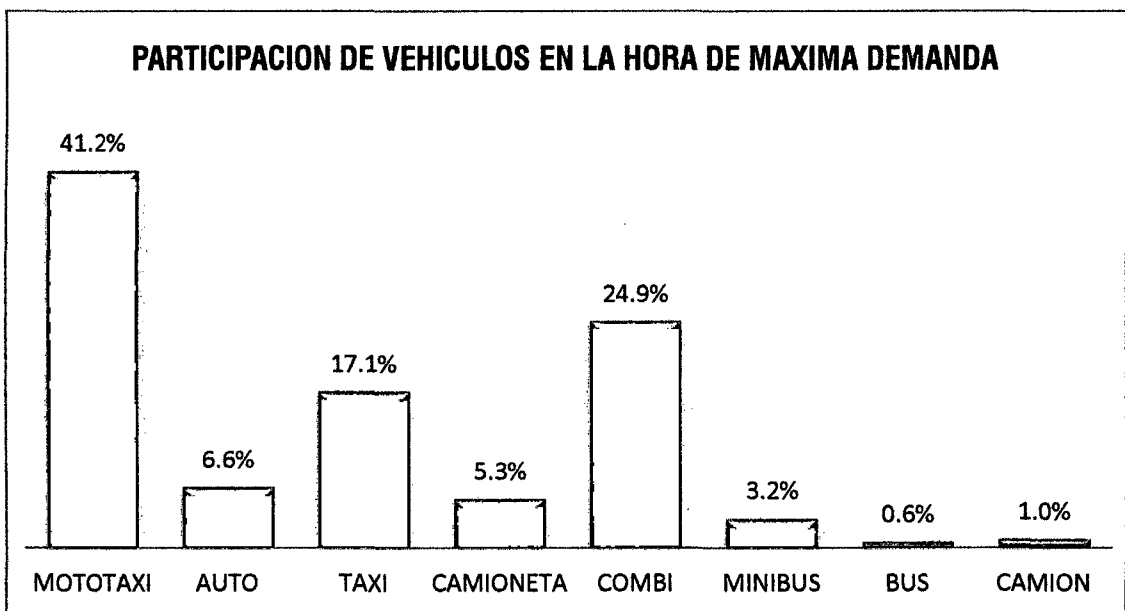


Figura 21: Distribución porcentual del tránsito en la hora de máxima demanda.

**e) Av. Atahualpa (sentido de flujo: Jr. Sucre - Plazuela Bolognesi).**

**Tabla 25: Aforo Vehicular (TPDS) en la Av. Atahualpa (hacia la Plazuela Bolognesi).**

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD									VHMD (veh/h)
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL	
06:30	06:45	57	15	30	14	36	6	1	1	161	762
06:45	07:00	71	20	39	16	40	8	1	1	195	804
07:00	07:15	71	25	44	16	42	7	2	1	209	793
07:15	07:30	68	23	41	14	43	7	1	0	197	749
07:30	07:45	72	21	41	12	45	7	5	1	203	691
07:45	08:00	59	18	39	11	48	7	2	1	184	625
08:00	08:15	53	15	38	12	39	7	1	2	165	571
08:15	08:30	46	12	26	12	34	7	0	2	139	537
08:30	08:45	45	9	30	10	35	6	0	2	137	516
08:45	09:00	39	8	28	9	37	7	0	2	130	498
09:00	09:15	37	10	26	11	38	6	1	1	131	489
09:15	09:30	42	6	19	9	34	6	0	1	118	469
09:30	09:45	39	10	20	9	34	7	1	2	119	452
09:45	10:00	45	9	17	10	31	7	1	2	121	440
10:00	10:15	43	7	16	6	31	7	0	2	111	428
10:15	10:30	36	8	11	7	30	7	0	2	101	428
10:30	10:45	32	7	20	5	33	7	1	2	107	448
10:45	11:00	37	7	18	6	32	7	0	2	109	482
11:00	11:15	39	6	21	5	31	7	1	2	111	534
11:15	11:30	39	10	26	4	36	6	0	2	121	594
11:30	11:45	53	11	23	7	39	6	1	1	141	656
11:45	12:00	66	11	29	9	38	6	1	2	161	721
12:00	12:15	70	11	30	11	39	6	1	1	171	799
12:15	12:30	79	12	32	12	39	6	1	2	183	874
12:30	12:45	86	15	38	13	44	7	1	2	206	928
12:45	13:00	103	18	44	14	50	7	1	3	239	938
13:00	13:15	104	14	47	15	55	7	2	2	246	898
13:15	13:30	92	14	46	15	59	6	2	2	237	820
13:30	13:45	82	16	42	15	52	8	1	1	216	742
13:45	14:00	75	13	41	12	49	7	1	2	199	651
14:00	14:15	61	12	36	10	39	6	0	2	168	566
14:15	14:30	59	10	32	10	37	7	1	2	159	508
14:30	14:45	42	7	31	6	31	6	1	2	125	466
14:45	15:00	36	9	24	6	30	6	1	2	114	458
15:00	15:15	33	7	18	8	34	7	1	2	110	454
15:15	15:30	37	11	17	9	34	6	1	1	117	443
15:30	15:45	35	11	25	7	32	7	0	1	117	447
15:45	16:00	33	8	21	6	34	6	1	2	110	446
16:00	16:15	26	8	18	7	30	6	1	3	99	454
16:15	16:30	37	11	20	8	36	6	1	3	121	498
16:30	16:45	31	8	22	10	36	6	1	2	116	520
16:45	17:00	31	7	27	11	33	6	0	1	118	542
17:00	17:15	57	12	28	12	25	6	0	2	143	567
17:15	17:30	51	9	26	10	38	6	0	2	143	584
17:30	17:45	45	9	32	11	32	6	1	1	138	618
17:45	18:00	40	12	28	14	40	7	1	1	143	666
18:00	18:15	57	10	28	10	45	7	1	1	160	724
18:15	18:30	64	14	31	13	42	7	4	2	177	784



18:30	18:45	73	15	34	13	43	6	2	1	186	820
18:45	19:00	80	15	36	16	46	6	1	1	201	823
19:00	19:15	89	15	41	14	52	7	12	17	220	801
19:15	19:30	83	15	38	13	52	8	2	2	213	
19:30	19:45	74	14	34	13	47	7	1	0	189	
19:45	20:00	68	14	36	10	42	6	0	2	179	
<b>TOTAL</b>		<b>3027</b>	<b>643</b>	<b>1599</b>	<b>564</b>	<b>2103</b>	<b>354</b>	<b>57</b>	<b>89</b>	<b>8436</b>	

Tabla 26: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

DIAS	MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES	TOTAL
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	
Lunes	3131	634	1609	536	2158	339	53	82	<b>8542</b>
Martes	3034	632	1586	535	2080	346	57	95	<b>8365</b>
Miércoles	2908	629	1551	551	2109	356	62	80	<b>8246</b>
Jueves	3031	661	1590	592	2089	365	48	86	<b>8462</b>
Viernes	3029	659	1658	606	2078	366	66	103	<b>8565</b>
<b>TPDS</b>	<b>3027</b>	<b>643</b>	<b>1599</b>	<b>564</b>	<b>2103</b>	<b>354</b>	<b>57</b>	<b>89</b>	<b>8436</b>
% Participación	35.9%	7.6%	19.0%	6.7%	24.9%	4.2%	0.7%	1.1%	<b>100.0%</b>

- **Volúmenes de Tránsito:**

De la tabla 26 podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito.

Tránsito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 8542 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 8365 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miércoles)} = 8246 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 8462 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Viernes)} = 8565 \text{ veh/día}$$

Tránsito Semanal (TS)\*:

$$TS = 8542 + 8365 + 8246 + 8462 + 8565$$

$$TS = 42180 \text{ veh/semana}$$

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)\*:

$$TPDS = \frac{42180}{5}$$

$$TPDS = 8436 \text{ veh/día}$$

\* Se consideró 5 días (laborables), debido al objetivo de la investigación.

- **Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.**

Hora de Máxima demanda: 12:45 p.m. – 01:45 p.m.

**Tabla 27:** Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

Período (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
12:45	13:00	239	<b>938</b>
<b>13:00</b>	<b>13:15</b>	<b>246</b>	
13:15	13:30	237	
13:30	13:45	216	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

$$VHMD = 938 \text{ veh/h}$$

$$q_{\text{máx15}} = 246 \text{ veh/(15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación 6:

$$FHMD_{15} = \frac{938}{4(246)} \longrightarrow FHMD_{15} = 0.95$$

El FHMD es 0.95, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla 27 y de acuerdo a la ecuación 1, la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{\text{máx15}} = q = \frac{N}{T} = \frac{246 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 984 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$ , significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (13:00 – 13:15) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.

## VARIACION HORARIA DE MAXIMA DEMANDA

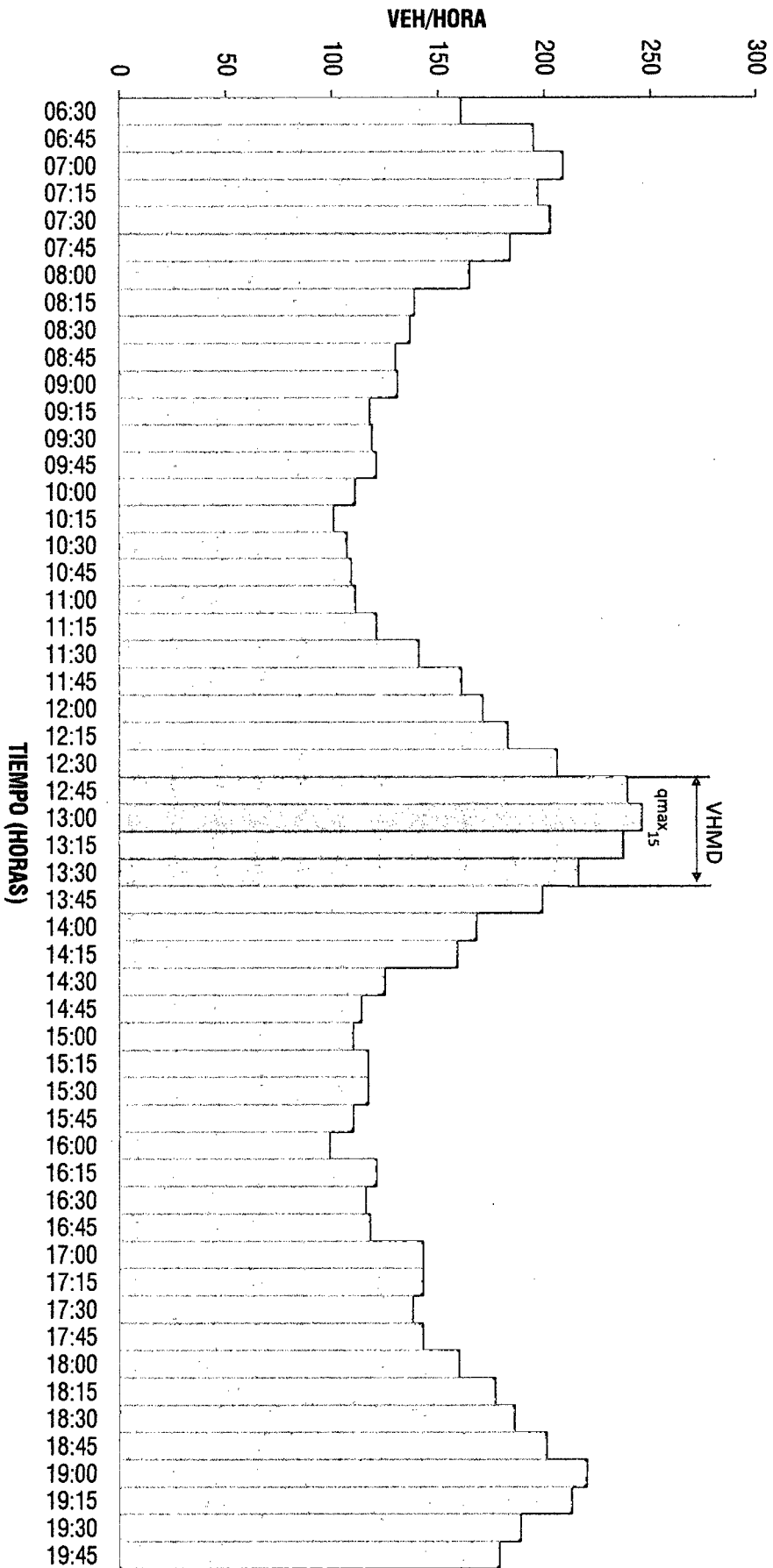


Figura 22: Histograma de la Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda para la av. Atahualpa (hacia la Plazuela Bolognesi).

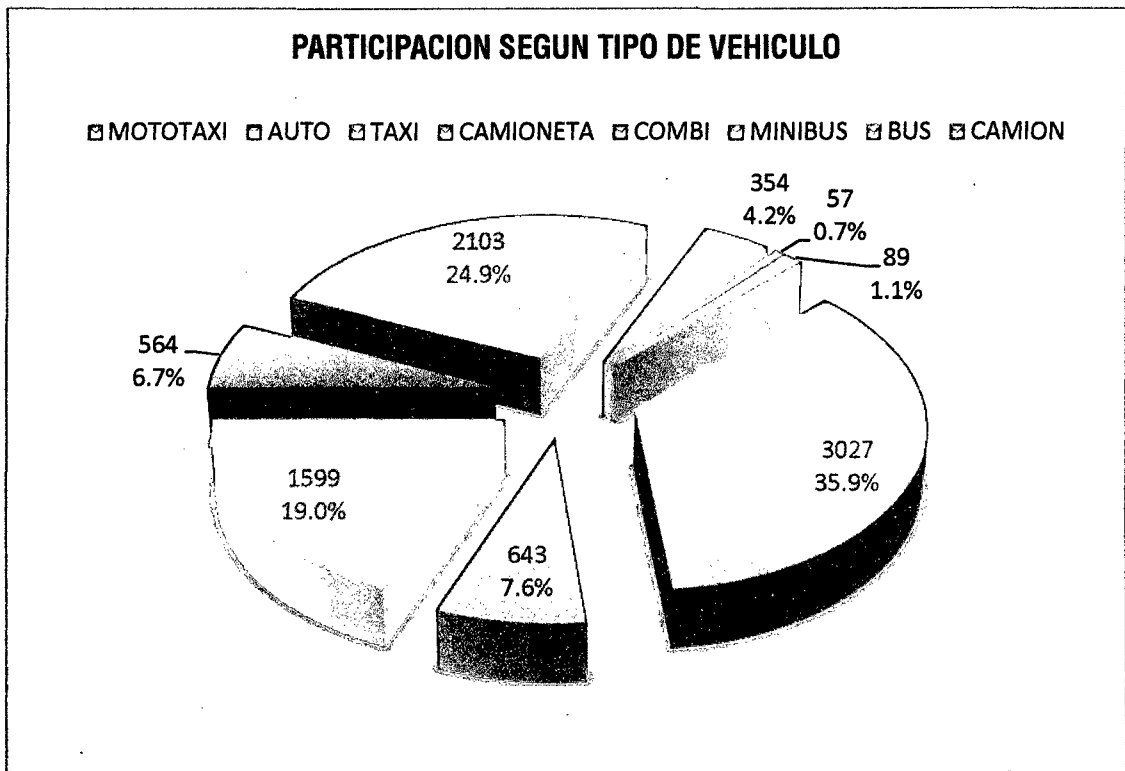


Figura 23: Participación del tránsito según tipo de vehículo por día (6:30 am - 8:00 pm).

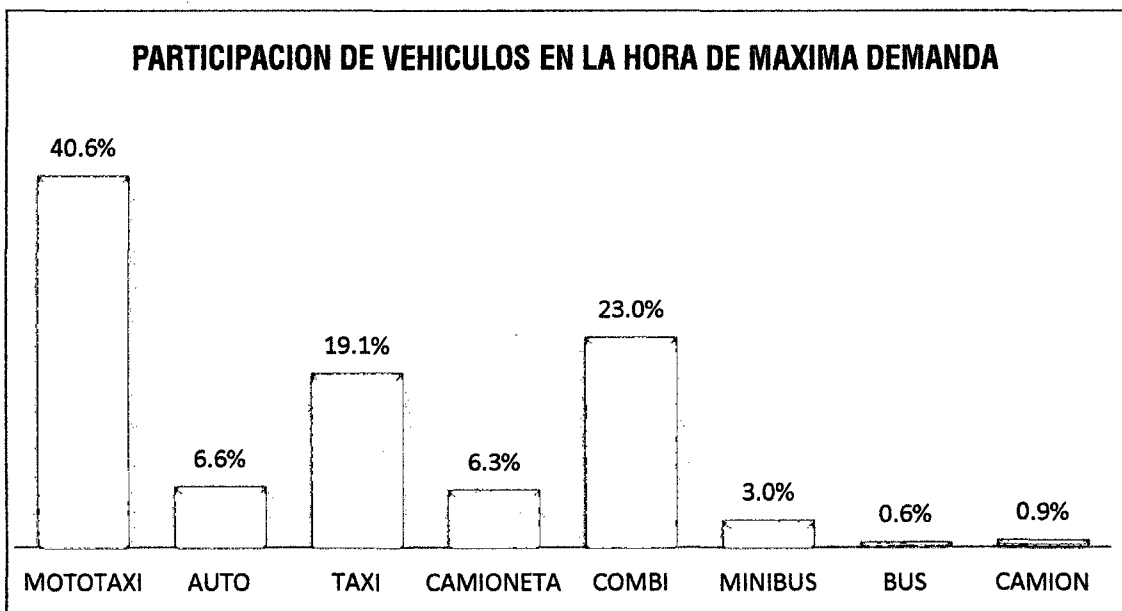


Figura 24: Distribución porcentual del tránsito en la hora de máxima demanda.

f) Av. San Martín (sentido de flujo: Cumbe Mayo – Plazuela Bolognesi).

Tabla 28: Aforo Vehicular (TPDS) en la Av. San Martín (hacia la Plazuela Bolognesi).

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD									VHMD (veh/h)
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL	
06:30	06:45	50	18	30	12	8	0	0	3	122	619
06:45	07:00	70	20	31	10	5	0	3	5	145	707
07:00	07:15	91	18	33	14	5	0	2	3	167	737
07:15	07:30	96	24	34	18	6	0	0	6	185	764
07:30	07:45	107	30	39	20	7	0	2	5	210	746
07:45	08:00	88	26	41	12	4	1	0	3	175	708
08:00	08:15	102	26	36	16	6	0	0	7	194	699
08:15	08:30	85	30	33	10	5	0	0	4	167	659
08:30	08:45	98	16	34	8	8	0	0	7	172	622
08:45	09:00	87	22	39	6	6	0	0	6	166	590
09:00	09:15	81	26	30	10	5	0	0	2	154	567
09:15	09:30	64	18	26	14	3	0	2	1	130	531
09:30	09:45	73	16	28	10	7	1	0	5	140	515
09:45	10:00	64	22	31	14	7	0	0	5	143	508
10:00	10:15	51	18	30	8	5	0	0	6	118	507
10:15	10:30	52	16	26	9	6	0	1	3	114	542
10:30	10:45	58	22	37	6	4	0	1	4	133	566
10:45	11:00	64	24	31	12	8	0	0	3	142	584
11:00	11:15	77	20	28	12	8	1	0	7	153	619
11:15	11:30	70	22	26	9	5	0	0	5	138	653
11:30	11:45	85	18	31	12	4	1	0	0	151	701
11:45	12:00	84	34	32	18	3	0	0	6	177	760
12:00	12:15	97	31	32	16	6	1	0	4	187	773
12:15	12:30	97	22	37	16	8	0	1	4	186	783
12:30	12:45	106	26	41	20	9	1	0	7	210	766
12:45	13:00	100	26	39	14	5	0	2	5	190	734
13:00	13:15	110	22	35	18	7	0	0	5	197	706
13:15	13:30	88	20	33	16	8	0	0	4	169	665
13:30	13:45	87	20	40	20	6	0	0	4	178	637
13:45	14:00	78	16	40	14	7	1	0	6	162	595
14:00	14:15	81	16	32	8	10	0	1	8	156	559
14:15	14:30	64	20	28	9	12	0	1	6	141	519
14:30	14:45	60	22	26	10	9	0	0	8	136	497
14:45	15:00	58	20	28	8	8	0	0	4	126	465
15:00	15:15	44	16	30	12	8	1	0	4	116	462
15:15	15:30	54	14	24	7	12	0	2	5	119	476
15:30	15:45	44	18	22	9	9	0	0	2	104	491
15:45	16:00	47	20	30	10	11	0	0	5	123	533
16:00	16:15	55	22	30	9	10	0	0	3	130	583
16:15	16:30	65	18	28	10	8	0	0	4	134	597
16:30	16:45	68	31	26	8	8	0	0	4	146	632
16:45	17:00	82	32	24	14	11	1	0	8	173	640
17:00	17:15	70	22	26	14	8	0	0	4	144	623
17:15	17:30	74	30	30	18	11	0	0	6	169	647
17:30	17:45	70	22	31	16	10	2	0	3	154	657
17:45	18:00	79	22	33	12	8	0	0	2	156	718
18:00	18:15	82	22	39	14	8	0	0	3	168	757
18:15	18:30	101	22	36	12	6	0	0	2	179	775

18:30	18:45	115	40	36	12	7	0	2	3	215	761
18:45	19:00	98	16	43	20	9	1	1	7	195	705
19:00	19:15	98	26	33	18	8	0	0	3	186	654
19:15	19:30	91	14	37	16	4	0	0	3	165	
19:30	19:45	85	18	28	18	8	0	0	2	159	
19:45	20:00	77	20	28	12	7	0	0	0	144	
<b>TOTAL</b>		<b>4216</b>	<b>1202</b>	<b>1737</b>	<b>702</b>	<b>391</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>234</b>	<b>8515</b>	

Tabla 29: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

DIAS	MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES	TOTAL
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	
Lunes	4255	1206	1738	691	391	12	21	234	<b>8548</b>
Martes	4277	1171	1707	652	391	12	21	233	<b>8464</b>
Miércoles	4087	1147	1700	673	391	12	21	234	<b>8265</b>
Jueves	4291	1236	1769	748	391	12	21	234	<b>8702</b>
Viernes	4170	1250	1772	748	391	12	21	234	<b>8598</b>
<b>TPDS</b>	4216	1202	1737	702	391	12	21	234	<b>8515</b>
% Participación	49.5%	14.1%	20.4%	8.2%	4.6%	0.1%	0.2%	2.7%	<b>100.0%</b>

- **Volúmenes de Tránsito:**

De la tabla 29 podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito.

Tránsito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 8548 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 8464 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miércoles)} = 8265 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 8702 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Viernes)} = 8598 \text{ veh/día}$$

Tránsito Semanal (TS)\*:

$$TS = 8548 + 8464 + 8265 + 8702 + 8598$$

$$TS = 42577 \text{ veh/semana}$$

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)\*:

$$TPDS = \frac{42577}{5}$$

$$TPDS = 8515 \text{ veh/día}$$

\* Se consideró 5 días (laborables), debido al objetivo de la investigación.

- **Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.**

Hora de Máxima demanda: 12:15 p.m. – 01:15 p.m.

**Tabla 30:** Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

Período (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
12:15	12:30	186	<b>783</b>
<b>12:30</b>	<b>12:45</b>	<b>210</b>	
12:45	13:00	190	
13:00	13:15	197	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

$$VHMD = 783 \text{ veh/h}$$

$$q_{máx15} = 210 \text{ veh/(15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación 6:

$$FHMD_{15} = \frac{783}{4(210)} \longrightarrow FHMD_{15} = 0.93$$

El FHMD es 0.93, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla 30 y de acuerdo a la ecuación 1, la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{máx15} = q = \frac{N}{T} = \frac{210 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 840 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$ , significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (12:30 – 12:45) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.

## VARIACION HORARIA DE MAXIMA DEMANDA

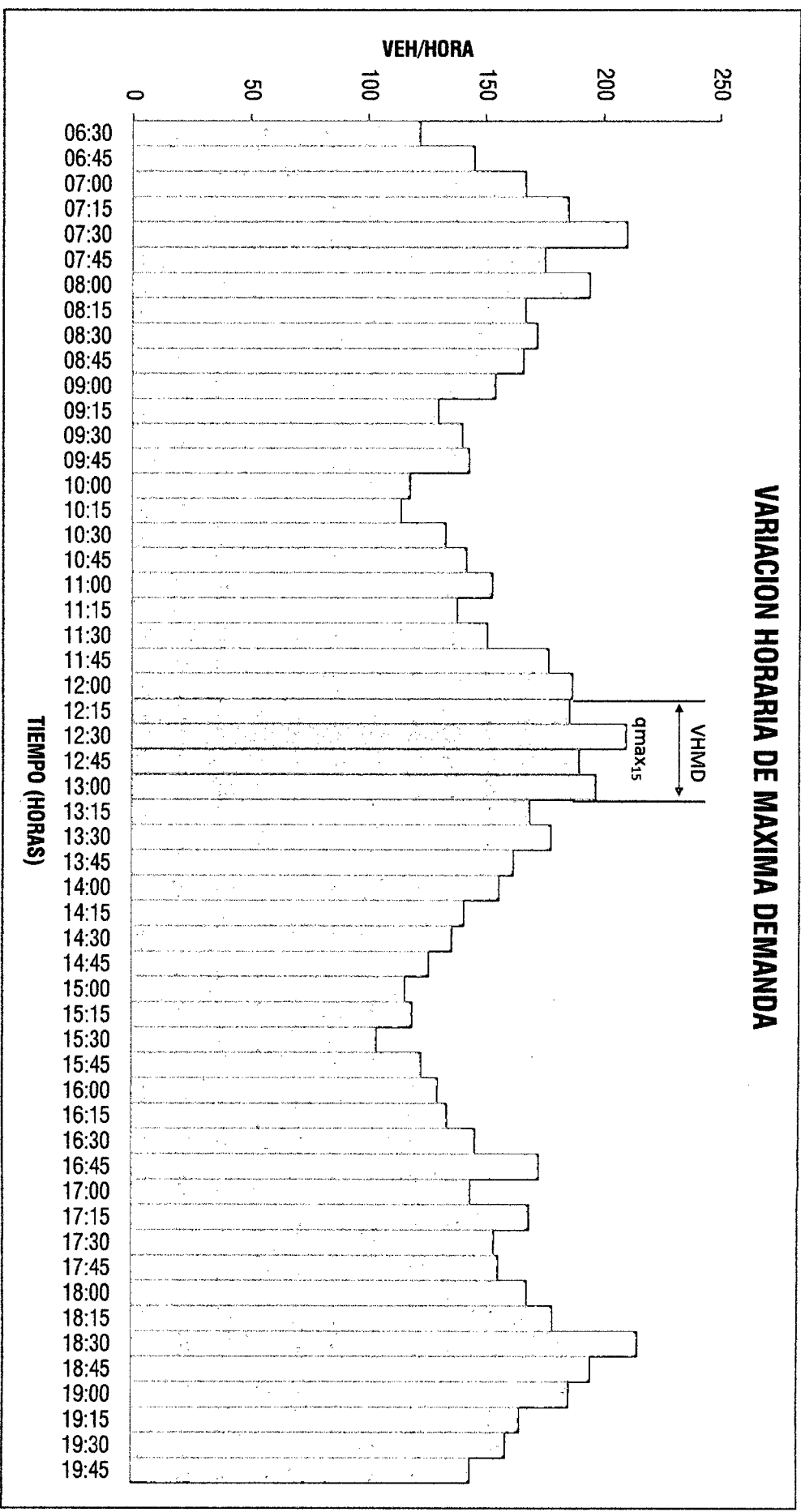


Figura 25: Histograma de la Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda para la av. San Martín (hacia la Plazuela Bolognesi).



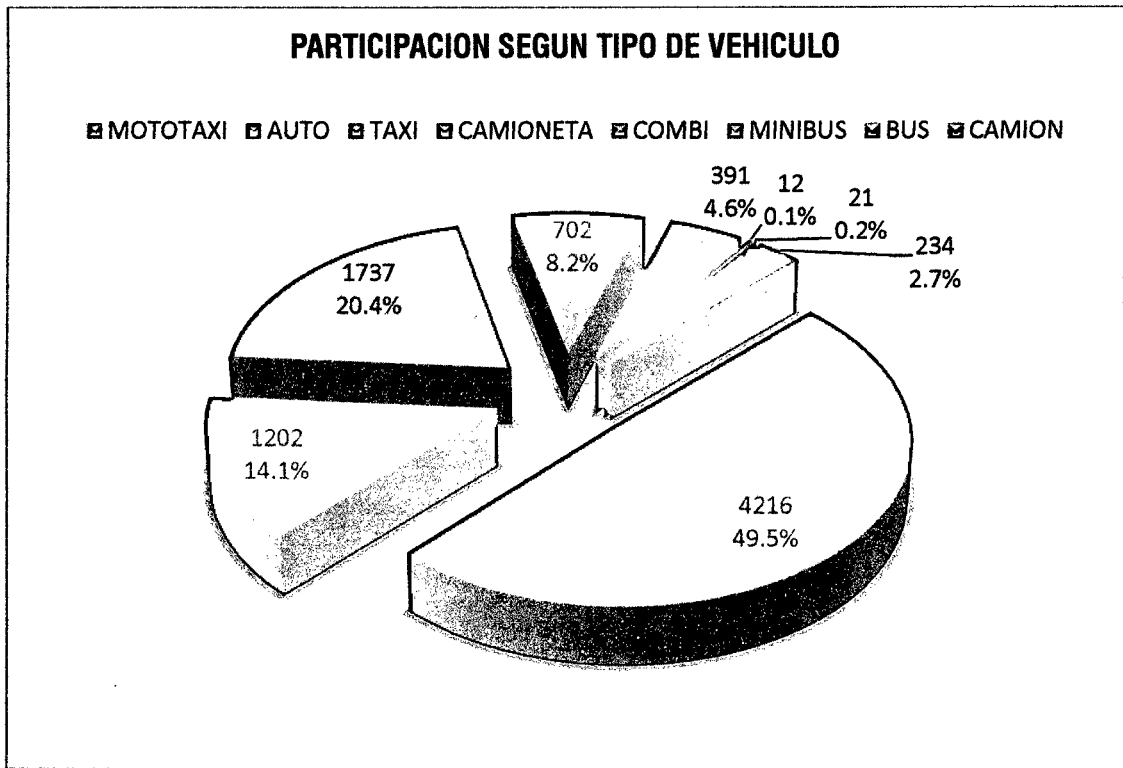


Figura 26: Participación del tránsito según tipo de vehículo por día (6:30 am - 8:00 pm).

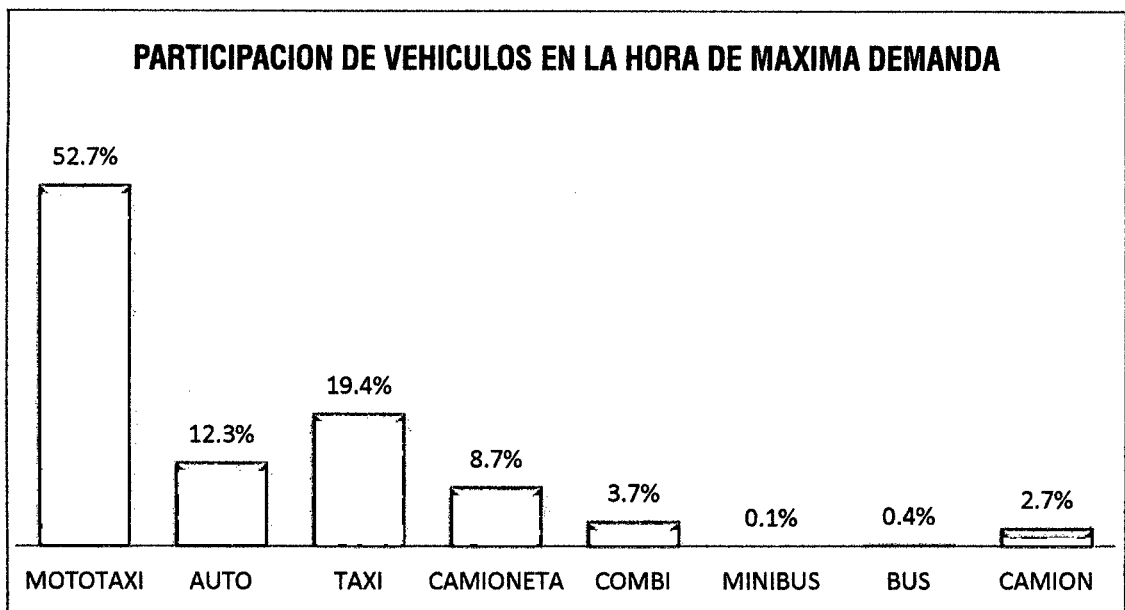


Figura 27: Distribución porcentual del tránsito en la hora de máxima demanda.

**g) Av. Juan XXIII (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi – Jr. Progreso).**

**Tabla 31: Aforo Vehicular (TPDS) en la Av. Juan XXIII (hacia Jr. Progreso).**

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD									VHMD (veh/h)
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL	
06:30	06:45	52	5	8	4	30	6	1	2	108	504
06:45	07:00	61	5	7	3	38	7	0	3	125	509
07:00	07:15	69	8	7	4	42	9	1	2	141	509
07:15	07:30	67	6	8	1	37	11	0	1	130	496
07:30	07:45	52	4	8	4	39	6	0	1	113	529
07:45	08:00	50	12	10	2	43	9	0	1	125	534
08:00	08:15	58	7	7	6	41	8	0	3	128	511
08:15	08:30	96	6	14	4	36	8	0	1	163	473
08:30	08:45	59	7	6	3	34	8	0	3	118	399
08:45	09:00	43	6	10	5	29	9	1	2	102	354
09:00	09:15	32	7	11	1	31	6	0	3	90	324
09:15	09:30	25	9	13	7	30	6	0	2	89	297
09:30	09:45	33	7	10	3	17	5	0	1	73	280
09:45	10:00	22	10	7	5	22	7	0	1	72	289
10:00	10:15	23	6	6	5	18	6	0	1	63	292
10:15	10:30	25	6	8	4	25	5	0	1	72	310
10:30	10:45	27	8	8	6	24	8	1	3	82	325
10:45	11:00	20	7	10	1	29	8	0	3	75	335
11:00	11:15	25	9	11	1	27	7	0	3	81	360
11:15	11:30	26	9	6	8	31	7	0	2	87	390
11:30	11:45	33	11	8	5	28	6	0	3	92	432
11:45	12:00	40	10	7	7	30	5	1	3	100	491
12:00	12:15	52	6	7	4	33	8	1	3	111	553
12:15	12:30	63	8	9	3	37	9	0	2	129	<b>585</b>
12:30	12:45	79	10	11	4	37	9	0	3	151	565
12:45	13:00	80	11	9	6	48	9	0	1	<b>162</b>	520
13:00	13:15	77	8	12	9	33	6	0	0	143	466
13:15	13:30	48	8	9	5	35	6	0	0	109	408
13:30	13:45	54	3	7	5	30	8	1	0	106	396
13:45	14:00	49	5	10	4	35	6	0	1	108	381
14:00	14:15	31	5	9	3	32	5	0	1	85	382
14:15	14:30	29	6	13	6	35	8	0	2	97	394
14:30	14:45	27	5	9	4	39	7	0	2	91	371
14:45	15:00	42	7	13	6	35	6	0	2	109	363
15:00	15:15	35	8	11	7	30	6	0	2	97	338
15:15	15:30	22	6	9	4	27	6	0	2	74	331
15:30	15:45	27	7	10	3	28	8	0	2	83	331
15:45	16:00	17	9	9	10	32	7	1	2	84	333
16:00	16:15	20	9	13	8	37	5	0	0	90	340
16:15	16:30	24	5	7	5	29	5	0	1	74	385
16:30	16:45	30	7	4	10	27	7	0	3	85	436
16:45	17:00	44	2	8	6	22	8	1	2	91	445
17:00	17:15	66	7	11	4	38	9	0	2	135	461
17:15	17:30	61	9	8	7	33	8	0	1	125	425
17:30	17:45	35	5	14	7	27	6	0	3	94	404
17:45	18:00	45	9	5	10	30	7	0	3	107	429
18:00	18:15	38	3	10	6	34	9	0	1	99	467
18:15	18:30	38	8	12	7	32	7	0	2	104	489

18:30	18:45	38	11	16	7	35	9	0	3	119	507
18:45	19:00	43	15	21	15	42	10	0	1	145	494
19:00	19:15	38	11	16	11	33	10	0	2	121	446
19:15	19:30	38	12	14	10	36	8	1	2	122	
19:30	19:45	35	6	12	8	35	7	0	2	106	
19:45	20:00	30	8	10	8	34	6	0	1	97	
<b>TOTAL</b>		<b>2274</b>	<b>388</b>	<b>511</b>	<b>284</b>	<b>1735</b>	<b>376</b>	<b>14</b>	<b>101</b>	<b>5682</b>	

Tabla 32: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

DIAS	MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES	TOTAL
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	
Lunes	2364	367	499	256	1788	346	12	98	<b>5730</b>
Martes	2246	354	472	251	1686	348	12	99	<b>5468</b>
Miércoles	2126	352	470	249	1626	357	13	98	<b>5291</b>
Jueves	2232	451	566	354	1738	437	14	99	<b>5891</b>
Viernes	2404	414	549	309	1836	391	18	110	<b>6031</b>
<b>TPDS</b>	2274	388	511	284	1735	376	14	101	<b>5682</b>
% Participación	40.0%	6.8%	9.0%	5.0%	30.5%	6.6%	0.2%	1.8%	<b>100.0%</b>

- **Volúmenes de Tránsito:**

De la tabla 32 podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito.

Tránsito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 5730 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 5468 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miércoles)} = 5291 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 5891 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Viernes)} = 6031 \text{ veh/día}$$

Tránsito Semanal (TS)\*:

$$TS = 5730 + 5468 + 5291 + 5891 + 6031$$

$$TS = 28411 \text{ veh/semana}$$

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)\*:

$$TPDS = \frac{28411}{5}$$

$$TPDS = 5682 \text{ veh/día}$$

\* Se consideró 5 días (laborables), debido al objetivo de la investigación.

- **Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.**

Hora de Máxima demanda: 12:15 p.m. – 01:15 p.m.

**Tabla 33:** Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

Período (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
12:15	12:30	129	<b>585</b>
12:30	12:45	151	
<b>12:45</b>	<b>13:00</b>	<b>162</b>	
13:00	13:15	143	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

$$VHMD = 585 \text{ veh/h}$$

$$q_{\text{máx15}} = 162 \text{ veh/(15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación 6:

$$FHMD_{15} = \frac{585}{4(162)} \longrightarrow FHMD_{15} = 0.90$$

El FHMD es 0.90, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla 33 y de acuerdo a la ecuación 1, la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{\text{máx15}} = q = \frac{N}{T} = \frac{162 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 648 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$ , significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (12:45 – 13:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.

# VARIACION HORARIA DE MAXIMA DEMANDA

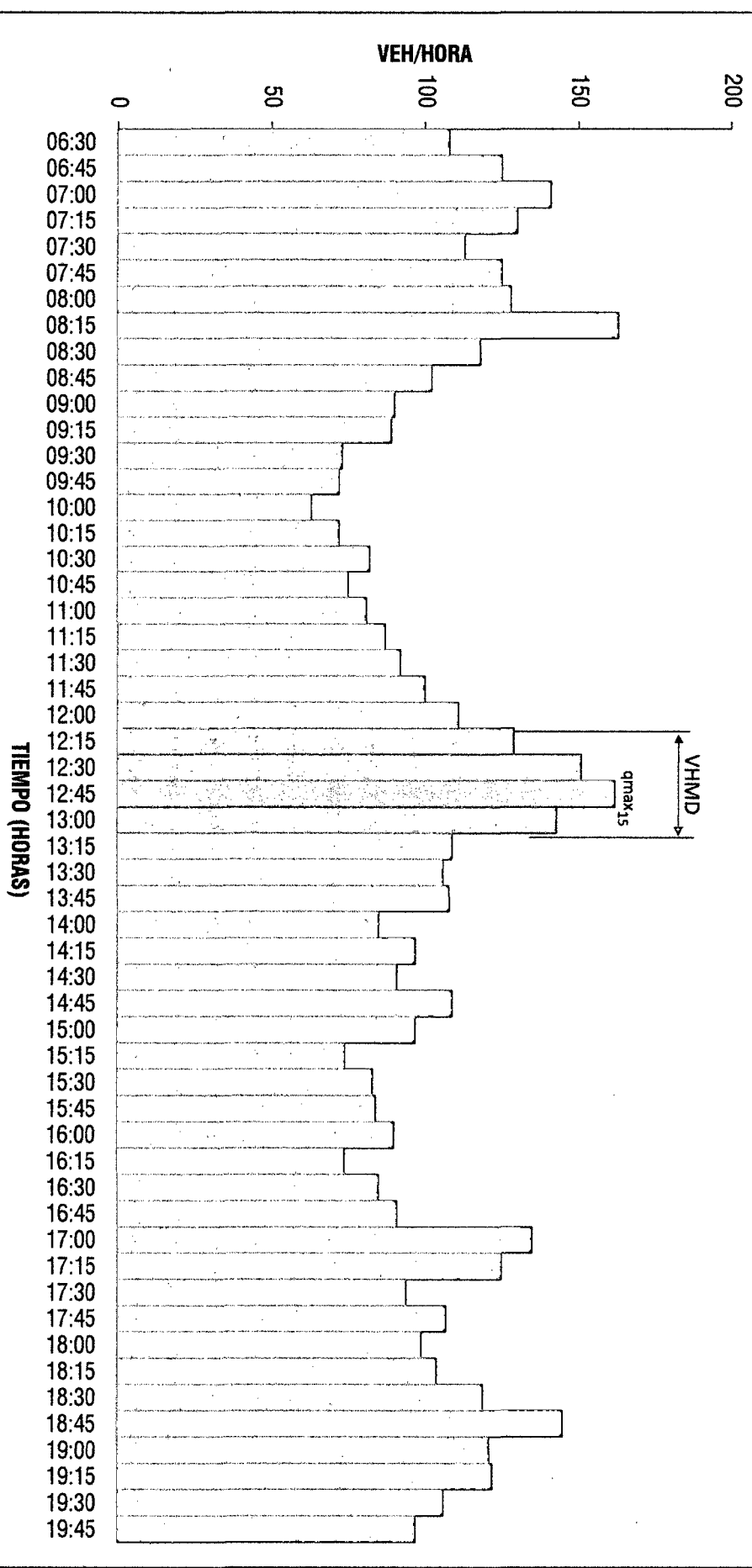


Figura 28: Histograma de la Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda para la av. Juan XXIII (hacia Jr. Progreso).

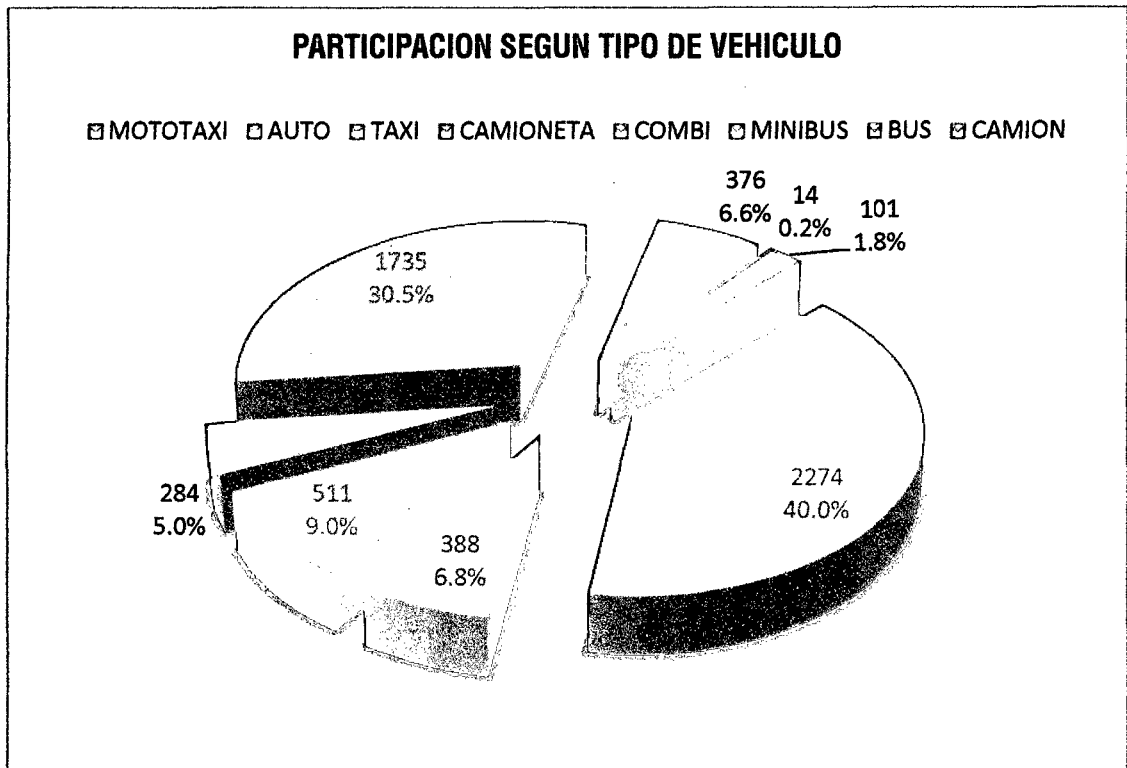


Figura 29: Participación del tránsito según tipo de vehículo por día (6:30 am - 8:00 pm).

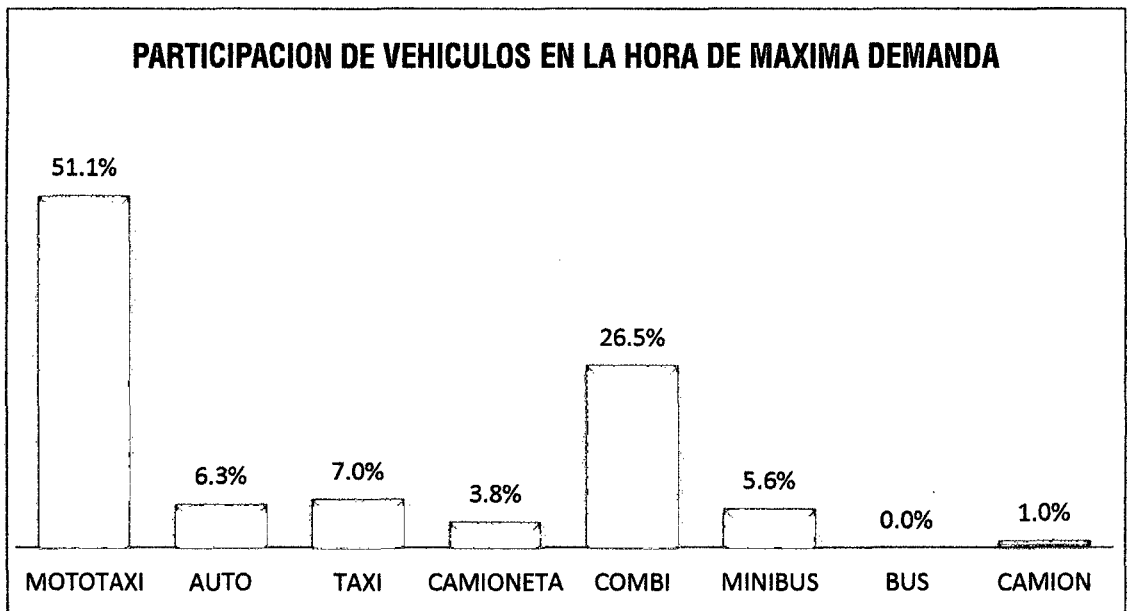


Figura 30: Distribución porcentual del tránsito en la hora de máxima demanda.

## h) Av. Juan XXIII (sentido de flujo: Jr. Progreso - Plazuela Bolognesi).

Tabla 34: Aforo Vehicular (TPDS) en la Av. Juan XXIII (hacia la Plazuela Bolognesi).

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD									VHMD (veh/h)
		MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL	
06:30	06:45	65	14	21	7	0	2	0	3	113	539
06:45	07:00	78	17	17	5	1	0	0	1	119	546
07:00	07:15	108	17	23	8	2	0	0	2	160	530
07:15	07:30	103	17	20	7	0	0	1	0	147	477
07:30	07:45	80	13	14	12	1	0	0	0	120	457
07:45	08:00	69	10	12	5	3	0	0	3	103	443
08:00	08:15	76	9	12	5	2	0	0	3	107	436
08:15	08:30	79	10	18	12	4	1	0	4	127	429
08:30	08:45	68	10	8	8	2	1	0	9	106	391
08:45	09:00	66	9	7	12	1	0	0	1	96	368
09:00	09:15	69	7	12	8	1	0	0	2	100	349
09:15	09:30	54	9	13	10	1	0	0	1	89	313
09:30	09:45	52	9	7	12	2	0	0	2	83	289
09:45	10:00	43	11	8	11	2	0	0	2	77	276
10:00	10:15	37	7	7	9	1	1	0	2	64	261
10:15	10:30	32	10	11	9	1	0	0	1	65	266
10:30	10:45	41	5	11	10	1	0	0	1	70	283
10:45	11:00	33	11	7	5	3	0	0	2	62	301
11:00	11:15	43	8	7	7	2	0	0	1	69	325
11:15	11:30	49	10	8	12	2	0	0	1	82	355
11:30	11:45	54	12	10	8	1	0	0	2	88	381
11:45	12:00	47	12	18	7	1	0	0	2	86	430
12:00	12:15	62	12	13	10	1	0	1	1	99	516
12:15	12:30	75	12	13	6	0	0	0	1	108	557
12:30	12:45	85	14	20	12	3	1	0	1	137	540
12:45	13:00	116	17	17	18	1	0	0	2	172	482
13:00	13:15	97	14	14	12	0	0	0	2	140	382
13:15	13:30	55	16	10	9	1	0	0	0	91	301
13:30	13:45	46	9	14	6	0	0	0	3	79	263
13:45	14:00	36	13	14	7	1	0	0	1	72	248
14:00	14:15	37	6	6	7	2	0	0	0	59	251
14:15	14:30	27	8	10	5	2	0	0	0	53	257
14:30	14:45	40	6	8	7	2	0	0	0	64	263
14:45	15:00	44	12	10	7	0	0	0	2	75	258
15:00	15:15	41	10	7	4	1	0	0	1	65	239
15:15	15:30	34	9	8	6	1	0	0	1	59	230
15:30	15:45	36	7	8	6	1	0	0	1	59	234
15:45	16:00	32	4	10	7	2	0	0	1	56	242
16:00	16:15	33	6	8	6	1	0	0	1	56	257
16:15	16:30	38	9	7	8	0	0	1	0	63	283
16:30	16:45	43	7	8	7	1	0	0	1	67	309
16:45	17:00	38	13	9	8	1	1	0	1	71	338
17:00	17:15	40	13	9	14	2	0	0	3	82	372
17:15	17:30	48	9	19	10	2	0	0	0	89	390
17:30	17:45	52	12	20	9	0	0	0	2	96	396
17:45	18:00	66	14	16	6	3	0	0	0	105	385
18:00	18:15	58	16	12	12	0	0	0	2	100	370
18:15	18:30	50	9	21	12	1	0	0	1	95	362

18:30	18:45	44	12	19	7	1	1	0	1	85	369
18:45	19:00	38	16	14	13	3	0	1	5	90	379
19:00	19:15	50	12	18	10	0	0	0	2	92	379
19:15	19:30	59	13	18	9	2	0	0	1	102	
19:30	19:45	55	13	15	10	1	0	0	1	95	
19:45	20:00	52	9	16	10	1	0	0	2	90	
<b>TOTAL</b>		<b>2978</b>	<b>590</b>	<b>687</b>	<b>472</b>	<b>72</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>86</b>	<b>4902</b>	

Tabla 35: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo.

DIAS	MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES	TOTAL
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	
Lunes	3140	650	739	523	77	11	7	88	<b>5235</b>
Martes	2966	537	628	411	67	11	3	78	<b>4701</b>
Miércoles	2904	596	694	481	67	9	5	76	<b>4832</b>
Jueves	2807	555	657	443	73	14	4	90	<b>4643</b>
Viernes	3074	613	717	503	77	11	5	97	<b>5097</b>
<b>TPDS</b>	<b>2978</b>	<b>590</b>	<b>687</b>	<b>472</b>	<b>72</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>86</b>	<b>4902</b>
% Participación	60.8%	12.0%	14.0%	9.6%	1.5%	0.2%	0.1%	1.8%	<b>100.0%</b>

- **Volúmenes de Tránsito:**

De la tabla 35 podemos obtener los siguientes volúmenes de tránsito.

Tránsito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 5235 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 4701 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miércoles)} = 4832 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 4643 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Viernes)} = 5097 \text{ veh/día}$$

Tránsito Semanal (TS)\*:

$$TS = 5235 + 4701 + 4832 + 4643 + 5097$$

$$TS = 24508 \text{ veh/semana}$$

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)\*:

$$TPDS = \frac{24508}{5}$$

$$TPDS = 4902 \text{ veh/día}$$

\* Se consideró 5 días (laborables), debido al objetivo de la investigación.



- **Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.**

Hora de Máxima demanda: 12:15 p.m. – 01:15 p.m.

**Tabla 36:** Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

Período (horas:minutos)		Flujo cada 15 minutos (Vehículos mixtos)	VHMD (veh/h)
12:15	12:30	108	<b>557</b>
12:30	12:45	137	
<b>12:45</b>	<b>13:00</b>	<b>172</b>	
13:00	13:15	140	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

$$VHMD = 557 \text{ veh/h}$$

$$q_{máx15} = 172 \text{ veh/(15 minutos)}$$

Reemplazamos valores en la ecuación 6:

$$FHMD_{15} = \frac{557}{4(172)} \longrightarrow FHMD_{15} = 0.81$$

El FHMD es 0.81, este se aproxima a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Comparación entre la tasa de flujo máximo y el volumen horario:

Según la tabla 36 y de acuerdo a la ecuación 1, la tasa de flujo para dicho periodo es:

$$q_{máx15} = q = \frac{N}{T} = \frac{172 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 688 \text{ veh/h}$$

$q > VHMD$ , significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en este período (12:45 – 13:00) fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión.

## VARIACION HORARIA DE MAXIMA DEMANDA

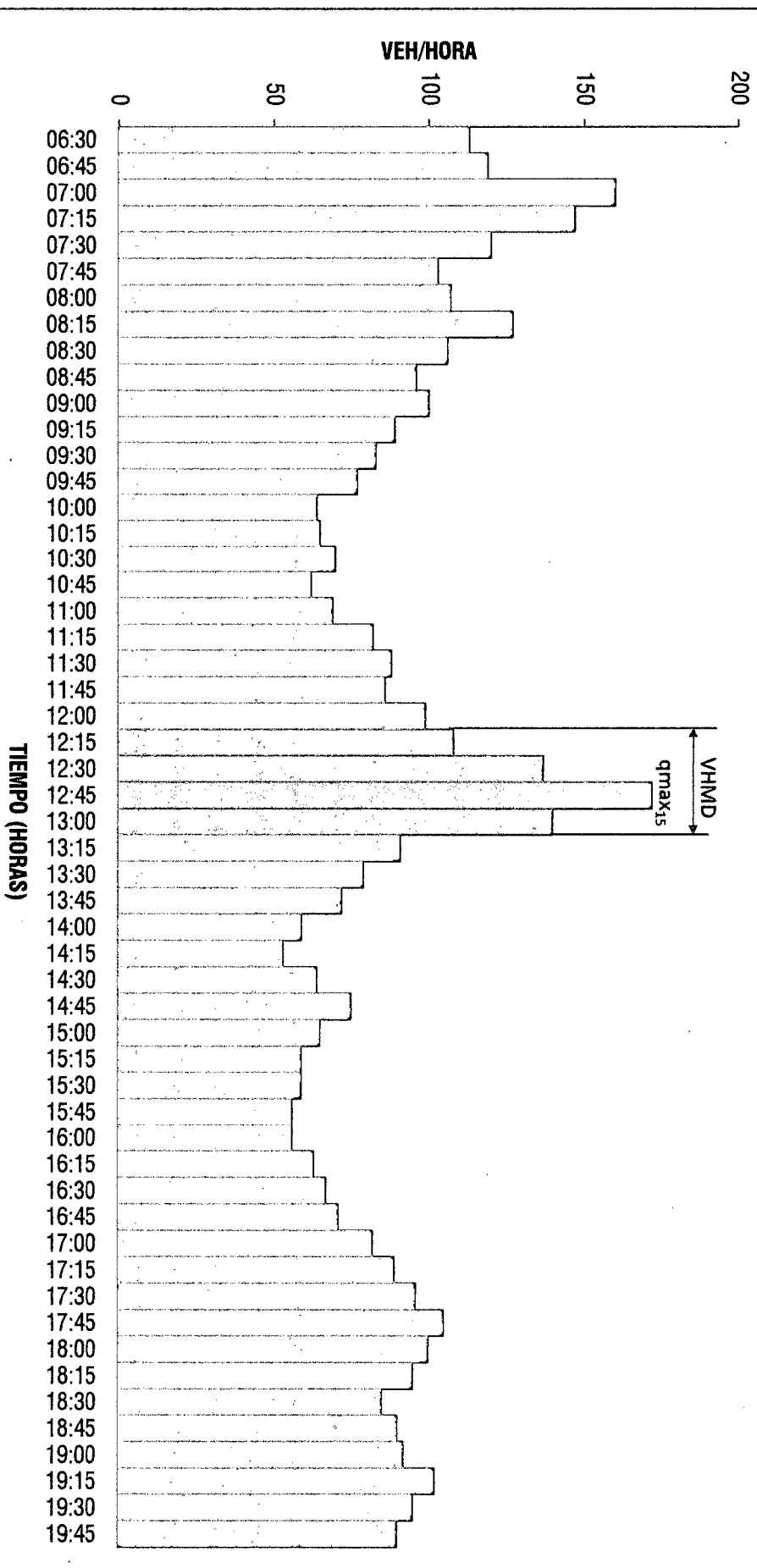


Figura 31: Histograma de la Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda para la av. Juan XXIII (hacia la Plazuela Bolognesi).

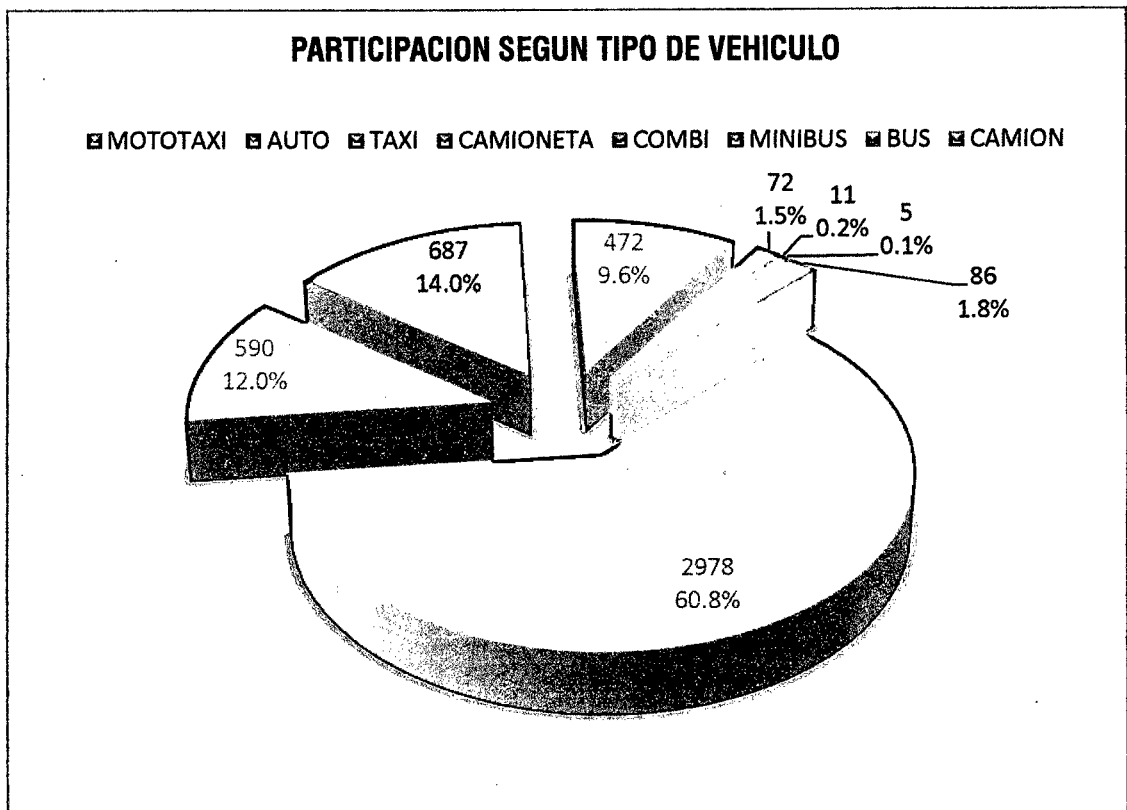


Figura 32: Participación del tránsito según tipo de vehículo por día (6:30 am - 8:00 pm).

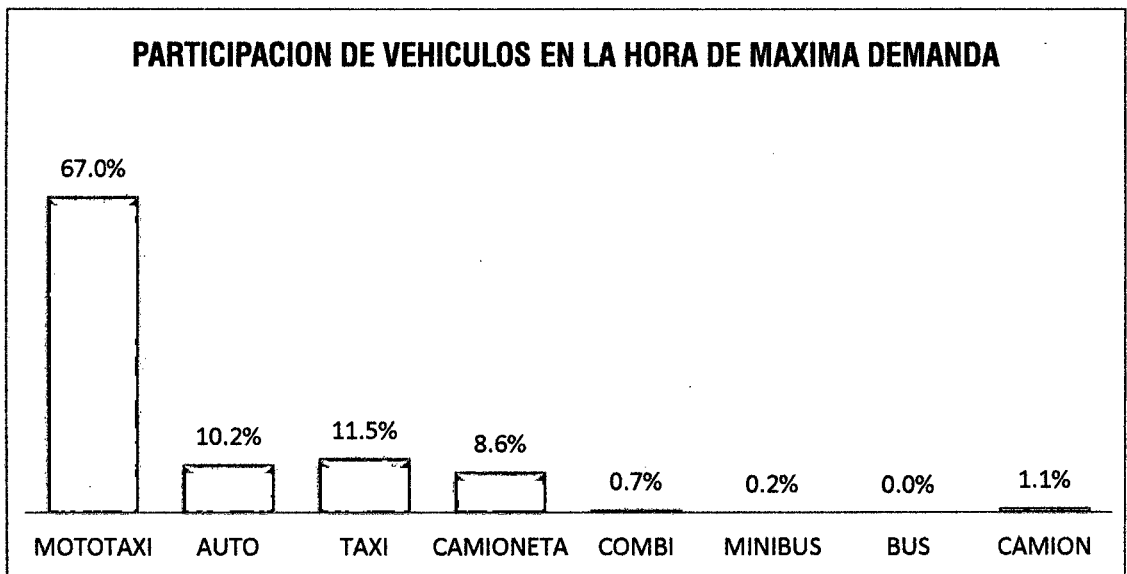


Figura 33: Distribución porcentual del tránsito en la hora de máxima demanda.

## Estudio de Velocidades y Determinación del Nivel de Servicio:

El estudio se realiza in situ, estableciendo la distancia de recorrido y cronometrando el tiempo en que demoran los vehículos en recorrerla, la toma de datos se hace en la hora de máxima demanda, antes calculada.

La cantidad de vehículos a observar se determina con la ecuación 12, tamaño de la muestra, luego se elabora una tabla con los tiempos y las velocidades de los vehículos observados; y después con la ecuación 13 se determina la velocidad promedio de recorrido.

### - Distancia de recorrido:

Tabla 37: Distancia de los tramos para medición de velocidades.

Avenida	Distancia (m)
Av. de los Héroes	225
Av. Independencia	60
Av. Atahualpa	310
Av. San Martín	157
Av. Juan XXIII	198

### - Análisis Estadístico:

- Tamaño de Muestra (N): Reemplazando valores en la ecuación 12.

$$N = \left(\frac{SK}{E}\right)^2$$

S = 8 (El Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito de SEDESOL sugiere utilizar este valor para cualquier tipo de vía - Tabla 7)

K = 1.96 (Nivel de confianza 95% - Tabla 8)

E = 2 km/h (considerando que varía entre  $\pm 8$  y  $\pm 1.5$  km/h).

Tabla 38: Tamaño de muestra para el análisis de velocidades.

ID	Avenidas en estudio	Tramo a evaluar	Nº Carriles	S	K	E	N
1	Av. De los Héroes	Plazuela Bolognesi - La Recoleta	2				
2	Av. De los Héroes	La Recoleta - Plazuela Bolognesi	2				
3	Av. Independencia	Plazuela Bolognesi - Jr. Silva Santisteban	2				
4	Av. Atahualpa	Plazuela Bolognesi - Jr. Sucre	2	8	1.96	2	61.47
5	Av. Atahualpa	Jr. Sucre - Plazuela Bolognesi	2				
6	Av. San Martín	Psje. Cumbe Mayo - Plazuela Bolognesi	2				
7	Av. Juan XXIII	Plazuela Bolognesi - Jr. Progreso	1				
8	Av. Juan XXIII	Jr. Progreso - Plazuela Bolognesi	1				

Por lo tanto el estudio de velocidades de recorrido se realizará con una muestra de 62 vehículos para cada calle en evaluación.

- **Determinación de Velocidad Media de Recorrido:**

La velocidad media de recorrido se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido. Así, puede verse que la velocidad media de recorrido es una velocidad media espacial o con base en la distancia.

Entonces este análisis consiste en cronometrar los tiempos que tardan los vehículos (62) en recorrer el tramo de vía en evaluación. Los datos se digitan en una hoja Excel de tal modo que se determine la velocidad para cada medición de tiempo, la información requerida es la siguiente:

N° de Vehículo:  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, \dots, n_{62}$ .

Tiempos:  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, \dots, t_{62}$ .

La distancia de recorrido para cada tramo se muestra en la tabla 37 y la velocidad se determina usando la ecuación 7:  $v = \frac{d}{t}$

Velocidades:  $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, \dots, v_{62}$ .

Luego se determina la inversa de la misma para aplicar según corresponde en la ecuación 11 y obtener la velocidad media espacial, de este modo:

Inversa de velocidades:  $1/v_1, 1/v_2, 1/v_3, 1/v_4, \dots, 1/v_{62}$ .

$$\bar{v}_e = \frac{62}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} + \frac{1}{v_3} + \frac{1}{v_4} + \frac{1}{v_5} + \frac{1}{v_6} + \dots + \frac{1}{v_{62}}}$$

- **Determinación del Nivel de Servicio:**

Una vez obtenida la velocidad media de recorrido, se determina finalmente el nivel de servicio de cada una de las avenidas, para lo cual se utiliza la tabla 4, Nivel de Servicio en Arterias.

**a) Av. de los Héroes (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi - Recoleta).**

- Cálculo de la Velocidad Media de Recorrido:

**Tabla 39:** Velocidades de recorrido y velocidades inversas de recorrido. Av. de los Héroes (hacia la Recoleta).

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)
1	38	21	0.04	32	48	17	0.06
2	51	16	0.06	33	48	17	0.06
3	35	23	0.04	34	95	9	0.11
4	81	10	0.10	35	72	11	0.09
5	48	17	0.06	36	39	21	0.05
6	52	16	0.06	37	34	24	0.04
7	65	12	0.08	38	55	15	0.07
8	26	31	0.03	39	59	14	0.07
9	54	15	0.07	40	46	18	0.06
10	62	13	0.08	41	44	18	0.06
11	86	9	0.11	42	38	21	0.05
12	45	18	0.06	43	54	15	0.07
13	96	8	0.13	44	62	13	0.08
14	42	19	0.05	45	110	7	0.14
15	76	11	0.09	46	50	16	0.06
16	35	23	0.04	47	72	11	0.09
17	38	21	0.05	48	42	19	0.05
18	23	35	0.03	49	82	10	0.10
19	32	25	0.04	50	45	18	0.06
20	60	14	0.07	51	32	25	0.04
21	31	26	0.04	52	65	12	0.08
22	38	21	0.05	53	76	11	0.09
23	50	16	0.06	54	55	15	0.07
24	55	15	0.07	55	52	16	0.06
25	61	13	0.08	56	26	31	0.03
26	98	8	0.13	57	119	7	0.14
27	30	27	0.04	58	89	9	0.11
28	62	13	0.08	59	68	12	0.08
29	82	10	0.10	60	70	12	0.08
30	45	18	0.06	61	56	14	0.07
31	70	12	0.08	62	57	14	0.07
TOTAL ( $\Sigma$ )			4.36				

Reemplazando valores en la ecuación 11, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{4.36 \text{ h/Km}} \longrightarrow \bar{v}_e = 14.21 \text{ Km/h}$$

- Clasificación de la Arteria:

La Av. de los Héroes, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria urbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto, es una vía de **CLASE III**.

- Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 14 \text{ Km/h}$$

Clase III

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Resultado de investigación: Nivel de Servicio "D"

**b) Av. de los Héroes (sentido de flujo: Recoleta - Plazuela Bolognesi).**

**Tabla 40:** Velocidades de recorrido y velocidades inversas de recorrido. Av. de los Héroes (hacia la Plazuela Bolognesi).

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)
1	45	18	0.06	32	51	16	0.06
2	56	14	0.07	33	69	12	0.09
3	92	9	0.11	34	79	10	0.09
4	174	5	0.22	35	47	17	0.06
5	198	4	0.24	36	55	15	0.07
6	201	4	0.25	37	86	9	0.11
7	210	4	0.26	38	125	6	0.15
8	96	8	0.12	39	136	6	0.17
9	86	9	0.11	40	198	4	0.24
10	56	14	0.07	41	195	4	0.24
11	42	19	0.05	42	179	5	0.22
12	49	17	0.06	43	95	9	0.18
13	47	17	0.06	44	96	8	0.12
14	59	14	0.07	45	95	9	0.12
15	60	14	0.07	46	115	7	0.14
16	195	4	0.24	47	185	4	0.23
17	186	4	0.23	48	76	11	0.09
18	174	5	0.22	49	55	15	0.07
19	138	6	0.17	50	45	18	0.06
20	97	8	0.12	51	61	13	0.08
21	91	9	0.11	52	63	13	0.08
22	119	7	0.15	53	57	14	0.07
23	178	5	0.22	54	69	12	0.09
24	196	4	0.24	55	75	11	0.09
25	185	4	0.23	56	73	11	0.09
26	196	4	0.24	57	84	10	0.10
27	196	4	0.24	58	71	11	0.09
28	210	4	0.26	59	62	13	0.08
29	174	5	0.22	60	111	7	0.14
30	153	5	0.19	61	76	11	0.09
31	85	10	0.11	62	94	9	0.12
TOTAL ( $\Sigma$ )			8.55				



Reemplazando valores en la ecuación 11, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{8.55 \text{ h/Km}} \longrightarrow \bar{v}_e = 7.25 \text{ Km/h}$$

- Clasificación de la Arteria:

La Av. de los Héroes, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria urbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto, es una vía de **CLASE III**.

- Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 7 \text{ Km/h}$$

Clase III

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Resultado de investigación: Nivel de Servicio "F"

**c) Av. Independencia (sentido de flujo: Bolognesi – Silva Santisteban).**

**Tabla 41: Velocidades de recorrido y velocidades inversas de recorrido. Av. Independencia (hacia Jr. Silva Santisteban).**

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)
1	12	18	0.06	32	12	18	0.06
2	19	11	0.09	33	27	8	0.13
3	11	20	0.05	34	26	8	0.12
4	26	8	0.12	35	29	7	0.13
5	27	8	0.13	36	14	15	0.07
6	28	8	0.13	37	14	15	0.07
7	16	14	0.07	38	31	7	0.14
8	8	27	0.04	39	29	7	0.13
9	25	9	0.12	40	30	7	0.14
10	30	7	0.14	41	24	9	0.11
11	29	7	0.13	42	23	9	0.11
12	31	7	0.14	43	23	9	0.11
13	30	7	0.14	44	23	9	0.11
14	8	27	0.04	45	27	8	0.13
15	24	9	0.11	46	27	8	0.13
16	24	9	0.11	47	17	13	0.08
17	12	18	0.06	48	19	11	0.09
18	10	22	0.05	49	17	13	0.08
19	15	14	0.07	50	25	9	0.17
20	7	31	0.03	51	16	14	0.07
21	8	27	0.04	52	14	15	0.07
22	18	12	0.08	53	14	15	0.07
23	14	15	0.07	54	15	14	0.07
24	17	13	0.08	55	29	7	0.13
25	18	12	0.08	56	10	22	0.05
26	27	8	0.13	57	8	27	0.04
27	17	13	0.08	58	14	15	0.07
28	22	10	0.10	59	8	27	0.04
29	28	8	0.13	60	12	18	0.06
30	10	22	0.05	61	8	27	0.04
31	20	11	0.09	62	10	22	0.05
TOTAL ( $\Sigma$ )			5.49				

Reemplazando valores en la ecuación 11, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{5.49 \text{ h/Km}} \longrightarrow \bar{v}_e = 11.29 \text{ Km/h}$$

- Clasificación de la Arteria:

La Av. Independencia, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria urbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto, es una vía de **CLASE III**.

- Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 11 \text{ Km/h}$$

Clase III

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Resultado de investigación: Nivel de Servicio "E"

**d) Av. Atahualpa (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi – Jr. Sucre).**

**Tabla 42:** Velocidades de recorrido y velocidades inversas de recorrido. Av. Atahualpa (hacia Jr. Sucre).

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)
1	65	17	0.06	32	110	10	0.10
2	56	20	0.05	33	112	10	0.10
3	58	19	0.05	34	116	10	0.10
4	75	15	0.07	35	120	9	0.11
5	74	15	0.07	36	117	10	0.11
6	56	20	0.05	37	156	7	0.14
7	96	12	0.09	38	145	8	0.13
8	75	15	0.07	39	142	8	0.13
9	95	12	0.09	40	112	10	0.10
10	93	12	0.08	41	74	15	0.07
11	90	12	0.08	42	110	10	0.10
12	121	9	0.11	43	136	8	0.12
13	112	10	0.10	44	138	8	0.12
14	145	8	0.13	45	79	14	0.07
15	152	7	0.14	46	118	9	0.11
16	126	9	0.11	47	150	7	0.13
17	151	7	0.14	48	154	7	0.14
18	120	9	0.11	49	162	7	0.15
19	121	9	0.11	50	174	6	0.16
20	92	12	0.08	51	162	7	0.15
21	91	12	0.08	52	124	9	0.11
22	85	13	0.08	53	155	7	0.14
23	76	15	0.07	54	95	12	0.09
24	75	15	0.07	55	75	15	0.07
25	69	16	0.06	56	79	14	0.07
26	70	16	0.06	57	84	13	0.08
27	55	20	0.05	58	57	20	0.05
28	56	20	0.05	59	54	21	0.05
29	76	15	0.07	60	69	16	0.06
30	85	13	0.08	61	70	16	0.06
31	91	12	0.08	62	69	16	0.06
TOTAL ( $\Sigma$ )			5.66				

Reemplazando valores en la ecuación 11, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{5.66 \text{ h/Km}} \longrightarrow \bar{v}_e = 10.95 \text{ Km/h}$$

- Clasificación de la Arteria:

La Av. Atahualpa, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria urbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto, es una vía de **CLASE III**.

- Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 11 \text{ Km/h}$$

Clase III

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
<b>E</b>	≥ 21	≥ 16	<b>≥ 11</b>
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Resultado de investigación: Nivel de Servicio "E"

**e) Av. Atahualpa (sentido de flujo: Jr. Sucre - Plazuela Bolognesi).**

**Tabla 43: Velocidades de recorrido y velocidades inversas de recorrido. Av. Atahualpa (hacia la Plazuela Bolognesi).**

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)
1	66	17	0.06	32	52	21	0.05
2	65	17	0.06	33	76	15	0.07
3	69	16	0.06	34	79	14	0.07
4	58	19	0.05	35	65	17	0.06
5	56	20	0.05	36	64	17	0.06
6	52	21	0.05	37	68	16	0.06
7	75	15	0.07	38	62	18	0.06
8	92	12	0.08	39	71	16	0.06
9	98	11	0.09	40	75	15	0.07
10	81	14	0.07	41	61	18	0.05
11	95	12	0.09	42	43	26	0.04
12	92	12	0.08	43	47	24	0.04
13	69	16	0.06	44	35	32	0.03
14	65	17	0.06	45	52	21	0.05
15	58	19	0.05	46	55	20	0.05
16	70	16	0.06	47	62	18	0.06
17	71	16	0.06	48	48	23	0.04
18	78	14	0.07	49	72	16	0.06
19	62	18	0.06	50	70	16	0.06
20	57	20	0.05	51	73	15	0.07
21	45	25	0.04	52	65	17	0.06
22	44	25	0.04	53	61	18	0.05
23	59	19	0.05	54	58	19	0.05
24	80	14	0.07	55	71	16	0.06
25	82	14	0.07	56	82	14	0.07
26	76	15	0.07	57	84	13	0.08
27	47	24	0.04	58	81	14	0.07
28	44	25	0.04	59	72	16	0.06
29	72	16	0.06	60	76	15	0.07
30	56	20	0.05	61	73	15	0.07
31	62	18	0.06	62	69	16	0.06
TOTAL ( $\Sigma$ )			3.69				

Reemplazando valores en la ecuación 11, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{3.69 \text{ h/Km}} \longrightarrow \bar{v}_e = 16.80 \text{ Km/h}$$

- Clasificación de la Arteria:

La Av. Atahualpa, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria urbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto, es una vía de **CLASE III**.

- Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 17 \text{ Km/h}$$

Clase III

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Resultado de investigación: Nivel de Servicio "D"

**f) Av. San Martín (sentido de flujo: Cumbe Mayo – Plazuela Bolognesi).**

**Tabla 44:** Velocidades de recorrido y velocidades inversas de recorrido. Av. San Martín (hacia la Plazuela Bolognesi).

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)
1	16	35	0.03	32	14	40	0.02
2	12	47	0.02	33	26	22	0.05
3	14	40	0.02	34	35	16	0.06
4	23	25	0.04	35	38	15	0.07
5	24	24	0.04	36	26	22	0.05
6	19	30	0.03	37	14	40	0.02
7	19	30	0.03	38	17	33	0.03
8	25	23	0.04	39	20	28	0.04
9	36	16	0.06	40	12	47	0.02
10	16	35	0.03	41	16	35	0.03
11	34	17	0.06	42	29	19	0.05
12	24	24	0.04	43	22	26	0.04
13	39	14	0.07	44	32	18	0.06
14	24	24	0.04	45	21	26	0.04
15	16	35	0.03	46	36	16	0.06
16	18	31	0.03	47	18	31	0.03
17	17	33	0.03	48	23	24	0.04
18	12	47	0.02	49	26	22	0.05
19	13	43	0.02	50	18	31	0.03
20	19	30	0.03	51	19	30	0.03
21	25	23	0.04	52	17	33	0.03
22	15	38	0.03	53	35	16	0.06
23	29	19	0.05	54	39	14	0.07
24	26	22	0.05	55	34	17	0.06
25	18	31	0.03	56	26	22	0.05
26	19	30	0.03	57	28	20	0.05
27	23	25	0.04	58	29	19	0.05
28	26	22	0.05	59	32	18	0.06
29	28	20	0.05	60	18	31	0.03
30	39	14	0.07	61	19	30	0.03
31	32	18	0.06	62	34	17	0.06
TOTAL (Σ)			2.61				



Reemplazando valores en la ecuación 11, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{2.61 \text{ h/Km}} \longrightarrow \bar{v}_e = 23.78 \text{ Km/h}$$

- Clasificación de la Arteria:

La Av. San Martín, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria urbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto, es una vía de **CLASE III**.

- Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 24 \text{ Km/h}$$

Clase III

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Resultado de investigación: Nivel de Servicio "C"

**g) Av. Juan XXIII (sentido de flujo: Plazuela Bolognesi – Jr. Progreso).**

**Tabla 45:** Velocidades de recorrido y velocidades inversas de recorrido. Av. Juan XXIII (hacia Jr. Progreso).

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)
1	69	10	0.10	32	165	4	0.23
2	70	10	0.10	33	66	11	0.09
3	68	10	0.10	34	59	12	0.08
4	75	10	0.11	35	127	6	0.18
5	79	9	0.11	36	230	3	0.32
6	80	9	0.11	37	210	3	0.29
7	110	6	0.15	38	228	3	0.32
8	108	7	0.15	39	198	4	0.28
9	98	7	0.14	40	110	6	0.15
10	76	9	0.11	41	174	4	0.24
11	95	8	0.13	42	92	8	0.13
12	106	7	0.15	43	68	10	0.10
13	136	5	0.19	44	74	10	0.10
14	165	4	0.23	45	72	10	0.10
15	108	7	0.15	46	58	12	0.08
16	227	3	0.32	47	55	13	0.08
17	189	4	0.27	48	49	15	0.07
18	135	5	0.19	49	51	14	0.07
19	137	5	0.19	50	48	15	0.07
20	57	13	0.08	51	56	13	0.08
21	51	14	0.07	52	87	8	0.12
22	51	14	0.07	53	92	8	0.13
23	55	13	0.08	54	68	10	0.10
24	69	10	0.10	55	75	10	0.11
25	128	6	0.18	56	64	11	0.09
26	107	7	0.15	57	85	8	0.12
27	223	3	0.31	58	84	8	0.12
28	240	3	0.34	59	69	10	0.10
29	227	3	0.32	60	75	10	0.11
30	224	3	0.31	61	58	12	0.08
31	196	4	0.27	62	54	13	0.08
TOTAL (Σ)			9.48				

Reemplazando valores en la ecuación 11, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{9.48 \text{ h/Km}} \longrightarrow \bar{v}_e = 6.54 \text{ Km/h}$$

- Clasificación de la Arteria:

La Av. Juan XXIII, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria urbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto, es una vía de **CLASE III**.

- Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 7 \text{ Km/h}$$

Clase III

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Resultado de investigación: Nivel de Servicio "F"

**h) Av. Juan XXIII (sentido de flujo: Jr. Progreso - Plazuela Bolognesi).**

**Tabla 46:** Velocidades de recorrido y velocidades inversas de recorrido. Av. Juan XXIII (hacia la Plazuela Bolognesi).

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	1/Vi (h/Km)
1	51	14	0.07	32	32	22	0.04
2	54	13	0.08	33	86	8	0.12
3	58	12	0.08	34	65	11	0.09
4	37	19	0.05	35	25	29	0.04
5	43	17	0.06	36	25	29	0.04
6	48	15	0.07	37	39	18	0.05
7	56	13	0.08	38	41	17	0.06
8	31	23	0.04	39	82	9	0.12
9	95	8	0.13	40	74	10	0.10
10	46	15	0.06	41	65	11	0.09
11	28	25	0.04	42	75	10	0.11
12	37	19	0.05	43	25	29	0.04
13	31	23	0.04	44	24	30	0.03
14	59	12	0.08	45	49	15	0.07
15	41	17	0.06	46	39	18	0.05
16	45	16	0.06	47	40	18	0.06
17	46	15	0.06	48	51	14	0.07
18	40	18	0.06	49	46	15	0.06
19	51	14	0.07	50	51	14	0.07
20	44	16	0.06	51	69	10	0.10
21	40	18	0.06	52	65	11	0.09
22	39	18	0.05	53	66	11	0.09
23	44	16	0.06	54	75	10	0.11
24	29	25	0.04	55	51	14	0.07
25	55	13	0.08	56	53	13	0.07
26	27	26	0.04	57	52	14	0.07
27	38	19	0.05	58	39	18	0.05
28	44	16	0.06	59	34	21	0.05
29	49	15	0.07	60	31	23	0.04
30	57	13	0.08	61	29	25	0.04
31	59	12	0.08	62	34	21	0.05
TOTAL ( $\Sigma$ )			4.14				

Reemplazando valores en la ecuación 11, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{4.14 \text{ h/Km}} \longrightarrow \bar{v}_e = 14.96 \text{ Km/h}$$

- Clasificación de la Arteria:

La Av. Juan XXIII, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria urbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su Función y Categoría de Proyecto, es una vía de **CLASE III**.

- Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 14 \text{ Km/h}$$

Clase III

CLASE DE ARTERIA	I	II	III
NIVEL DE SERVICIO	VELOCIDAD DE RECORRIDO MEDIA (Km/h)		
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 14
E	≥ 21	≥ 16	≥ 11
F	≤ 21	≤ 16	≤ 11

Resultado de investigación: Nivel de Servicio "D"

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados en tablas, esto implica el resumen de resultados y el análisis de los mismos.

### - Conteo Vehicular:

Se presenta el registro de la cantidad de los vehículos que pasan por cada una de las vías.

Tabla 47: ID de las avenidas y tramos en evaluación.

ID	AVENIDAS EN ESTUDIO	TRAMO A EVALUAR (SENTIDO DE FLUJO)
1	Av. De los Héroes	Plazuela Bolognesi - La Recoleta
2	Av. De los Héroes	La Recoleta - Plazuela Bolognesi
3	Av. Independencia	Plazuela Bolognesi - Jr. Silva Santisteban
4	Av. Atahualpa	Plazuela Bolognesi - Jr. Sucre
5	Av. Atahualpa	Jr. Sucre - Plazuela Bolognesi
6	Av. San Martín	Psje. Cumbe Mayo - Plazuela Bolognesi
7	Av. Juan XXIII	Plazuela Bolognesi - Jr. Progreso
8	Av. Juan XXIII	Jr. Progreso - Plazuela Bolognesi

En la tabla 47 se establece un ID para cada tramo, a modo de leyenda para la interpretación de las tablas posteriores.

Tabla 48: Aforo Vehicular por tipo de vehículo. Tránsito Promedio Diario Semanal.

ID	PROMEDIO SEMANAL IMD								
	MOTOTAXI	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	MINIBUS	BUS	CAMION	TOTAL (VEH/DIA)
1	5623	1454	2920	1366	257	52	33	158	11864
2	8362	1371	2379	1014	2357	384	51	201	16118
3	7290	807	1625	721	854	13	18	83	11412
4	3435	645	1623	529	2210	355	49	108	8954
5	3027	643	1599	564	2103	354	57	89	8436
6	4216	1202	1737	702	391	12	21	234	8515
7	2274	388	511	284	1735	376	14	101	5682
8	2978	590	687	472	72	11	5	86	4902

En la tabla 48, se observa las vías que tienen mayor volumen de vehículos durante la jornada de conteo, tal es el caso de las avenidas de los Héroes en ambos sentidos y la avenida Independencia. También resaltar que por motivos de estudio, las avenidas Atahualpa y Juan XXIII, fueron evaluadas por carril, puesto que son vías de doble calzada.

**Tabla 49: Vehículos con mayor influencia en las vías.**

ID	TOTAL (VEH/DIA)	VEHÍCULOS PREDOMINANTES	PORCENTAJE
1	11864	Mototaxi Taxi	47.4% (5623) 24.6% (2920)
2	16118	Mototaxi Taxi	51.9% (8362) 24.8% (2379)
3	11412	Mototaxi Taxi	63.9% (7290) 14.2% (1625)
4	8954	Mototaxi Combi	38.4% (3435) 24.7% (2210)
5	8436	Mototaxi Combi	35.9% (3027) 24.9% (2103)
6	8515	Mototaxi Taxi	49.5% (4216) 20.4% (1737)
7	5682	Mototaxi Combi	40.0% (2274) 30.5% (1735)
8	4902	Mototaxi Taxi	60.8% (2978) 14.0% (687)

De acuerdo a la tabla 49, se puede apreciar que la mayor parte del tránsito vehicular en las vías que convergen en la Plazuela Bolognesi está compuesto de vehículos de transporte público, principalmente de mototaxis, además de taxis y combis.

El porcentaje de influencia de los vehículos privados en las vías es bajo en comparación con el servicio de transporte público, las figuras 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29 y 32, muestran de manera detallada los porcentaje de influencia de los vehículos en cada vía.

**Tabla 50: Factor de Máxima Demanda.**

ID	VHMD	qmax15	FHMD	HORA DE MAXIMA DEMANDA
1	1247	339	0.92	06:45 am – 07:45 am
2	1667	463	0.90	12:30 pm - 01:30 pm
3	1137	302	0.94	12:30 pm - 01:30 pm
4	937	248	0.94	12:15 pm - 01:15 pm
5	938	246	0.95	12:45 pm - 01:45 pm
6	783	210	0.93	12:15 pm - 01:15 pm
7	585	162	0.90	12:15 pm - 01:15 pm
8	557	172	0.81	12:15 pm - 01:15 pm

La tabla 50, muestra los factores de máxima demanda, los cuales se observan que se aproximan a la unidad, esto se indica que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

En la misma tabla podemos observar que las horas de máxima demanda son al inicio del día y al medio día es decir aproximadamente entre las 7:00 am – 8:00 am y entre las 12:00 pm – 2:00 pm.

**Tabla 51: Niveles de Servicio.**

ID	Clase de arteria	Velocidad Media de Recorrido (km/h)	Nivel de Servicio
1	III	14	D
2	III	7	F
3	III	11	E
4	III	11	E
5	III	17	D
6	III	24	C
7	III	7	F
8	III	14	D

Como se aprecia en la tabla 51, las velocidades de recorrido en la hora de máxima demanda son relativamente bajas, debido a las constantes paradas que realizan los vehículos por el tema de congestionamiento en horas punta.

Respecto al Nivel de Servicio, se tiene que; 3 vías se encuentran en el nivel D, 2 en el nivel E, 2 en el F y 1 en el nivel C.

Estos resultados se pueden interpretar por separado para cada vía; según sea el caso. Para el nivel C, este representa una circulación estable, sin embargo la capacidad para maniobrar resulta poca restringida; en el caso del nivel D, es un nivel que establece que para pequeños incrementos de flujo puede causar incrementos importantes de la demora en el acceso; el nivel E en cambio se caracteriza por unas demoras importantes en el acceso, en este nivel se encuentra la formación de las largas colas; y finalmente el nivel F se caracteriza por un flujo arterial con velocidades extremadamente bajas



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- ✓ De acuerdo a la investigación se cumple la hipótesis para las avenidas Independencia y Atahualpa, las cuales se encuentran operando a un nivel de servicio E, el resto de vías se encuentran entre los niveles de servicio C y F (ver la tabla 51).
- ✓ Una vez realizado el aforo vehicular y su análisis respectivo, se concluye que los vehículos predominantes dentro de las vías en estudio son los mototaxis. En la Av. de los Héroes tienen una influencia de 47.4% y 51.9% en ambos sentidos, en la Av. Independencia un 63.9%, en la Av. Atahualpa un 38.4% y 35.9% en ambos sentidos, en la Av. San Martín un 49.5% y en la Av. Juan XXIII un 40% y 60.8% en ambos sentidos. Con estos datos se puede deducir que esta clase de vehículo ha ido ingresando de manera desmesurada al parque automotor de Cajamarca, los últimos años. Un dato interesante y que corrobora dicha deducción es que la flota de mototaxis en el año 2007 era de 1511 unidades (SATCAJ) y la flota autorizada a la actualidad consta de 4161 unidades.
- ✓ Se determinó que la hora de máxima demanda por las mañanas es de 6:45 a 7:45, hora en que la población se dirige a su trabajo o centro de estudios y por las tardes durante las 12:15 a la 1:45, hora en que los estudiantes retornan a sus viviendas del mismo modo que los trabajadores. En las figuras de Variación del Horaria de Máxima Demanda, se aprecia además que en horas de la noche entre las 6:00 y 7:30 el volumen vehicular nuevamente asciende, por motivos de retorno de la población a sus viviendas (término de labores).
- ✓ Los factores horarios de máxima demanda de las vías estudiadas oscilan entre 0.81 y 0.95, estos se aproximan a la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.
- ✓ En la comparación entre el volumen horario y la tasa de flujo máximo, se determinó que  $q > Q$  (en todas las avenidas), lo cual implica que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en períodos cortos es mayor a la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos y ya que se trata del periodo de máxima demanda, se traduce a problemas de congestión. Por lo que se puede afirmar que en la hora de máxima demanda de cada avenida, se genera la congestión vehicular.

- ✓ En una breve comparación con los resultados de la tesis "Estudio del congestionamiento vehicular en la Zona Monumental de la ciudad de Cajamarca", la cual se elaboró en el año 2007, se realizó el aforo vehicular de la Av. de los Héroes en sentido a la Recoleta en el cual se determinó que el volumen diario es de 13382 veh/día; ahora, en el presente estudio el volumen promedio diario para la misma vía es menor al de ese entonces, tal solo de 11864 veh/día. Dicha disminución se justifica a que actualmente la ruta del transporte público (combis y minibuses) ya no es por la vía antes mencionada sino por la Av. Juan XXIII.
- ✓ Respecto a las velocidades de recorrido, estas velocidades son menores cuando el análisis se realiza en la hora de máxima demanda, a diferencia de una análisis a flujo libre, en este caso se realizó en las horas críticas para poder determinar el verdadero nivel de servicio de cada vía.
- ✓ Las velocidades de recorrido en la hora de máxima demanda oscilan en todas las vías entre 7 km/h y 24km/h, esto debido a las frecuentes paradas que los vehículos ejecutan en su trayecto, estas paradas se deben en primer lugar a la cantidad de flujo vehicular que transitan en ese momento, también se ven afectados en la velocidad por las restricciones de zonas escolares (IE San Ramón, Juan XXIII, La Recoleta, San Francisco, Jardín Santa Teresita, entre otros) y zonas recreativas, para lo cual según el Reglamento Nacional de Tránsito en estas zonas la velocidad máxima es de 30 km/h.
- ✓ Debido a las bajas velocidades de recorrido que ostentan los vehículos en su trayectoria, el nivel de servicio que las vías ofertan al usuario se encuentra entre los más bajos. El análisis de niveles de servicio dejó por saldo niveles "D", "E" y "F", los cuales corroboran el estado actual de nuestras vías, en este caso las vías que convergen en la Plazuela Bolognesi. Estos niveles implican desde pequeños incrementos de flujo que pueden causar incrementos importante de la demora en el acceso hasta la formación de largas colas y velocidades extremadamente bajas con tendencia a 0 km/h.
- ✓ Por último las demoras también se generan producto de: Mal manejo de los dispositivos de control de tránsito, poca experiencia de los agentes policiales que regulan el tránsito, obstáculos que pueden haber en la calzada (desperdicios producto del Mercado San Sebastián, paraderos, entre otros), los cuales reducen el ancho de la misma, y la poca educación vial que existe entre la población (conductores y peatones imprudentes).

## Recomendaciones

- ✓ Se recomienda a las entidades competentes elaborar un Manual de Capacidad de Carreteras, de acuerdo a la realidad de nuestras vías, específicamente las vías urbanas y suburbanas, tema de estudio de esta investigación. Ya que hoy en día se recurre a manuales norteamericanos para la evaluación de nuestras vías.
- ✓ Se recomienda para estudios de niveles de servicio en zonas urbanas, según indica el Manual de Capacidad de Carreteras, trabajar con la velocidad promedio de recorrido, la cual deberá ser obtenida en la hora de máxima demanda.
- ✓ Se recomienda como alternativa de solución para un mejor funcionamiento de la vía la restricción de las mototaxis, sobretodo en las horas de máxima demanda, las cuales fueron determinadas en esta investigación.
- ✓ Se recomienda realizar campañas de educación vial en las instituciones educativas, en los centros de labores, campañas que deben concientizar al poblador en su función de conductor y de peatón.
- ✓ Se recomienda elaborar un plan vial, con nuevas rutas para el transporte urbano, de modo tal que no todas las rutas existentes en la ciudad tengan que pasar por la Plazuela Bolognesi para llegar a su destino. Tal es el caso que se puede usar vías alternas, por ejemplo el acceso desde la Av. Atahualpa hacia la Av. Mario Urteaga o el Jr. Progreso, lógicamente esto antecedido por un estudio de tráfico en esta zona para su vialidad.
- ✓ Se recomienda a la Autoridad competente realizar estudios de tránsito en diferentes zonas de la ciudad de Cajamarca, donde se presente el gran problema del congestionamiento vehicular. De este modo se podrán establecer alternativas de solución para su mejoramiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATC (Asociación Técnica de Carreteras, ES) 1987. Manual de Capacidad de Carreteras del original en inglés Highway Capacity Manual, Special report 209. ES. 636 p.

Bañón, L; Beviá, J. 2000. Manual de Carreteras: Elementos Proyecto, Universidad de Alicante, ES. tomo 1, p.154-168.

Cal, R; Cárdenas J. 2000. Ingeniería de tránsito: Fundamentos y Aplicaciones. García, E. ed. 7 ed. México DF, ME. Alfaomega SA. 517 p.

Coraspe, L; Marsiglia, O. 2011. Análisis del flujo vehicular en las avenidas que convergen en la Plaza de las Banderas (avenida República, avenida Menca de Leoni, prolongación Paseo Orinoco y prolongación avenida República) ciudad Bolívar-Estado Bolívar. Tesis Ing. Civil. Bolívar, BO. Universidad de Oriente Núcleo de Bolívar. 260 p.

Galarraga, J; Herz, M; Albrieu, L. sf. Capacidad y Nivel de Servicio en Calles Urbanas. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, AR. 15 p. Consultado 19 set. 2014. Disponible en: <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/pt-BR/producao-da-rede/artigos-cientificos/2005-1/169-calarraga-herz-albrieu-xiv-congreso-argentino-2005/file>

Gómez, R. 2004. Texto del alumno - Ingeniería de tráfico. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, BO. 576 p.

González, J. Rodríguez, G. y Martínez, J. 2000. ¿Cómo mejorar el flujo vehicular por medio de la simulación? (en línea). Puebla, ME. Consultado 26 jun. 2014. Disponible en <http://www.imt.mx/Espanol/DatosViales/introduccion.html>.

Huamán, SM. 2007. Estudio del congestionamiento vehicular en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca. Tesis Mag. Sc. Cajamarca, PE. Universidad Nacional de Cajamarca. 84 p.

Méndez, D. 2009. Ingeniería de Tránsito: Volumen de Tránsito (diapositivas). Managua, NI. UNI. 32 diapositivas. Consultado 21 ago. 2014. Disponible en: <http://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/volumenes-ingenieria-de-transito.pdf>

MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, PE). 2009. Reglamento Nacional de Tránsito: Decreto Supremo N°016-2009-MTC. Lima, El Peruano. 32 p.

Novoa, VE. 1985. Estudio del tránsito en la ciudad de Cajamarca. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, PE. Universidad Nacional de Cajamarca. 385 p.

Pérez, A. 2009. Guía Metodológica para Anteproyectos de Investigación. Jaén, A. ed. 3 ed. Caracás, VE. Fedupel. p.19-23, 45-62.

SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social, ME). sf. Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. México DF, ME. tomo XII, 229 p.

Tapia, J; Veizaga, R. 2006. Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Ingeniería de Tráfico. Lic. Ing. Civil. Cochabamba, BO. Universidad Mayor de San Simón. 419 p.

# **ANEXOS**

# ANEXO 01

## PLANOS

**ANEXO 02**  
**REGLAMENTO NACIONAL DE TRÁNSITO**



**Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito.**  
**DECRETO SUPREMO N° 016-2009-MTC**

**TITULO III. De las vías.**

**CAPÍTULO I. Aspectos Generales.**

**Artículo 9° Elementos.**

La vía comprende la calzada, la acera, la berma, la cuneta, el estacionamiento, el separador central, el jardín y el equipamiento de servicios necesarios para su utilización.

Las vías públicas se utilizan de conformidad con el presente reglamento y las normas que rigen sobre la materia.

**Artículo 10° Autoridad competente.**

Los elementos integrantes de la vía pública, sean funcionales, de servicio o de ornato complementarios, son habilitados o autorizados por las respectivas Autoridades, según su competencia.

**Artículo 13° Normas técnicas.**

Las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de las vías se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura, al que se sujetarán las Autoridades competentes en sus respectivas jurisdicciones.

**Artículo 24° Prohibiciones.**

Está prohibido en la vía:

- 1) Destinar la calzada a otro uso que no sea el tránsito y el estacionamiento.
- 2) Ejercer el comercio ambulatorio o estacionario.
- 3) Colocar propaganda u otros objetos que puedan afectar el tránsito de peatones o vehículos o la señalización y la semaforización.
- 4) Dejar animales sueltos o situarlos en forma tal que obstaculicen el tránsito
- 5) Construir o colocar parapetos, kioscos, cabinas, cercos, paraderos u ornamentos en las esquinas u otros lugares de la vía que impidan la visibilidad del usuario de la misma.
- 6) Colocar en la calzada o en la acera elementos que obstruyan la libre circulación.
- 7) Derivar aguas servidas o de regadío o dejar elementos perturbadores del libre tránsito o desperdicios como maleza, desmonte, material de obra y otros, salvo maleza en lugares autorizados.
- 8) Recoger o dejar pasajeros en lugares no autorizados.

#### Artículo 29° Dispositivos de control de tránsito.

Los dispositivos de control de tránsito que se instalen en la vía pública, deben cumplir con las exigencias establecidas en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, que aprueban el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en concordancia con los Convenios Internacionales suscritos por el Perú.

#### Artículo 30° Tránsito en zona urbana.

La autoridad competente podrá fijar en zona urbana:

- a) Vías o carriles para la circulación exclusiva de vehículos del servicio público de transporte de pasajeros.
- b) Sentidos de tránsito variables para un tramo de vía o una vía determinada, en horarios que la demanda lo justifique.

### **CAPÍTULO II. Dispositivos de control.**

#### **SECCION I. Aspectos Generales.**

#### Artículo 33° Señalización.

La regulación del tránsito en la vía pública, debe ejecutarse mediante señales verticales, marcas en la calzada, semáforos, señales luminosas y dispositivos auxiliares.

Las normas para el diseño y la utilización de los dispositivos de regulación, se establecen en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras que aprueba el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La instalación, mantenimiento y renovación de los dispositivos de regulación del tránsito, en las vías urbanas de su jurisdicción es competencia de las Municipalidades Provinciales y de las Municipalidades Distritales, y se ejecutará conforme a lo establecido en el presente Reglamento y sus normas complementarias.

#### **SECCION V. Policía Nacional del Perú.**

#### Artículo 57° Obediencia al efectivo policial.

Los usuarios de la vía están obligados a obedecer de inmediato cualquier orden de la Policía Nacional del Perú asignados al control del tránsito, que es la autoridad responsable de fiscalizar el cumplimiento de las normas de tránsito.

Las indicaciones de los efectivos de la Policía Nacional del Perú, asignados al control del tránsito, prevalecen sobre las señales luminosas o semáforos, y éstas sobre los demás dispositivos que regulan la circulación.

## **TITULO IV. De la circulación.**

### **CAPÍTULO I. De los peatones y uso de la vía.**

#### **Artículo 67° Circulación del peatón.**

Debe circular por las aceras, bermas o franjas laterales, según sea el caso, sin utilizar la calzada ni provocar molestias o trastornos a los demás usuarios, excepto cuando deba cruzar la calzada o encuentre un obstáculo que esté bloqueando el paso, y en tal caso, debe tomar las precauciones respectivas para evitar accidentes. Debe evitar transitar cerca al sardinel o al borde de la calzada.

### **CAPÍTULO II. De los conductores y uso de la vía.**

#### **Artículo 83° Precauciones.**

El conductor de cualquier vehículo debe:

1. Tener cuidado y consideración con los peatones y con los vehículos que transiten a su alrededor.
2. Tomar las debidas precauciones con los peatones que despejen la intersección en el momento que el semáforo ya no los autoriza a cruzar la calzada, debiendo detener su marcha absteniéndose de usar la bocina de forma que pudiera causar sobresalto o confusión al peatón.
3. Tener especial cuidado con las personas con discapacidad, niños, ancianos y mujeres embarazadas.

### **SECCION VI. Velocidades.**

#### **Artículo 160° Prudencia en la velocidad de la conducción.**

El conductor no debe conducir un vehículo a la velocidad mayor de la que sea razonable y prudente, bajo las condiciones de transitabilidad existentes en la vía, debiendo considerar los riesgos y peligros presentes y posibles.

En todo caso la velocidad debe ser tal, que le permita controlar el vehículo para evitar accidentes.

#### **Artículo 162° Límites máximos de velocidad.**

Cuando no existan los riesgos o circunstancias señaladas en los artículos anteriores, los límites máximos de velocidad son los siguientes:

##### **a) Zona urbana:**

1. En calles y jirones: 40 km/h
2. En avenidas: 60 km/h
3. En vías expresas: 80 km/h

4. Zona escolar: 30 km/h
5. Zona de hospital: 30 km/h

**Artículo 164° Límites máximos de velocidad especiales.**

**Límites máximos especiales:**

- a) En las intersecciones urbanas no semaforizadas; la velocidad precautoria, no debe superar a 30 km/h.
- b) En la proximidad de establecimientos escolares, deportivos y de gran afluencia de personas, durante el ingreso, su funcionamiento y evacuación, la velocidad precautoria no debe superar a 20 km/h.
- c) En vías que circunvalen zonas urbanas, 60 km/h, salvo señalización en contrario.









# **ANEXO 03**

## **FORMATOS DE CAMPO PARA AFOROS**

**AFORO DE TRAFICO VEHICULAR**

Avenida: \_\_\_\_\_  
 Aforador: \_\_\_\_\_  
 Supervisor: \_\_\_\_\_

Fecha (dd/mrr/aa): \_\_\_\_\_  
 Estación de conteo: \_\_\_\_\_  
 Hoja N°: \_\_\_\_\_ 01

HORA		MOTOTAXIS	VEHICULOS LIVIANOS				BUSES		CAMIONES
		MOTOTAXI 	AUTO 	TAXI 	CAMIONETA 	COMBI 	MINIBUS 	BUS 	CAMION 
06:30	06:45								
06:45	07:00								
07:00	07:15								
07:15	07:30								
07:30	07:45								
07:45	08:00								
08:00	08:15								
08:15	08:30								
08:30	08:45								

**AFORO DE TIEMPO DE RECORRIDO**

Avenida: \_\_\_\_\_  
 Aforador: \_\_\_\_\_

Fecha (dd/mm/aa): \_\_\_\_\_  
 Distancia de recorrido: \_\_\_\_\_

Clase de Vehículo	Tiempo (segundos)												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Mototaxi	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
Auto	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
Taxi	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Camioneta	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
Combi	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
Minibus	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Bus	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
Camión	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
	T17	T18	T19	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
<b>Total de tiempo (Σ)</b>													

# **ANEXO 04**

## **PANEL FOTOGRAFICO**



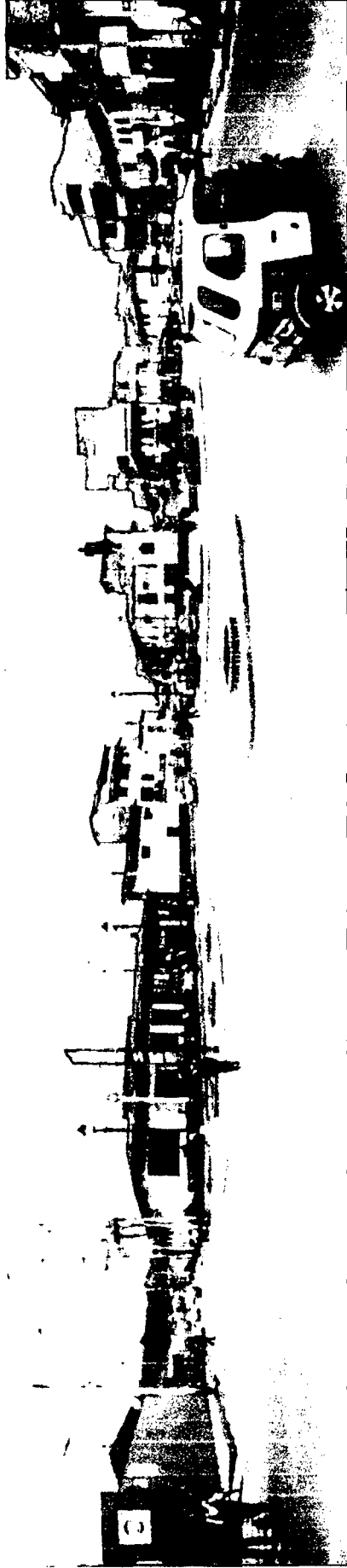


Foto 1: Imagen panorámica de las avenidas en estudio.

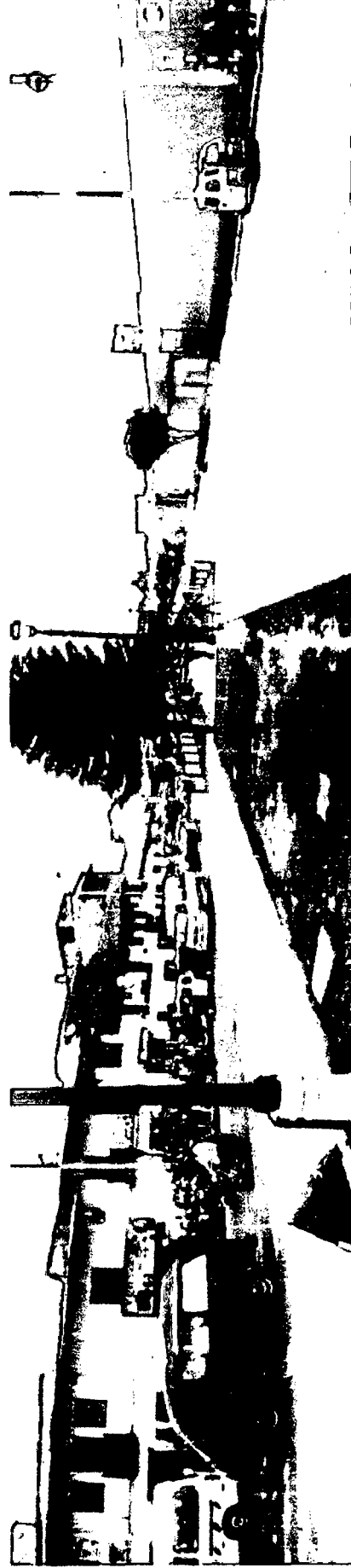


Foto 2: Imagen panorámica de las avenidas en estudio.



Foto 3: Flujo vehicular en la Av. de los Héroes (sentido hacia la Plazuela Bolognesi).



Foto 4: Flujo vehicular en la Av. Juan XXIII (doble sentido).



Foto 5: Flujo vehicular en la Av. Independencia.



Foto 6: Flujo vehicular en la Av. Atahualpa (sentido hacia la Plazuela Bolognesi).

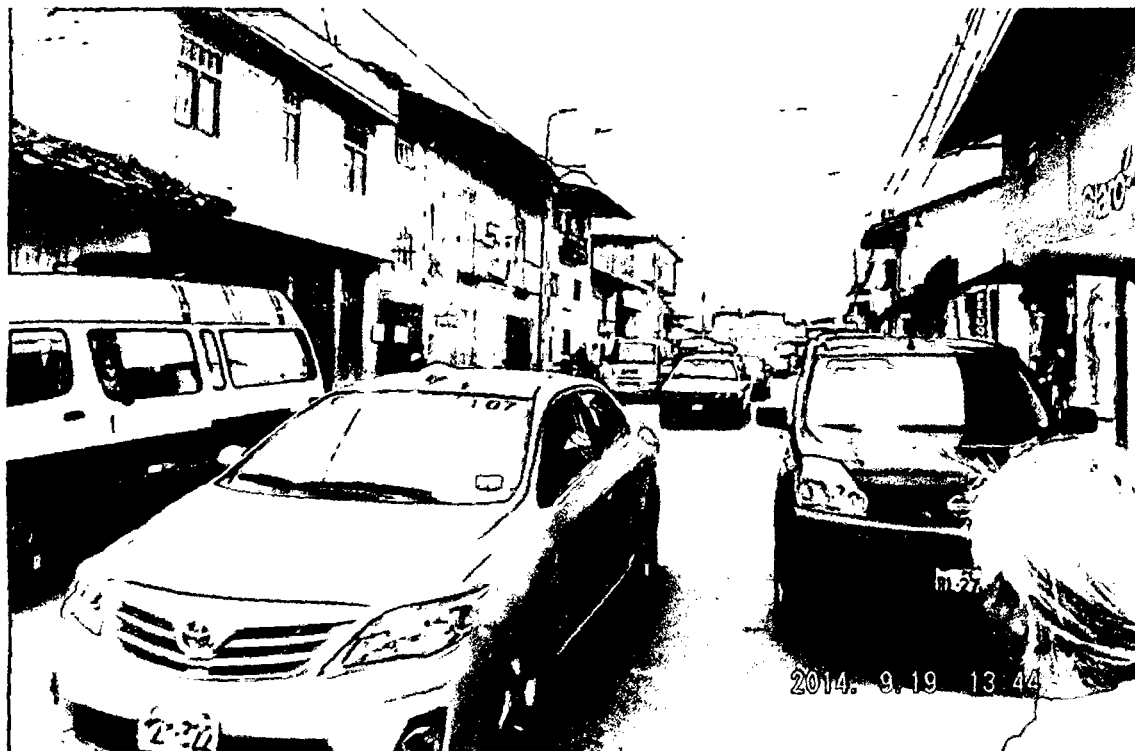


Foto 7: Flujo vehicular en la Av. San Martín – Paradero interprovincial.



Foto 8: Aforo vehicular (Punto de conteo - Estación 2).



Foto 9: Aforo vehicular (Punto de conteo - Estación 5).



Foto 10: Medición de velocidades en Av. de los Héroes (sentido hacia la Recoleta).



Foto 11: Mototaxis, vehículos predominantes en la zona de estudio.



Foto 12: Dispositivo reductor de velocidad (Giba), a 20 metros de zona comercial, Mercado San Sebastián en la Av. de los Héroes.

# **ANEXO 05**

## **RELACION DE EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO**

## RELACIÓN DE EMPRESAS DE TRANSPORTE REGULAR Y FLOTA AUTORIZADA.

Nº	CÓDIGO	EMPRESA	FLOTA TOTAL
1	A	Empresa de Transportes Belén Cajamarca SRL.	26
2	B	Empresa de Transportes El Alcón Dorado P 14 SRL.	11
3	C	Ricardo Palma SRL.	6
4	D	Asociación de Transportes y Turismo China Linda.	3
5	E	Transporte, Servicio y Comercio Cajamarca SRL.	21
6	F	Empresa de Transportes Namora SRL.	13
7	G	Empresa de Transportes Inmaculada Concepción SRL.	22
8	H	Asociación de Transportistas Ruta P 4B.	9
9	J	Ventanillas Tours SRL.	32
10	K	Empresa de Transportes y Servicios Múltiples Encañada Tours SRL.	8
11	L	Empresa de Transportes y Servicios Generales Encañada SRL.	6
12	N	Empresa de Transportes ASTRAR P03A SRL.	16
13	Ñ	Empresa de Transportes Plus SRL.	50
14	O	Empresa de Transportes Sierra Verde Porcón Ruta P 08 SRL.	32
15	P	Asociación Transportes Alto Jequetepeque.	4
16	Q	Empresa de Transportes Santiago Apóstol SRL.	23
17	R	Transportes Chávez Unidos SRL.	9
18	S	Empresa de Transportes de Servicios Múltiples 3M SA.	161
19	T	Empresa de Transportes ASTRALLAC SRL.	15
20	U	Empresa de Transportes de Servicios Dulce Nombre de Jesús SAC.	18
21	V	Empresa de Transportes San Pedro SRL.	9
22	W	Empresa de Transportes Turismo Servicios Varios Virgen de los Dolores SRL.	30
23	X	Empresa de Transportes, Turismo y Servicios Múltiples Cruz de Motupe Tours SA	44
24	Y	Empresa de Transportes & Servicios Llacanora SAC.	49
25	Z	Transportes San Juan de Chota SRL.	73
26	AA	María Inés SRL.	33
27	AB	Transportes y Servicios Múltiples Cajamarca SRL.	35
28	AC	Empresa de Transportes y Servicios Señor de los Milagros SA.	57
29	AD	Empresa de Transportes y Servicios Múltiples Jerusalén SRL.	48
30	AE	Empresa de Transporte Urbano y Turismo Social Santa Apolonia SA.	34
31	AF	Empresa de Transportes y Multiservicios Hijos de San Cristóbal SRL.	11
32	AG	Santa Mónica SRL.	19
33	AH	Transportes y Servicios Generales Libano EIRL.	5
34	AI	Turismo Ventanillas de Combayo SRL.	17
35	AJ	Transportes Santiago de Chanta SRL.	9
36	AK	Transportes Tarrillo & Amigos SRL.	6
37	AL	Empresa de Transporte Servicio y Comercio Estrella Azul SRL.	5
38	AM	Empresa de Transportes El Buen Pastor EIRL.	4
39	AY	Empresa de Transportes Orión SA.	9
40	CJ	Empresa de Ingeniería y Servicios Generales JJR EIRL.	5
41	CK	Empresa de Transporte y Turismo El Cruce SRL.	4
42	CL	Empresa de Transporte E&J Servicios Generales Chamis SRL.	3
		<b>TOTAL</b>	<b>994</b>





## RELACIÓN DE EMPRESAS DE SERVICIO DE TAXI Y FLOTA AUTORIZADA.

Nº	CÓDIGO	EMPRESA	FLOTA TOTAL
1	Ñ	Empresa de Transportes Plus SRL.	416
2	AN	Empresa de Transportes y Actividades Múltiples Nazareth SRL.	95
3	AÑ	Grupo Multiservis SRL.	420
4	AO	Empresa de Transporte Servicios Múltiples Taxi Perú EIRL.	94
5	AP	Servicios Múltiples Unidos Emanuel SRL.	340
6	AQ	Empresa de Transportes Multiservicios Siglo XXI EIRL.	74
7	AR	Taxi Súper Seguro SRL.	147
8	AS	A&B EIRL. América.	169
9	AT	Transportes Villanueva EIRL.	11
10	AV	Empresa de Transportes y Servicios SIC SRL - Mi Taxi.	52
11	AX	Empresa de Transportes y Servicios Generales Regional SRL.	140
12	AZ	Empresa de Transportes y Multiservicios Luz del Cumbe SRL.	111
13	BA	Sol Radiante y Servicios Múltiples Tours EIRL.	149
14	BB	Taxi Star SRL.	183
15	BC	Empresa de Servicios Generales Aries SRL.	63
16	BD	Líder EIRL. Special Tours.	24
17	BE	J.J. Servicios Múltiples - Taxi Seguro SRL.	138
18	BF	Empresa Taxi Tours SRL.	241
19	BG	Organización de Taxis - cajamarca. Ordetax.	86
20	BH	Taxi Imperial EIRL.	114
21	BI	Tele Taxi Seguro EIRL.	40
22	BJ	Servicios Múltiples Latin Servis SRL.	94
<b>TOTAL</b>			<b>3201</b>



**RELACIÓN DE EMPRESAS DE SERVICIO DE MOTOTAXI Y FLOTA AUTORIZADA.**

NO	CÓDIGO	EMPRESA	FLOTA TOTAL
1	Ñ	Empresa de Transportes Plus SRL.	476
2	AÑ	Grupo Multiservis SRL.	420
3	AQ	Empresa de Transportes Multiservicios Siglo XXI EIRL.	181
4	AU	Taxi El Sol y Servicios Generales SRL.	40
6	AX	Empresa de Transportes y Servicios Generales Regional SRL.	212
7	BD	Líder EIRL. Special Tours.	24
8	BF	Empresa Taxi Tours SRL.	197
9	BH	Taxi Imperial EIRL.	10
10	BO	Empresa de Transportes Multiservicios Nueva Esperanza EIRL.	322
11	BP	Fe y Trabajo SRL.	157
12	BQ	Servicios Múltiples Los Industriales SRL.	198
13	BR	Empresa de Transportes y Servicios Alcántara SRL.	128
14	BS	Multiservicios Andino SRL.	175
15	BT	Empresa Multiservicios El Inca SA.	201
16	BU	Empresa de Transportes Corazón de Jesús SRL.	149
17	BV	Multiservicios Sagastegui EIRL.	182
18	BW	Empresa de Transportes Múltiples ISA & COM SRL.	245
19	BX	A&B EIRL. Delta	265
20	BY	Empresa de Transportes y Multiservicios Cristo Redentor SRL.	190
21	BZ	Empresa de Mototaxis Luis Rebaza Neyra SRL.	239
22	CA	Libertad EIRL.	129
25	CD	Empresa de Transportes y Servicios Múltiples Paraiso Tours SRL.	21
<b>TOTAL</b>			<b>4161</b>

