

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS DE
CARACTERIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR PARA EL CENTRO
HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE JULIACA”**

TESIS

RICHARD APAZA SINTI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PROMOCIÓN 2014

**PUNO – PERÚ
2017**

Universidad Nacional Del Altiplano
Facultad De Ingeniería Civil, Arquitectura Y Urbanismo
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS
**“DETERMINACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS DE
CARACTERIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR PARA EL CENTRO
HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE JULIACA”**

Presentado Por El Bachiller:

- **Richard Apaza Sinti**

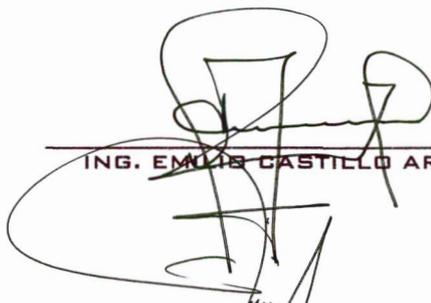
Para Optar El Título Profesional De:

INGENIERO CIVIL

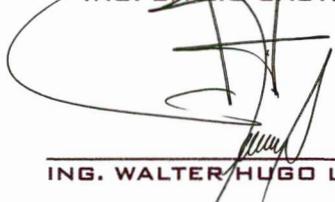
Aprobado Por El Jurado Revisor Conformado Por:



PRESIDENTE:


ING. EMILIO CASTILLO ARONI

PRIMER MIEMBRO:


ING. WALTER HUGO LIPA CONDORI

SEGUNDO MIEMBRO:


ING. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

DIRECTOR DE TESIS:


ING. HÉCTOR AROQUIPA VELÁSQUEZ

ASESOR DE TESIS:


ING. ELMO RAMÍREZ MAMANI

Área: Transportes
Tema: planificación del transporte
Línea de Investigación: Planificación del Transporte

DEDICATORIA

A mis padres que en paz descansen los cuales inculcaron en mi los valores y actitudes necesarios para formar parte productiva en nuestra sociedad y a mi familia y esposa que siempre estuvieron apoyándome en el transcurso de mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la facultad de INGENIERÍA CIVIL, por haber sido guía durante la formación profesional y por haber impartido sabias enseñanzas y experiencias, agradecimiento y admiración a cada uno de ellos, por su abnegada labor en nuestra formación académica y personal, asimismo al selecto grupo de estudiantes que pertenecieron y pertenecen a esta gran familia de Ingenieros Civiles.

ÍNDICE

CAPITULO I	14
1.01 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.02 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.03 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.04 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	18
1.05 HIPÓTESIS	19
1.05.01 HIPÓTESIS GENERAL.....	19
1.05.02 HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	19
1.06 MATRIZ DE CONSISTENCIA	20
CAPITULO II	21
2.01 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CIUDAD	21
2.02 SÍNTESIS HISTÓRICA DE LA CIUDAD	21
2.03 SITUACIÓN GEOGRÁFICA	24
2.04 SITUACIÓN URBANA	28
2.04.01 ESTRUCTURA ESPACIAL	28
2.04.02 CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES	29
2.04.03 USO DEL SUELO	30
2.04.04 TRANSPORTE URBANO	30
2.04.05 VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA CIUDAD	31
2.04.06 COMERCIO INFORMAL	31
2.04.07 CONTAMINACIÓN	31
2.04.08 HABILITACIÓN Y EXPANSIÓN URBANA	31
2.04.09 INFRAESTRUCTURAS DE SERVICIOS BÁSICOS.....	32
2.04.10 ZONAS DE EQUIPAMIENTO URBANO.....	32
2.04.11 ZONAS DE TRATAMIENTO ESPECIAL	33
2.05 ESTUDIO SOCIO ECONÓMICO	33
2.05.01 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	34
2.05.02 POBLACIÓN FIJA ACTUAL Y PROYECTADA AL AÑO 2020	35
2.05.03 POBLACIÓN FLOTANTE ACTUAL	35
2.05.04 EL COMERCIO AMBULATORIO.....	36
2.06. DELIMITACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	37
2.07. PUNTOS DE CONTROL DE AFOROS	38
CAPITULO III	39
3.01 INTRODUCCIÓN	39
3.02 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN ACTUAL	40
3.03 CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DE UNA VÍA URBANA	42
3.04 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA VIAL URBANO	45

CAPITULO IV	56
4.01 INTRODUCCIÓN	56
4.02 DEFINICIONES Y DESCRIPCIONES FUNDAMENTALES.	56
4.02.01 PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN EL FLUJO VEHICULAR.	56
4.02.02 TASA DE FLUJO O FLUJO (q) Y VOLUMEN (Q).	57
4.02.03 VARIACIONES DEL VOLUMEN EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA.	59
4.03 ANÁLISIS DE LOS DATOS.	61
CAPITULO V	117
5.01 INTRODUCCIÓN	117
5.02 DEFINICIONES BÁSICAS	118
5.03 ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA ZONA DE ESTUDIO.	121
5.03.01 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y FUNCIONALES DE LAS INTERSECCIONES.....	121
5.03.02 METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE CAMPO.	122
5.04 PROCESAMIENTO DE DATOS Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	128
5.4.1 NIVEL DE ANÁLISIS.	129
5.4.2 CONDICIONES BÁSICAS PARA EL ANÁLISIS.	129
5.4.3 MÓDULO O PARÁMETROS DE ENTRADA.	130
5.4.4 MODULO DE AGRUPACIÓN DE CARRILES Y TASAS DE FLUJO DE DEMANDA.	132
5.4.5 MÓDULO DE FLUJOS DE SATURACIÓN.	140
5.4.6 MÓDULO DE CAPACIDAD Y RELACIÓN V/C.	148
CAPITULO VI	155
6.1 INTRODUCCIÓN.	155
6.02 RELACIONES FLUJO - VELOCIDAD – DENSIDAD	157
6.2.1 VELOCIDAD.....	157
6.2.2 VOLUMEN O INTENSIDAD DE TRÁNSITO	158
6.2.3 FACTOR DE HORA PICO.....	159
6.2.4 DENSIDAD.....	160
6.2.5 VARIABLES RELACIONADAS CON EL FLUJO	160
6.2.6 VARIABLES RELACIONADAS CON LA VELOCIDAD	162
6.2.7 VARIABLES RELACIONADAS CON LA DENSIDAD.....	162
6.2.8 RELACIÓN ENTRE EL FLUJO, LA VELOCIDAD, LA DENSIDAD, EL INTERVALO Y EL ESPACIAMIENTO.....	164
6.03 MODELOS BÁSICOS DE FLUJO VEHICULAR	166
6.3.1 MODELO LINEAL	169
6.3.2 MODELOS NO LINEALES	177
6.04 ANÁLISIS DE MODELOS	182
6.4.1 VELOCIDAD.....	182
6.4.2 FLUJO, DENSIDAD	182
6.05 MODELO LINEAL	185

6.06 MODELO NO LINEAL	190
6.6.1 Modelo Logarítmico.....	190
6.6.2 Modelo exponencial	194
<i>CAPITULO VII.....</i>	198
7.01 OBJETIVO.....	198
7.02 PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA DE ORDENAMIENTO DEL TRANSITO	198
7.03 ACTORES INVOLUCRADOS	201
7.04 ESTRATEGIAS Y PROPUESTAS.....	202
7.05 DEFICIENCIAS EN EL TRANSITO VEHICULAR	202
<i>CONCLUSIONES</i>	204
<i>SUGERENCIAS.....</i>	207
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	208
<i>ANEXO</i>	210

LISTA DE CUADROS

3.01 Interrelación de la clasificación de vías	56
4.01 Vehículo mixto	62
4.02 Resumen	66
4.03 Aforo, jr. san Martín	85
4.04 Aforo, jr. mariano Núñez	105
4.05 Aforo, jr. Piérola	106
4.06 Aforo, jr. mariano Núñez salida cusco	107
4.07 Aforo, jr. san Román	108
6.01 Resumen de velocidades	179
7.01 Estrategias y propuestas	199

LISTA DE TABLAS

5.01 Datos necesarios para cada grupo de carriles que analiza	140
5.02 Tipo de llegadas	141
5.03 Posibilidades de agrupación de carriles	144
5.04 Factores de utilización de carriles	145
5.05 Ajuste de volúmenes intersección Mariano Núñez/san Martin	146
5.06 Ajuste de volúmenes intersección mariano Núñez/ dos de mayo	147
5.07 Ajuste de volúmenes intersección mariano Núñez/ Huancané	148
5.08 Ajuste de volúmenes intersección san Román/ dos de mayo	149
5.09 Factores de ajuste para el flujo de saturación	151
5.10 Modulo de tasa de flujo de saturación inters. Mariano Núñez/san Martín	153
5.11 Modulo de tasa de flujo de saturación inters. Mariano Núñez /dos de mayo	153
5.12 Modulo de tasa de flujo de saturación inters. Mariano Núñez /Huancané	154
5.13 Modulo de tasa de flujo de saturación inters. San Román / dos de mayo	155
5.14 Intervalo de tiempo entre vehículo y flujo de saturación	158
5.15 Modulo de capacidad y relación v/c inters. Mariano Núñez/san Martín	161
5.16 Modulo de capacidad y relación v/c inters. Mariano Núñez/ dos de mayo	162
5.17 Modulo de capacidad y relación v/c inters. Mariano Núñez/ Huancané	163
5.18 Modulo de capacidad y relación v/c inters. San Román/ dos de mayo	164

LISTA DE FIGURAS

2.01 Delimitación del área de estudio	39
2.02 Puntos de control de aforos	40
3.01 Movilidad y accesibilidad de un sistema vial urbano	46
3.02 Jerarquía de movimiento	55
4.01 Variación de volumen	67
4.02 Flujo de intervalos de tiempo	68
4.03 Grafica de tendencia del flujo san Martín	86
4.04 Grafica de tendencia del flujo mariano Núñez	105
4.05 Grafica de tendencia del flujo Piérola	106
4.06 Grafica de tendencia del flujo mariano Núñez salida cusco	107
4.07 Grafica de tendencia del flujo san Román	108
4.08 Variación diaria de volumen de transito mariano Núñez	111
4.09 Variación diaria de volumen de transito Piérola	112
4.10 Variación diaria de volumen de transito mariano Núñez salida cusco	115
4.11 Variación diaria de volumen de transito san Martín	116
4.12 Variación diaria de volumen de transito san Román	118
5.01 Formato de campo de estudio de flujo de saturación	137
5.02 Secuencia de análisis operacional de las intersecciones semaforizadas	138
5.03 Intervalo promedio para flujo de saturación	157
6.2-1 Intervalo entre vehículos	171
6.2-2 Densidad o concentración	173
6.2-3 Espaciamiento entre vehículos	173
6.2-4 Relaciones de espacio y tiempo entre vehículos	174
6.3-1 Relaciones fundamental del flujo vehicular	177
6.3-2 Relación lineal entre la velocidad y la densidad	179
6.3-3 Relación parabólica entre el flujo y la densidad	182
6.3-4 Relación parabólica entre la velocidad y el flujo	184
7.01 Puntos de control	205
7.02 Grado de congestión	206
7.03 Cordón imaginario de restricción de vehículos	207

RESUMEN

El presente estudio de investigación surge de la necesidad de dar solución a los problemas del tránsito vehicular, así como en todas las ciudades del mundo, las ciudades de Puno y Principalmente la ciudad de Juliaca presenta un tránsito vertiginoso retrogrado. El problema de un sistema de transporte urbano se va agravando a medida que la sociedad se va haciendo más urbana y económicamente más próspera, circunstancias ambas que agravaron el tránsito vehicular de la ciudad de Juliaca. En el presente estudio se han planteado siete capítulos en las cuales se analizan la problemática y se determinan las acciones que se requiere para mejorar la fluidez del tránsito vehicular.

La mayor parte de los capítulos están ilustrados con imágenes, gráficos y tablas, que reflejan casos específicos de situaciones existentes en la zona de estudio. Se han recolectado los datos mediante aforos especificados en cada una de los capítulos.

Palabra Clave: Flujo de Congestión vehicular

ABSTRACT

The city of Juliaca throughout history has been evolving rapidly due to its physical population growth, which has generated a resurgence of a series of problems of various kinds, whether in the Commerce, Education, Health, Transportation and other sectors. that as time goes on they grow worse, whose solution becomes difficult but not impossible.

The present work develops a series of methods that have the purpose to analyze, diagnose and propose alternative solutions to the problem of urban traffic in the city of Juliaca.

It is necessary to seriously investigate all those special needs and conditions that must be met in order to properly use the elements in each case. For this purpose, a series of investigative work has been carried out for a scientific-technical definition. The study that we present, basically has tried to conjugate the social emotion of Juliaca, encompassing the historical-cultural framework as well as the present reality within the man-environment interaction.

It also satisfies the human needs of housing by means of constructive systems defined technically and appropriate to each case: room, education, health, recreation, government, religion, industry, commerce and transport.

Keywords: Flow transit vehicle

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Juliaca a través de la historia ha venido evolucionando en forma rápida debido a su crecimiento físico poblacional hecho que ha generado el resurgimiento de una serie de problemas de diversa índole, ya sea en el sector Comercio, Educación, Salud, Transporte y otros que a medida que avanza el tiempo se agravan más, cuya solución se hace difícil pero no imposible.

El presente trabajo desarrolla una serie de métodos que tienen la finalidad de analizar, diagnosticar y proponer alternativas de solución al problema del tránsito urbano en la ciudad de Juliaca.

Es necesario investigar seriamente todas aquellas necesidades y condiciones especiales que se debe satisfacer a fin de utilizar debidamente los elementos en cada caso. Para cuyo efecto se ha realizado una serie de trabajos de carácter investigatorio para una definición científico- técnico.

El estudio que presentamos, básicamente ha pretendido conjugar la emoción social de Juliaca, englobando el marco histórico- cultural así como la realidad presente dentro de la interacción hombre- medio ambiente.

Asimismo que satisfaga las necesidades humanas, de alojamiento por medio de sistemas constructivos definidos técnicamente y apropiados a cada caso: habitación, educación, salud, recreación, gobierno, religión, industria, comercio y transportes.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.01 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Para efectuar el análisis de un sistema cualquiera, es necesario describir su comportamiento y características, un **modelo matemático** equivale a una ecuación matemática o un conjunto de ellas en base a las cuales podemos conocer el comportamiento de cualquier sistema en este caso del flujo de vehículos en las calles de una ciudad.

Siendo **un modelo matemático la descripción matemática de una situación real**, en la elaboración de un modelo se hacen algunos supuestos y se consideran algunas simplificaciones de la realidad. Además es necesario comentar que el modelo matemático que se desarrolla a partir de un sistema no es único, debido a lo cual **se pueden lograr representaciones diferentes del mismo proceso**. El flujo vehicular es un sistema que puede ser representado mediante uno o varios modelos matemáticos, esta representatividad dependerá de las variables que se identifiquen sobre la base del establecimiento de hipótesis lo suficientemente simples para tratarse de manera matemática.

Los flujos vehiculares constituyen el punto de partida fundamental, para el entendimiento de las características y comportamiento del tránsito de vehículos por las

calles e intersecciones de las diversas ciudades, e integran una de las herramientas fundamentales para la debida **Planificación de tránsito** en todos sus aspectos.

Para el debido análisis de flujo vehicular se requiere de aforos vehiculares, las mismas que debido a los altos costos que representan, imposibilitan la toma de datos de tránsito de vehículos, las mismas que acarrearán deficiencias en el diseño y construcción de pavimentos de las calles, manifestándose en algunos casos en el bajo tránsito de vehículos, muy por debajo de las estimadas para dicha vía o dándose también la figura inversa, con un alto volumen de tránsito muy por encima de los estimados en los proyectos, que ocasionan un nivel de serviciabilidad y capacidad de la vía deficiente; con congestionamientos; tiempos de espera excesivos por parte de los usuarios; obstrucciones ocasionadas por medios de transporte menores distintos a los vehiculares, (triciclos, bicicletas y mototaxis) fallas en el sistema de semáforos por lo inadecuado de los tiempos de cambios de señal, siendo excesivos y no justificados, que no hacen más que entorpecer el normal tránsito vehicular de una manera fluida y permanente, lugares de estacionamiento antirreglamentarios e inadecuados cuyos efectos resultantes son las demoras la congestión y por supuesto los costos adicionales asociados, paraderos informales tanto del servicio público de transporte urbano e interprovincial, no existen puntos establecidos o “paraderos” autorizados del transporte público vehicular, siendo las mismas en cualquier lugar de la vía, en muchos casos a media calle, con el consecuente peligro de ocasionar accidentes de tránsito, actuándose contrariamente a lo establecido por el Reglamento Nacional de Tránsito, en la cual señala en su artículo 125, sección e) **“Los conductores de vehículos que transportan pasajeros deben permitir que éstos asciendan o desciendan en los paraderos autorizados por la Autoridad competente. Tratándose de automóviles o taxis, deben hacerlo en el carril de la derecha, junto a la acera”**. Asimismo se señala

también en el artículo 126 que **“En vías en las que no se haya autorizado paraderos, sólo se permite la detención de los vehículos del servicio público de transporte de pasajeros, restringida al tiempo indispensable para que asciendan o desciendan los pasajeros, y en lugares donde no interrumpan o perturben el tránsito”**.

Por otro lado la falta de una planificación de tránsito adecuada, se ve reflejada en la no existencia de un plan de organización, en cuanto a primacías; siendo más que todo un manejo político y no técnico de las decisiones en cuanto a priorizar la construcción de los pavimentos de las calles en la ciudad de Juliaca, asimismo esta deficiencia se ve manifestada en el manejo de las calles construidas anteriormente, las mismas que no han sido objeto de un mantenimiento y rehabilitación, por la falta de un sistema de evaluación permanente que permita determinar las características actuales de una vía, así como de su flujo vehicular. Otro punto importante es el colapso del sistema de transporte vehicular en eventos extraordinarios como las festividades costumbristas llevadas a cabo en la ciudad en diversas fechas del calendario de cada año, por la falta de rutas alternas, que permitan enfrentar mejor estos problemas. De igual manera tiene una influencia significativa el medio de transporte de personas, muy común en la ciudad, el de los “tricyclos”, que conforme pasa cada año ha venido creciendo, según las estadísticas presentadas por el área de transportes de la Municipalidad Distrital de San Román, constituyendo otro problema más eminentemente de tipo social y económico; estos medios de transporte ocasionan una obstrucción en las calles y arterias principales, ocasionando en muchos casos un caos vehicular; y la causa principal de los accidentes de tránsito; estos vehículos constituyen el mayor porcentaje de tránsito de una vía, por lo que su incidencia en el flujo vehicular es muy significativa, siendo este medio de transporte el que ocasiona mayores problemas en la calidad del flujo vehicular por las diversas calles e intersección sobre todo de la zona centro de la ciudad de Juliaca.

Sobre la base de las consideraciones anteriormente expuestas, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

PREGUNTA GENERAL

- ¿Un modelo matemático podrá mejorar las condiciones del **flujo vehicular** del centro histórico de la ciudad de Juliaca?

PREGUNTA ESPECÍFICA

- ¿Cuáles serán las variables que describan las características del flujo vehicular motorizado en las calles del centro histórico de la Ciudad de Juliaca?
- ¿Cuál será la capacidad y nivel de servicio del transporte público motorizado en las diferentes calles del centro histórico de la ciudad de Juliaca?
- ¿Será posible desarrollar un modelo matemático que mejore las condiciones de flujo vehicular para las calles del centro histórico de la ciudad de Juliaca?

1.02 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Delimitación espacial. El estudio que se realizara en la ciudad de Juliaca estará orientado solo al centro de dicha ciudad dado que los mayores problemas vehiculares se presentan en este sector. **Delimitación temporal.** El flujo vehicular en el centro de la ciudad de Juliaca será analizado durante cierto periodo de tiempo. **Delimitación temática.** El análisis de flujo vehicular en el centro histórico de la ciudad de Juliaca se caracterizara en un modelo matemático para así plantear una solución alternativa al problema vehicular.

1.03 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Es importante realizar el presente estudio debido principalmente a la falta de un planeamiento de tránsito adecuado en la ciudad de Juliaca, que permita adoptar mejores decisiones en beneficio de los usuarios.

Permitirá adoptar políticas de planificación de transporte con proyección hacia el futuro, que se manifieste en un mejor desarrollo tanto social como económico de los habitantes de la ciudad de Juliaca.

Dará inicio a investigaciones futuras en los problemas de tránsito de vehículos motorizados de la ciudad, con la posterior implementación de un sistema de información geográfica que permita un control en tiempo real del flujo de tránsito en las diversas calles de la ciudad.

Permitirá establecer una metodología de estudio y un planteamiento de solución alternativa a la problemática del flujo vehicular, para las ciudades con similares problemas a los de la ciudad de Juliaca, con procedimientos de bajo costo económico, pero de gran validez de datos para el análisis de flujos vehiculares.

1.04 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

1.04.1 OBJETIVO GENERAL.

- Encontrar un modelo matemático que mejore las condiciones del **flujo vehicular** en el centro histórico de la ciudad de Juliaca.

1.04.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Establecer las variables que describan el flujo vehicular motorizado en las calles del centro histórico de la ciudad de Juliaca.
- Determinar la capacidad y nivel de servicio del transporte público motorizado en las calles del centro histórico de la ciudad de Juliaca.

- Desarrollar un modelo matemático que mejore las condiciones actuales de flujo vehicular, así como las acciones y planes encaminadas a la solución de la problemática de flujo vehicular en las calles del centro histórico de la ciudad de Juliaca.

1.05 HIPÓTESIS

1.05.01 HIPÓTESIS GENERAL

Y : flujo vehicular

X1: modelo matemático

El **flujo vehicular** en el centro histórico de la ciudad de Juliaca puede ser representado por un **modelo matemático**.

1.05.02 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

H₁: Los principales factores que inciden negativamente en un flujo vehicular continuo en las calles del Centro de la ciudad de Juliaca, son los vehículos no motorizados, “triciclos, bicicletas y moto taxis”, señalización deficiente (Semaforización), estado de conservación de los pavimentos, ausencia de planes de educación vial.

H₂: El modelo matemático que representa el flujo vehicular en las calles del centro de la ciudad de Juliaca, es aquella que relaciona el Flujo con la velocidad de circulación de los vehículos motorizados.

H₃: El planteamiento de una solución alternativa al problema de flujo vehicular es la implementación de un sistema vial urbano, que contemple la clasificación sistemática de redes de calles, desarrollo de programas de mantenimiento, rehabilitación.

1.06 MATRIZ DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS DE CARACTERIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR PARA CALLES DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE JULIACA.

GENERAL

PREGUNTAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿un modelo matematico podra representar el flujo vehicular del centro historico de la ciudad de Juliaca?	Encontrar un modelo matematico que represente las características del flujo vehicular en las vías del centro historico de la ciudad de Juliaca.	el flujo vehicular en el centro historico de la ciudad de Juliaca puede ser representado por un modelo matematico	VI Flujo Vehicular VD Relacion matematica	velocidad densidad tiempo. velocidad distancia

ESPECIFICOS

PREGUNTAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿Cuales serán las vanables que describan las características del flujo vehicular motonzado en las calles del centro historico de la Ciudad de Juliaca?	Establecer las variables que describan el flujo vehicular motonzado en las calles del centro historico de la ciudad de Juliaca.	Los pncipales variables que inciden en un flujo vehicular continuo en las calles del Centro de la ciudad de Juliaca, son: el flujo vehicular, los vehiculos no motonzados, la capacidad de las calles, nivel de servicio	flujo vehicular , vehiculos no motonzados , capacidad de las calles , nivel de servicio	velocidad, densidad, Tiempo, espacio.
¿Cuál será la capacidad y nivel de servicio del transporte publico motonzado en las diferentes calles del centro historico de la ciudad de Juliaca?	Determinar la capacidad y nivel de servicio del transporte publico motonzado vehicular en las diversas calles del centro historico de la ciudad de Juliaca.	la capacidad de transito en el centro de la ciudad de juliaca disminuye proporcionalmente al numero de vehiculos no motonzados, obstrucciones laterales y condiciones de operación	VI capacidad de transito VD vehiculos no motonzados, obstrucciones laterales, condiciones de operación	distancia, velocidad. densidad, Tiempo, espacio.
¿Será posible desarrollar un modelo matematico que mejore las condiciones de flujo vehicular para las calles del centro historico de la ciudad de Juliaca?	desarrollar un modelo matematico que mejore las condiciones actuales de flujo vehicular, así como las acciones y planes encaminadas a la solución de la problemática de flujo vehicular en las calles del centro historico de la ciudad de Juliaca.	El planteamiento de una solución alternativa al problema de flujo vehicular es la implementación de un sistema vial urbano, que contemple la clasificación sistemática de redes de calles, desarrollo de programas de mantenimiento, rehabilitación, construcción de obras complementanas "trnciclo vías", mejoras y pñondades, concientización de usuanos en matena de educación vial y ambiental.	VI propuesta de mejoramiento de condiciones VD clasificacion sistemática de redes, programas de mantenimiento, consientizacion de	velocidad. densidad, Tiempo, espacio.

CAPITULO II

ANÁLISIS EVOLUTIVO DE LA POBLACIÓN

2.01 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CIUDAD

La ciudad de Juliaca se encuentra ubicada al Nor-oeste del departamento de Puno, con una superficie plana en su mayor extensión, teniendo pocas urbanizaciones ubicadas en laderas, y en su gran extensión de topografía plana.

La ciudad de Juliaca desde sus inicios tuvo un crecimiento poblacional desordenado sin ninguna planificación Territorial, en la actualidad cuenta con 223 urbanizaciones, apreciándose en el plano básico que el mayor crecimiento urbanístico es en la zona de salida a Huancané, es decir en la zona Noreste de la ciudad de Juliaca.

2.02 SÍNTESIS HISTÓRICA DE LA CIUDAD

Para justificar los títulos de su existencia, juzgamos necesario, antes de demostrar ventajas y condiciones en que se encuentra Juliaca, hacer una verdadera reseña histórica, basada en los estudios hechos en diferentes documentos encontrados por la historia del Perú, donde nos dicen de la existencia del pueblo de Juliaca en su época incaica, colonial y republicana.

En la época incaica este importante pedazo del suelo del Perú, había alcanzado muy destacados relieves. Así se desprende, que entre la cordillera de los andes, esa

cadena de montes desgarrada por caminos, nace esta población laboriosa, establecida en las elevadas llanuras del altiplano, enseñoreándose en la región ordinaria de las nubes y el amparo de las lluvias y los vientos. El viajero encuentra aún en esta región, la llanura que está cerca de los cuatro mil metros sobre el nivel del mar, muchos vestigios de otra época; restos de templos, cerros terraplenados, chullpas y los grandes caminos, cuyos restos se conservan aún bastante bien para atestiguar su antigua existencia; partiendo del Cusco para llegar a Puno y que en su trayecto, encuentra paso por Ayaviri, Pucará, Nicasio, Calapuja, Juliaca y Atuncolla; refiriéndose a un periodo anterior a 1530, antes de la llegada de los Españoles.

Este camino pasa por esta población de norte a sur, atravesando el pueblo viejo, el que sigue en línea recta hasta subir el cerro de la Cruz de donde por una ladera marcada con piedras, que aún existen se dirige a bordear el cerro Huaynarroque hasta llegar a la quinta Ratti, de donde bordea nuevamente al cerro Monos para así dirigirse en enorme serpentina hasta llegar a Puno.

En la travesía que hacían los viajeros por estos caminos, posiblemente tenían que descansar en este lugar al llegar la noche, estableciendo como consecuencia una posada o tambo y es fácil de suponerse que de esta manera nació este pueblo, si se tiene en cuenta que hasta la fecha es un paradero forzoso para todos los que viajan por tierra, no solo a Puno, sino hacia Lampa, para cuya ciudad también era un paso obligado. Es así que en la desmembración del Tiahuanaco, a la que se llamó Behetría Serrana, varias familias indígenas, encontraron posibilidades de vida en este lugar, se agruparon, para formar un cacicazgo que más tarde se denominó “Xullaca”, con la llegada por estos lares, del inca Lloque Yupanqui.

La palabra “Xullaca” viene a ser de origen quechua. Este periodo se pierde antes de 1,565, fecha en que los primeros españoles pisaron las tierras de Puno con la

presencia de Don Diego de Agüero y don Pedro Martínez de Moguer, quienes ya conocieron a este pueblo con el nombre de Xullaca, así lo dicen las historias más antiguas, posteriormente con el nombramiento del primer corregidor del Collao en época de la colonia, se le conoce con el nombre de Juliaca perdiendo por su puesto la letra X para ser reemplazado por la J y una de las letras LL pasa a ser reemplazada con la letra L, quedando de esta forma. El nombre Juliaca, castellanizado y es como actualmente se conoce.

En la colonia alcanzó esta región muy preponderante desarrollo porque cuando llegaron los Españoles encontraron que esta zona como los aldeaños estaban bien poblados con un sistema de organización completa.

Posteriormente cuando suena el grito libertario de Tupac Amaru en los andes, este pueblo también secunda en tal movimiento, debido a que, cuando el caudillo le dirigió una comunicación al cacique de Azángaro Don Diego Choquehuanca, este se negó a acatar sus órdenes.

En la República, en la época de la independencia el Libertador Simón Bolívar lo declaró distrito, aprobándose posteriormente según ley del 02 de enero de 1,857. Desde el ingreso del Ferrocarril que fue en octubre de 1,873 la población vino trasladándose vertiginosamente a la explanada de JACCOPON donde se formó el pueblo nuevo alrededor del Ferrocarril.

Un hecho histórico de importancia que tiene Juliaca es el haber sido capital del departamento en el año de 1884, cuando los ejércitos Chilenos “Coquimbo” y “Lautaro” ocuparon la ciudad de Puno y el prefecto de entonces Coronel José Iraola traslado toda la administración política a esta ciudad, con el fin de no tener contacto ni rozamiento con los Chilenos.

En el año de 1908 es elevada a la categoría de Ciudad, en virtud a la ley 757 del 03 de octubre del mismo año. Desde entonces laboriosos vecinos, trazaron el gran plano de la formación de la ciudad que más tarde tenía que ser capital de una provincia.

En el año de 1926 se crea oficialmente la provincia de SAN ROMÁN mediante Ley N° 5463, siendo Presidente de la República Augusto B. Leguía.

El 24 de octubre de ese año 1926 se instaló como fecha central de la creación de la provincia de SAN ROMÁN. Su primera autoridad política, Don Mariano Núñez, fue esforzada y decisivo gestor de la creación de la que hoy es provincia de San Román.

2.03 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La provincia de San Román se halla situado en el centro del Departamento de Puno, en la zona Tórrida del globo terrestre, hacia el Oeste de América del Sur, en los andes meridionales del Perú, ocupando la parte Peruana de la hoya del Titicaca, dentro de los paralelos 15°29'48" de latitud Sur y a 70°07'54" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 3,833 metros sobre el nivel del mar.

Según la clasificación regional del Dr. Javier Pulgar Vidal, Juliaca pertenece a la Zona de las "TIERRAS ALTAS" o Región Suni. Las diferentes mediciones indican las siguientes alturas:

3825 m.s.n.m. Zona Central (Plaza de Armas).

3824 m.s.n.m. Zona del Aeropuerto (INEI).

3828 m.s.n.m. Puente Maravillas (INEI).

4139 m.s.n.m. Cima de Cerro Monos (IGP).

Políticamente la provincia de San Román está dividida en cuatro distritos que son: Juliaca, Cabana, Cabanillas y Caracoto

LIMITES:

Por el NORTE:	Limita Con Los Distritos De Calapuja, De La Provincia De Lampa Y Caminaca, Perteneciente A Achaya Y Samán De La Provincia De Azángaro.
Por el SUR	Limita Con Los Distritos De Cabana Y Caracoto : Pertenecientes A La Provincia De San Román.
Por el ESTE	Limita Con Los Distritos De Pusi De La Provincia De : Huancané Y Samán De La Provincia De Azángaro.
Por el OESTE	Limita Con Los Distritos De Lampa De La Provincia De : Lampa Y Cabanillas De La Provincia De San Román.

SUPERFICIE Y EXTENSIÓN: Por hallarse en el centro de la meseta del Collao, ocupa el corazón de aquella Altiplanicie, por donde todo viajero tiene que pasar forzosamente, ya sea por la facilidad que encuentra o por el estrechamiento de distancias en su recorrido.

La superficie de esta provincia en su mayor parte es plana, horizontal y descubierta, que da la impresión de una enorme azotea, en cuyo horizonte se divisan las crestas de las cordilleras Oriental y Occidental, la periferia del terreno se halla cubierta en su totalidad por el pasto silvestre, grama, así como la conocida paja de la puna.

La extensión de la Provincia de San Román es de 2,277.63 Kilómetros cuadrados, distribuidos de la siguiente forma: Juliaca que tiene una superficie de 533.47 Km², Cabanillas con una superficie de 1,267.06 Km²; Cabana con una superficie de 191.23 Km²; Caracoto con una superficie de 285.87 Km².

Cuenta con poco terreno para el desarrollo de su agricultura. En casi toda la zona existen grandes planicies o pampas, limitadas por cadenas de cerros y montículos que corren en distintas direcciones. A la par que se observa esta característica del terreno diseminado por diferentes lugares se ve ganado de varias especies: ovejas, llamas, alpacas, vacunos, porcinos.

OROGRAFÍA: Su terreno se halla surcado por los ríos de: Lampa, Cabanillas, y Coata. En las proximidades de Juliaca, este último se forma por la unión de ríos Lampa y Cabanillas; junto con este río varios arroyos y lagunas riegan sus campos, más que todo las aguas de las lluvias son utilizados en la agricultura. Los referidos ríos empiezan en las cumbres de las cordilleras, que forman el río Coata y termina en el Lago Titicaca.

La cordillera Occidental del Sur que atraviesa esta provincia está compuesta de formaciones mesozoicas y sus elevaciones varían así podemos citar el Cerro Chacas con 4,056 metros sobre el nivel del mar, el cerro Mucra, el Chingora con 4,324 metros, el Chullunquiani con 4324 metros, el Monos con 4,135 metros, el Caracoto con 3850 metros de altitud, el cerro Toroya la cumbre más alta con 5,400 metros sobre el nivel del mar.

FUENTES TERMALES: Una de las manifestaciones del volcanismo es la existencia de aguas termales. En Juliaca tenemos en “Pocillin” muy próximo al puente Maravillas agua termal y alcalina, en el lugar de Yanarico Chico a 4 Km. de Juliaca existe una poza de agua termal alcalina y ferruginosa, recomendable para las enfermedades del estómago y riñones. En la jurisdicción de Lampa y San Román en el sector Chañacahua existen dos pozos termales llamados Lourdes y Toccori, y Ostocco en Taraco.

CLIMA: En la provincia de San Román, es seco, frío y de fuertes vientos. En el invierno predominan el frío y el viento. En verano el frío también es notable, se siente fuerte calor cuando no llueve, en esta estación llueve persistentemente, la diferencia de temperatura en las estaciones se aprecia poco: puede sentirse una máxima de 17 °C, y una mínima de 6°C bajo cero y una temperatura media de 12 °C. la temperatura más baja se produce en los meses de Junio, Julio y Agosto.

VIENTOS: Una de las causas del enfriamiento de la capa atmosférica en esta región, es por la existencia de vientos, particularmente el ALISIO AUSTRAL, que sopla de Sureste a Noroeste durante casi todo el año; la diversidad de vientos locales, por cambios bruscos de temperatura que producen en distancias muy cortas, varía la dirección de ellos en diferentes direcciones produciendo los llamados temporales.

LLUVIAS: Son periódicas en toda esta zona del altiplano, presentándose años lluviosos y otros de sequía. La diferencia de las precipitaciones se deben a los vientos alisios, en la época de lluvias, por el aumento de los vientos que soplan del polo Norte Ecuatoriano, arrastrando una mayor cantidad de nubes, los cúmulos, cúmulos-nimbos, nimbos-estratos y cirrus que son frecuentes en nuestra serranía.

Las granizadas y nevadas también se presentan en esta zona causando estragos en la industria y la agricultura. Las lluvias empiezan desde el mes de noviembre, hasta los primeros días de mayo, otro fenómeno que se presenta es la escarcha o el rocío.

LA HELADA: Fenómeno atmosférico que viene a constituir el azote mayor del mundo vegetal, produce bajas de temperaturas y ocasionan el congelamiento del agua de los arroyos, durante el mes de mayo hasta agosto inclusive.

2.04 SITUACIÓN URBANA

El creciente desarrollo de nuestra ciudad a una velocidad vertiginosa en comparación de otras grandes ciudades principalmente en su aspecto comercial ha generado la migración de habitantes hacia la ciudad de Juliaca creando así la desocupación, alto porcentaje de familias sin posibilidad de vivienda, alimentación, trabajo y servicios adecuados, como el de transporte público debido al incremento de la población con altos índices de natalidad.

La expansión urbana con relación al crecimiento de la población exige nuevas edificaciones de viviendas, por consiguiente más habilitaciones urbanas, considerando la zonificación de determinadas sectores, con esquemas viales que satisfagan el desplazamiento de vehículos y peatones.

En el proceso de las habilitaciones urbanas muchas veces las personas naturales y jurídicas han infringido las normas legales y técnicas establecidas en diversos sectores de la ciudad. Habilitaciones clandestinas sin autorización ni aprobación del Municipio.

El problema de las precipitaciones pluviales en la ciudad siempre ha sido mucho mayor que los sistemas de drenaje existentes, por consiguiente daña permanentemente todo acceso de circulación vial y como consecuencia se tiene el deterioro rápido de la vía y del parque automotor, seguido del problema del transporte y comercio ambulatorio; estas últimas por las características comerciales de nuestra ciudad van en forma paralela por consiguiente su tratamiento debe ser simultáneo.

2.04.01 ESTRUCTURA ESPACIAL

La ciudad responde a una configuración irregular en sus nuevas zonas de crecimiento que claramente responden a una intención de planificación, la parte central con geometría espacial e irregular responde a sus características topográficas, por otro

lado la ciudad de Juliaca adolece de espacios abiertos que oxigenen las actividades urbanas con espacios de recreación y de esparcimiento donde se permita la presencia de áreas verdes que compensen el uso intensivo del ladrillo y del concreto.

ESTRUCTURA VIAL.

La presencia del eje vial Manuel Núñez Butrón – Noriega — Mariano Núñez, que corresponde a las salidas de Puno y Cusco definen en un primer momento el carácter LINEAL de la ciudad. En las últimas décadas los ejes que corresponden a la salida Arequipa, Av. José Olaya, Av. Los Héroes de la Guerra del Pacifico, el Aeropuerto y el eje vial que corresponde a la salida a Huancané, están originando un ensanchamiento importante en estos sectores de la ciudad.

El sistema vial en el centro de la ciudad no ofrece condiciones para absorber el flujo vehicular y de peatones, existen obstáculos como el área que ocupa REAL PLAZA que obstruye la continuidad de vías, como el jirón Azángaro que se ve truncado, de igual manera el cerro santa cruz obstruye la continuidad del jirón 7 de Junio, esta vía debe empalmar con el jirón Calixto Arestegui.

2.04.02 CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES

- En la parte central y vías principales de ingreso de la ciudad, en las edificaciones predomina el material ladrillo, concreto en un 75 % y 25 % son de adobe y otros.
- Hacia la periferie el material adobe en un 50 %, y edificaciones de concreto, ladrillo en un 50 %, predomina la autoconstrucción con inadecuado uso de tecnología constructiva que se deriva en inapropiadas condiciones de habitabilidad y precario estado de las viviendas.

- Las edificaciones de viviendas en su gran parte son de uno o dos niveles en un 60%, en un 30 % son de tres niveles y el restante 10 % con más de tres niveles.

2.04.03 USO DEL SUELO

En la ciudad de Juliaca el uso de suelo está claramente definido en cinco zonas, zona comercial, zona residencial, zona recreacional, zona industrial y la zona de otros usos; el área delimitado por el casco urbano con una extensión de 500 hectáreas alberga los usos de suelo antes indicados excluyendo al uso industrial, otra característica de la zona central es que, el uso comercial es intensivo compatible al residencial con uso recreacional muy mínimo predomina el uso residencial.

2.04.04 TRANSPORTE URBANO

Este tema tal vez es el más complejo e importante, tiene trascendencias sociales y económicos, a partir de 1,990 con los despidos masivos esta actividad se ha incrementado en forma masiva, el problema va en relación al comercio informal por cuanto esta actividad al obstruir los accesos, genera el caos en el sector transporte.

Los medios de transporte como vehículos motorizados al año 2014 han sido registrados en total 40,543 vehículos y los no motorizados triciclos en número de 19,316 y moto taxis en número supera las 33,000 unidades, en el caso de triciclos realmente hay 32,000 triciclos en toda la ciudad, no pueden fluir con normalidad especialmente en la zona céntrica debido a lo angosto de las calles, con el peligro de ocasionar accidentes.

La falta de áreas de estacionamiento, terminales, paraderos hace que las vías sean ocupadas obstruyendo el tráfico. La falta de señalización y una autoridad que haga cumplir las normas de tránsito genera el desorden en el flujo vehicular.

2.04.05 VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA CIUDAD

La topografía de la ciudad no es la más favorable para una temporada de lluvia que dura aproximadamente tres meses, peor cuando aparece el fenómeno del niño, se produce deterioro de calles, pavimento y otro tipo de tratamiento, por cuanto no existe un sistema de evacuación de aguas pluviales.

2.04.06 COMERCIO INFORMAL

Actualmente existen personas dedicadas al comercio informal enfocamos este caso por cuanto representa un problema álgido, el segundo después del problema del transporte, esta actividad se lleva a cabo en la vía pública obstaculizando el tránsito vehicular y peatonal, pues reduce la capacidad de una vía, la autoridad municipal no tiene un proyecto de reubicación del comercio informal, pero para la aplicación del presente estudio necesariamente esta actividad debe ser reubicada a espacios destinados a esta finalidad.

2.04.07 CONTAMINACIÓN

Dentro de la situación urbana actual, la contaminación es un factor que incide en la salud del poblador, la basura acumulada de 234.87 toneladas; los gases contaminantes del transporte urbano a esto se suma el hacinamiento existente en los principales mercados: Santa Bárbara y Túpac Amaru, San José, que centralizan la actividad comercial.

2.04.08 HABILITACIÓN Y EXPANSIÓN URBANA

El área habilitada de la ciudad de Juliaca alcanza a 3,600 has. se tienen 223 urbanizaciones del cual el 45 % se encuentra ubicado en la parte central y el 95.5% a partir del primer anillo denominado Avenida Circunvalación I, el tipo de habilitación que se otorga en las Municipalidades es de tipo cuatro en función a la densidad poblacional permisible de 330 Hab/Ha, según el RNC, con área mínima de 90 m².

El problema radica en que no se toma en consideración cotas topográficas, ni estudios definitivos que exige el RNC., a falta del personal profesional y técnico en la Municipalidad de Juliaca se aprueban habilitaciones urbanas en áreas inapropiadas.

No se tiene un plano de expansión urbana, sin embargo las extensas áreas un control mediante el uso racional del suelo; a pesar de que la topografía favorece la expansión de la ciudad.

2.04.09 INFRAESTRUCTURAS DE SERVICIOS BÁSICOS

El servicio de agua se realiza a través de una fuente de captación en el río Ccacachi luego por bombeo a cinco reservorios y de aquí a domicilios por gravedad, este servicio no abastece la demanda existente.

El servicio de desagüe, tiene dificultad por la topografía del terreno, se realiza mediante colectores y cámaras de bombeo, hacia lagunas de oxidación en número de cuatro unidades.

El servicio de energía eléctrica oferta cantidad suficiente de energía mediante la hidroeléctrica de San Gabán.

Los servicios de limpieza presentan deficiencias por cuanto no existen sistemas ni equipos de limpieza que la Municipalidad brinde a la ciudad para un buen servicio. Las existentes se encuentran en pésimas condiciones de operatividad debido a la antigüedad de los carros compactadores.

2.04.10 ZONAS DE EQUIPAMIENTO URBANO

Son áreas destinadas a los equipamientos de educación (E), salud (S), Recreación (ZR) y otros usos (OU), orientados a la atención de la población total, actualmente existe déficit respecto a áreas no servidas caso del sector salud, recreación, a sí mismo se carece de propuestas para cubrir futuros requerimientos de la población.

Equipamiento en la ciudad de Juliaca, recreación y otros usos se determina en base a áreas destinadas en las diferentes urbanizaciones, dicha información existe en la Municipalidad de Juliaca y en sector educación y salud, dicha información se tiene en la Unidad de Servicios Educativos de Juliaca y dirección regional de salud de Puno respectivamente.

2.04.11 ZONAS DE TRATAMIENTO ESPECIAL

Estas zonas tienen características especiales, cuyo uso de suelo previamente debe ser tratado para su adecuada utilización, se considera dos tipos:

- a) Zona con Proyecto de tratamiento de Forestación; son aquellas Zonas. Que tienen características de suelo ubicada en laderas; Como del cerro Espinal, cerro Colorado entre los principales, dichos cerros mencionados requieren cierto tipo de tratamiento como el de arborización a fin de contribuir a la protección física ambiental de la ciudad y al equilibrio ecológico, se ubica en: Las laderas del cerro Santa Cruz, cerro Espinal, cerro Huaynarroque entre los más importantes.
- b) Zonas Inundables con tratamiento especial (ZTR-ZR); Son zonas no aptas para el uso residencial pero que, con cierto tipo de tratamiento puede albergar viviendas en uso temporal que no requieren gran infraestructura básica, esta zona se ubica al Este de la ciudad, en el curso del río Torococha, zona del Aeropuerto, al sector oeste de la ciudad salida Arequipa, cercanías del río Ccacachi.

2.05 ESTUDIO SOCIO ECONÓMICO

El proyecto de estudio de la problemática del transporte en la ciudad de Juliaca es una alternativa de solución en parte, a los problemas de orden social que aqueja a esta ciudad.

Se deberá tomar especial consideración e importancia del presente estudio en los siguientes aspectos:

- a. El reordenamiento del transporte en toda la ciudad motivará, mayor movimiento comercial.
- b. Interpretación de los indicadores básicos, síntesis de la problemática por áreas temáticas, correlación de lineamientos estratégicos de desarrollo para la ciudad de Juliaca.
- c. El grado de interacción comercial de la zona esta enlazada mediante carreteras más importantes de la región, la cual contribuye a la concentración poblacional y comercial de la región.
- d. Necesidad de proporcionar nuevas y mejores vías a fin de facilitar el ahorro de tiempo en el transporte de los usuarios, así como prestar servicios al número cada día creciente de vehículos.

2.05.01 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

La ciudad de Juliaca por ser convergencia de las principales vías que unen importantes ciudades como Arequipa, Cusco, Lima, Moquegua, Tacna; la Paz Bolivia y otros, alberga diversas culturas.

La actividad más importante es el comercio, motivo por el cual las personas inmigran del campo a la ciudad, generando en esta última el crecimiento rápido de la población.

La actividad comercial en días de ferias importantes como los días Domingo y Lunes atraen miles de personas que vienen a su actividad comercial de diversa índole, otro motivo muy complejo es la búsqueda de trabajo fruto del cual se tiene una cantidad considerable de triciclos que en su actividad diaria generan el desorden en la ciudad, el

comercio ambulatorio en plena vía pública se suma al problema del trabajo, el mismo que por falta de planificación acrecienta el caos de la ciudad.

2.05.02 POBLACIÓN FIJA ACTUAL Y PROYECTADA AL AÑO 2020

En el Presente proyecto se viene trabajando con el dato de población urbana para el año 2015 mes de Junio que asciende a 293,697 habitantes, el 2020 esta población se incrementará a 340,269 habitantes.

2.05.03 POBLACIÓN FLOTANTE ACTUAL

La población flotante actual se refiere a la que se encuentra en movimiento constante y no tiene permanencia fija en un lugar como en este caso la ciudad de Juliaca.

Los motivos son diversos, dentro de los que más resalta es la actividad comercial, la población flotante anual es de 35,768 personas en total. En actividad educacional se tiene 2,884 personas, en salud se tiene 4,614 personas en trabajo 6,090 personas y otras actividades abarcan una cantidad de 10,109 habitantes (dato INEI, Dirección Departamental de Trabajo).

Un criterio que se toma para este caso es el flujo que ingresa por los principales acceso a la ciudad como:

- Salida al Cusco
- Salida a Arequipa
- Salida a Puno
- Salida a Lampa
- Salida a Huancané

Los días domingos y Lunes son de mayor influencia de población flotante, por la actividad comercial generándose bloqueo de vías principales como el Jr. Moquegua, Huancané, Av. Jorge Chavez, Jr. Mariano Núñez, estos dos días se incrementa la cantidad de viajes entre Origen y destino, produciéndose aumento de la demanda por consiguiente existe aumento de flujo vehicular.

2.05.04 EL COMERCIO AMBULATORIO

Este aspecto es un problema muy complejo que, de un tiempo a esta parte por su ubicación misma dentro del contexto geográfico adquiere una característica especial, la que es tipificada como ciudad comercial, donde un buen porcentaje se dedica al comercio, a esto se suma la falta de trabajo, la crisis económica actual, la migración del campo a la ciudad por encontrar mejores condiciones de vida.

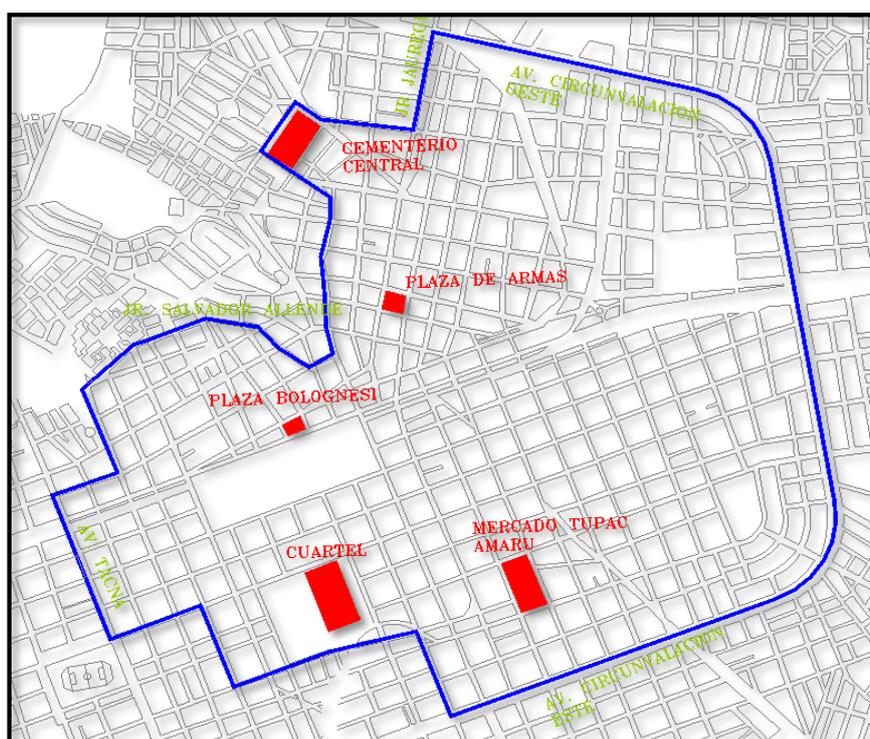
El Comercio ambulatorio en plena vía pública genera desorden en el flujo vehicular produciendo una disminución de la capacidad de vía, es decir que existiendo calles con sección de vías aceptable como de 12 metros, éstas no resistirán el flujo vehicular peatonal existente, pues la sección efectiva se ve reducida muchas veces hasta en un 45%, por consiguiente no será posible absorber el flujo vehicular existente produciéndose entonces congestión con el peligro de producirse accidentes de tránsito, es necesario considerar que, el comercio en la vía pública no es conveniente en un reordenamiento del transporte, si bien es la ciudad eminentemente comercial, debe producirse necesariamente una reubicación a espacios destinados al comercio y estos dotados de una infraestructura vial, ya se cuenta con el circuito comercial que enlaza puntos de interés comercial pero es necesario que, dentro del casco urbano donde se encuentra la mayor actividad comercial se desarrollen más obras viales así como otros referidos al drenaje considerando que la actual infraestructura vial no es suficiente.

El comercio ambulatorio entonces genera una cantidad importante de viajes desde diversos sectores concentrando la mayor cantidad, la zona de Túpac Amaru.

2.06. DELIMITACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

Por fines del estudio se tomó como área de estudio el centro histórico de la ciudad teniendo como referencia el concepto **“Se denomina centro histórico al núcleo urbano original de planeamiento y construcción de un área urbana, generalmente el de mayor atracción social, económica, política y cultural, que se caracteriza por contener los bienes vinculados con la historia de una determinada ciudad, a partir de la cultura que le dio origen”** Para asegurar una recolección adecuada de datos sobre patrones de viajes y uso de suelos de interés para los fines del análisis, definir el área bajo estudio por una frontera conocida denominada **cordón exterior**. Dentro del cordón exterior es donde se ubicaran puntos de aforo de tráfico vehicular cumpliendo ciertos requisitos técnicos para ser utilizados como tal. se ha ubicado de forma tal que el número de puntos reúnan todas las mediciones de frecuencias vehicular.

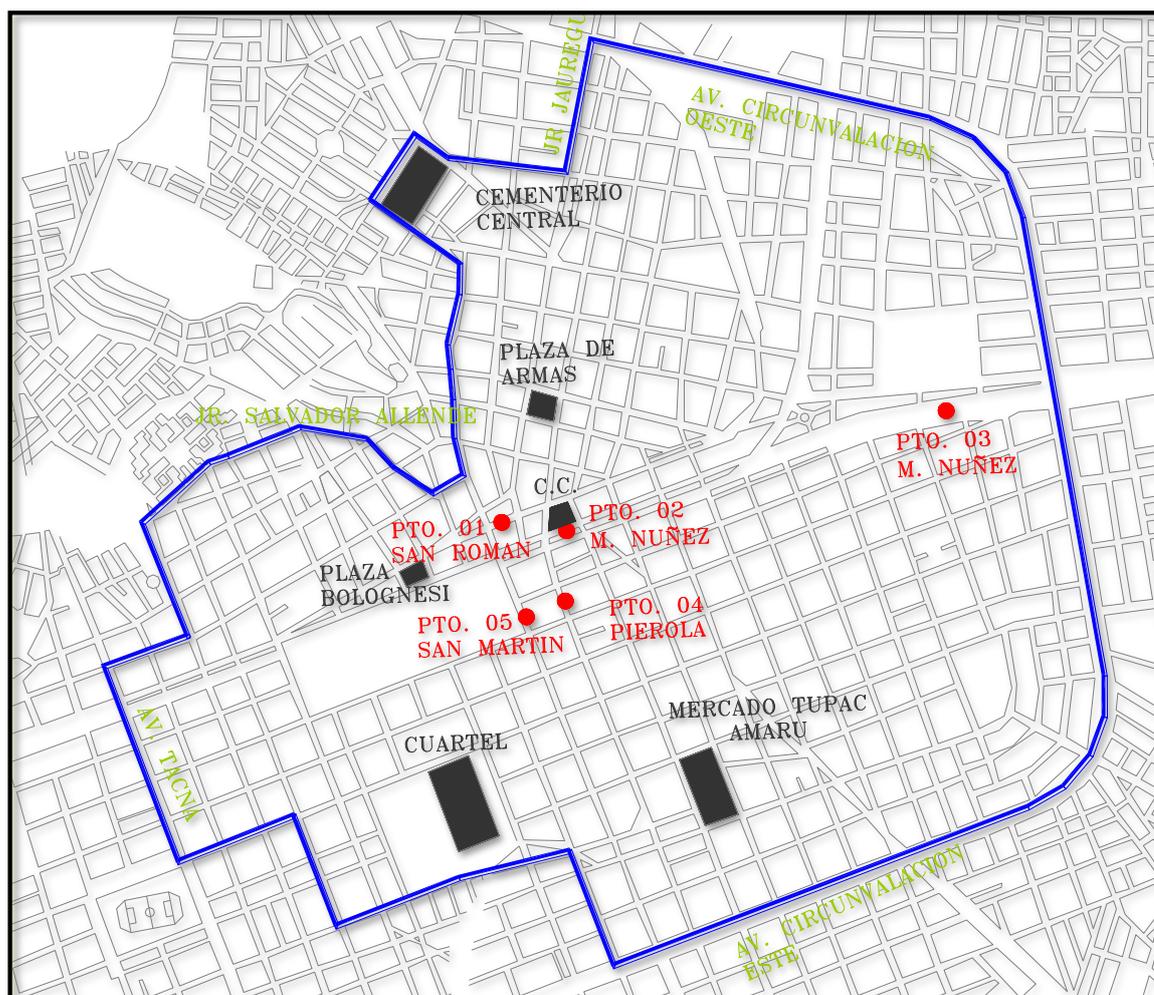
FIGURA 2.01. Delimitación del área de estudio



2.07. PUNTOS DE CONTROL DE AFOROS

Los puntos que se tomaron para el aforo se encuentran en las zonas de mayor congestión y mayores problemas de tránsito dentro del área de estudio y la ciudad, los cuales son representativos y aptos para evaluarlos para el análisis de este proyecto.

FIGURA 2.02. Puntos de control de aforos



CAPITULO III

CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL URBANA

3.01 INTRODUCCIÓN.

La jerarquización o clasificación de las vías en la zona de estudio se basa en la identificación de las funciones prioritarias de las vías de circulación. Estas pueden estar referidas exclusivamente al tipo de tránsito que circula, a la posible combinación con otros tipos de tránsito (tránsito mixto), a la relación de la circunvalación, avenidas, calles, etc. con actividades y usos urbanos. El transporte es un bien altamente cualitativo, por el cual existen viajes con distintos propósitos, a diferentes horas del día, para varios tipos de carga y por diversos medios. Esto implica una enorme cantidad de factores difíciles de analizar y cuantificar.

En la zona de estudio, un sistema vial completamente funcional, proveerá para la circulación de los distintos tipos de vehículos, un movimiento con distintas características, en un viaje determinado según el uso de suelo.

La determinación del sistema vial en la zona de estudio, está determinada por sus características funcionales y de capacidad, físicas y/o geométricas, características de los flujos vehiculares y volúmenes (Capítulos IV). Bajo una variedad de condiciones físicas y de operación. La clasificación de la red vial se desarrollara según el uso de suelo.

3.02 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN ACTUAL.

La zona de estudio no cuenta con un sistema de clasificación vial basada en criterios técnicos, encontrándose solamente una clasificación convencional no funcional. Es por ello que es prácticamente inaplicable en la zona de estudio. Asimismo en la actualidad el tránsito vehicular no obedece a la clasificación planteada en el plan director del 2015. La clasificación actual de vías está mostrada en el Anexo *Plano PL-03*. El resultado de esta precaria forma de ocupación, ha producido una ciudad que presenta:

- Graves problemas de movilidad y de accesibilidad a las zonas periféricas.
- Un déficit en el transporte público.
- Problemas de contaminación por polvo y continuos aniegos, principalmente en las vías de las zonas periféricas.

Uno de los problemas más sentidos por los habitantes de Juliaca es la dificultad de movilización interurbana, debido a la baja calidad del soporte vial y al desorden urbano generalizado por la superposición de diversas actividades y modos de transporte en un mismo espacio urbano. Las dificultades de movilización tienen raíces en un conjunto de problemas del sistema de transporte actual.

El Sistema Vial actual, de la ciudad se estructura y forma como respuesta, tanto a elementos naturales como artificiales, en ésta última las vías actúan como elementos definidores de la morfología urbana. Precisamente, la estructura urbana actual de Juliaca se sustenta en los ejes viales de primer orden (las salidas a Arequipa, Cuzco, Lampa, Puno y Huancané) que le han dado una forma radio concéntrica con punto focal en el actual Área Central, complementada por vías de menor jerarquía con roles diversos, que interrelacionan, las diferentes zonas de la ciudad. El soporte vial ha sido categorizado en Vías Primarias, Vías Secundarias y Vías Terciarias o Locales.

- **Sistema Vial Primario:** Son vías que estructuran el sistema vial integral que permite el movimiento masivo entre los centros importantes con una gran generación y atracción de viajes de personas y de carga con una gran deficiencia, se encuentra constituida por los ejes: Puno – Cuzco (Av. Mártires del 4 de noviembre, Jr. Manuel Núñez, Jr. Noriega, Jr. Mariano Núñez, Av. Independencia); el eje noreste hacia Huancané (Jr. Lambayeque, Av. Huancané); el eje noroeste (Jr. Jáuregui, Jr. Inca Garcilaso y la Av. Nueva Zelandia); el eje suroeste (Jr. José Olaya, Héroes de la Guerra del Pacifico). Cumplen un rol importante porque recogen los flujos vehiculares motorizados y no motorizados del área residencial y comercial de Juliaca.
- **Sistema Vial Secundario:** Son vías que se integran dentro del sistema vial primario y que cumplen una función de articulación entre las diferentes zonas y/o sectores de la ciudad. Está integrado por: Av. Ferial, Av. Andrés Avelino Cáceres, Av. Ferrocarril, Jr. Ricardo palma, Jr. Serafín Firpo, Av. Normal, Av. Aviación, Av. Emiliano Cano, Av. Manco Cápac, Jr. Yahuar Huaca, Jr. Sol de Oro, Jr. Huancayo, Av. 3 de Octubre, Av. Manco Cápac, Jr. Ramón Castilla, Jr. Apurímac, Jr. Tumbes, Jr. Raúl Porras, Av. Infancia, Av. Triunfo, Av. República, Av. Tambopata, Jr. Huancané, Jr. Moquegua, Jr. Cabana, Av. Arañón, Av. Ucayali, Av. América, Jr. Huáscar, Jr. Revolución, Jr. Asunción, Jr. Jorge Chávez, Jr. 4 de Noviembre y otros.
- **Sistema Vial Terciario o Local:** Son vías que articulan diversas urbanizaciones y barrios y se integran dentro del sistema vial secundario, siendo en su mayoría de doble sentido. Su trama está configurada por las siguientes vías: Av. Perú, Av. Santa rosa, Av. Amazonas, Jr. Panamá, Av. Apiraj. Av. Vilcanota, Av. Leónidas Hallasi, Av. Huayna Cápac y otras.

Sin embargo, es evidente una falta de claridad y diferenciación del sistema vial urbano, situación que limita las posibilidades reales de construir una ciudad dinámica accesible y ordenada, equilibrada y competitiva. A su vez, este problema no permite establecer programaciones para la construcción de las redes viales a diferentes escalas.

Características Físicas del Sistema Vial Actual: El deficiente estado de conservación de las vías y la diversidad de materiales empleados en la pavimentación, ha determinado la baja calidad física del soporte vial actual. Los datos muestran que en general, predominan las vías no afirmadas o de tierra, seguido de las de concreto y afirmadas, las vías asfaltadas y en escaso número las imprimadas. Asimismo, existe un predominio de vías en mal estado de conservación, debido a: la cantidad de flujo vehicular y el volumen de carga que soportan; la falta de un mantenimiento adecuado; la superficialidad de la napa freática, y principalmente, por la falta de recursos económicos que no permite realizar un mantenimiento periódico y/o construir las actuales vías de tierra. Así se tiene que, del total de vías existentes en Juliaca, sólo el 15% está en condiciones de ser utilizadas óptimamente.

3.03 CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DE UNA VÍA URBANA.

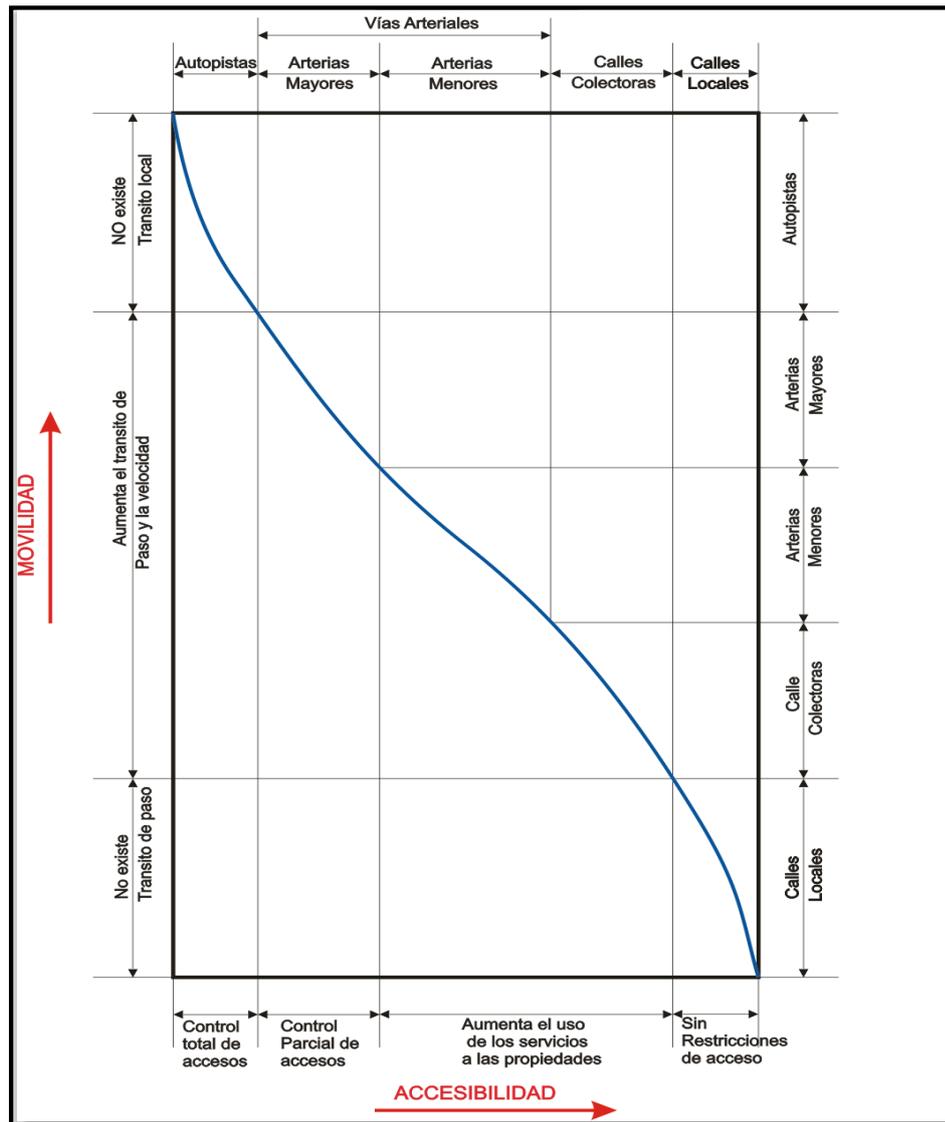
En la circulación de las vías urbanas, más o menos difíciles, se caracterizan por la confusión y/o obstrucción entre peatones y los tipos de vehículos mixtos, la confusión entre vehículos lentos y rápidos con diferentes deseos de desplazamientos, determina la necesidad de especialización o clasificación de las vías.

La especialización de las vías, es el cumplimiento de una función específica, vale decir que cada una de las calles que componen la zona de estudio cumplirán una función específica y se justifica en tres puntos de vista a partir de criterios de capacidad y nivel de servicio, seguridad y funcionalidad.

- a) **Capacidad y nivel de servicio.** Para los vehículos motorizados donde los desplazamientos vehiculares son de mayor longitud, movilizándose a velocidades relativamente altas ya que el tiempo es trascendentalmente importante. Se pueden ahorrar muchas horas al año, dependiendo de la libre circulación (sin obstrucciones) y una capacidad adecuada de calles.
- b) **Seguridad.** Por el tránsito entre peatones, vehículos motorizados y no motorizados y obstrucciones del comercio, con vehículos de desplazamientos rápidos y lentos que ocasionan accidentes de distinta índole. La intensidad de movimiento mixto que se tiene en la zona de estudio se debe de segregar por seguridad y mayor fluidez tomando otras alternativas de tránsito según la necesidad peatonal y vehicular.
- c) **Funcional.** Se asignan funciones específicas a las diferentes vías y calles. Así por ejemplo en las vías locales deben de evitarse un tránsito intenso y rápido que perturben la vida urbana. Las vías en la zona de estudio se clasifican principalmente por su funcionalidad, asimismo por la accesibilidad y movilidad que deben presentar las vías de la zona.

Para facilitar la movilidad es necesario disponer de calles y vías rápidas. Para tener acceso es indispensable tener calles y vías lentas. Naturalmente estos dos extremos crean el sistema de vías.

FIGURA 3.01. Movilidad Y Accesibilidad De Un Sistema Vial Urbano



FUENTE: Ingeniería De Transito, Cal y Mayor - Cárdenas

La **Figura 3.01.** Presenta en forma gráfica los grados de movilidad y acceso de un sistema vial. En un extremo, las vías principales son de accesos controlados destinados a proveer alta movilidad y poco o nulo accesos a la propiedad lateral, mientras que en el otro extremo, las vías locales son de acceso no controlados que proveen fácil acceso a la propiedad lateral. Pero raramente lo utiliza el tránsito de paso.

3.04 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA VIAL URBANO.

La clasificación de vías planteadas para la zona de estudio son aplicables a todo tipo de vías públicas urbanas, ya sea calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, destinados al tránsito de vehículos, personas y/o mercaderías habiéndose considerado los siguientes criterios.

- Funcionamiento de la red global.
- Tipo de tránsito que soporta.
- Uso de suelo colindante (acceso a los lotes urbanizados, establecimientos comerciales, industriales, etc.).
- Espaciamiento (considerando a la red global en su conjunto).
- Nivel de servicio y desempeño operativo,
- Características físicas.
- Compatibilidad con sistemas de clasificación vigentes.

La clasificación de una vía, al estar vinculada a su funcionalidad y al papel que se espera desempeñe en la red vial urbana, implica de por sí el establecimiento de parámetros relevantes para el diseño como son:

- Velocidad de diseño
- Características básicas del flujo que transitará por ellas.
- Control de acceso y relaciones con otras vías.
- Número de carriles.
- Servicio a la propiedad adyacente.
- Compatibilidad con el transporte público.
- Facilidades para el establecimiento y la carga y descarga de mercaderías.

3.4.1. CLASIFICACIÓN DE VÍAS.

Conjuntamente con la categorización del tránsito, en la zona de estudio, está el rol que las redes viales juegan en acceso y movilidad de viajes. *El acceso* es un requerimiento fijo de un área definida. *La movilidad* se provee a diferentes niveles de servicio, siendo sus factores básicos la velocidad de operación y el tiempo de viaje. El concepto de categorización de tránsito conlleva no sólo a una **clasificación de la jerarquía** de las vías urbanas, sino también a una jerarquía similar en la distancia relativa de los viajes servidos por estas vías. En la zona de estudio una vía que atraviese la ciudad completa de norte a sur, es considerada como una vía primaria, independientemente de sus características geométricas. De lo dicho anteriormente, *las vías locales enfatizan el acceso, las arteriales los movimientos principales y el alto nivel de movilidad y, los colectores ofrecen un servicio balanceado para ambas funciones*. Es importante notar que el grado de control del acceso es un factor significativo en la definición de la clasificación funcional de las calles.

3.4.1.1. VÍAS EXPRESAS Y/O AUTOPISTAS.

⇒ **Función.** Las vías expresas en la zona de estudio establecerán la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, que sirven principalmente para el tránsito de paso (origen destino distancia entre si). Unen zonas de elevada generación de tránsito transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulaciones a altas velocidades y bajas condiciones de accesibilidad, sirven para viajes largos entre grandes áreas (de vivienda y concentraciones industriales).

⇒ **Características del flujo.**

En estas vías el flujo es ininterrumpido. Porque no existen cruces a nivel, los cruces se dan en desniveles. Los accesos y salidas son por rampas.

- ⇒ **Tipos de vehículos.** Esta vía es para la circulación de todo tipo de vehículos en especial vehículos pesados, las cual son diseñadas para estas condiciones. La circulación de buses y autos ligeros son segregados a un carril diseñado exclusivamente para éstas, con paraderos debidamente diseñados para los intercambios.
- ⇒ **Conexiones.** Las vías expresas están conectadas directamente entre si y con las vías arteriales en casos especiales, se prevé las conexiones con las vías colectoras, Especialmente en áreas centrales de la ciudad.
- ⇒ **Espaciamiento.** El espaciamiento entre los corredores de vías expresas son de 4 y 10 Km. Siendo adoptable el primero para el área central y el segundo para áreas de expansión urbana, es condicionado para zonas generadoras de tránsito, por factores de uso de suelo y topografía del suelo. El espaciamiento entre vías expresas puede ser calculado por la siguiente ecuación de *NORTON SCHNEIDER*, basada en función de la densidad de los desplazamientos.

$$E_e = \frac{2(L + E_a)V}{DL^2 - 2V} \quad (2.1)$$

donde :

E_e = Espaciamiento en Km entre vías exp resas;

E_a = Espaciamiento promedio en km entre vías ateriales;

L = Extension media en km. de los desplazamientos en el area de estudio;

D = Densidad de los desplazamientos entre los extremos (en vehiculos / km²)

V = Volumen diario medio en la vía exp resa

3.4.1.2.VÍAS ARTERIALES.

- ⇒ **Función.** Las vías arteriales en la zona de estudio permitirán el tránsito vehicular de media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso de los suelos colindantes. Esta vía será integradas con las vías

expresas planteada en la solución y de ese modo permitir una buena distribución y repartición del tránsito a las vías locales y colectoras.

El término de vía arterial no equivale al de avenida, sin embargo en la zona de estudio muchas vías arteriales han recibido genéricamente dicha denominación, las vías que cumplen esta función se muestran en la solución planteada.

- ⇒ **Características del Flujo.** En estas vías deben de evitarse las interrupciones en los flujos de tránsito. En las intersecciones donde los semáforos están cercanos, deben de ser sincronizados para minimizar las interferencias al flujo directo. Los paraderos del transporte, minimizan las interferencias con el movimiento del tránsito directo.
- ⇒ **Tipos de vehículos.** Las vías arteriales son para todo tipo de vehículos. Se admiten los vehículos de mediano tonelaje y se restringen los vehículos de alto tonelaje. Para el transporte público colectivo de pasajeros se permite el servicio con tratamiento especial en la segregación, con paraderos e intercambios debidamente diseñados.
- ⇒ **Conexiones.** Las vías arteriales se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras, no siendo conveniente que se encuentren conectadas a vías locales residenciales.
- ⇒ **Espaciamiento.** Las vías arteriales deben de estar separados 2 km. Unas a otras, estas distancias se pueden aproximar a espaciamientos deseables entre vías arteriales a través de la siguiente formula adaptada de la fórmula de *NORTON SCHNEIDER*, ya mostrada para vías expresas, empleado ahora en vías arteriales.

$$E_a = \frac{2(L + E_c)V}{DL^2 - 2V} \quad (2.2)$$

donde:

E_a = Espaciamiento en Km entre vías arteriales;

E_c = Espaciamiento promedio en km entre vías Colectoras;

L = Extensión media en km. de los desplazamientos en el área de estudio;

D = Densidad de los desplazamientos entre los extremos (en vehículos / km²)

V = Volumen diario medio en la vía expresa

3.4.1.3. VÍAS COLECTORAS.

- ⇒ **Función.** Las vías colectoras llevan el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Deben dar servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes. Las vías que cumplirán esta función están mostradas en la solución planteada.
- ⇒ **Características del flujo.** El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, cuando empalmen con vías arteriales, con señalizaciones horizontales y verticales, cuando empalmen con vías locales. Los vehículos se estacionan en paralelo a las aceras. Reduciendo la capacidad vial, Los cruces de los peatones se realizan en forma masiva en las intersecciones semaforizadas, y en las autorizadas de uso peatonal.
- ⇒ **Tipos de vehículos.** Las vías colectoras han de ser usadas por un tránsito mixto (motorizados y no motorizados) vehículos livianos a semipesados. En las áreas comerciales la circulación solo es de vehículos no motorizados. Para el sistema de transporte colectivo se podrán diseñar paraderos exclusivos de intercambios.
- ⇒ **Conexiones.** Las vías colectoras se conectan con las vías arteriales y colectoras. Siendo la mayor proporción con las vías locales en conexión que con las vías arteriales.

⇒ **Espaciamientos.** Las vías colectoras deben de estar separadas cada 800 m. unas a otras (deben de tomarse en cuenta en la fase de definición de las vías).

3.4.1.4. VÍAS LOCALES

En la zona de estudio, las vías locales son asignadas con la función principal de proporcionar acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado como de entrada y salida.

Por estas vías han de transitar vehículos motorizados livianos ocasionalmente semipesados y no motorizados; se permiten estacionamientos vehiculares y sin restricciones de tránsito peatonal. Las vías locales se conectan entre si y a las vías colectoras.

Este tipo de vías lo componen todas las calles que no han recibido una función especial calles y pasajes, a efectos de restringir el tránsito de paso en estas vías se pueden implantar acciones restrictivas que permitan solamente la accesibilidad a las edificaciones.

La zona de estudio, frente al esquema que presenta actualmente, no cuenta con un vía expresa, esta vía que es de suma importancia, por lo que está incluida en la solución planteada, vía que permita una circulación continua, sin obstrucciones e interacciones. Debido a la alta demanda de tránsito, las vías **Arteriales, Colectoras y Locales**, van a permitir establecer un orden en el tránsito permitiendo viajes origen destino con empleo de menores tiempos, alta seguridad y comodidad.

Dentro de la zona, las vías designadas empíricamente como **colectoras**, son ineficientes debido a que no pueden evacuar el tránsito de la zona céntrica en vías mayores, la circulación de vehículos menores (tricyclos) es bastante alta, se superponen con los vehículos motorizados con una circulación local que influye en la calidad del tránsito en general.

Actualmente *las vías locales*, son transitadas en mayor porcentaje por vehículos no motorizados (triciclos), con ocupación del espacio vial por comerciantes que dificultan el tránsito en general.

3.4.2. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL Y SISTEMÁTICA

La clasificación funcional agrupa a todas las calles y vías de circulación de la zona de estudio de acuerdo al carácter del servicio que deben proveer. Las vías, de manera individual, no prestan servicio a los viajes independientemente. La mayoría de los viajes incluyen movimientos a través de redes viales. Y las vías urbanas utilizadas por estos movimientos pueden ser clasificadas de acuerdo a la red vial que conforman de una manera lógica. Por lo tanto, la clasificación funcional de la red vial en la zona de estudio consiste en la categorización de los viajes.

La clasificación funcional sistemática comprende del *sistema local urbano y sistema de calles locales* de acuerdo al desarrollo de la ciudad. Con una fuerte necesidad de sistemas arteriales, colectores y locales que funcionen sistemáticamente.

3.4.2.1. SISTEMA DE ARTERIAS URBANAS PRINCIPALES.

Este tipo de sistema sirve a los mayores centros de actividad en áreas urbanas, las vías con los más altos volúmenes vehiculares, los deseos de viaje más largos y lleva una proporción alta de la totalidad de los viajes urbanos a pesar de que constituyen un pequeño porcentaje de la red vial total de la ciudad. En esta clasificación, están las vías de varios carriles con pocas o sin intersecciones a nivel con sus accesos controlados. El desplazamiento se realiza a velocidades relativamente altas.

3.4.2.2. SISTEMA DE ARTERIAS URBANAS MENORES.

Este sistema se interconecta y complementa al sistema anterior. Incluye a todas las arterias no clasificadas como principales. En la zona de estudio este sistema pone más énfasis en acceso y ofrece menos movilidad de tránsito que el sistema inmediatamente superior. Este sistema puede servir a rutas de autobuses locales y proveer continuidad en su desplazamiento, pero idealmente, no penetra zonas residenciales, comerciales e industriales. Estas vías son las que aportan a mejorar la movilidad del tránsito en general. Asimismo son utilizadas generalmente por ómnibus y camiones que tienen necesidades comunes.

3.4.2.3. SISTEMA DE COLECTORES URBANOS.

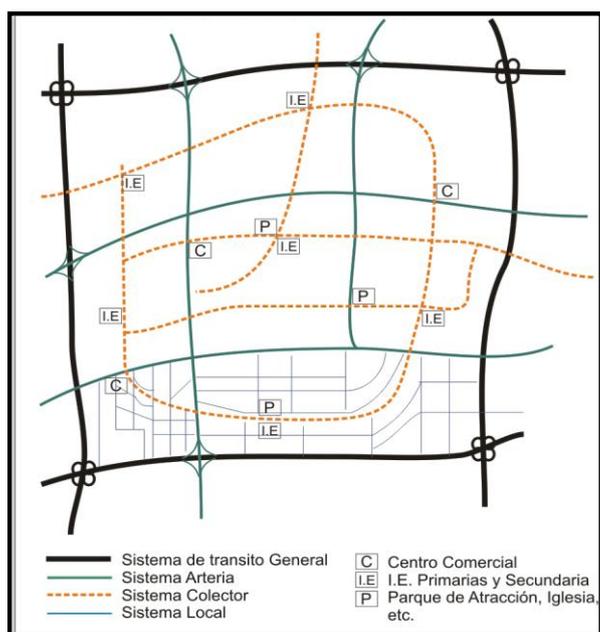
Este sistema provee acceso y circulación de tránsito dentro de zonas residenciales, barrios, áreas comerciales e industriales. Este sistema colecta tránsito de calles locales y los desfoga hacia el sistema de vialidades mayores.

En este sistema están incluidas las calles arteriales secundarias o rutas afluentes, utilizadas para reunir o dispersar al tránsito hacia y desde las calles del sistema arterial. La principal diferencia entre las vías de los sistemas arteriales y colector, está en la longitud del recorrido de los vehículos que la utilizan.

3.4.2.4. SISTEMA DE CALLES LOCALES.

Este sistema permite acceso directo a viviendas, oficinas, centros de trabajo, etc. conectándolos con los sistemas de vialidades superiores. Ofrece el nivel más bajo de movilidad y por lo general, no debiera llevar rutas de autobuses (por deficiencias en los sistemas viales de nuestras ciudades, esto no se cumple). Sus vías (calles) llevan poco tránsito, generalmente originado en ellas mismas o el que es ocasionado por vehículos de reparto. La longitud de estas calles, representan un elevado porcentaje de la longitud total de calles de una ciudad, soporta la menor proporción del tránsito de la ciudad.

FIGURA 3.02. Jerarquía De Movimiento



FUENTE: Pavimento En Vías Terrestre, Jose Cespedes

La **Figura 3.02.** Muestra la jerarquía de movimiento como un modelo de distribución según los usos de suelo y centros de gravedad.

3.4.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LAS VÍAS.

- ⇒ **Vías Convencionales.** Vías urbanas de características convencionales, son aquellas que *presentan interrupciones* en su recorrido por intersecciones. Las vías convencionales son las locales y colectoras, que son interrumpidas constantemente sin permitir a llegar a desarrollar grandes velocidades. cuya función principal es la de la circulación de vehículos frente a la peatonal o a las actividades urbanas. Las vías convencionales cumplen un diseño en función a las necesidades del movimiento urbano.
- ⇒ **Vías No Convencionales.** Vía primaria urbana con una *circulación continua*, uso exclusivo para vehículos y separada de los peatones. Se pueden mencionar las autovías urbanas, vías rápidas. Son diseñadas para el rápido acceso de un sector a otro. (Ej. De una zona residencial a una industrial, Vías expresas,

arteriales). Las velocidades que pueden desarrollar son de 80 a 100 Km/H. la zona de estudio con el crecimiento poblacional y de expansión acelerada requiere de este tipo de vías a fin de evitar interferencias y obstrucción, y de ese modo reducir tiempos de viajes entre puntos origen destino en la ciudad.

3.4.4. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS SEGÚN SU TRANSITABILIDAD.

Las vías urbanas se clasifican desde un punto de vista funcional por la transitabilidad que pueda ofrecer. Por el estado de conservación en el que se encuentran las vías y/o calles de la ciudad. En la zona de estudio el crecimiento urbano, industrial y comercial ha acelerado, la definición de las nuevas urbanizaciones que determina la demanda de vías de circulación en un estado adecuado. Las vías se dan según la zona y uso de suelo en:

- ⇒ Vías de tierra o Afirmadas.
- ⇒ Vías de Pavimento Flexible.
- ⇒ Vías de Pavimento Rígido.
- ⇒ Vías de Pavimento Adoquinado

Vías de tierra afirmada. Que se da en la periferia de las ciudades, en los lugares de expansión urbanística. Algunas vías (calles) no están afirmadas. Sin un adecuado mantenimiento su transitabilidad presenta dificultades sobre todo en periodos de lluvia, siendo transitados en su mayoría por vehículos motorizados.

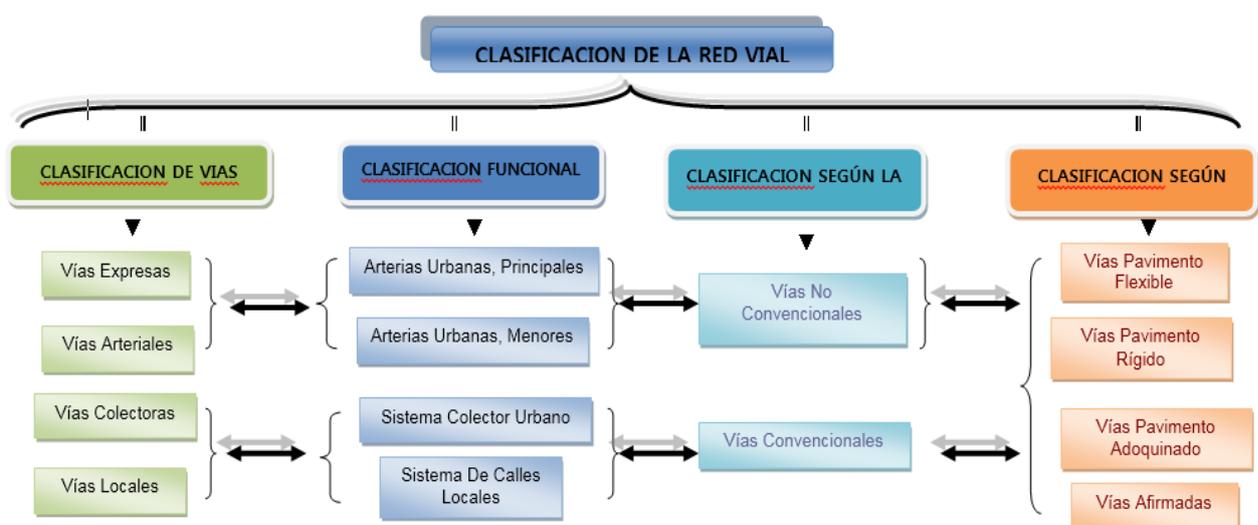
Vías de pavimento flexible. Se asfaltan en las nuevas vías de circulación debido al menor costo frente a un pavimento de concreto rígido. Las alternativas de solución adoptadas para el mantenimiento de las vías de concreto rígido es el recapeo. Son de menor costo a corto plazo, dependiendo su durabilidad de la calidad de diseño del asfalto y del proceso de su ejecución. Son bastante

cómodas para su recorrido. Por la cual son transitadas por vehículos motorizados y no motorizados, sobre todo si se encuentran en la zona céntrica comercial.

Vías de pavimento rígido. Son de concreto. Se utilizaron para el pavimentado de las vías antes del uso exclusivo del asfalto, en las ciudades de hace 15 años atrás construían infraestructura vial de pavimento rígido. Hoy en día debido al costo mayor en precio en comparación con el asfalto ya no se pavimenta con esta. La zona céntrica de estudio se encuentra pavimentada en un 95% por este material y son transitadas por vehículos mixtos en su integridad.

Vías de pavimento adoquinado. El uso de los adoquines en los pavimentos es arquitectónico que generalmente se tienen en plazas y calles con monumentos históricos. Son esencialmente para la preservación de centros históricos. No son muy transitables a altas velocidades, no existiendo vías de este tipo dentro de la zona de estudio.

CUADRO 3.01: Interrelación De La Clasificación De Vías



FUENTE: Elaboración Propia

CAPITULO IV

ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR Y CONGESTIONAMIENTO

4.01 INTRODUCCIÓN.

El flujo vehicular, en la zona de estudio, se puede entender como la característica y comportamiento del tránsito. Con la aplicación de las leyes de la física y las matemáticas el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia y funcionalidad.

El análisis de flujo vehicular es el desarrollo de modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de capacidad y nivel de servicio aplicado a diferentes tipos de vialidades.

4.02 DEFINICIONES Y DESCRIPCIONES FUNDAMENTALES.

4.02.01 PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN EL FLUJO VEHICULAR.

A diferencia de las corrientes continuas del agua y de otros fluidos, las corrientes vehiculares (en la zona de estudio) están constituidas por elementos discretos. Estos son los vehículos, cuyos movimientos dependen de sus características funcionales, de la interacción entre ellos, las restricciones que impone la vía, la regulación del tránsito y el medio ambiente, y también de las decisiones individuales de sus conductores. Todo esto introduce una gran

variabilidad en la circulación de las corrientes vehiculares y grandes dificultades en conocer sus propiedades. Sin embargo, existen ciertos parámetros que reflejan esas propiedades y cuya observación y medida sirven para establecer límites a esa variabilidad y predecir hasta cierto punto el funcionamiento de esas corrientes.

Los parámetros se clasificarse en dos categorías: (1) *parámetros microscópicos*, que caracterizan la interacción de los vehículos individuales en la corriente o flujo; y (2) *parámetros macroscópicos*, que expresan las características de las corrientes o flujos vehiculares en conjunto la que se estudia a continuación.

4.02.02 TASA DE FLUJO O FLUJO (q) Y VOLUMEN (Q).

La tasa de flujo, es el número total de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de un carril o calle durante un periodo inferior a una hora, $T < 1$. Que se calcula con la *ecuación 4.1*.

$$q = \frac{N}{T} \dots\dots\dots (4.1)$$

N es el número de vehículos, que pasan durante un intervalo *de tiempo específico T*, inferior a una hora en unidades de minutos segundos. No obstante la tasa de flujo (q) puede ser expresada en Vehículos por hora. En la interpretación se debe de tener cuidado, con el volumen horario, pues no trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa.

Volumen, Es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado.

Cal y Mayor R. Rafael y Cárdenas G. James (1995:153), la expresan como:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Dónde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos / periodo).

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos).

T = Periodo determinado (unidades de tiempo).

El flujo y/o volúmenes de tránsito en la zona de estudio y en todo lugar donde transita un vehículo son dinámicos siempre. Por tanto, tienen variaciones generalmente rítmicas y repetitivas, que caracterizan el flujo. En cuanto a la distribución direccional en la zona de estudio, en las calles que comunican el centro de la ciudad y centros de gravedad 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 hacia la periferia en las tardes. Esto es más notorio en los vehículos su circulación solo es en la zona de estudio (centro histórico) por la estructura monocéntrica de la ciudad.

El flujo de tránsito es una situación semejante al flujo y reflujo de una semana. Los fines de semana cuando terminan los trabajos laborales hay mayor movimiento en la ciudad el viernes y sábado, el primer día laborable y comercial el movimiento es mayor, lunes en la mañana. Este fenómeno se presenta como congestionamientos, por aumento de vehículos especialmente en las calles principales y calles que cruzan la ciudad por un corto tiempo llamada incremento del flujo vehicular.

En la zona de estudio en los días de la semana las variaciones del flujo se presentan en la mañana, con un incremento en el volumen de tránsito debido al inicio de labores, y hacia el mediodía, debido al tiempo destinado generalmente a descansos, cambios de turno o simplemente a alimentarse. En la tarde (5:00 a 7:00 p.m.), como en la mañana, prevalece un incremento para el regreso o retorno a los puntos de origen. En cambio, en un día normal, ciertas calles urbanas que comunican “centros de gravedad” importantes no registran variaciones

direccionales muy marcadas en los flujos y volúmenes de tránsito, así como los días lunes el incremento por zona comercial y laboral, altera el tránsito. La composición y variación de los distintos tipos de vehículos y la circulación peatonal incrementa por la actividad dada, en su mayoría en vehículos no motorizados. Las variaciones de los volúmenes y flujo de tránsito a lo largo de las horas del día dependen del tipo de vehículo y ruta por la cual va a transitar.

El tránsito se caracteriza por la variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda (*VHMD*). Cuantificar la duración de los flujos máximos, para realizar los controles de tránsito para estos periodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, disposición de los tiempos de los semáforos y prohibición de ciertas actividades y/o movimientos.

4.02.03 VARIACIONES DEL VOLUMEN EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA.

El volumen de tránsito experimenta variaciones a lo largo de las 24 horas del día, durante la semana y a través del año, donde hay estaciones marcadas.

Las variaciones diarias en la zona de estudio son muy amplias. La demanda de tránsito alcanza sus valores máximos diarios durante los períodos llamados pico. La hora de máxima demanda se denomina hora pico. Estos períodos se caracterizan no solamente porque los volúmenes sean máximos, sino también porque la actitud de los usuarios de las vías es distinta a la del resto del día. En esas horas hay mucho más dinamismo, los conductores tratan de manejar con mayor velocidad y en forma más temeraria, los peatones andan más de prisa, los pasajeros se suben y se bajan de éstos con mayor premura. En cambio, durante el resto del día, en lo que se llama horas valle, todo es más lento y apacible.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora. Esto significa que existen períodos cortos en la hora que tienen tasas de flujo mucho mayores que las de la hora misma.

En la hora de máxima demanda, se llama *factor de la hora de máxima demanda FHMD*, o factor de hora pico **FHP**, a la relación entre el *volumen horario de máxima demanda, VHMD* en (Vehículos/Hora), y *el flujo máximo, $q_{máx}$* (en minutos), que se presenta durante un período dado en dicha hora. Y se calcula con la *ecuación 4.2*.

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{máx})} \dots\dots\dots (4.2)$$

Donde

N = número de períodos durante la hora de máxima demanda.

Los períodos en la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, de acuerdo con el tipo de tráfico y tipo de estudio; en este estudio se toman de 5 y 15 minutos. Por ser zona central con volúmenes “de congestión” se toman períodos de 5 min. Y períodos de 15 min. Porque no refleja altos problemas de congestionamiento. En cuyo caso el FHMD en períodos de 5 min. Se representa por la siguiente *ecuación 4.3*.

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{máx5})} \dots\dots\dots (4.3)$$

Para períodos de 15 min. El FHMD Se representa por la *ecuación 4.4*.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{m\acute{a}x15})} \dots\dots\dots (4.4)$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en períodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo cual significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en períodos cortos dentro de la hora con riesgo de congestionamiento.

4.03 ANÁLISIS DE LOS DATOS.

El análisis de la tasa de flujo se ha realizado los días con mayor volumen, que nos indica la frecuencia con la que pasaron los vehículos dentro de la hora efectiva en la hora de máxima demanda, que mostrara la concentración de vehículos en intervalos de tiempo corto en este caso cada 5 y 15 min. Viendo la posibilidad de congestionamiento.

VEHÍCULOS MIXTOS (particulares, mototaxis)

SAN MARTIN (Entre 6:30 am. A 9:00 am.), datos del aforo de los días lunes abril 2016.

Cuadro N° 4.01

Entre 6:30 am. A 9:00 am. Mes abril 2016 VEHÍCULOS MIXTOS											
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)					
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo	
06:30 06:35	70	62	69	59	65	06:30 06:45	186	06:35 06:50	191	06:40 06:55	194.5
06:35 06:40	66	57	63	54	60						
06:40 06:45	66	58	65	55	61	06:45 07:00	205.5	06:50 07:05	205.5	06:55 07:10	215
06:45 06:50	75	67	74	64	70						
06:50 06:55	69	59	68	58	63.5	07:00 07:15	219.5				
06:55 07:00	77	69	76	66	72						
07:00 07:05	75	67	74	64	70						

07:05	07:10	78	70	77	67	73									
07:10	07:15	79	80	78	69	76.5				07:05	07:20	225.5			
07:15	07:20	81	73	80	70	76							07:10	07:25	230.5
07:20	07:25	83	75	82	72	78	07:15	07:30	232						
07:25	07:30	83	75	82	72	78				07:20	07:35	240			
07:30	07:35	89	81	88	78	84							07:25	07:40	252
07:35	07:40	95	87	94	84	90	07:30	07:45	268						
07:40	07:45	99	91	98	88	94				07:35	07:50	292.5			
07:45	07:50	115	107	114	98	108.5							07:40	07:55	315.5
07:50	07:55	118	110	117	107	113	07:45	08:00	337.5						
07:55	08:00	121	113	120	110	116				07:50	08:05	330			
08:00	08:05	106	98	105	95	101							07:55	08:10	316
08:05	08:10	104	96	103	93	99	08:00	08:15	300						
08:10	08:15	105	97	104	94	100				08:05	08:20	302.5			
08:15	08:20	108	100	109	97	103.5							08:10	08:25	307.5
08:20	08:25	109	101	108	98	104	08:15	08:30	303.5						
08:25	08:30	101	93	100	90	96				08:20	08:35	292			
08:30	08:35	97	89	96	86	92							08:25	08:40	281
08:35	08:40	98	90	97	87	93	08:30	08:45	277.5						
08:40	08:45	99	85	98	88	92.5				08:35	08:50	277.5			
08:45	08:50	97	89	96	86	92							08:40	08:55	272.5
08:50	08:55	93	85	92	82	88	08:45	09:00	272						
08:55	09:00	95	89	96	88	92									

Para el análisis se ha tomado la mejor combinación cada 5 y 15 min. En este caso es la primera combinación que nos da 1220 vehículos entre la hora marcada (7:45 y 8:45), que así al combinar pudo haberse encontrado en la 2^{da} o 3^{ra} combinación.

Determinamos el máximo flujo, volumen de la hora de máxima demanda, factor de la hora de máxima demanda por cada 5 y 15 min. (q_{max} , $VHMD$, $FHMD$, $VHMD_p$)

- **Determinamos el máximo flujo q_{max}**

El flujo máximo para los periodos de 5 min. Y 15 min. Es 116 y 338 respectivamente.

- **Determinamos el volumen de la hora de máxima demanda ($VHMD$)**

En la tabla se observa, según el área sombreada, que las horas de máxima demanda corresponden al periodo entre la 7:45 y las 8:45. Con un volumen horario de:

$$VHMD=94+108.5+113+116+101+99+100+103.5+104+96+92+93=1220 \text{ Veh. Mixtos/hora}$$

Ó

$$VHMD= 316+307.5+281+272.5 = 1220 \text{ Veh. Mixtos/hora}$$

- *Determinamos el factor de la hora de máxima demanda (FHMD)*

De la ecuación 4.3 y 4.4. Tenemos.

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{\max 5})} = \frac{1220}{12(116)} = 0.88$$

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{\max 15})} = \frac{1220}{12(338)} = 0.90$$

El hecho que el $FHMD_5$ sea menor que el $FHMD_{15}$, ($0.88 < 0.90$), indica que la frecuencia de paso de los vehículos en periodos cortos es mucho más alta; periodos donde las cuales se encontrarían los problemas de tránsito, este fenómeno se puede observar al expresar los flujos máximos, de cada periodo, en términos horarios así:

$$12(q_{\max 5}) = 12(116) = 1392 \text{ Veh mixtos/hora}$$

$$4(q_{\max 15}) = 4(338) = 1352 \text{ Veh mixtos/hora}$$

Esto quiere decir que en toda la hora pasen 1392 vehículos ni 1352 vehículos, ya que, el volumen horario es de 1220 vehículos. Indica que los periodos inferiores a una hora en el análisis del flujo vehicular, las frecuencias de paso son mucho mayores que la de los volúmenes horarios.

- *Además VHMD se puede expresar en unidades de flujo, para cada periodo, de la siguiente manera.*

$$VHMD_{(q5)} = \frac{VHMD}{12} = \frac{1220}{12} = 102 \text{ Veh mixtos/5 min.}$$

$$VHMD_{(q15)} = \frac{VHMD}{4} = \frac{1220}{4} = 305 \text{ Veh mixtos/15 min.}$$

Indica que la regularidad con la que los vehículos debieran pasar por dicha vía es de 102 y 305 *vehículos mixtos* cada 5 y 15 min. Respectivamente. Pero:

$$Q_{\max 5} = 116 \text{ Veh mixtos}/5 \text{ min.} > \text{VHMD}_5$$

$$Q_{\max 15} = 338 \text{ Veh mixtos}/15 \text{ min.} > \text{VHMD}_{15}$$

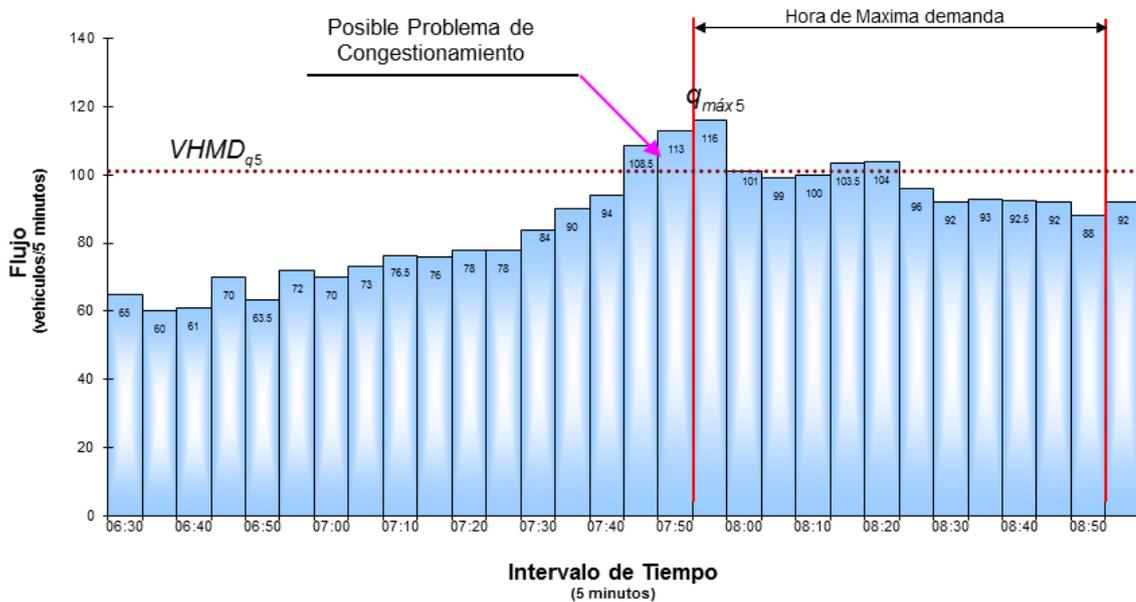
Significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos a los 10 min. De la hora (7:45) fue mayor que con la frecuencia que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra la concentración de vehículos en intervalos de tiempos cortos, en periodos de máxima demanda, que generar problemas de congestionamiento por ende demoras al ser muy altas frecuencias.

CUADRO 4.02. Resumen

	5 min	15 min
q_{\max}	116	338
VHMD	1220	1220
FHMD	0.88	0.90
VHMD_P	102	305

En la figura se Muestra gráficamente la variación del volumen de transito dentro de la hora de máxima demanda. VHMD_P

FIGURA 4.01. Variación de volumen

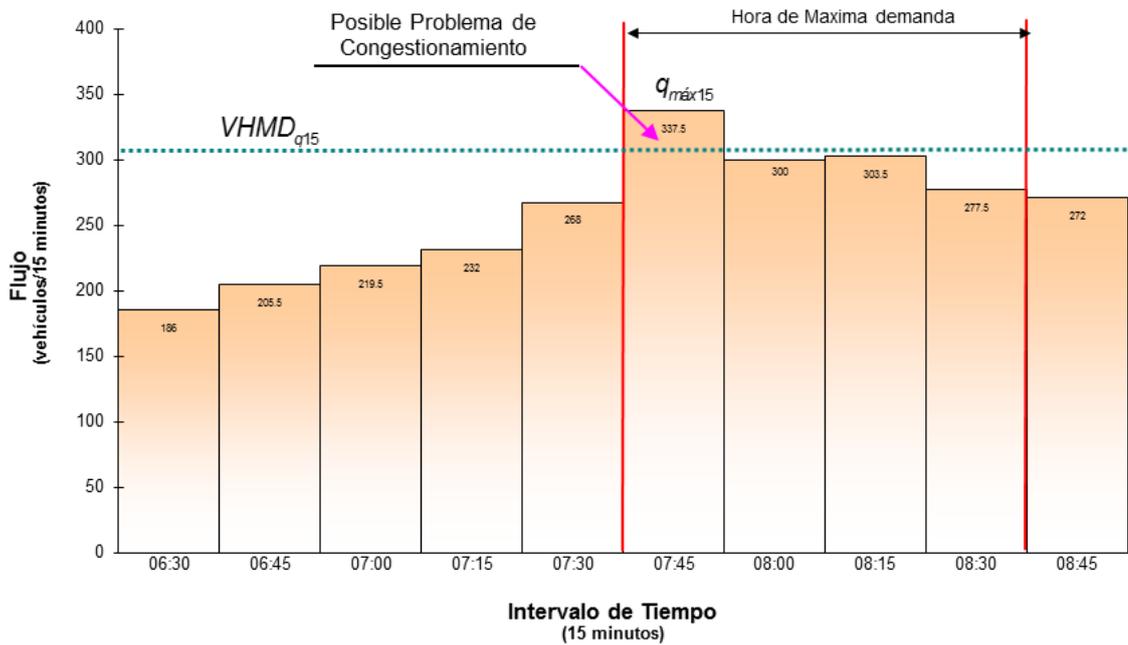


Los vehículos tienen tendencias parecidas en todos los casos; de tener frecuencias más altas en los intervalos de tiempos menores a 10 min entre las 7:40 a 8:20 am. Este incremento momentáneo de vehículos, significa que se producen congestionamientos en las horas punta además muestra el análisis que el incremento se da en más de una oportunidad superando la capacidad de las vías.

El flujo de los vehículos no motorizados es más alto en todas las vías y tiene la misma tendencia de incremento en tiempos menores a 10 min.

Para todas las vías aforadas, en el día de mayor flujo vehicular. La interpretación es la misma en todos los casos, los flujos de los vehículos son casi constantes para el resto de los días.

FIGURA 4.02. Flujo en intervalos de tiempo



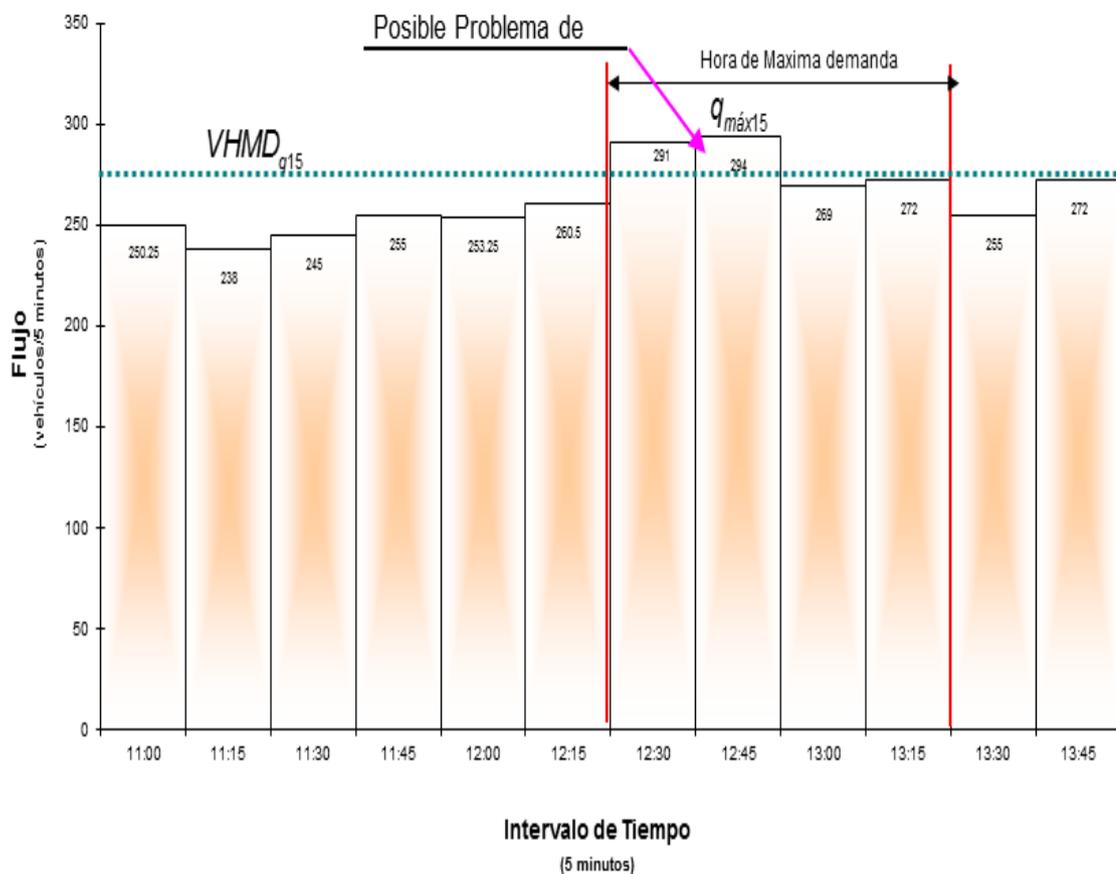
SAN MARTIN (Entre 11:00 am. A 2:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHÍCULOS MIXTOS																	
Entre 11:00 am. A 2:00 pm. Mes abril 2016																	
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)											
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo						
11:00 - 11:05	77	79	76	80	78	11:00 - 11:15	250.25	11:05 - 11:20	249.25	11:10 - 11:25	240						
11:05 - 11:10	88	85	87	93	88.25												
11:10 - 11:15	84	86	80	86	84												
11:15 - 11:20	76	78	75	79	77												
11:20 - 11:25	77	81	76	82	79												
11:25 - 11:30	82	84	78	84	82	11:15 - 11:30	238	11:20 - 11:35	240	11:25 - 11:40	245						
11:30 - 11:35	78	80	77	81	79												
11:35 - 11:40	82	86	81	87	84												
11:40 - 11:45	82	84	78	84	82												
11:45 - 11:50	86	88	85	89	87												
11:50 - 11:55	86	90	85	91	88	11:45 - 12:00	255	11:50 - 12:05	253	11:40 - 11:55	257						
11:55 - 12:00	80	82	76	82	80												
12:00 - 12:05	84	86	83	87	85												
12:05 - 12:10	83	87	82	88	85												
12:10 - 12:15	83	85	79	86	83.25							12:00 - 12:15	253.25	12:05 - 12:20	259.25	11:55 - 12:10	250
12:15 - 12:20	90	92	89	93	91												
12:20 - 12:25	85	89	84	90	87												
12:25 - 12:30	82	90	74	84	82.5	12:15 - 12:30	260.5	12:20 - 12:35	257.5	12:10 - 12:25	261.25						
12:30 - 12:35	86	92	85	89	88												
12:35 - 12:40	102	106	101	107	104							12:30 - 12:45	291	12:35 - 12:50	303	12:25 - 12:40	274.5

Los vehículos tienen tendencias parecidas en todos los casos; de tener frecuencias más altas en los intervalos de tiempos menores a 10 min entre las 11:00 a 2:00 pm. Este incremento momentáneo de vehículos, significa que se producen congestonamientos en las horas punta además nuestra el análisis que el incremento se da en más de una oportunidad superando la capacidad de las vías.

El flujo de los vehículos no motorizados es más alto en todas las vías y tiene la misma tendencia de incremento en tiempos menores a 10 min.

Para todas las vías aforadas, en el día de mayor flujo vehicular. La interpretación es la misma en todos los casos, los flujos de los vehículos son casi constantes para el resto de los días.



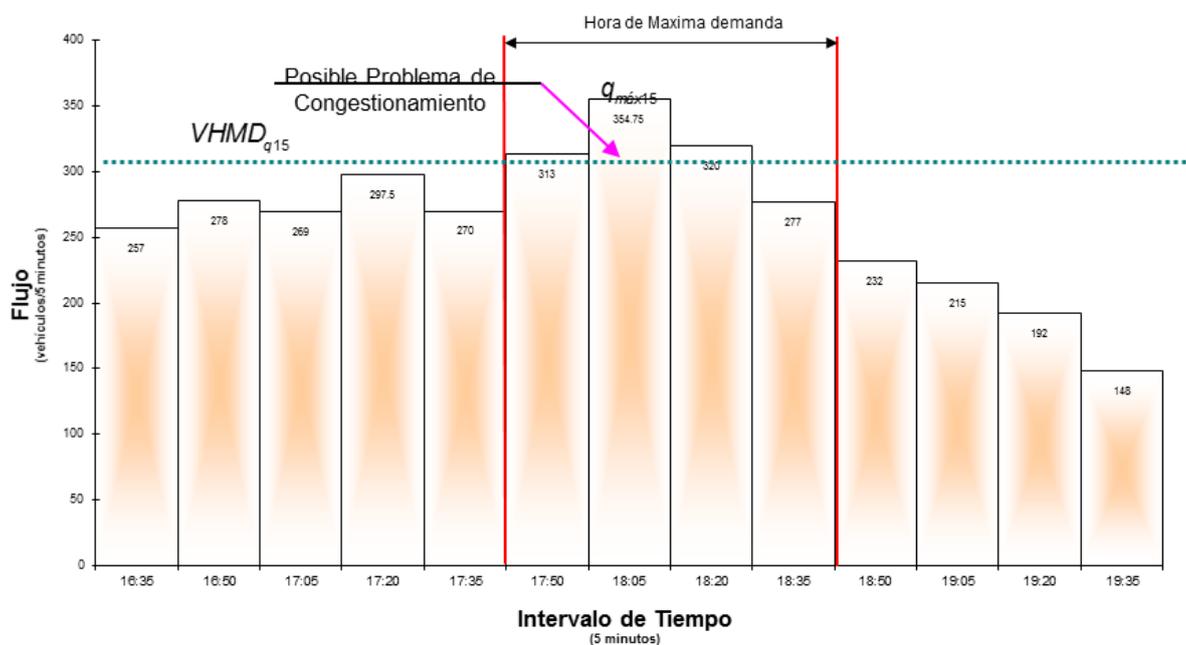
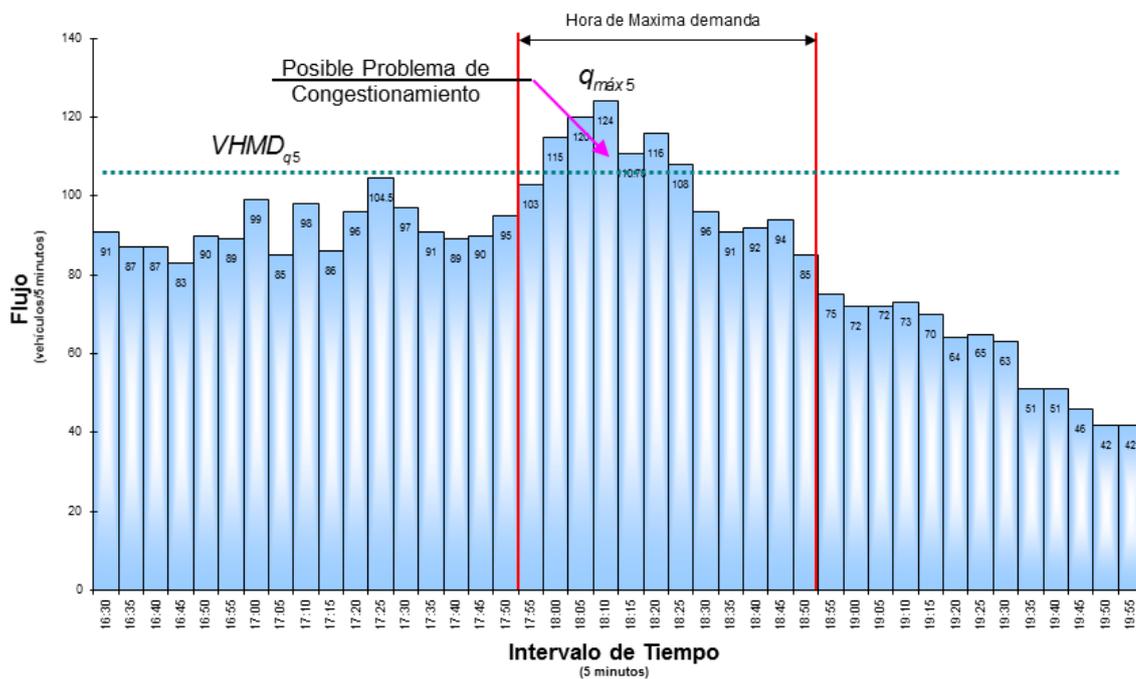
SAN MARTIN (Entre 04:30 pm. A 8:00 pm.), datos del aforo de los días lunes abril 2016.

Entre 04:30 pm. A 8:00 pm. Mes abril 2016													
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)							Flujo cada 15 minutos (Vehículos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo
16:30 16:35	90	94	89	91	91								
16:35 16:40	82	89	87	90	87	16:30 16:45	265						
16:40 16:45	87	85	86	90	87			16:35 16:50	257				
16:45 16:50	82	86	81	83	83					16:40 16:55	260		
16:50 16:55	85	92	90	93	90	16:45 17:00	262	16:50 17:05	278				
16:55 17:00	89	87	88	92	89					16:55 17:10	273		
17:00 17:05	98	102	97	99	99	17:00 17:15	282	17:05 17:20	269				
17:05 17:10	80	87	85	88	85					17:10 17:25	280		
17:10 17:15	98	96	97	101	98	17:15 17:30	286.5	17:20 17:35	297.5				
17:15 17:20	85	89	84	86	86					17:25 17:40	292.5		
17:20 17:25	91	98	96	99	96	17:30 17:45	277	17:35 17:50	270				
17:25 17:30	104.5	102.5	102	104	104.5					17:40 17:55	274		
17:30 17:35	96	100	95	97	97	17:45 18:00	288	17:50 18:05	313				
17:35 17:40	86	93	91	94	91					17:55 18:10	338		
17:40 17:45	89	87	88	92	89	18:00 18:15	359	18:05 18:20	345				
17:45 17:50	89	93	88	90	90					18:10 18:25	341		
17:50 17:55	90	97	95	98	95	18:15 18:30	325	18:20 18:35	320				
17:55 18:00	103	101	102	106	103					18:25 18:40	295		
18:00 18:05	114	118	113	115	115	18:30 18:45	279	18:35 18:50	277				
18:05 18:10	115	122	120	123	120					18:40 18:55	271		
18:10 18:15	124	122	123	127	124	18:45 19:00	254	18:50 19:05	232				
18:15 18:20	100	104	99	101	101					18:55 19:10	219		
18:20 18:25	111	118	116	119	116	19:00 19:15	217	19:05 19:20	215				
18:25 18:30	108	106	107	111	108					19:10 19:25	207		
18:30 18:35	95	99	94	96	96	19:15 19:30	199	19:20 19:35	192				
18:35 18:40	86	93	91	94	91					19:25 19:40	179		
18:40 18:45	92	90	91	95	92	19:30 19:45	165	19:35 19:50	148				
18:45 18:50	93	97	92	94	94					19:40 19:55	139		
18:50 18:55	80	87	85	88	85	19:45 20:00	130						
18:55 19:00	75	73	74	78	75								
19:00 19:05	71	75	70	72	72								
19:05 19:10	67	74	72	75	72								
19:10 19:15	73	71	72	76	73								
19:15 19:20	70	65	76	69	70								
19:20 19:25	59	66	64	67	64								
19:25 19:30	65	63	64	68	65								
19:30 19:35	62	66	61	63	63								
19:35 19:40	46	53	51	54	51								
19:40 19:45	51	49	50	54	51								
19:45 19:50	45	49	44	46	46								
19:50 19:55	37	44	42	45	42								
19:55 20:00	42	40	41	45	42								

RESUMEN

	5 min	15 min
q_{max}	124	345
VHMD	1255	1255
FHMD	0.84	0.91
VHMD _P	105	314

En la figura se Muestra gráficamente la variación del volumen de transito dentro de la hora de máxima demanda.



VEHÍCULOS COMBIS

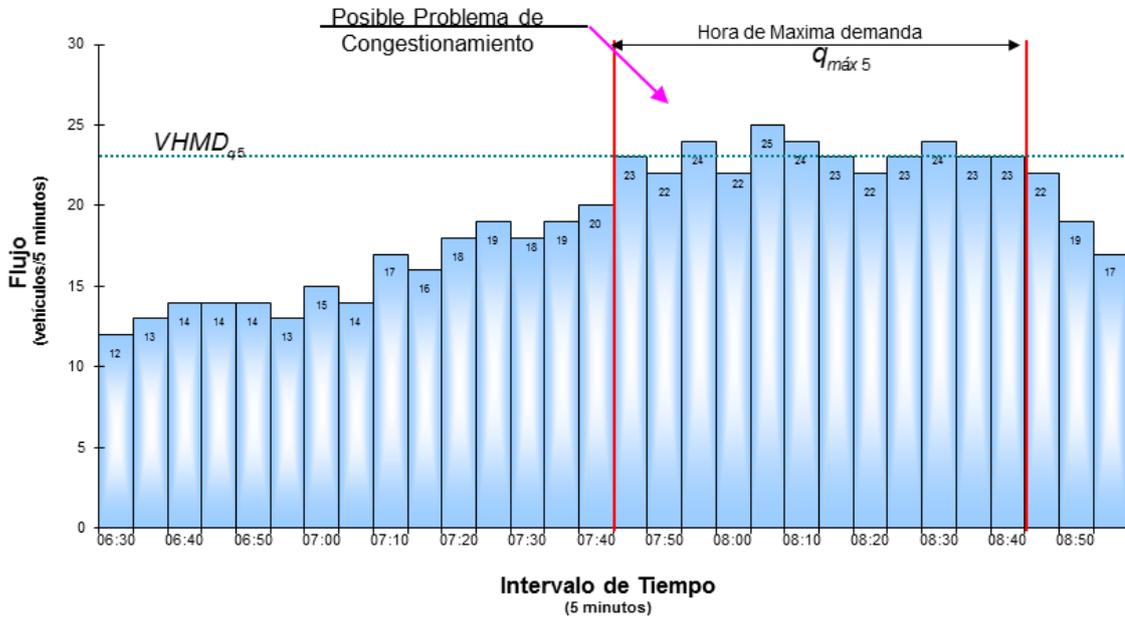
SAN MARTIN (Entre 6:30 am. A 9:00 am.), aforo de los días lunes abril 2016.

Entre 6:30 am. A 9:00 am. Mes abril 2016													
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)							Flujo cada 15 minutos (Vehículos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo
06:30 06:35	11	15	10	12	12								
06:35 06:40	8	15	13	16	13	06:30 06:45	39						
06:40 06:45	14	12	13	17	14			06:35 06:50	41				
06:45 06:50	13	17	12	14	14					06:40 06:55	42		
06:50 06:55	9	16	14	17	14	06:45 07:00	41						
06:55 07:00	13	11	12	16	13			06:50 07:05	42				
07:00 07:05	14	18	13	15	15	07:00 07:15	46			06:55 07:10	42		
07:05 07:10	9	16	14	17	14								
07:10 07:15	17	15	16	20	17	07:15 07:30	53			07:05 07:20	47		
07:15 07:20	15	19	14	16	16							07:10 07:25	51
07:20 07:25	13	20	18	21	18	07:30 07:45	57			07:20 07:35	55		
07:25 07:30	19	17	18	22	19							07:25 07:40	56
07:30 07:35	17	21	16	18	18	07:45 07:50	69			07:35 07:50	62		
07:35 07:40	14	21	19	22	19							07:40 07:55	65
07:40 07:45	20	18	19	23	20	08:00 08:15	71			07:50 08:05	68		
07:45 07:50	22	26	21	23	23								
07:50 07:55	17	24	22	25	22	08:15 08:30	68			08:05 08:20	72		
07:55 08:00	24	22	23	27	24							08:10 08:25	69
08:00 08:05	21	25	20	22	22	08:30 08:45	70			08:20 08:35	69		
08:05 08:10	20	27	25	28	25							08:25 08:40	70
08:10 08:15	24	22	23	27	24	08:45 09:00	58			08:35 08:50	68		
08:15 08:20	22	26	21	23	23							08:40 08:55	64
08:20 08:25	17	24	22	25	22								
08:25 08:30	23	21	22	26	23								
08:30 08:35	23	27	22	24	24								
08:35 08:40	18	25	23	26	23								
08:40 08:45	23	21	22	26	23								
08:45 08:50	21	25	20	22	22								
08:50 08:55	14	21	19	22	19								
08:55 09:00	17	15	16	20	17								

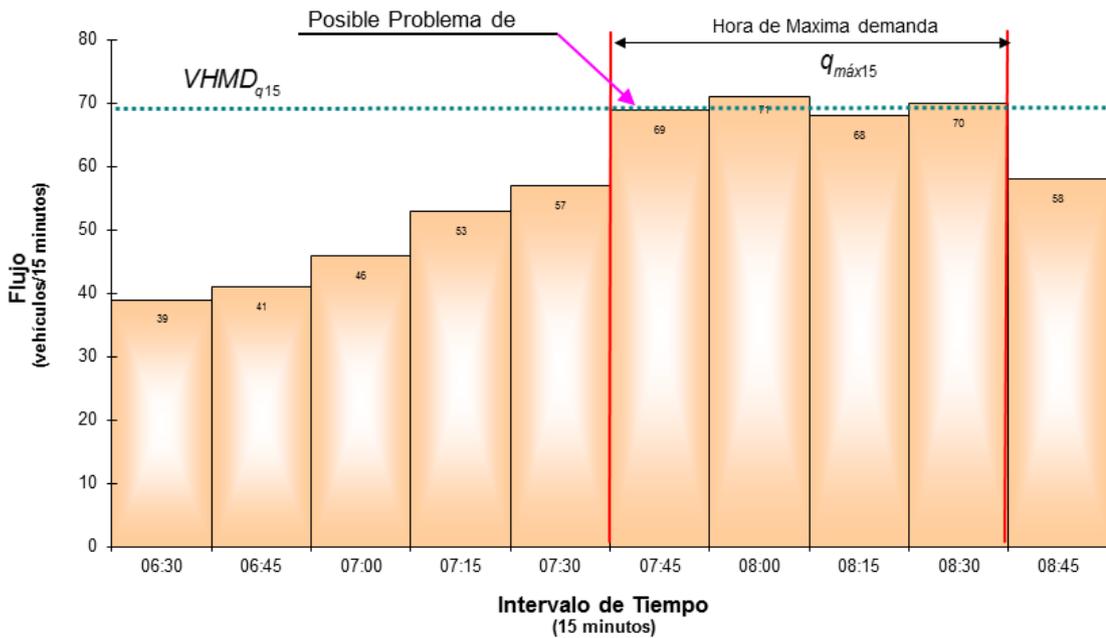
RESUMEN

	5 min	15 min
q_{max}	25	71
VHMD	278	278
FHMD	0.93	0.98
VHMD _p	23	70

En la figura se Muestra gráficamente la variación del volumen de transito dentro de la hora de máxima demanda.



Para todas las vías aforadas, en el día de mayor flujo vehicular. La interpretación es la misma en todos los casos, los flujos de los vehículos son casi constantes para el resto de los días.



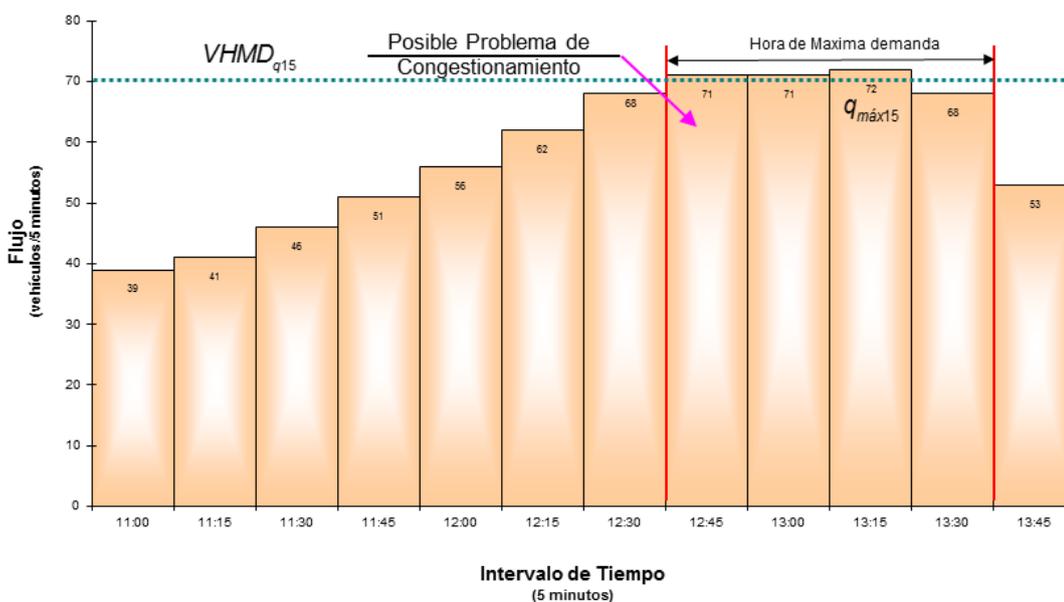
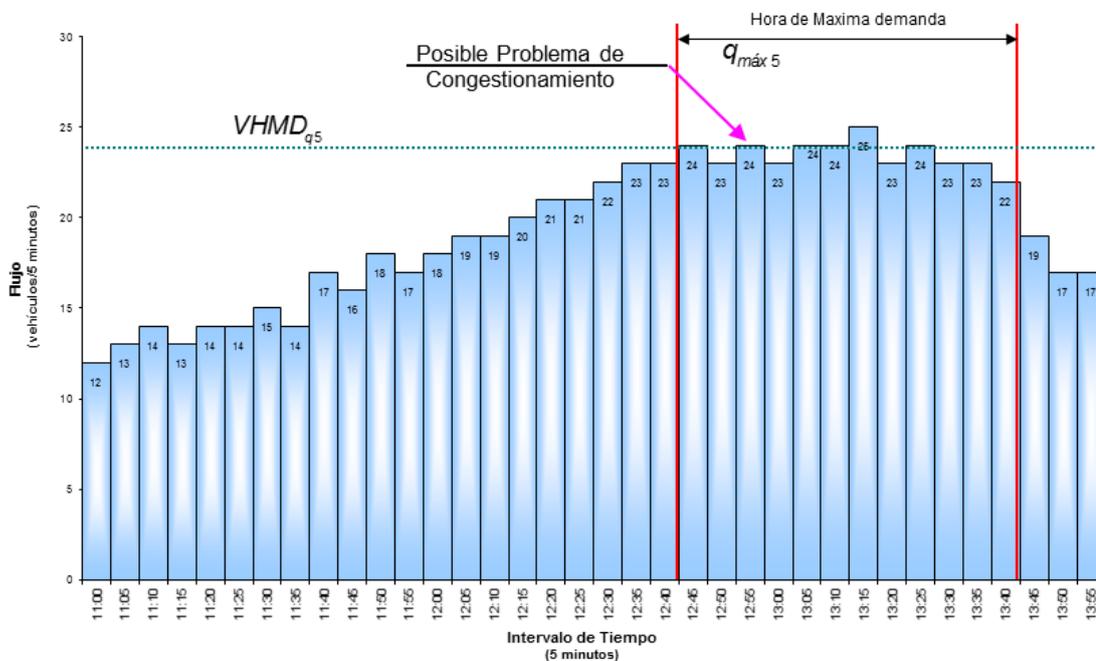
SAN MARTIN (Entre 11:00 am. A 2:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHÍCULOS MIXTOS												
Entre 11:00 am. A 2:00 pm.						Mes abril 2016						
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		
11:00 - 11:05	77	79	76	80	78							
11:05 - 11:10	88	85	87	93	88.25	11:00 - 11:15	250.25					
11:10 - 11:15	84	86	80	86	84			11:05 - 11:20	249.25			
11:15 - 11:20	76	78	75	79	77	11:15 - 11:30	238			11:10 - 11:25	240	
11:20 - 11:25	77	81	76	82	79			11:20 - 11:35	240			
11:25 - 11:30	82	84	78	84	82	11:30 - 11:45	245			11:25 - 11:40	245	
11:30 - 11:35	78	80	77	81	79			11:35 - 11:50	253			
11:35 - 11:40	82	86	81	87	84	11:45 - 12:00	255			11:40 - 11:55	257	
11:40 - 11:45	82	84	78	84	82			11:50 - 12:05	253			
11:45 - 11:50	86	88	85	89	87	12:00 - 12:05	84	12:05 - 12:20	259.25	11:55 - 12:10	250	
11:50 - 11:55	86	90	85	91	88			12:10 - 12:25	261.25			
11:55 - 12:00	80	82	76	82	80	12:15 - 12:30	260.5	12:20 - 12:35	257.5	12:25 - 12:40	274.5	
12:00 - 12:05	84	86	83	87	85			12:30 - 12:45	291			
12:05 - 12:10	83	87	82	88	85	12:30 - 12:45	291	12:35 - 12:50	303	12:40 - 12:55	296	
12:10 - 12:15	83	85	79	86	83.25			12:50 - 13:05	283	12:55 - 13:10	275	
12:15 - 12:20	90	92	89	93	91	13:00 - 13:15	269	13:05 - 13:20	277	13:10 - 13:25	280	
12:20 - 12:25	85	89	84	90	87			13:20 - 13:35	256	13:25 - 13:40	255	
12:25 - 12:30	82	90	74	84	82.5	13:15 - 13:30	272	13:30 - 13:45	255	13:40 - 13:55	264	
12:30 - 12:35	86	92	85	89	88			13:35 - 13:50	266			
12:35 - 12:40	102	106	101	107	104	13:30 - 13:45	255					
12:40 - 12:45	99	101	95	101	99	13:45 - 14:00	272					
12:45 - 12:50	99	101	98	102	100							
12:50 - 12:55	95	99	94	100	97							
12:55 - 13:00	97	99	93	99	97							
13:00 - 13:05	88	90	87	91	89							
13:05 - 13:10	87	91	86	92	89							
13:10 - 13:15	91	93	87	93	91							
13:15 - 13:20	96	98	95	99	97							
13:20 - 13:25	90	94	89	95	92							
13:25 - 13:30	90	84	76	82	83							
13:30 - 13:35	80	83	79	82	81							
13:35 - 13:40	89	93	88	94	91							
13:40 - 13:45	83	85	79	85	83							
13:45 - 13:50	91	93	90	94	92							
13:50 - 13:55	87	91	86	92	89							
13:55 - 14:00	91	93	87	93	91							

RESUMEN

	5 min	15 min
Q_{max}	25	72
VHMD	283	283
FHMD	0.94	0.98
VHMD _P	24	71

En la figura se Muestra gráficamente la variación del volumen de transito dentro de la hora de máxima demanda.



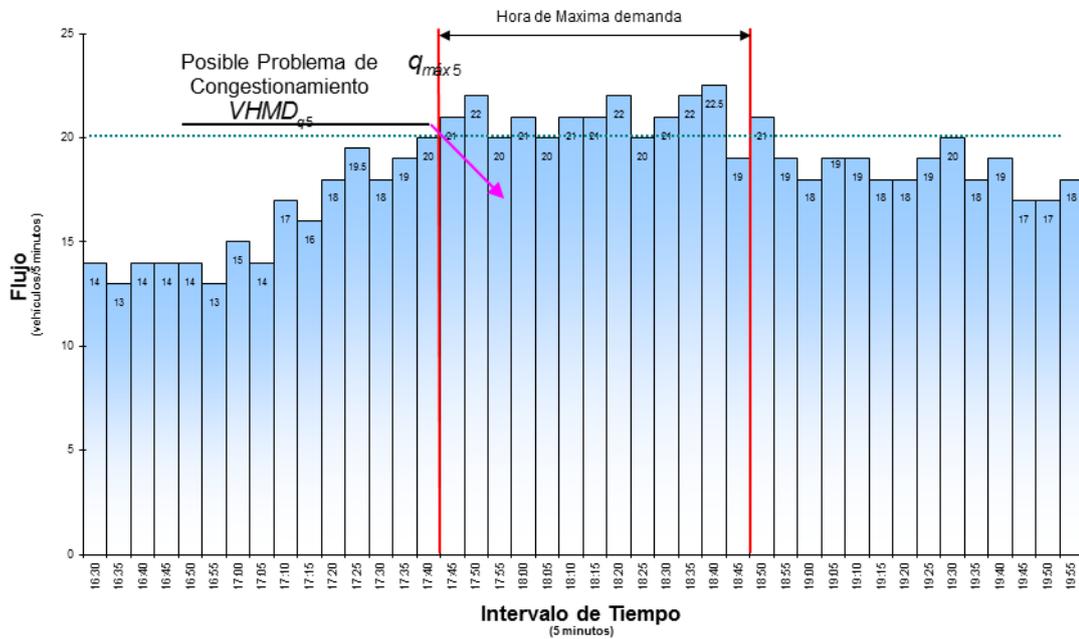
SAN MARTIN (Entre 04:30 pm. A 8:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHÍCULOS COMBIS																	
Entre 04:30 pm. A 8:00 pm.						Mes abril 2016											
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)											
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo							
16:30 16:35	13	17	12	14	14	16:30 16:45	41	16:35 16:50	41	16:40 16:55	42						
16:35 16:40	8	15	13	16	13												
16:40 16:45	14	12	13	17	14												
16:45 16:50	13	17	12	14	14												
16:50 16:55	9	16	14	17	14												
16:55 17:00	13	11	12	16	13	16:45 17:00	41	16:50 17:05	42	16:55 17:10	42						
17:00 17:05	14	18	13	15	15												
17:05 17:10	9	16	14	17	14												
17:10 17:15	17	15	16	20	17												
17:15 17:20	15	19	14	16	16												
17:20 17:25	13	20	18	21	18	17:00 17:15	46	17:05 17:20	47	17:10 17:25	51						
17:25 17:30	19	18	18	22	19.5												
17:30 17:35	17	21	16	18	18												
17:35 17:40	14	21	19	22	19												
17:40 17:45	20	18	19	23	20												
17:45 17:50	20	24	19	21	21	17:15 17:30	53.5	17:20 17:35	55.5	17:25 17:40	56.5						
17:50 17:55	17	24	22	25	22												
17:55 18:00	20	18	19	23	20												
18:00 18:05	20	24	19	21	21												
18:05 18:10	15	22	20	23	20							17:30 17:45	57	17:35 17:50	60	17:40 17:55	63
18:10 18:15	21	19	20	24	21												
18:15 18:20	20	24	19	21	21												
18:20 18:25	17	24	22	25	22												
18:25 18:30	20	18	19	23	20												
18:30 18:35	20	24	19	21	21	17:45 18:00	63	17:50 18:05	63	17:55 18:10	61						
18:35 18:40	17	24	22	25	22												
18:40 18:45	22	22	21	25	22.5												
18:45 18:50	18	22	17	19	19												
18:50 18:55	16	23	21	24	21							18:00 18:15	62	18:05 18:20	62	18:10 18:25	64
18:55 19:00	19	17	18	22	19												
19:00 19:05	17	21	16	18	18												
19:05 19:10	14	21	19	22	19												
19:10 19:15	19	17	18	22	19	18:15 18:30	63	18:20 18:35	63	18:25 18:40	63						
19:15 19:20	17	21	16	18	18												
19:20 19:25	13	20	18	21	18												
19:25 19:30	19	17	18	22	19												
19:30 19:35	19	23	18	20	20							18:30 18:45	65.5	18:35 18:50	63.5	18:40 18:55	62.5
19:35 19:40	13	20	18	21	18												
19:40 19:45	19	17	18	22	19												
19:45 19:50	16	20	15	17	17												
19:50 19:55	12	19	17	20	17	18:45 19:00	59	18:50 19:05	58	18:55 19:10	56						
19:55 20:00	18	16	17	21	18												
												19:00 19:15	56	19:05 19:20	56	19:10 19:25	55
						19:15 19:30	55	19:20 19:35	57	19:25 19:40	57						
												19:30 19:45	57	19:35 19:50	54	19:40 19:55	53
						19:45 20:00	52										

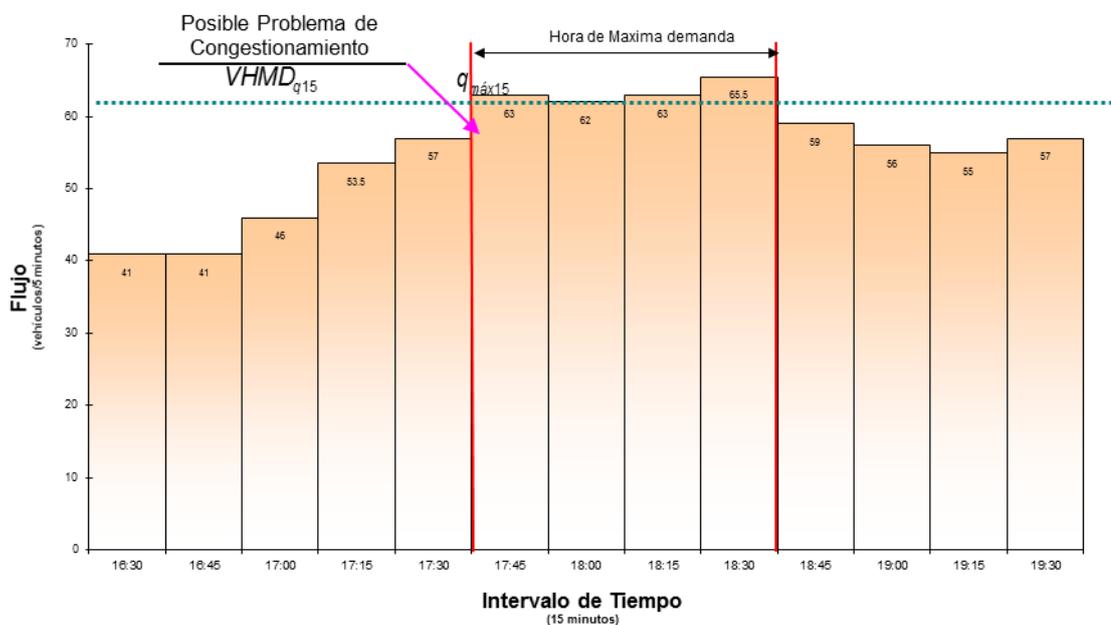
RESUMEN

	5 min	15 min
q_{max}	22.5	65.5
VHMD	254	254
FHMD	0.94	0.97
VHMD _P	21	63

En la figura se Muestra gráficamente la variación del volumen de transito dentro de la hora de máxima demanda.



Para todas las vías aforadas, en el día de mayor flujo vehicular. La interpretación es la misma en todos los casos, los flujos de los vehículos son casi constantes para el resto de los días.



VEHÍCULOS TRICICLOS

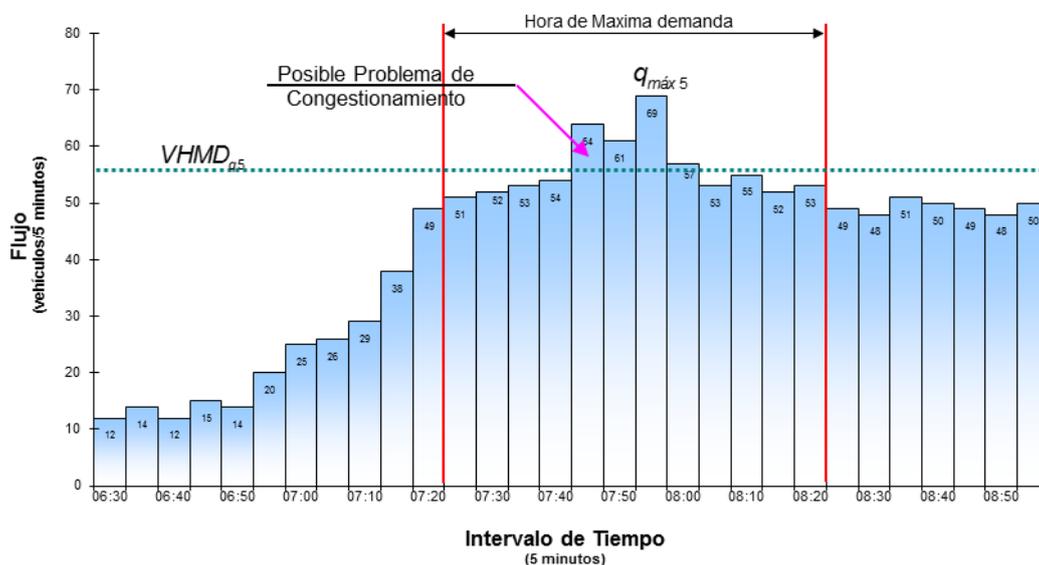
SAN MARTIN (Entre 6:30 am. A 9:00 am.), datos del aforo de los días lunes abril 2016.

VEHÍCULOS TRICICLOS												
Entre 06:30 am. A 9:00 am.						Mes abril 2016						
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		
06:30 06:35	11	15	10	12	12	06:30 06:45	38					
06:35 06:40	9	16	14	17	14							
06:40 06:45	12	10	11	15	12			06:35 06:50	41			
06:45 06:50	14	18	13	15	15		06:45 07:00	49		06:40 06:55	41	
06:50 06:55	9	16	14	17	14							
06:55 07:00	20	18	19	23	20	07:00 07:15	80		06:55 07:10	71		
07:00 07:05	24	28	23	25	25							
07:05 07:10	21	28	26	29	26			07:05 07:20	93			
07:10 07:15	29	27	28	32	29	07:15 07:30	138					
07:15 07:20	37	41	36	38	38							
07:20 07:25	44	51	49	52	49			07:20 07:35	152			
07:25 07:30	51	49	50	54	51		07:30 07:45	159		07:25 07:40	156	
07:30 07:35	51	55	50	52	52							
07:35 07:40	48	55	53	56	53	07:45 08:00	194		07:40 07:55	179		
07:40 07:45	54	52	53	57	54							
07:45 07:50	63	67	62	64	64							
07:50 07:55	56	63	61	64	61	08:00 08:15	165		07:55 08:10	179		
07:55 08:00	69	67	68	72	69							
08:00 08:05	56	60	55	57	57	08:15 08:30	154					
08:05 08:10	48	55	53	56	53				08:05 08:20	160		
08:10 08:15	55	53	54	58	55						08:10 08:25	160
08:15 08:20	51	55	50	52	52	08:30 08:45	149					
08:20 08:25	48	55	53	56	53							
08:25 08:30	49	47	48	52	49	08:45 09:00	147					
08:30 08:35	47	51	46	48	48							
08:35 08:40	46	53	51	54	51							
08:40 08:45	50	48	49	53	50			08:35 08:50	150			
08:45 08:50	48	52	47	49	49					08:40 08:55	147	
08:50 08:55	43	50	48	51	48							
08:55 09:00	50	48	49	53	50							

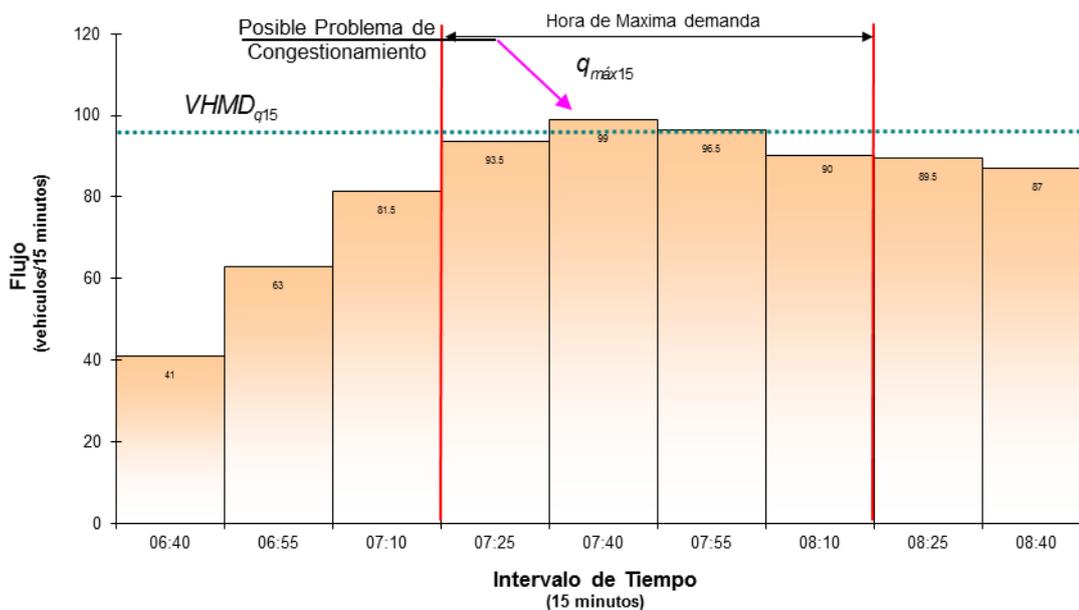
RESUMEN

	5 min	15 min
q_{max}	69	179
VHMD	674	674
FHMD	0.81	0.94
VHMD _p	56	169

En la figura se Muestra gráficamente la variación del volumen de transito dentro de la hora de máxima demanda.



Para todas las vías aforadas, en el día de mayor flujo vehicular. La interpretación es la misma en todos los casos, los flujos de los vehículos son casi constantes para el resto de los días.



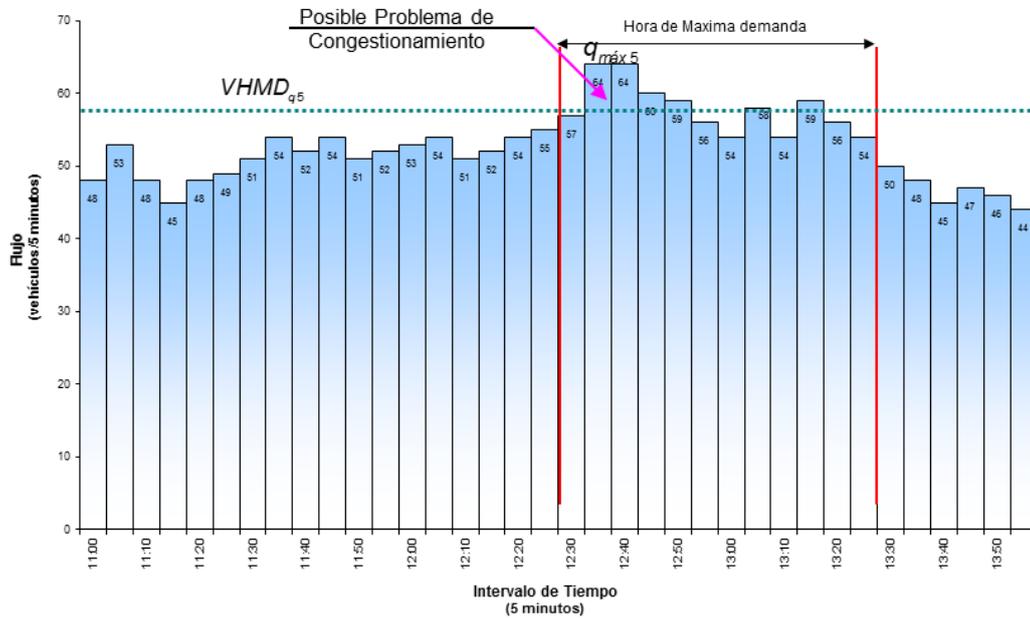
SAN MARTIN (Entre 11:00 am. A 2:00 pm.), datos del aforo de los días lunes abril 2016.

Entre 11:30 am. A 2:00 pm. Mes abril 2016 VEHÍCULOS TRICICLOS												
Flujo cada 5 minutos (Vehiculos)						Flujo cada 15 minutos (Vehiculos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		
11:00 11:05	47	51	46	48	48							
11:05 11:10	48	55	53	56	53	11:00 11:15	149	11:05 11:20	146			
11:10 11:15	48	46	47	51	48					11:10 11:25	141	
11:15 11:20	44	48	43	45	45	11:15 11:30	142	11:20 11:35	148			
11:20 11:25	43	50	48	51	48					11:25 11:40	154	
11:25 11:30	49	47	48	52	49	11:30 11:45	157	11:35 11:50	160			
11:30 11:35	50	54	49	51	51					11:40 11:55	157	
11:35 11:40	49	56	54	57	54	11:45 12:00	157	11:50 12:05	156			
11:40 11:45	52	50	51	55	52					11:55 12:10	159	
11:45 11:50	53	57	52	54	54	12:00 12:15	158	12:05 12:20	157			
11:50 11:55	46	53	51	54	51					12:10 12:25	157	
11:55 12:00	52	50	51	55	52	12:15 12:30	161	12:20 12:35	166			
12:00 12:05	52	56	51	53	53					12:25 12:40	176	
12:05 12:10	49	56	54	57	54	12:30 12:45	185	12:35 12:50	188			
12:10 12:15	51	49	50	54	51					12:40 12:55	183	
12:15 12:20	51	55	50	52	52	12:45 13:00	175	12:50 13:05	169			
12:20 12:25	49	56	54	57	54					12:55 13:10	168	
12:25 12:30	55	53	54	58	55	13:00 13:15	166	13:05 13:20	171			
12:30 12:35	56	60	55	57	57					13:10 13:25	169	
12:35 12:40	59	66	64	67	64	13:15 13:30	169	13:20 13:35	160			
12:40 12:45	64	62	63	67	64					13:25 13:40	152	
12:45 12:50	59	63	58	60	60	13:30 13:45	143	13:35 13:50	140			
12:50 12:55	54	61	59	62	59					13:40 13:55	138	
12:55 13:00	56	54	55	59	56	13:45 14:00	137					
13:00 13:05	53	57	52	54	54							
13:05 13:10	53	60	58	61	58							
13:10 13:15	54	52	53	57	54							
13:15 13:20	58	62	57	59	59							
13:20 13:25	51	58	56	59	56							
13:25 13:30	54	52	53	57	54							
13:30 13:35	49	53	48	50	50							
13:35 13:40	43	50	48	51	48							
13:40 13:45	45	43	44	48	45							
13:45 13:50	46	50	45	47	47							
13:50 13:55	41	48	46	49	46							
13:55 14:00	44	42	43	47	44							

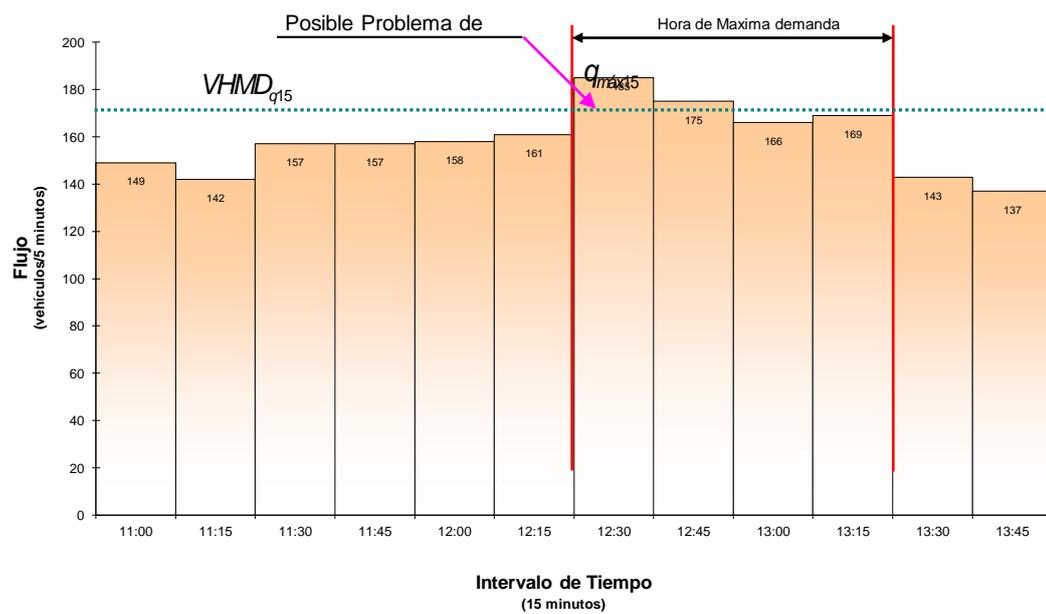
RESUMEN

	<i>5 min</i>	<i>15 min</i>
qmax	64	185
VHMD	696	696
FHMD	0.91	0.94
VHMDP	58	174

En la figura se Muestra gráficamente la variación del volumen de transito dentro de la hora de máxima demanda.



Para todas las vías aforadas, en el día de mayor flujo vehicular. La interpretación es la misma en todos los casos, los flujos de los vehículos son casi constantes para el resto de los días.



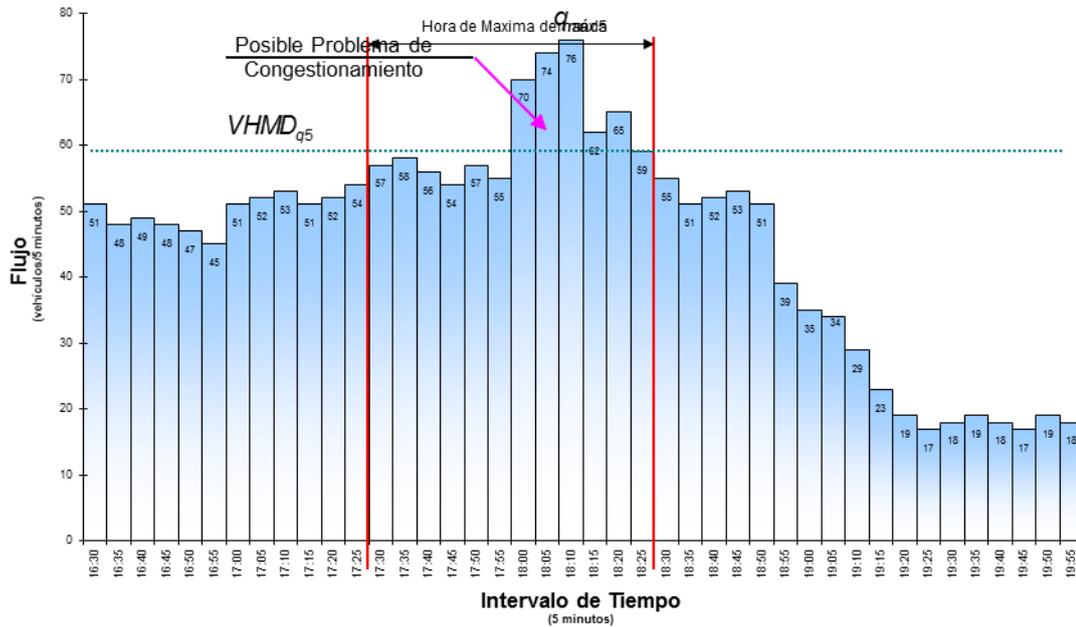
SAN MARTIN (Entre 04:30 pm. A 8:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHÍCULOS TRICICLOS													
Entre 04:30 pm. A 8:00 pm. Mes abril 2016													
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)							
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		Periodo	
16:30-16:35	50	54	49	51	51	16:30-16:45	148	16:35-16:50	145	16:40-16:55	144	16:45-17:00	140
16:35-16:40	43	50	48	51	48								
16:40-16:45	49	47	48	52	49								
16:45-16:50	47	51	46	48	48								
16:50-16:55	42	49	47	50	47								
16:55-17:00	45	43	44	48	45								
17:00-17:05	50	54	49	51	51	17:00-17:15	156	17:05-17:20	156	17:10-17:25	156	17:15-17:30	157
17:05-17:10	47	54	52	55	52								
17:10-17:15	53	51	52	56	53								
17:15-17:20	50	54	49	51	51								
17:20-17:25	47	54	52	55	52								
17:25-17:30	54	52	53	57	54								
17:30-17:35	56	60	55	57	57	17:30-17:45	171	17:35-17:50	168	17:40-17:55	167	17:45-18:00	166
17:35-17:40	53	60	58	61	58								
17:40-17:45	56	54	55	59	56								
17:45-17:50	53	57	52	54	54								
17:50-17:55	52	59	57	60	57								
17:55-18:00	55	53	54	58	55								
18:00-18:05	69	73	68	70	70	18:00-18:15	220	18:05-18:20	212	18:10-18:25	203	18:15-18:30	186
18:05-18:10	69	76	74	77	74								
18:10-18:15	76	74	75	79	76								
18:15-18:20	61	65	60	62	62								
18:20-18:25	60	67	65	68	65								
18:25-18:30	59	57	58	62	59								
18:30-18:35	54	58	53	55	55	18:30-18:45	158	18:35-18:50	156	18:40-18:55	156	18:45-19:00	143
18:35-18:40	46	53	51	54	51								
18:40-18:45	52	50	51	55	52								
18:45-18:50	52	56	51	53	53								
18:50-18:55	46	53	51	54	51								
18:55-19:00	39	37	38	42	39								
19:00-19:05	34	38	33	35	35	19:00-19:15	98	19:05-19:20	86	19:10-19:25	71	19:15-19:30	59
19:05-19:10	29	36	34	37	34								
19:10-19:15	29	27	28	32	29								
19:15-19:20	22	26	21	23	23								
19:20-19:25	14	21	19	22	19								
19:25-19:30	17	15	16	20	17								
19:30-19:35	17	21	16	18	18	19:30-19:45	55	19:35-19:50	54	19:40-19:55	54	19:45-20:00	54
19:35-19:40	14	21	19	22	19								
19:40-19:45	18	16	17	21	18								
19:45-19:50	16	20	15	17	17								
19:50-19:55	14	21	19	22	19								
19:55-20:00	18	16	17	21	18								

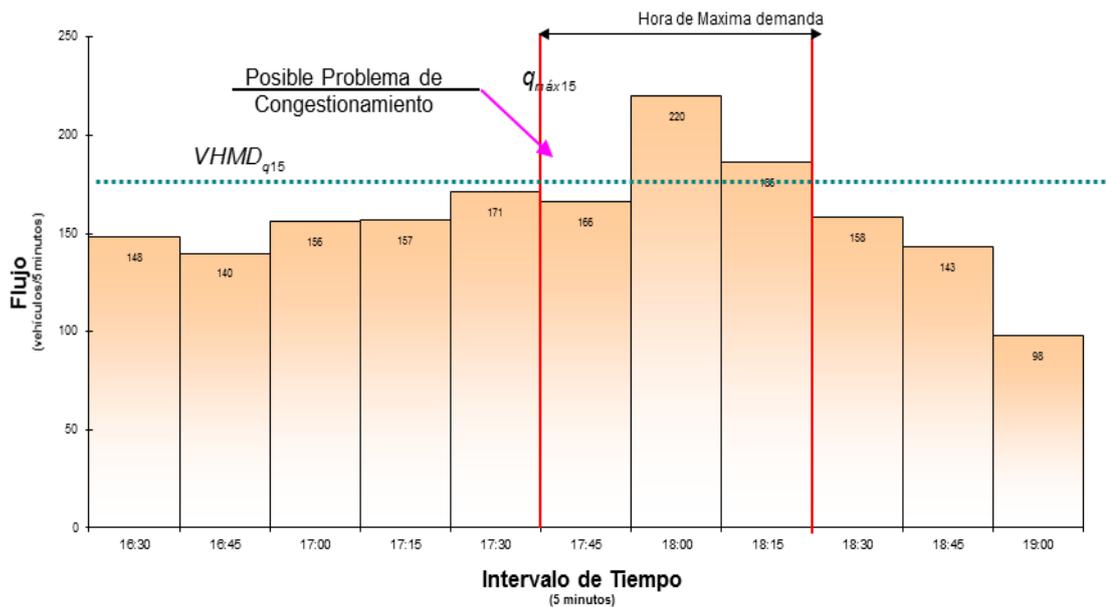
RESUMEN

	5 min	15 min
q_{max}	76	220
VHMD	743	743
FHMD	0.81	0.84
VHMD _P	62	186

En la figura se Muestra gráficamente la variación del volumen de transito dentro de la hora de máxima demanda.



Para todas las vías aforadas, en el día de mayor flujo vehicular. La interpretación es la misma en todos los casos, los flujos de los vehículos son casi constantes para el resto de los días.

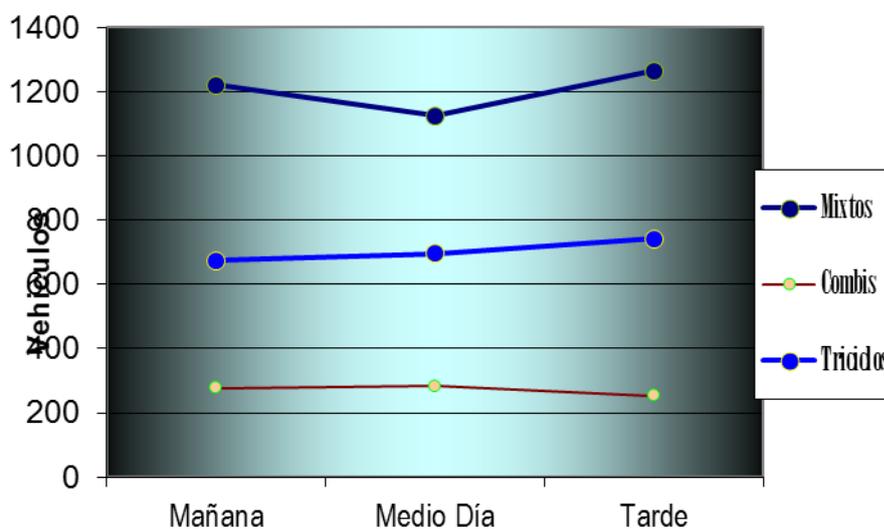


RESUMEN: Jr. San Martín. Los flujos más altos en los tres horarios aforados se presentan a continuación, en los diferentes tipos de vehículos. La tendencia es que los flujos son mayores en la tarde (16:30 a 20:00) por el reflujo, en todos los tipos de vehículos, la cual densifica el tránsito vehicular ocasionando un desplazamiento muy lento en algunos casos ocasionando congestionamiento y accidentes la cual determina el nivel de servicio ineficientes. El flujo más bajo se presenta al medio día, con un flujo superior en la mañana sin superar al de la tarde. Como muestra la figura 4.03.

Cuadro N° 4.03. Jr. San Martín, Aforo lunes, Abril del 2016

Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	Combis	Triciclos
Mañana	6:30 a 9:00	1221	278	674
Medio Día	11:00 a 14:00	1126	283	696
Tarde	16:00 a 20:00	1264.75	253.5	743

Figura N° 4.03: gráfica de la tendencia de los flujos



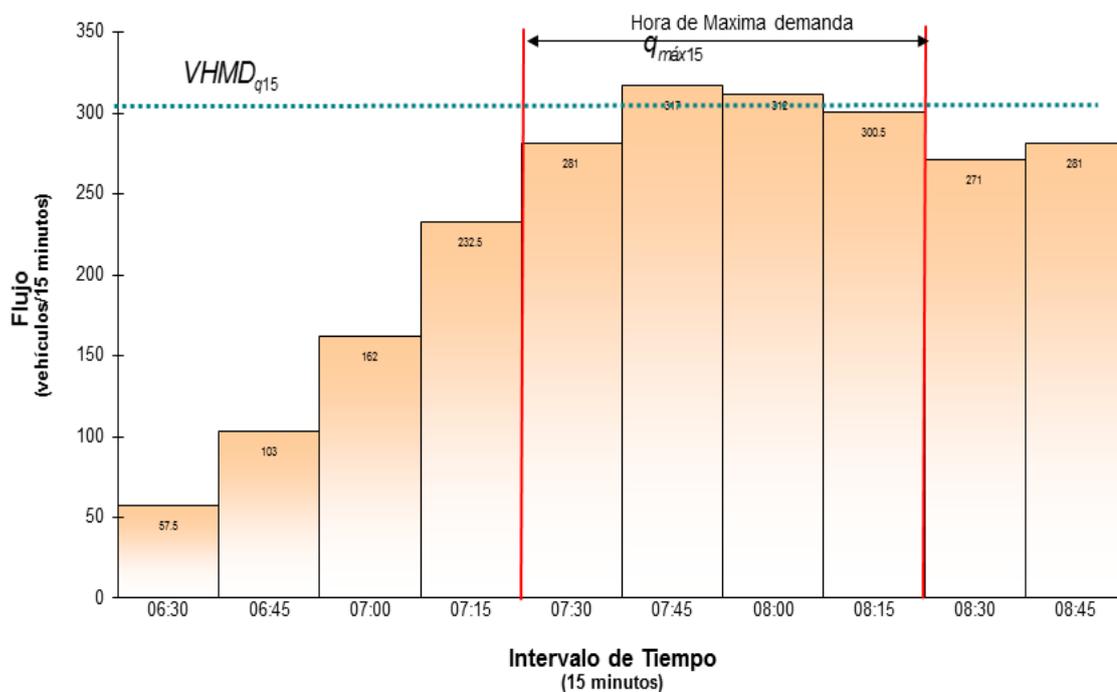
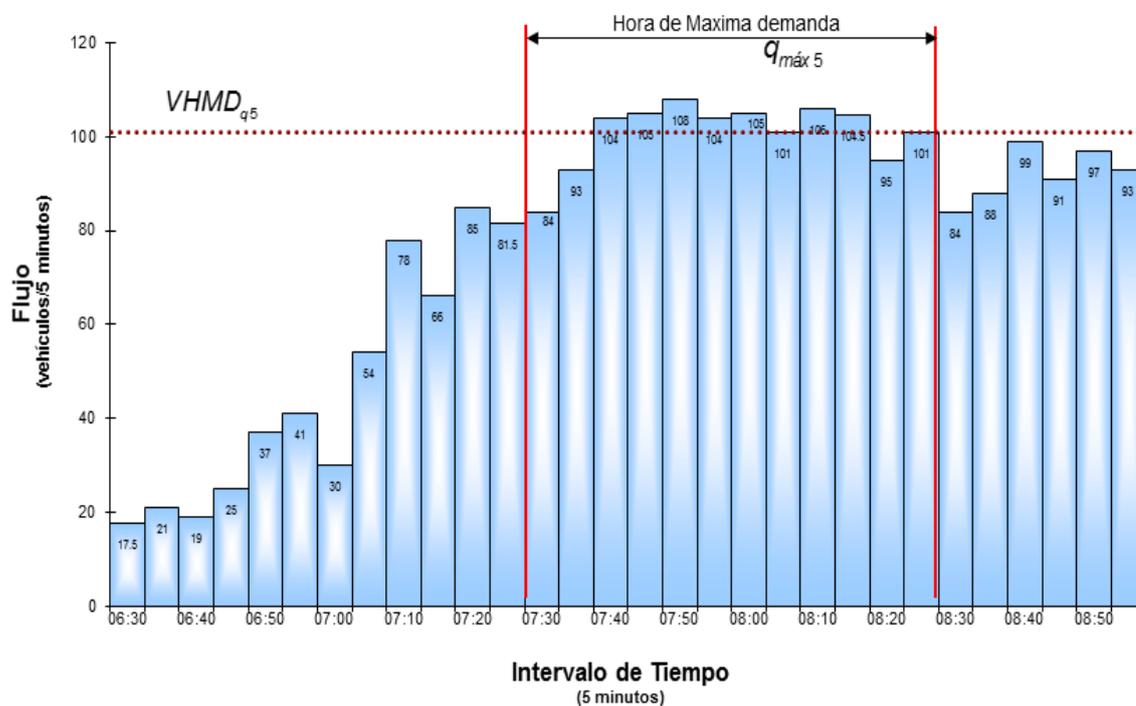
VEHÍCULOS MIXTOS (particulares, mototaxis)

JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 6:30 am. A 9:00 am.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHICULOS MIXTOS												
Entre 6:30 am. A 9:00 am. Mes abril 2016												
Flujo cada 5 minutos (Vehiculos)						Flujo cada 15 minutos (Vehiculos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		
06:30 06:35	14	18	20	18	17.5							
06:35 06:40	21	18	22	23	21	06:30 06:45	57.5	06:35 06:50	65	06:40 06:55	81	
06:40 06:45	14	22	19	21	19							
06:45 06:50	22	26	28	24	25	06:45 07:00	103	06:50 07:05	108	06:55 07:10	125	
06:50 06:55	37	34	38	39	37							
06:55 07:00	36	44	41	43	41	07:00 07:15	162	07:05 07:20	198	07:10 07:25	229	
07:00 07:05	27	31	33	29	30							
07:05 07:10	54	51	55	56	54	07:15 07:30	232.5	07:20 07:35	250.5	07:25 07:40	258.5	
07:10 07:15	73	81	78	80	78							
07:15 07:20	63	67	69	65	66	07:30 07:45	281	07:35 07:50	302	07:40 07:55	317	
07:20 07:25	85	82	86	87	85							
07:25 07:30	75	85	82	84	81.5	07:45 08:00	317	07:50 08:05	317	07:55 08:10	310	
07:30 07:35	81	85	87	83	84							
07:35 07:40	93	90	94	95	93	08:00 08:15	312	08:05 08:20	311.5	08:10 08:25	305.5	
07:40 07:45	99	107	104	106	104							
07:45 07:50	102	106	108	104	105	08:15 08:30	300.5	08:20 08:35	280	08:25 08:40	273	
07:50 07:55	108	105	109	110	108							
07:55 08:00	99	107	104	106	104	08:30 08:45	271	08:35 08:50	278	08:40 08:55	287	
08:00 08:05	102	106	108	104	105							
08:05 08:10	101	98	102	103	101	08:45 09:00	281					
08:10 08:15	101	109	106	108	106							
08:15 08:20	103	107	109	99	104.5							
08:20 08:25	95	92	96	97	95							
08:25 08:30	96	104	101	103	101							
08:30 08:35	81	85	87	83	84							
08:35 08:40	88	85	89	90	88							
08:40 08:45	94	102	99	101	99							
08:45 08:50	88	92	94	90	91							
08:50 08:55	97	94	98	99	97							
08:55 09:00	88	96	93	95	93							

RESUMEN

	5 min	15 min
q_{max}	108	317
VHMD	1211	1211
FHMD	0.93	0.95
VHMD _P	101	303

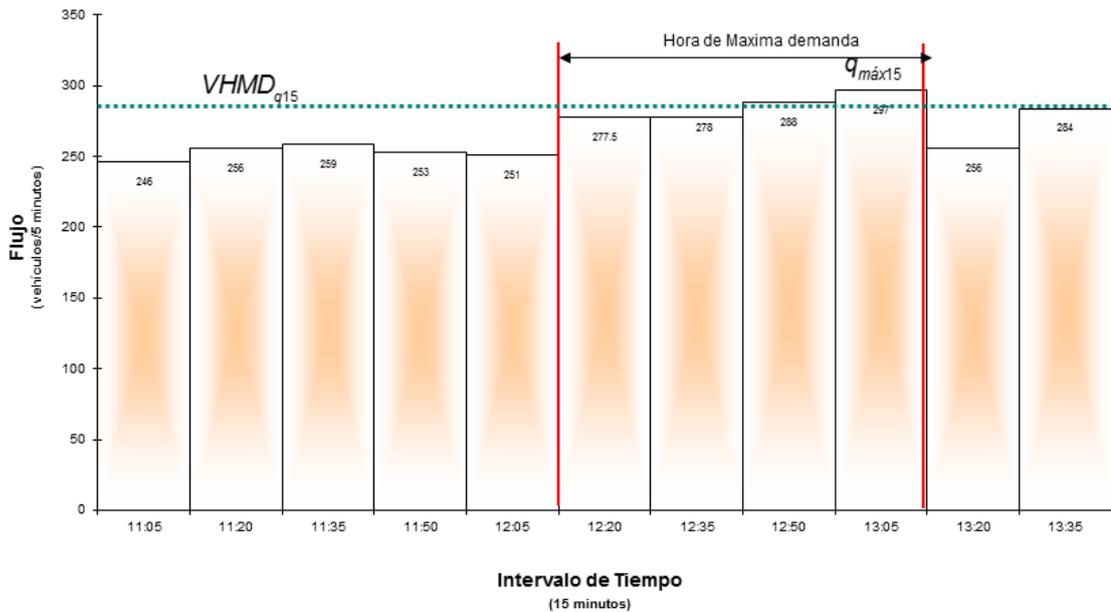
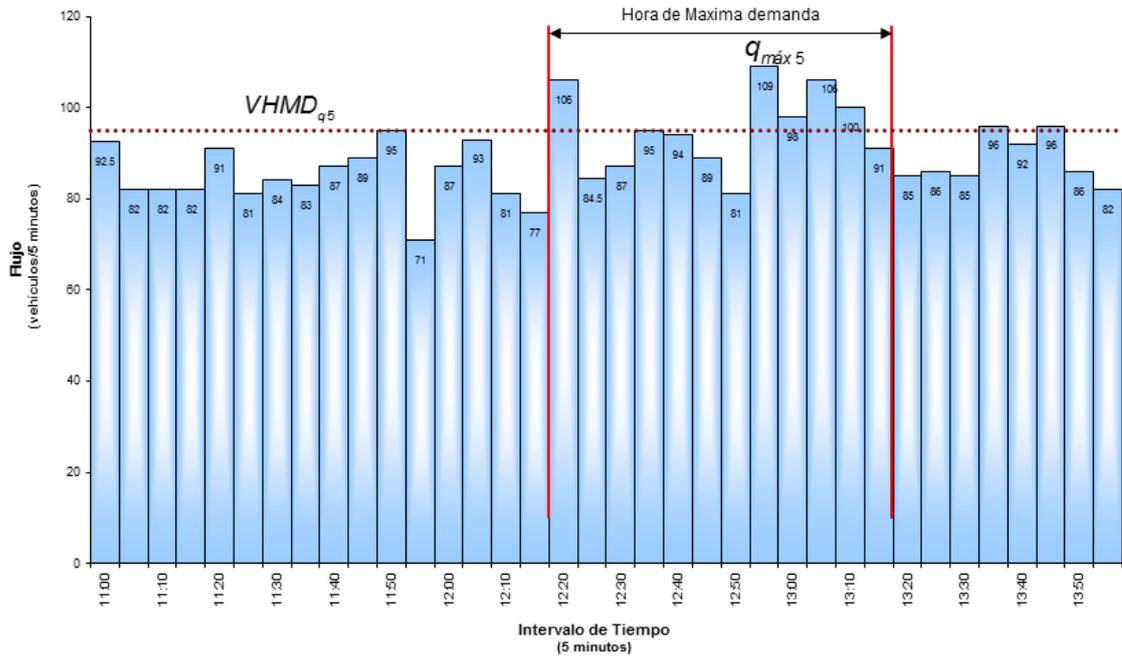


JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 11:00 am. A 2:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHICULOS MIXTOS													
Entre 11:00 am. A 2:00 pm. Mes abril 2016													
Flujo cada 5 minutos (Vehiculos)						Flujo cada 15 minutos (Vehiculos)							
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		Periodo	
11:00 11:05	91	93	95	91	92.5								
11:05 11:10	82	79	83	84	82	11:00 11:15	256.5						
11:10 11:15	77	85	82	84	82			11:05 11:20	246				
11:15 11:20	79	83	85	81	82					11:10 11:25	255		
11:20 11:25	91	88	92	93	91	11:15 11:30	254						
11:25 11:30	76	84	81	83	81			11:20 11:35	256				
11:30 11:35	81	85	87	83	84	11:30 11:45	254			11:25 11:40	248		
11:35 11:40	83	80	84	85	83			11:35 11:50	259				
11:40 11:45	82	90	87	89	87					11:40 11:55	271		
11:45 11:50	86	90	92	88	89	11:45 12:00	255						
11:50 11:55	95	92	96	97	95			11:50 12:05	253				
11:55 12:00	66	74	71	73	71					11:55 12:10	251		
12:00 12:05	84	88	90	86	87	12:00 12:15	261			12:05 12:20	251		
12:05 12:10	93	90	94	95	93			12:05 12:20	251				
12:10 12:15	76	84	81	83	81					12:10 12:25	264		
12:15 12:20	74	78	80	76	77	12:15 12:30	267.5						
12:20 12:25	98	106	110	110	106			12:20 12:35	277.5				
12:25 12:30	78	88	85	87	84.5					12:25 12:40	266.5		
12:30 12:35	84	88	90	86	87	12:30 12:45	276						
12:35 12:40	95	92	96	97	95			12:35 12:50	278				
12:40 12:45	89	97	94	96	94	12:45 13:00	279			12:40 12:55	264		
12:45 12:50	86	90	92	88	89					12:55 13:10	313		
12:50 12:55	81	78	82	83	81			12:50 13:05	288				
12:55 13:00	104	112	109	111	109	13:00 13:15	304						
13:00 13:05	95	99	101	97	98			13:05 13:20	297				
13:05 13:10	106	103	107	108	106					13:10 13:25	276		
13:10 13:15	95	103	100	102	100	13:15 13:30	262						
13:15 13:20	88	92	94	90	91			13:20 13:35	256				
13:20 13:25	85	82	86	87	85					13:25 13:40	267		
13:25 13:30	81	89	86	88	86	13:30 13:45	273						
13:30 13:35	82	86	88	84	85			13:35 13:50	284				
13:35 13:40	96	93	97	98	96					13:40 13:55	274		
13:40 13:45	87	95	92	94	92	13:45 14:00	264						
13:45 13:50	93	97	99	95	96								
13:50 13:55	86	83	87	88	86								
13:55 14:00	77	85	82	84	82								

RESUMEN

	5 min	15 min
q _{max}	109	297
VHMD	1141	1141
FHMD	0.87	0.96
VHMD _P	95	285

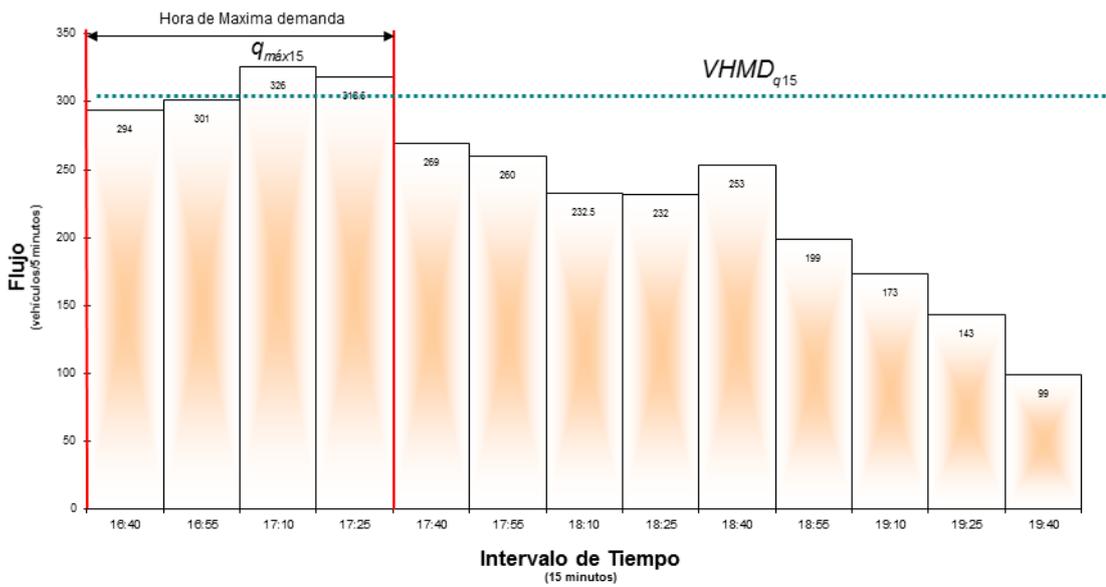
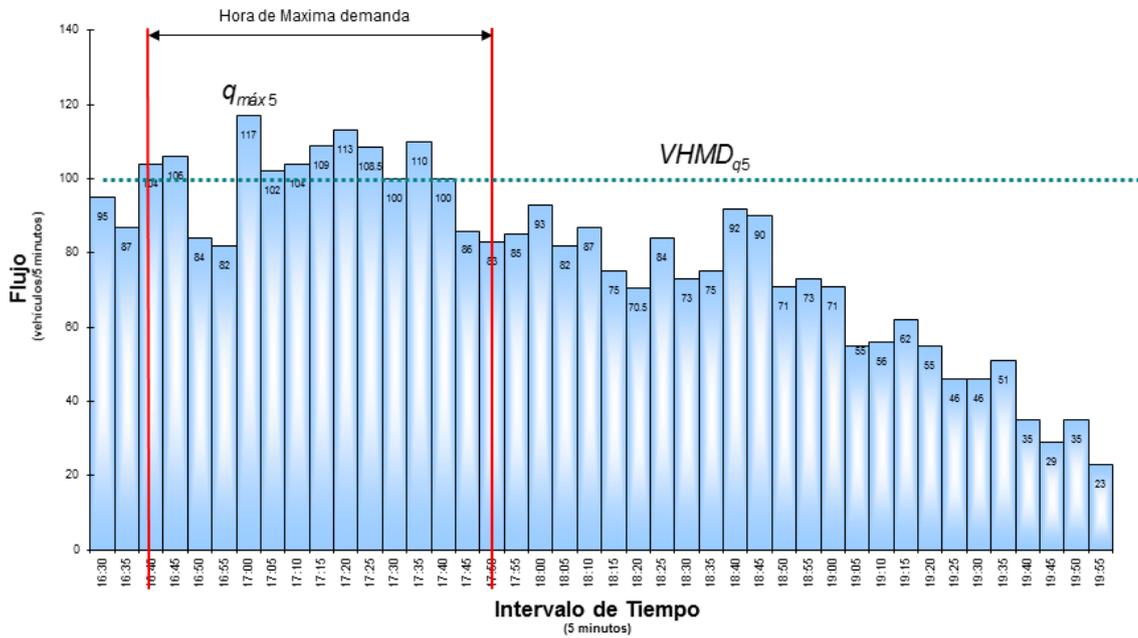


JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 04:30 pm. A 8:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHICULOS MIXTOS																	
Entre 4:30 pm. A 8:00 pm.						Mes abril 2016											
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)											
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo							
16:30 16:35	92	96	98	94	95	16:30 16:45	286	16:35 16:50	297	16:40 16:55	294						
16:35 16:40	87	84	88	89	87												
16:40 16:45	99	107	104	106	104												
16:45 16:50	103	107	109	105	106												
16:50 16:55	84	81	85	86	84												
16:55 17:00	77	85	82	84	82	16:45 17:00	272	16:50 17:05	283	16:55 17:10	301						
17:00 17:05	114	118	120	116	117												
17:05 17:10	102	99	103	104	102												
17:10 17:15	99	107	104	106	104												
17:15 17:20	106	110	112	108	109												
17:20 17:25	113	110	114	115	113	17:00 17:15	323	17:05 17:20	315	17:10 17:25	326						
17:25 17:30	99	113	110	112	108.5												
17:30 17:35	97	101	103	99	100												
17:35 17:40	110	107	111	112	110												
17:40 17:45	95	103	100	102	100												
17:45 17:50	83	87	89	85	86	17:15 17:30	330.5	17:20 17:35	321.5	17:25 17:40	318.5						
17:50 17:55	83	80	84	85	83												
17:55 18:00	80	88	85	87	85												
18:00 18:05	90	94	96	92	93												
18:05 18:10	82	79	83	84	82												
18:10 18:15	82	90	87	89	87	17:30 17:45	310	17:35 17:50	296	17:40 17:55	269						
18:15 18:20	72	76	78	74	75												
18:20 18:25	70	67	71	74	70.5												
18:25 18:30	79	87	84	86	84												
18:30 18:35	70	74	76	72	73												
18:35 18:40	75	72	76	77	75	17:45 18:00	254	17:50 18:05	261	17:55 18:10	260						
18:40 18:45	87	95	92	94	92												
18:45 18:50	87	91	93	89	90												
18:50 18:55	71	68	72	73	71												
18:55 19:00	68	76	73	75	73												
19:00 19:05	68	72	74	70	71	18:00 18:15	262	18:05 18:20	244	18:10 18:25	232.5						
19:05 19:10	55	52	56	57	55												
19:10 19:15	51	59	56	58	56												
19:15 19:20	59	63	65	61	62												
19:20 19:25	55	52	56	57	55												
19:25 19:30	41	49	46	48	46	18:15 18:30	229.5	18:20 18:35	227.5	18:25 18:40	232						
19:30 19:35	43	47	49	45	46												
19:35 19:40	51	48	52	53	51												
19:40 19:45	30	38	35	37	35												
19:45 19:50	26	30	32	28	29												
19:50 19:55	35	32	36	37	35	18:30 18:45	240	18:35 18:50	257	18:40 18:55	253						
19:55 20:00	18	26	23	25	23												
												18:45 19:00	234	18:50 19:05	215	18:55 19:10	199
						19:00 19:15	182	19:05 19:20	173	19:10 19:25	173						
						19:15 19:30	163	19:20 19:35	147	19:25 19:40	143						
						19:30 19:45	132	19:35 19:50	115	19:40 19:55	99						
						19:45 20:00	87										

RESUMEN

	5 min	15 min
Q _{max}	117	326
VHMD	1240	1240
FHMD	0.88	0.95
VHMD _p	103	310



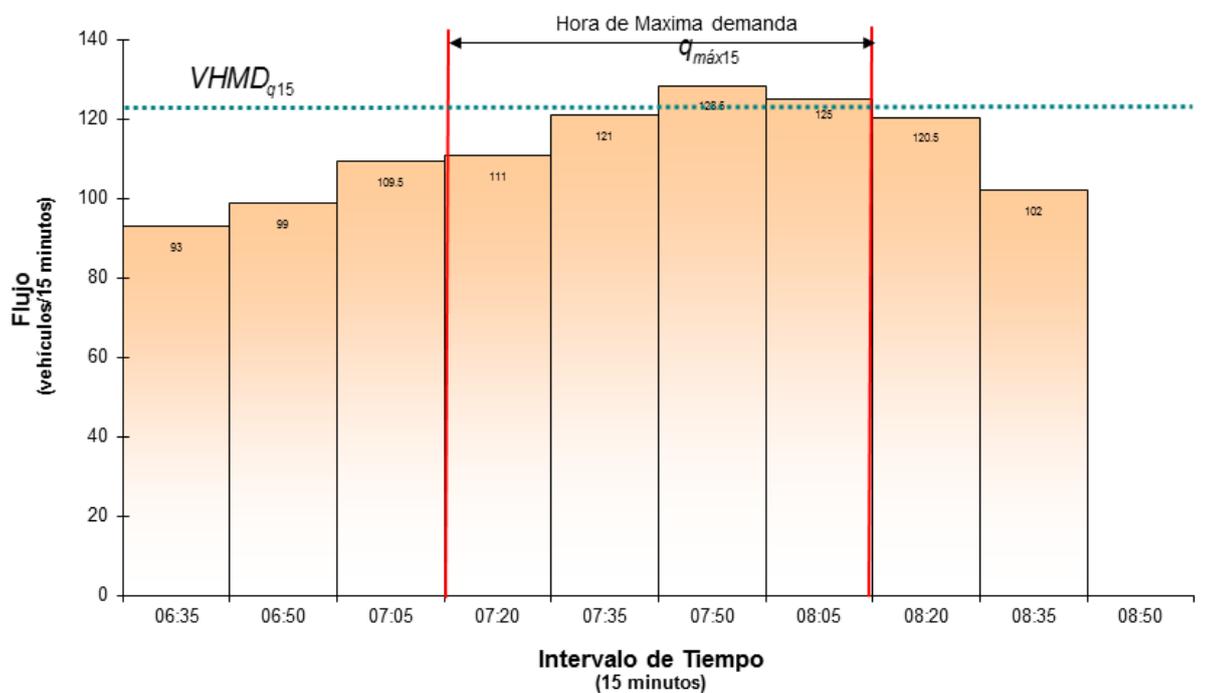
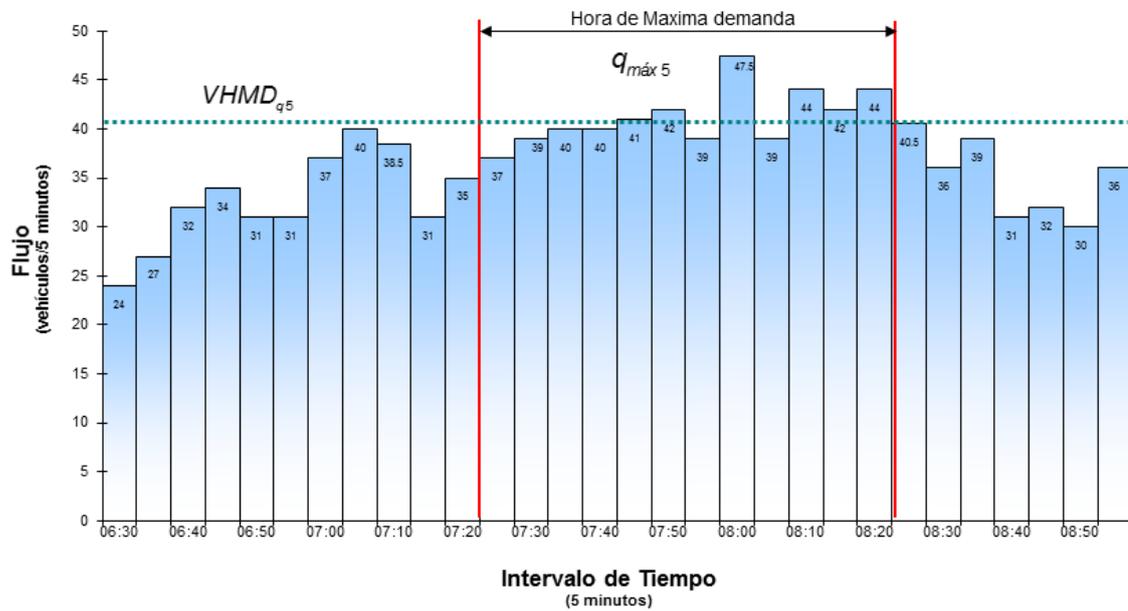
VEHÍCULOS COMBIS

JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 06:30 am. A 9:00 am.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHICULOS COMBIS												
Entre 6:30 am. A 9:00 am. Mes abril 2016												
Flujo cada 5 minutos (Vehiculos)						Flujo cada 15 minutos (Vehiculos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		
06:30 06:35	22	23	27	24	24							
06:35 06:40	24	28	30	26	27	06:30 06:45	83	06:35 06:50	93			
06:40 06:45	32	29	33	34	32					06:40 06:55	97	
06:45 06:50	29	37	34	36	34	06:45 07:00	96	06:50 07:05	99			
06:50 06:55	28	32	34	30	31					06:55 07:10	108	
06:55 07:00	31	28	32	33	31	07:00 07:15	115.5	07:05 07:20	109.5			
07:00 07:05	32	40	37	39	37					07:10 07:25	104.5	
07:05 07:10	37	41	43	39	40	07:15 07:30	103	07:20 07:35	111			
07:10 07:15	38	35	39	42	38.5					07:25 07:40	116	
07:15 07:20	26	34	31	33	31	07:30 07:45	119	07:35 07:50	121			
07:20 07:25	32	36	38	34	35					07:40 07:55	123	
07:25 07:30	37	34	38	39	37	07:45 08:00	122	07:50 08:05	128.5			
07:30 07:35	34	42	39	41	39					07:55 08:10	125.5	
07:35 07:40	37	41	43	39	40	08:00 08:15	130.5	08:05 08:20	125			
07:40 07:45	40	37	41	42	40					08:10 08:25	130	
07:45 07:50	36	44	41	43	41	08:15 08:30	126.5	08:20 08:35	120.5			
07:50 07:55	39	43	45	41	42					08:25 08:40	115.5	
07:55 08:00	39	36	40	41	39	08:30 08:45	106	08:35 08:50	102			
08:00 08:05	42	52	47	49	47.5					08:40 08:55	93	
08:05 08:10	36	40	42	38	39	08:45 09:00	98					
08:10 08:15	44	41	45	46	44							
08:15 08:20	37	45	42	44	42							
08:20 08:25	41	45	47	43	44							
08:25 08:30	42	37	41	42	40.5							
08:30 08:35	31	39	36	38	36							
08:35 08:40	36	40	42	38	39							
08:40 08:45	31	28	32	33	31							
08:45 08:50	27	35	32	34	32							
08:50 08:55	27	31	33	29	30							
08:55 09:00	36	33	37	38	36							

RESUMEN

	5 min	15 min
q_{max}	47.5	129
VHMD	498	498
FHMD	0.87	0.97
VHMD _P	42	125

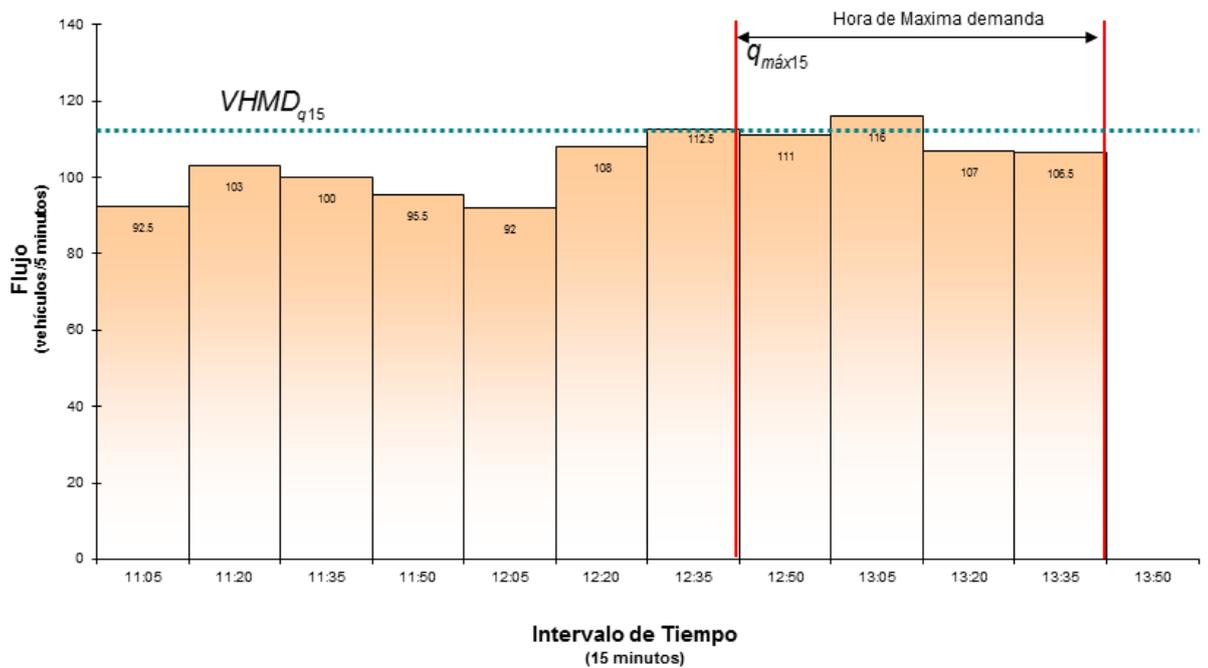
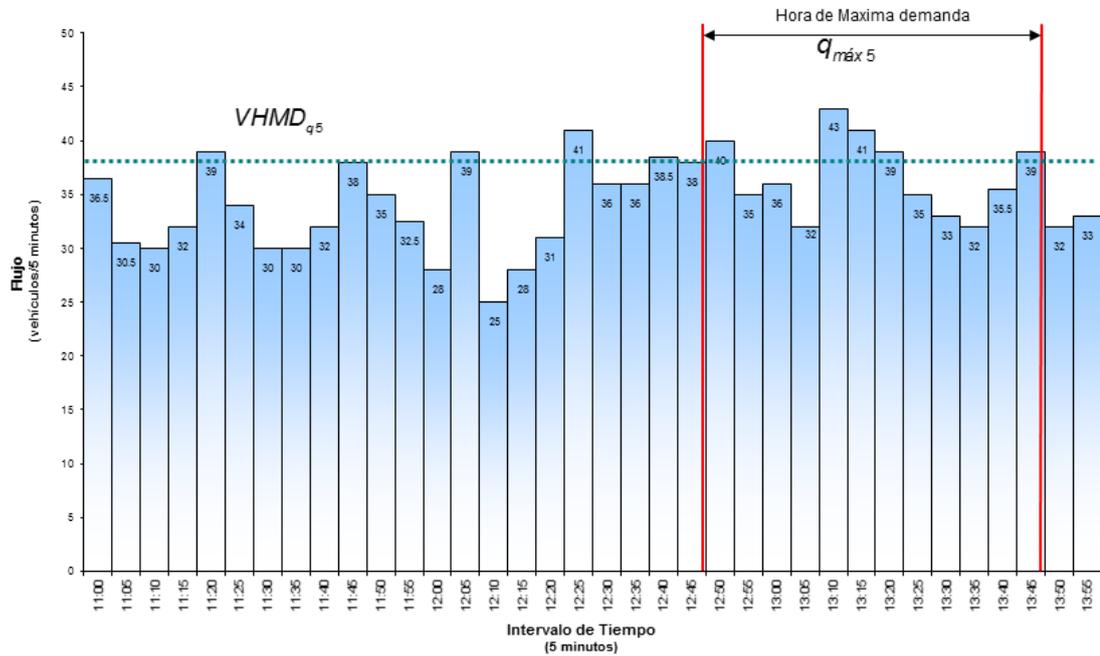


JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 11:00 am. A 2:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHICULOS COMBIS													
Entre 11:00 am. A 2:00 pm. Mes abril 2016													
Flujo cada 5 minutos (Vehiculos)						Flujo cada 15 minutos (Vehiculos)							
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo			
11:00 11:05	33	37	39	37	36.5								
11:05 11:10	31	26	32	33	30.5	11:00 11:15	97						
11:10 11:15	25	33	30	32	30			11:05 11:20	92.5			11:10 11:25	101
11:15 11:20	29	33	35	31	32								
11:20 11:25	39	36	40	41	39	11:15 11:30	105						
11:25 11:30	29	37	34	36	34			11:20 11:35	103				
11:30 11:35	27	31	33	29	30							11:25 11:40	94
11:35 11:40	30	27	31	32	30	11:30 11:45	92						
11:40 11:45	27	35	32	34	32			11:35 11:50	100			11:40 11:55	105
11:45 11:50	35	39	41	37	38								
11:50 11:55	35	32	36	37	35	11:45 12:00	105.5	11:50 12:05	95.5			11:55 12:10	99.5
11:55 12:00	26	36	33	35	32.5								
12:00 12:05	25	29	31	27	28			12:00 12:15	92				
12:05 12:10	39	36	40	41	39							12:10 12:25	84
12:10 12:15	20	28	25	27	25			12:05 12:20	92				
12:15 12:20	25	29	31	27	28								
12:20 12:25	31	28	32	33	31	12:15 12:30	100	12:20 12:35	108			12:25 12:40	113
12:25 12:30	36	44	41	43	41								
12:30 12:35	33	37	39	35	36			12:35 12:50	112.5			12:40 12:55	116.5
12:35 12:40	36	33	37	38	36	12:30 12:45	110.5						
12:40 12:45	35	41	38	40	38.5							12:55 13:10	103
12:45 12:50	35	39	41	37	38			12:50 13:05	111				
12:50 12:55	40	37	41	42	40	12:45 13:00	113					13:10 13:25	123
12:55 13:00	30	38	35	37	35			13:05 13:20	116				
13:00 13:05	33	37	39	35	36								
13:05 13:10	32	29	33	34	32	13:00 13:15	111	13:20 13:35	107			13:25 13:40	100
13:10 13:15	38	46	43	45	43								
13:15 13:20	38	42	44	40	41								
13:20 13:25	39	36	40	41	39	13:15 13:30	115						
13:25 13:30	30	38	35	37	35			13:35 13:50	106.5			13:40 13:55	106.5
13:30 13:35	30	34	36	32	33								
13:35 13:40	32	29	33	34	32	13:30 13:45	100.5						
13:40 13:45	29	39	36	38	35.5								
13:45 13:50	36	40	42	38	39								
13:50 13:55	32	29	33	34	32	13:45 14:00	104						
13:55 14:00	28	36	33	35	33								

RESUMEN

	5 min	15 min
q _{max}	43	116
VHMD	456	456
FHMD	0.88	0.98
VHMD _p	38	114

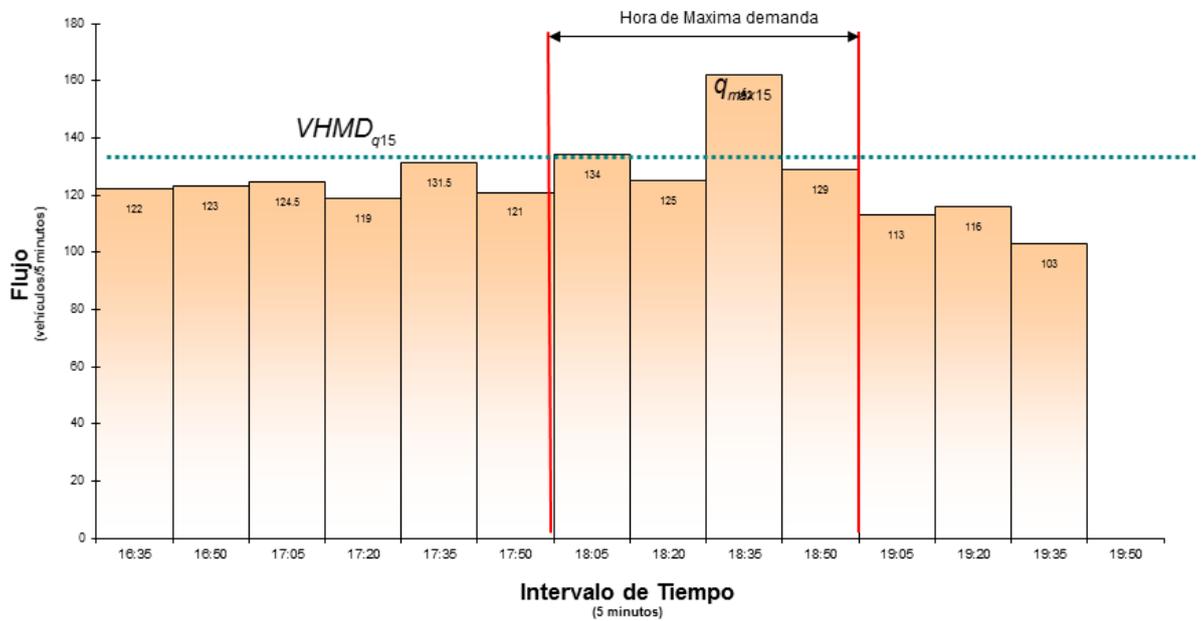
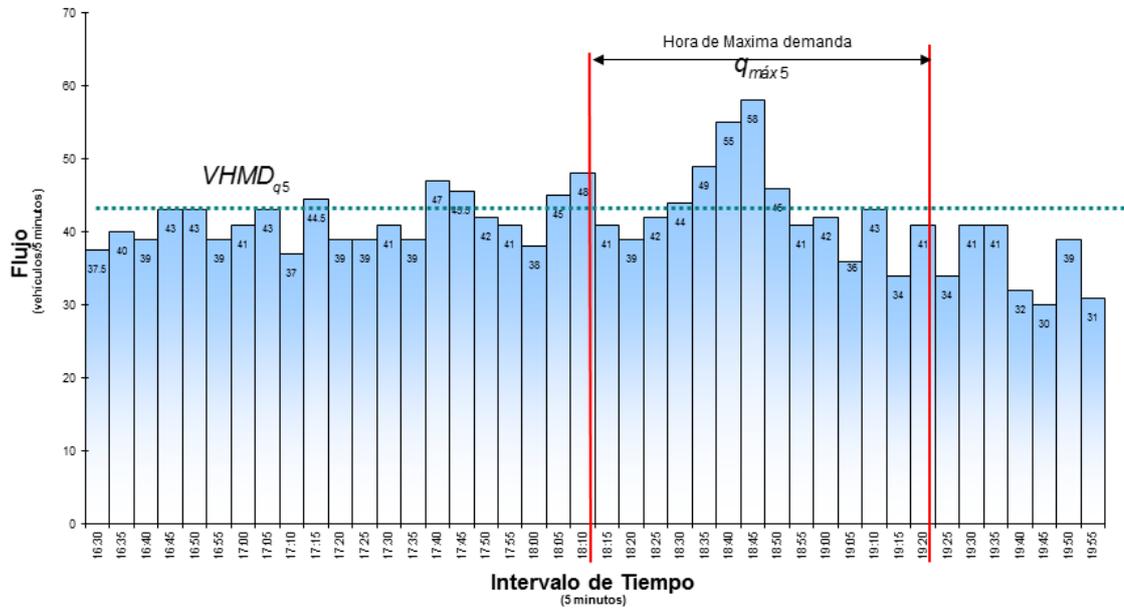


JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 4:30 pm. A 8:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHICULOS COMBIS												
Entre 04:30 pm. A 8:00 pm.						Mes abril 2016						
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		
16:30 16:35	35	39	41	35	37.5							
16:35 16:40	40	37	41	42	40	16:30 16:45	116.5					
16:40 16:45	34	42	39	41	39			16:35 16:50	122	16:40 16:55	125	
16:45 16:50	40	44	46	42	43							
16:50 16:55	43	40	44	45	43	16:45 17:00	125	16:50 17:05	123			
16:55 17:00	34	42	39	41	39					16:55 17:10	123	
17:00 17:05	38	42	44	40	41	17:00 17:15	121	17:05 17:20	124.5			
17:05 17:10	43	40	44	45	43					17:10 17:25	120.5	
17:10 17:15	32	40	37	39	37	17:15 17:30	122.5	17:20 17:35	119			
17:15 17:20	44	48	40	46	44.5					17:25 17:40	119	
17:20 17:25	39	36	40	41	39	17:30 17:45	127	17:35 17:50	131.5			
17:25 17:30	34	42	39	41	39					17:40 17:55	134.5	
17:30 17:35	38	42	44	40	41	17:45 18:00	128.5	17:50 18:05	121			
17:35 17:40	39	36	40	41	39					17:55 18:10	124	
17:40 17:45	42	50	47	49	47	18:00 18:15	131	18:05 18:20	134			
17:45 17:50	44	42	50	46	45.5					18:10 18:25	128	
17:50 17:55	42	39	43	44	42	18:15 18:30	122	18:20 18:35	125			
17:55 18:00	36	44	41	43	41					18:25 18:40	135	
18:00 18:05	35	39	41	37	38	18:30 18:45	148	18:35 18:50	162			
18:05 18:10	45	42	46	47	45					18:40 18:55	159	
18:10 18:15	43	51	48	50	48	18:45 19:00	145	18:50 19:05	129			
18:15 18:20	38	42	44	40	41					18:55 19:10	119	
18:20 18:25	39	36	40	41	39	19:00 19:15	121	19:05 19:20	113			
18:25 18:30	37	45	42	44	42					19:10 19:25	118	
18:30 18:35	41	45	47	43	44	19:15 19:30	109	19:20 19:35	116			
18:35 18:40	49	46	50	51	49					19:25 19:40	116	
18:40 18:45	50	58	55	57	55	19:30 19:45	114	19:35 19:50	103			
18:45 18:50	55	59	61	57	58					19:40 19:55	101	
18:50 18:55	46	43	47	48	46	19:45 20:00	100					
18:55 19:00	36	44	41	43	41							
19:00 19:05	39	43	45	41	42							
19:05 19:10	36	33	37	38	36							
19:10 19:15	38	46	43	45	43							
19:15 19:20	31	35	37	33	34							
19:20 19:25	41	38	42	43	41							
19:25 19:30	29	37	34	36	34							
19:30 19:35	38	42	44	40	41							
19:35 19:40	41	38	42	43	41							
19:40 19:45	27	35	32	34	32							
19:45 19:50	27	31	33	29	30							
19:50 19:55	39	36	40	41	39							
19:55 20:00	26	34	31	33	31							

RESUMEN

	5 min	15 min
q _{max}	58	162
VHMD	550	550
FHMD	0.79	0.85
VHMD _P	46	138



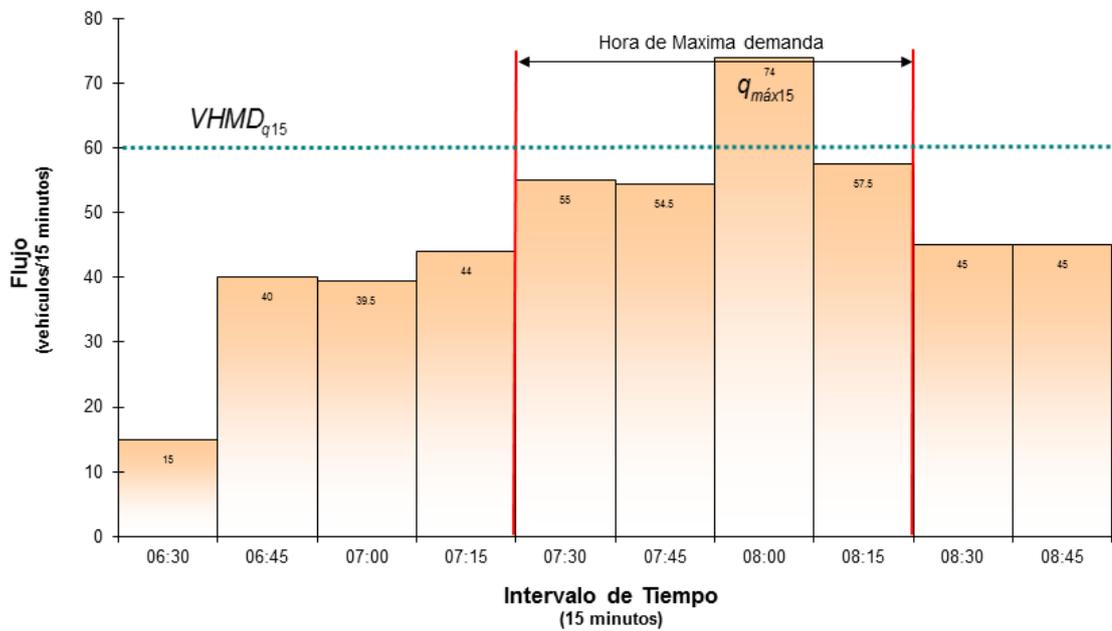
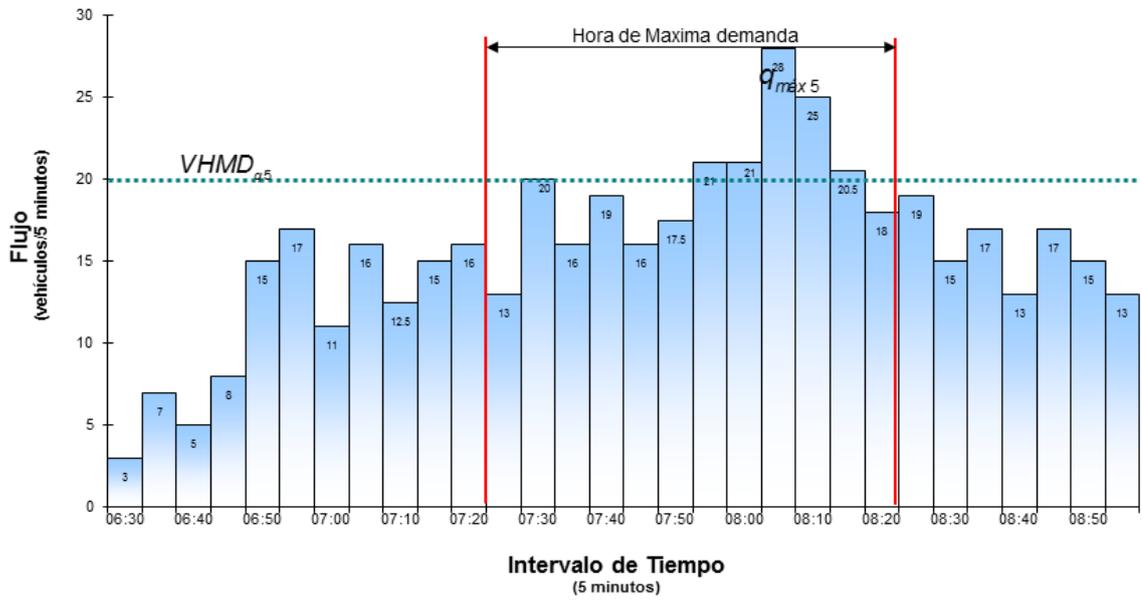
VEHÍCULO TRICICLO

JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 6:30 am. A 9:00 am.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHICULOS TRICICLOS												
Entre 06:30 am. A 9:00 am.						Mes abril 2016						
Flujo cada 5 minutos (Vehiculos)						Flujo cada 15 minutos (Vehiculos)						
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		
06:30 06:35	0	4	6	2	3	06:30 06:45	15					
06:35 06:40	7	4	8	9	7	06:45 07:00	40	06:35 06:50	20	06:40 06:55	28	
06:40 06:45	3	7	4	6	5	06:50 07:05	15	06:50 07:05	43	06:55 07:10	44	
06:45 06:50	5	9	11	7	8	07:00 07:15	39.5	07:05 07:20	43.5	07:10 07:25	43.5	
06:50 06:55	15	12	16	17	15	07:15 07:30	44	07:20 07:35	49	07:25 07:40	49	
06:55 07:00	12	20	17	19	17	07:30 07:45	55	07:35 07:50	51	07:40 07:55	52.5	
07:00 07:05	9	13	11	11	11	07:45 08:00	54.5	07:50 08:05	59.5	07:55 08:10	70	
07:05 07:10	16	13	17	18	16	08:00 08:15	74	08:05 08:20	73.5	08:10 08:25	63.5	
07:10 07:15	8	16	11	15	12.5	08:15 08:30	57.5	08:20 08:35	52	08:25 08:40	51	
07:15 07:20	12	16	18	14	15	08:30 08:45	45	08:35 08:50	47	08:40 08:55	45	
07:20 07:25	16	13	17	18	16	08:45 09:00	45					
07:25 07:30	8	16	13	15	13							
07:30 07:35	17	21	23	19	20							
07:35 07:40	16	13	17	18	16							
07:40 07:45	14	22	19	21	19							
07:45 07:50	13	17	19	15	16							
07:50 07:55	18	15	17	20	17.5							
07:55 08:00	16	24	21	23	21							
08:00 08:05	18	22	24	20	21							
08:05 08:10	28	25	29	30	28							
08:10 08:15	20	28	25	27	25							
08:15 08:20	18	22	24	18	20.5							
08:20 08:25	18	15	19	20	18							
08:25 08:30	14	22	19	21	19							
08:30 08:35	12	16	18	14	15							
08:35 08:40	17	14	18	19	17							
08:40 08:45	8	16	13	15	13							
08:45 08:50	14	18	20	16	17							
08:50 08:55	15	12	16	17	15							
08:55 09:00	8	16	13	15	13							

RESUMEN

	5 min	15 min
q_{max}	28	74
VHMD	241	241
FHMD	0.72	0.81
VHMD _p	20	60

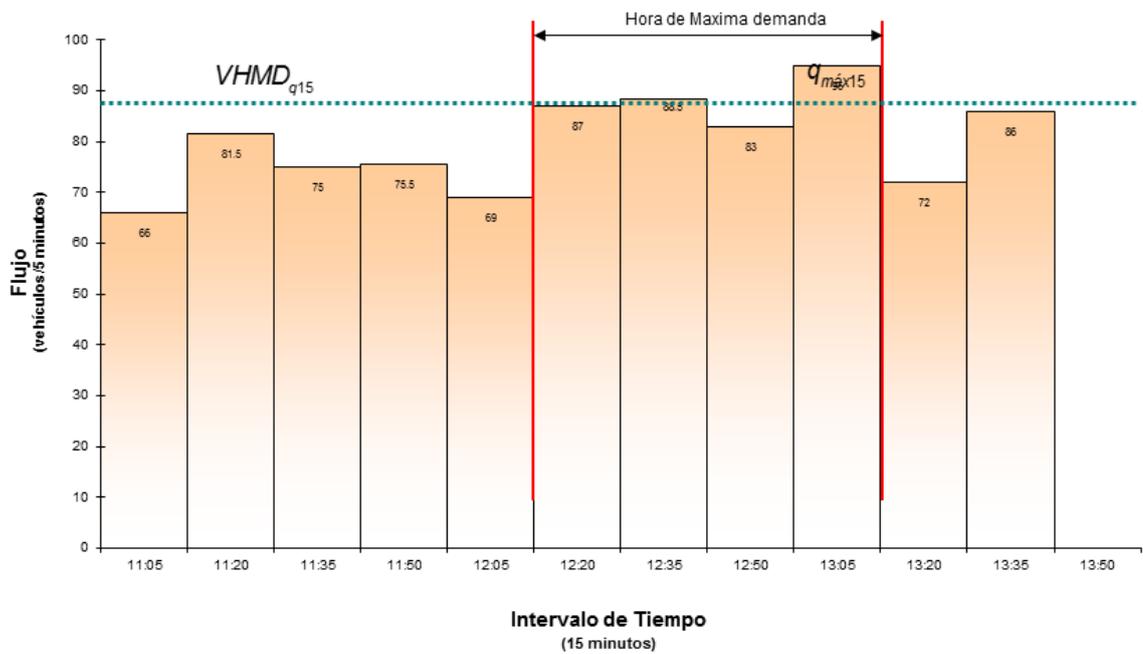
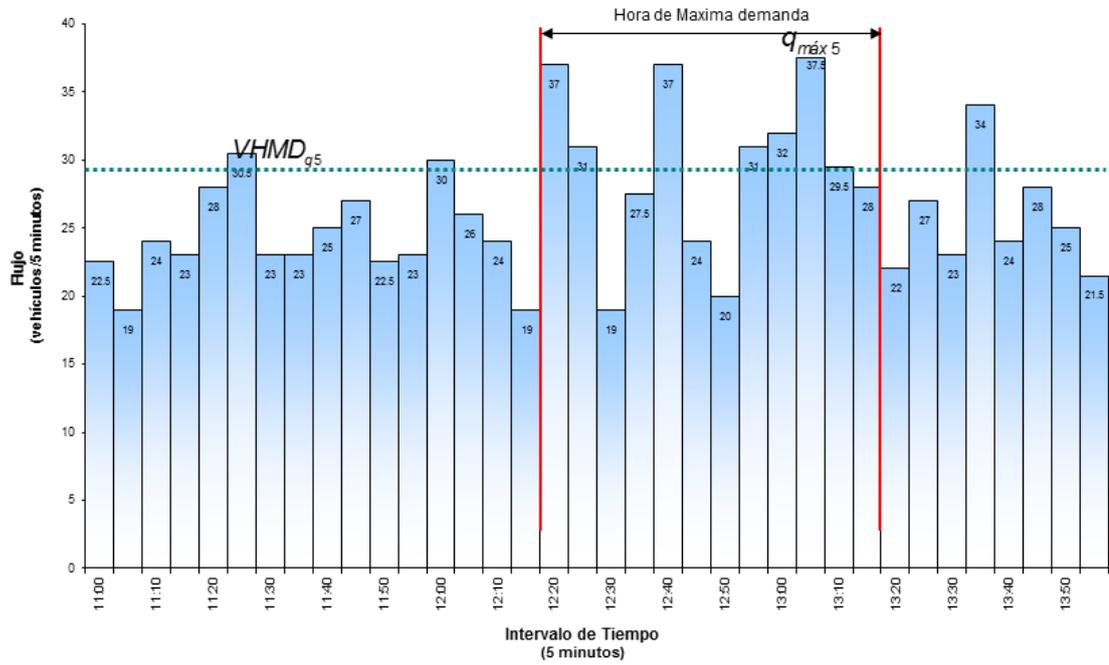


JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 11:00 am. A 2:00 pm.), aforo de los días lunes abril 2016.

VEHICULOS TRICICLOS																					
Entre 11:30 am. A 2:00 pm. Mes abril 2016																					
Flujo cada 5 minutos (Vehiculos)						Flujo cada 15 minutos (Vehiculos)															
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		Periodo									
11:00 11:05	22	26	28	14	22.5	11:00 11:15	65.5	11:05 11:20	66	11:10 11:25	75	11:25 11:40	76.5								
11:05 11:10	19	16	20	21	19																
11:10 11:15	19	27	24	26	24																
11:15 11:20	20	24	26	22	23																
11:20 11:25	28	25	29	30	28																
11:25 11:30	28	26	33	35	30.5	11:30 11:45	71	11:35 11:50	75	11:40 11:55	74.5	11:55 12:10	79								
11:30 11:35	20	24	26	22	23																
11:35 11:40	23	20	24	25	23																
11:40 11:45	20	28	25	27	25																
11:45 11:50	24	28	30	26	27																
11:50 11:55	25	22	26	17	22.5	12:00 12:15	80	12:05 12:20	69	12:10 12:25	80	12:25 12:40	77.5								
11:55 12:00	18	26	23	25	23																
12:00 12:05	27	31	33	29	30																
12:05 12:10	26	23	27	28	26																
12:10 12:15	19	27	24	26	24																
12:15 12:20	16	20	22	18	19	12:15 12:30	87	12:20 12:35	87	12:35 12:50	88.5	13:05 13:20	95								
12:20 12:25	37	34	38	39	37																
12:25 12:30	26	34	31	33	31																
12:30 12:35	16	20	22	18	19																
12:35 12:40	20	27	31	32	27.5									12:30 12:45	83.5	12:35 12:50	88.5	12:40 12:55	81	13:10 13:25	79.5
12:40 12:45	32	40	37	39	37																
12:45 12:50	21	25	27	23	24																
12:50 12:55	20	17	21	22	20																
12:55 13:00	26	34	31	33	31	12:45 13:00	75	12:50 13:05	83	13:25 13:40	84	13:40 13:55	77								
13:00 13:05	29	33	35	31	32																
13:05 13:10	40	37	31	42	37.5									13:00 13:15	99	13:05 13:20	95	13:35 13:50	86	13:40 13:55	77
13:10 13:15	27	35	22	34	29.5																
13:15 13:20	25	29	31	27	28																
13:20 13:25	22	19	23	24	22	13:15 13:30	77	13:20 13:35	72	13:40 13:55	77										
13:25 13:30	22	30	27	29	27																
13:30 13:35	20	24	26	22	23							13:30 13:45	81	13:35 13:50	86	13:40 13:55	77				
13:35 13:40	34	31	35	36	34																
13:40 13:45	19	27	24	26	24													13:45 14:00	74.5		
13:45 13:50	25	29	31	27	28																
13:50 13:55	25	22	26	27	25																
13:55 14:00	19	27	24	16	21.5																

RESUMEN

	5 min	15 min
q _{max}	37.5	95
VHMD	354	354
FHMD	0.79	0.93
VHMD _p	29	88



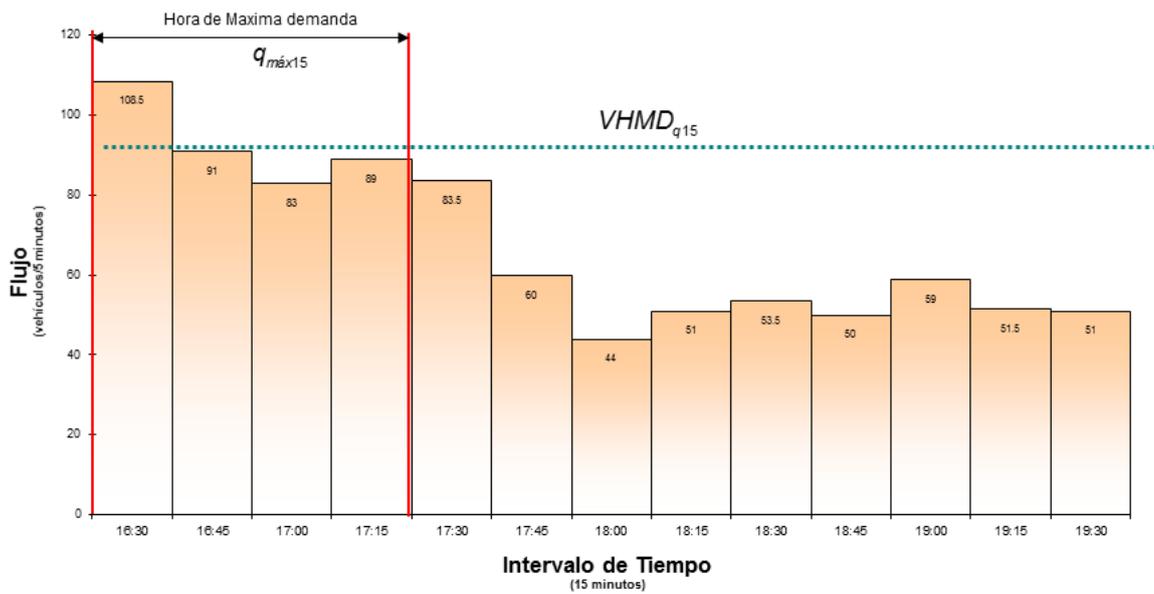
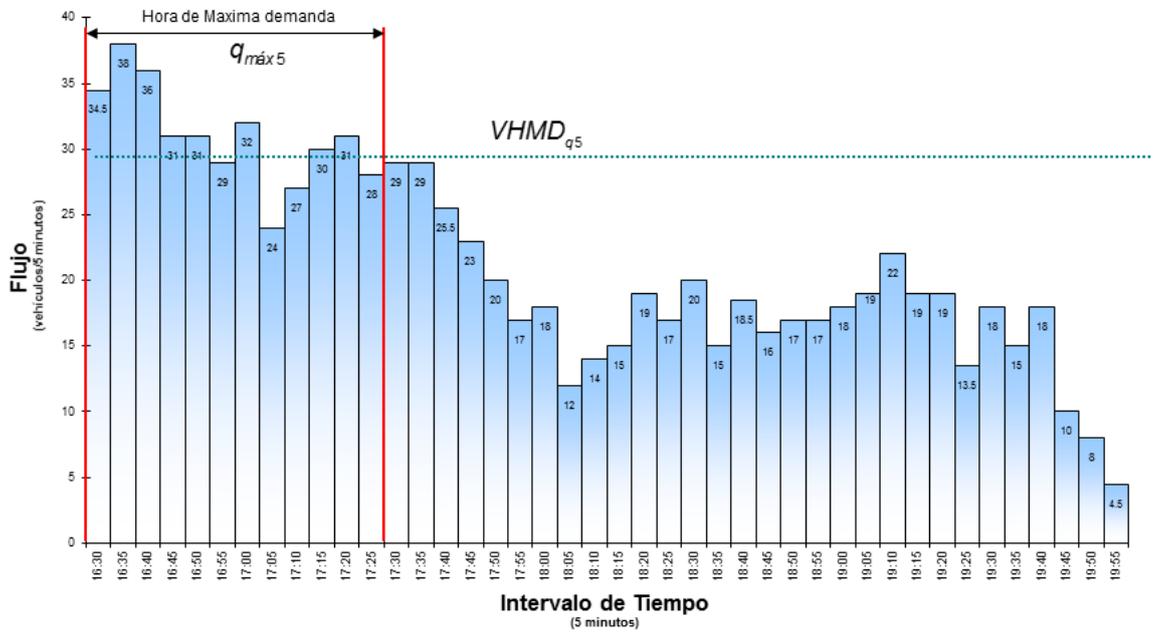
JR. MARIANO NÚÑEZ (Entre 4:30 pm. A 8:00 pm.), aforo de los días lunes abril

2016.

VEHICULOS TRICICLOS													
Entre 04:30 pm. A 8:00 pm. Mes abril 2016													
Flujo cada 5 minutos (Vehículos)						Flujo cada 15 minutos (Vehículos)							
Periodo	4	11	18	25	promedio	Periodo		Periodo		Periodo		Periodo	
16:30 16:35	34	38	40	26	34.5								
16:35 16:40	38	35	39	40	38	16:30 16:45	108.5						
16:40 16:45	31	39	36	38	36			16:35 16:50	105			16:40 16:55	98
16:45 16:50	28	32	34	30	31								
16:50 16:55	31	28	32	33	31	16:45 17:00	91						
16:55 17:00	24	32	29	31	29			16:50 17:05	92			16:55 17:10	85
17:00 17:05	29	33	35	31	32	17:00 17:15	83						
17:05 17:10	24	21	25	26	24			17:05 17:20	81			17:10 17:25	88
17:10 17:15	22	30	27	29	27	17:15 17:30	89						
17:15 17:20	27	31	33	29	30			17:20 17:35	88			17:25 17:40	86
17:20 17:25	31	28	32	33	31	17:30 17:45	83.5					17:35 17:50	77.5
17:25 17:30	23	31	28	30	28			17:40 17:55	60			17:45 18:00	68.5
17:30 17:35	26	30	32	28	29	17:45 18:00	60					17:50 18:05	55
17:35 17:40	29	26	30	31	29			18:00 18:15	44			17:55 18:10	47
17:40 17:45	23	31	18	30	25.5	18:05 18:20	41					18:05 18:20	41
17:45 17:50	20	24	26	22	23	18:15 18:30	51					18:10 18:25	48
17:50 17:55	20	17	21	22	20			18:20 18:35	56			18:25 18:40	52
17:55 18:00	12	20	17	19	17	18:25 18:30	12					18:30 18:45	53.5
18:00 18:05	15	19	21	17	18			18:35 18:50	49.5			18:40 18:55	51.5
18:05 18:10	12	9	13	14	12	18:30 18:45	53.5					18:45 19:00	50
18:10 18:15	9	17	14	16	14			18:50 19:05	52			18:55 19:10	54
18:15 18:20	12	16	18	14	15	18:15 18:30	51					19:00 19:15	59
18:20 18:25	19	16	20	21	19			19:05 19:20	60			19:05 19:20	60
18:25 18:30	12	20	17	19	17	18:30 18:45	53.5					19:10 19:25	60
18:30 18:35	17	21	23	19	20			19:20 19:35	50.5			19:15 19:30	51.5
18:35 18:40	15	12	16	17	15	18:45 19:00	50					19:20 19:35	50.5
18:40 18:45	16	24	21	13	18.5			19:30 19:45	51			19:25 19:40	46.5
18:45 18:50	13	17	19	15	16	19:00 19:15	59					19:30 19:45	51
18:50 18:55	17	14	18	19	17			19:35 19:50	43			19:40 19:55	36
18:55 19:00	12	20	17	19	17	19:15 19:30	51.5						
19:00 19:05	15	19	21	17	18								
19:05 19:10	19	16	20	21	19	19:30 19:45	51						
19:10 19:15	17	25	22	24	22								
19:15 19:20	16	20	22	18	19	19:45 19:50	7						
19:20 19:25	19	16	20	21	19								
19:25 19:30	11	9	16	18	13.5	19:50 19:55	8						
19:30 19:35	15	19	21	17	18								
19:35 19:40	15	12	16	17	15	19:55 20:00	1						
19:40 19:45	13	21	18	20	18								
19:45 19:50	7	11	13	9	10								
19:50 19:55	8	5	9	10	8								
19:55 20:00	1	9	6	2	4.5								

RESUMEN

	5 min	15 min
q _{max}	38	109
VHMD	372	372
FHMD	0.81	0.86
VHMD _p	31	93

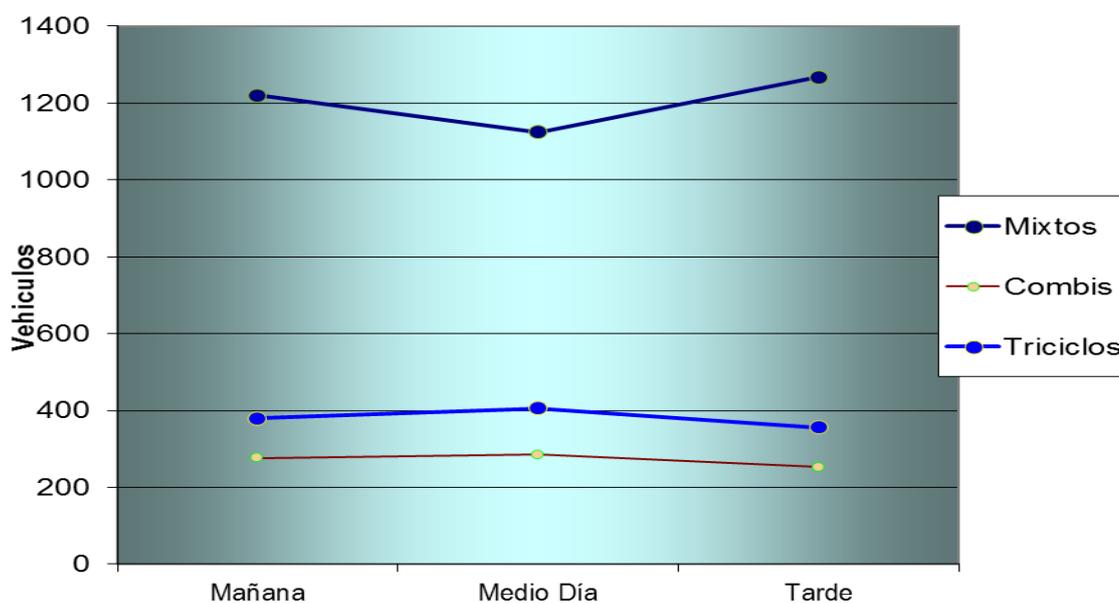


RESUMEN: Jr. San Martín. Los flujos más altos en los tres horarios aforados se presentan a continuación, en los diferentes tipos de vehículos. La tendencia es que los flujos son mayores en la tarde (16:30 a 20:00) por el reflujo, en todos los tipos de vehículos, la cual densifica el tránsito vehicular ocasionando un desplazamiento muy lento en algunos casos ocasionando congestionamiento y accidentes la cual determina el nivel de servicio ineficientes. El flujo más bajo se presenta al medio día, con un flujo superior en la mañana sin superar al de la tarde. Como muestra la figura 4.04.

Cuadro N° 4.04. Jr. Mariano Núñez, Aforo lunes, Abril del 2016

Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	1210.5	498	241
Medio Día	11:00 a 14:00	1140.5	455.5	353.5
Tarde	16:00 a 20:00	1239.5	550	371.5

Figura N° 4.04: gráfica de la tendencia de los flujos

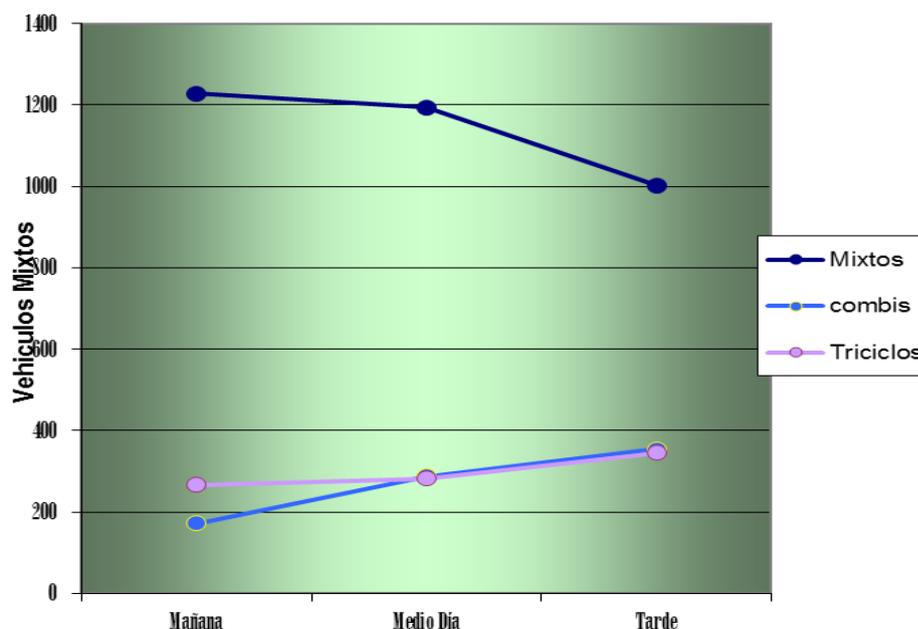


En el Jr. Piérola los mayores flujos se presentan en la tarde, en los vehículos triciclos y combis, reduciéndose en la tarde la cantidad de vehículos mixtos a comparación de las horas de la mañana. Como se muestra en la figura 4.05

Cuadro N° 4.05. Jr. Piérola, Aforo lunes, abril del 2016

Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	1227.5	172	266
Medio Día	11:00 a 14:00	1193.5	288	282.5
Tarde	16:00 a 20:00	1002	354.5	345.5

Figura N° 4. 05: gráfica de la tendencia de los flujos

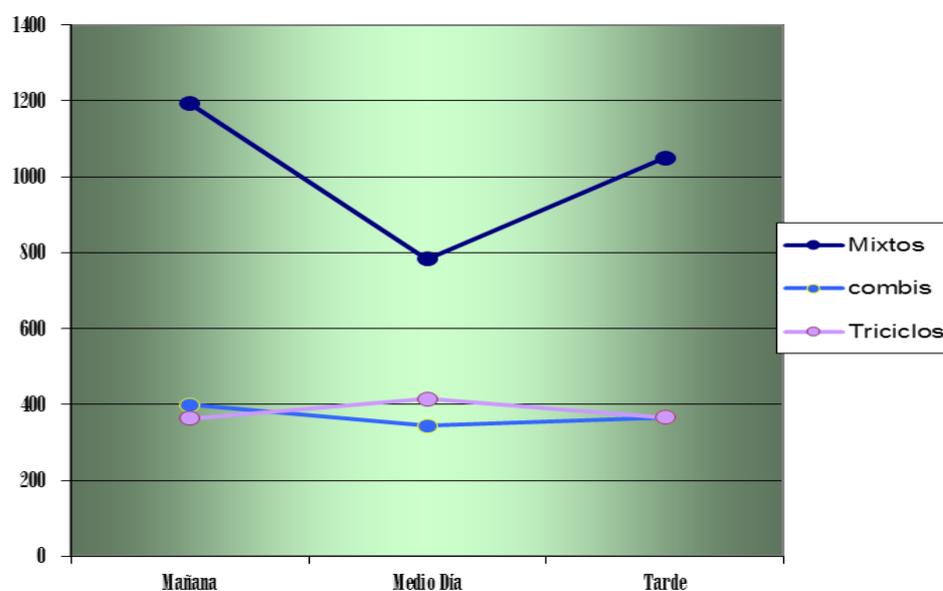


Jr. Mariano Núñez (salida cusco) los flujos se presentan en la mañana, en los vehículos motorizados. De igual manera la presencia de los vehículos no motorizados es alta ocasionando un desplazamiento muy lento e ineficiente. La tendencia baja al medio día y muestra los flujos más bajos en la tarde como muestra en la figura 4.06.

Cuadro N° 4.06. Jr. Mariano Núñez (salida Cusco), Aforo lunes, abril del 2016

Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	1192.5	399.5	363.5
Medio Día	11:00 a 14:00	783	344.5	415
Tarde	16:00 a 20:00	1049.5	366	366

Figura N° 4. 06: gráfica de la tendencia de los flujos

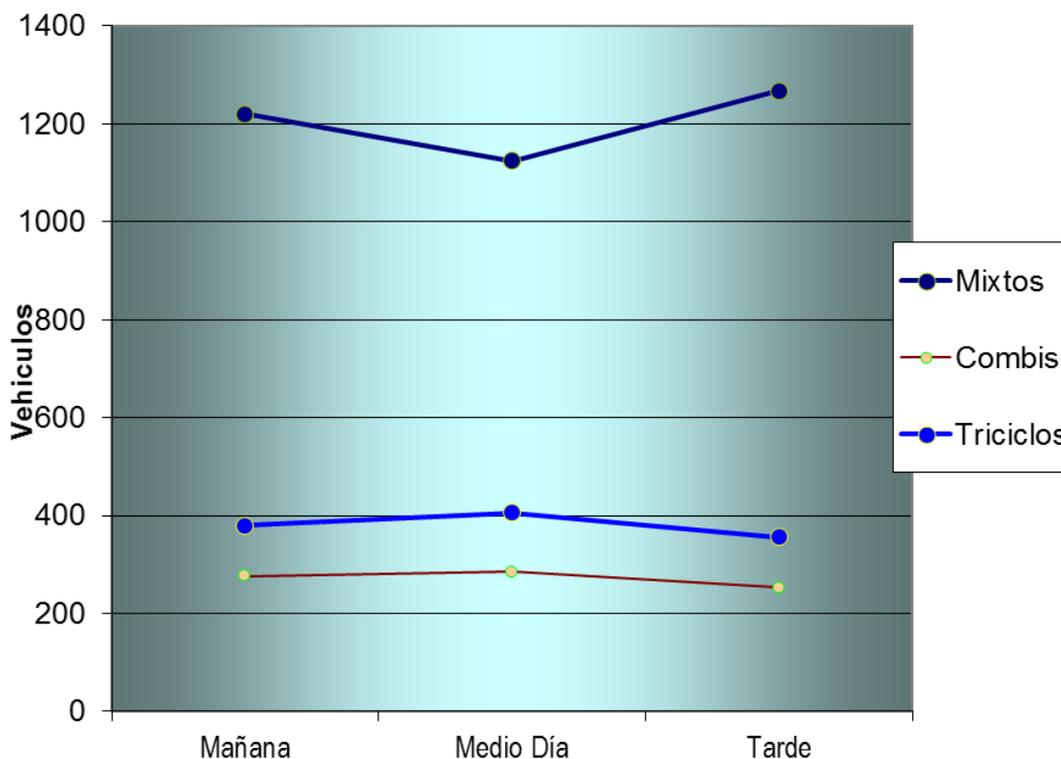


Jr. San Román. En este Jirón se producen los flujos más altos de todas las vías aforadas. En la figura 4.07. Muestra el flujo más alto en la tarde

Cuadro N° 4.07. Jr. San Román, Aforo lunes, abril del 2016

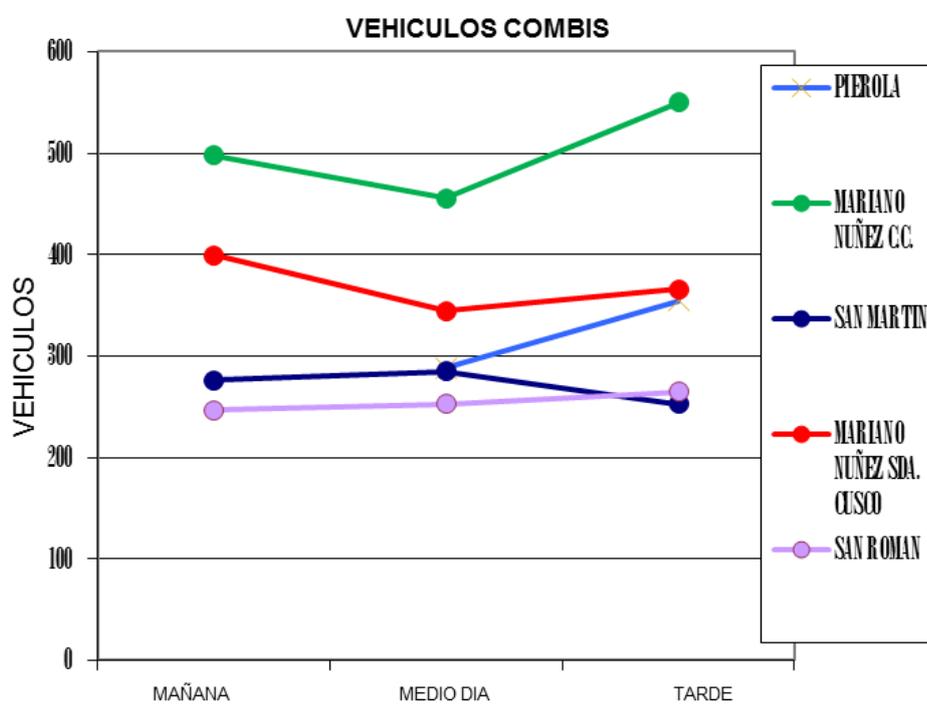
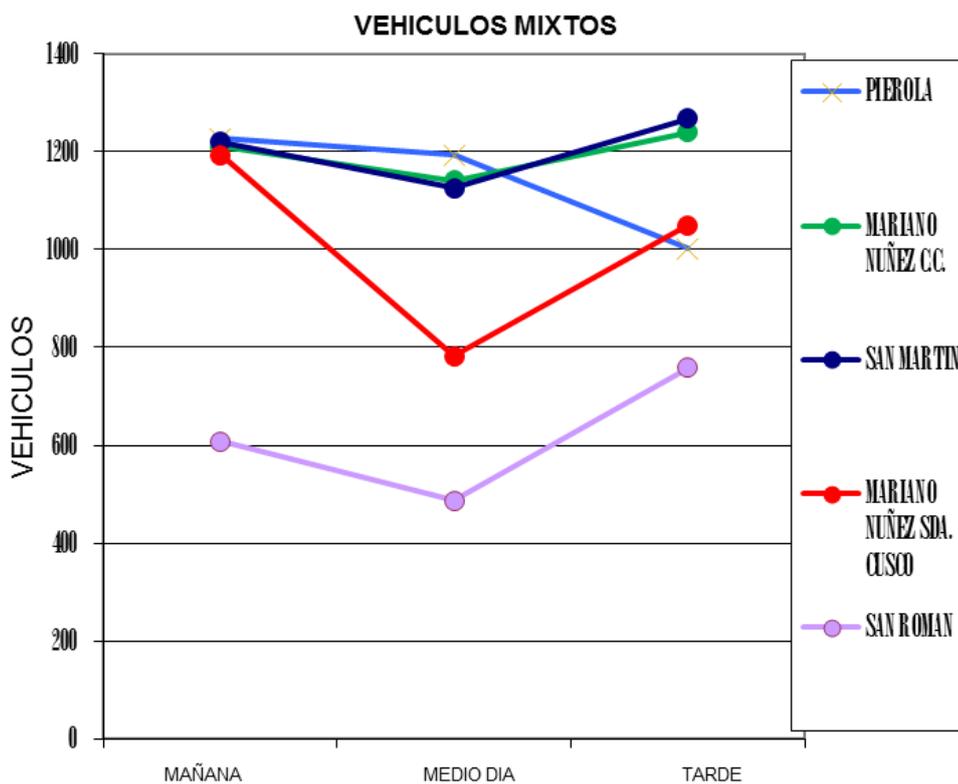
Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	608.5	246.5	323.5
Medio Día	11:00 a 14:00	486.5	252.5	338.5
Tarde	16:00 a 20:00	758	264.5	348.5

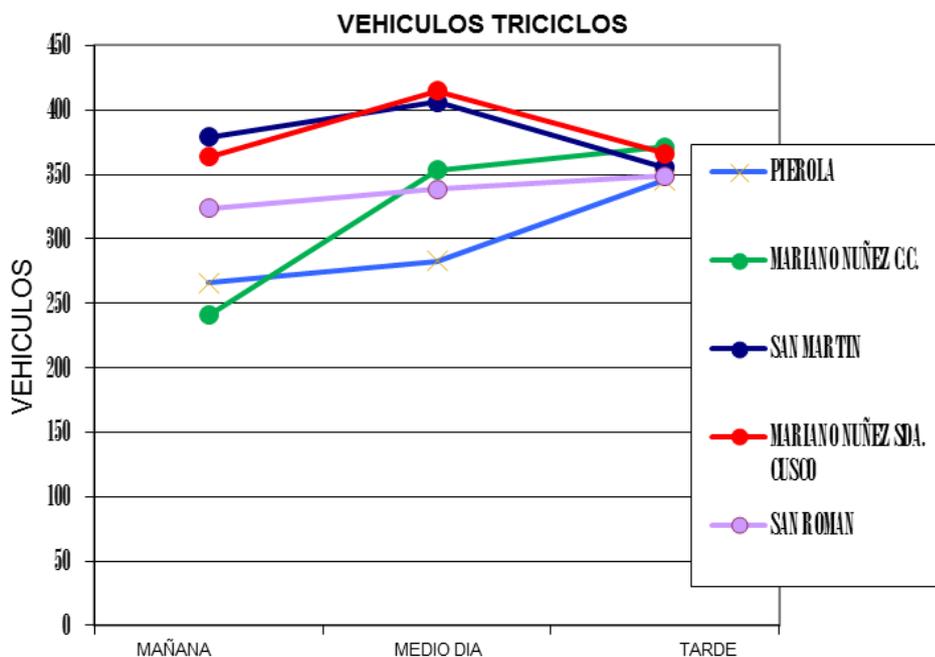
Figura N° 4. 07: gráfica de la tendencia de los flujos



CUADROS COMPARATIVOS

MARIANO NUÑEZ SDA. CUSCO				
Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	1192.5	399.5	363.5
Medio Día	11:00 a 14:00	783	344.5	415
Tarde	16:00 a 20:00	1049.5	366	366
MARIANO NUÑEZ C.C.				
Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	1210.5	498	241
Medio Día	11:00 a 14:00	1140.5	455.5	353.5
Tarde	16:00 a 20:00	1239.5	550	371.5
PIEROLA				
Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	1227.5	172	266
Medio Día	11:00 a 14:00	1193.5	288	282.5
Tarde	16:00 a 20:00	1002	354.5	345.5
SAN MARTIN				
Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	1220	276	379
Medio Día	11:00 a 14:00	1125	284.5	406
Tarde	16:00 a 20:00	1267.1875	253	355.5
SAN ROMAN				
Hora		Resumen de los Flujos Máximos en una Hora		
		Vehículos		
		Mixtos	combis	Triciclos
Mañana	06:30 a 9:00	608.5	246.5	323.5
Medio Día	11:00 a 14:00	486.5	252.5	338.5
Tarde	16:00 a 20:00	758	264.5	348.5





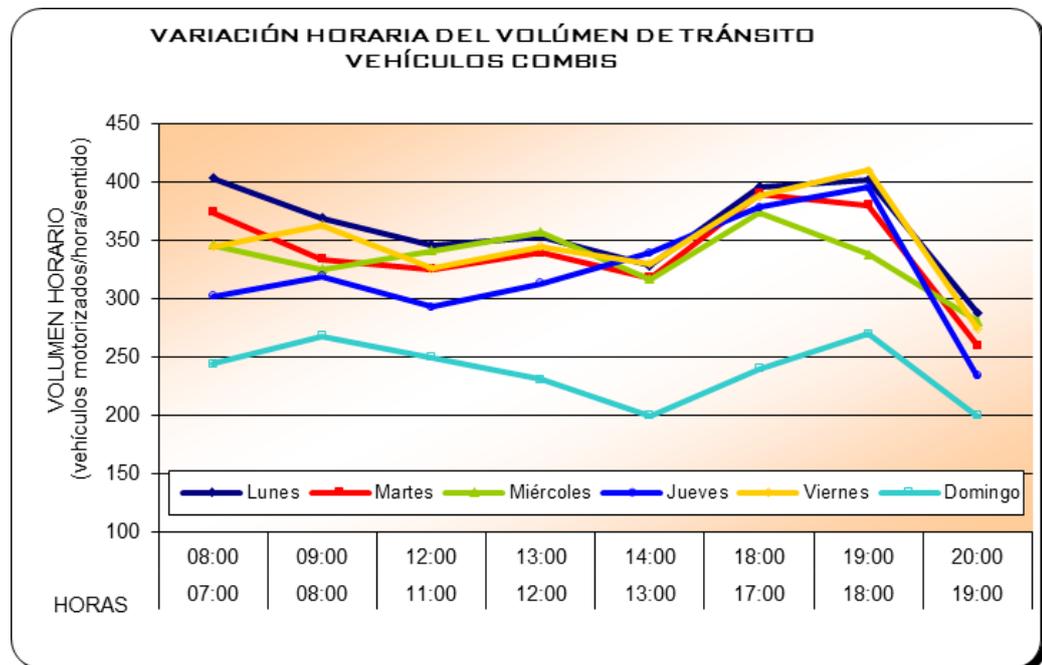
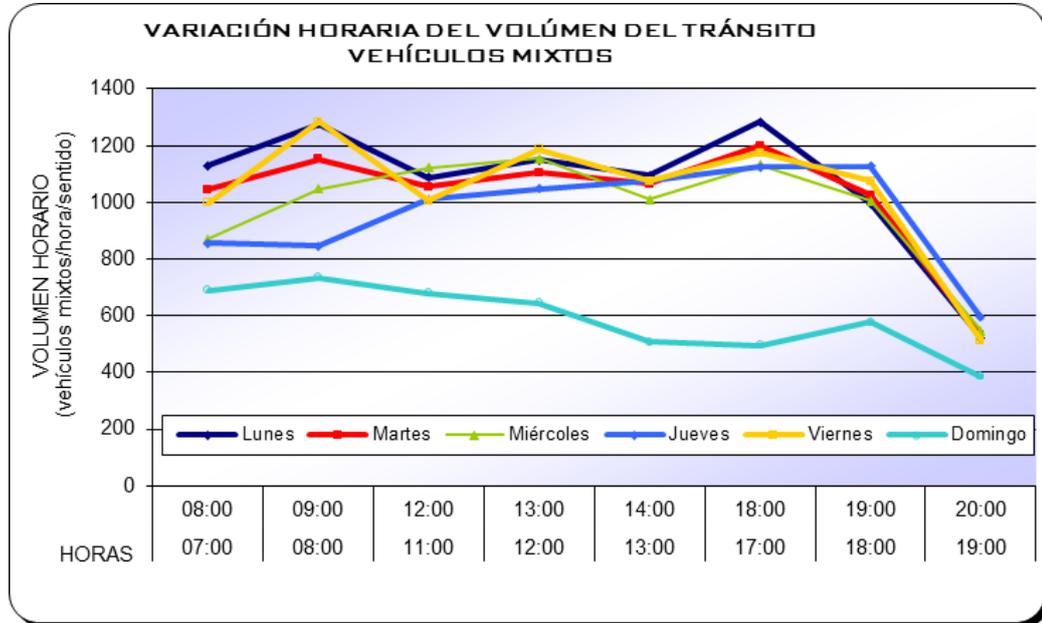
4.3.1 VARIACIÓN DIARIA DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

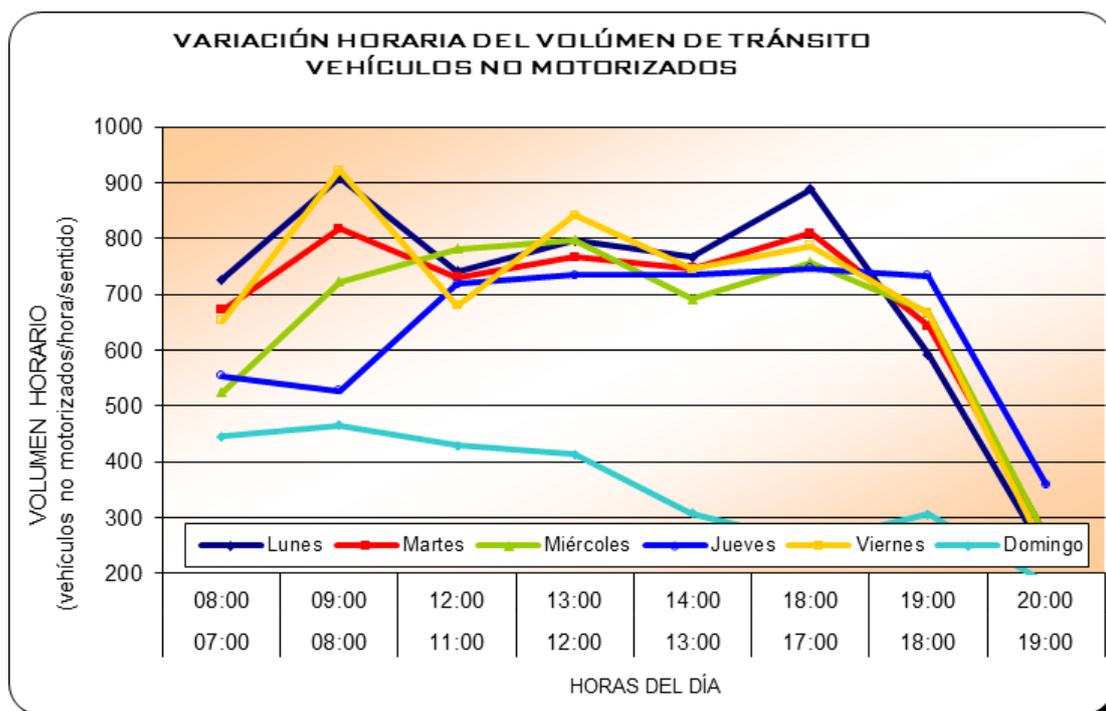
Se muestra la variación temporal de los volúmenes de tránsito que circulan por los puntos correspondientes a los tramos de estudio.

Para mostrar el patrón de variación diario de los volúmenes de tránsito se han escogido los días lunes de las 4 semanas de aforo, para complementar el muestreo de los días normales laborables con aforos de días domingo, de fin de semana. Siendo los días elegidos los días lunes de abril del 2016 por ser estos los que tienen mayor tránsito, sacando el promedio de esos días lunes y sean la muestra representativa de variación diaria para propósitos de análisis. A continuación se muestran en la Figura 4.08, 4.09, 4.10, 4.11 y Figura 4.12, las variaciones diarias de vehículos motorizados y no motorizados durante los días de la semana en los puntos de estudio respectivamente.

JR. MARIANO NÚÑEZ

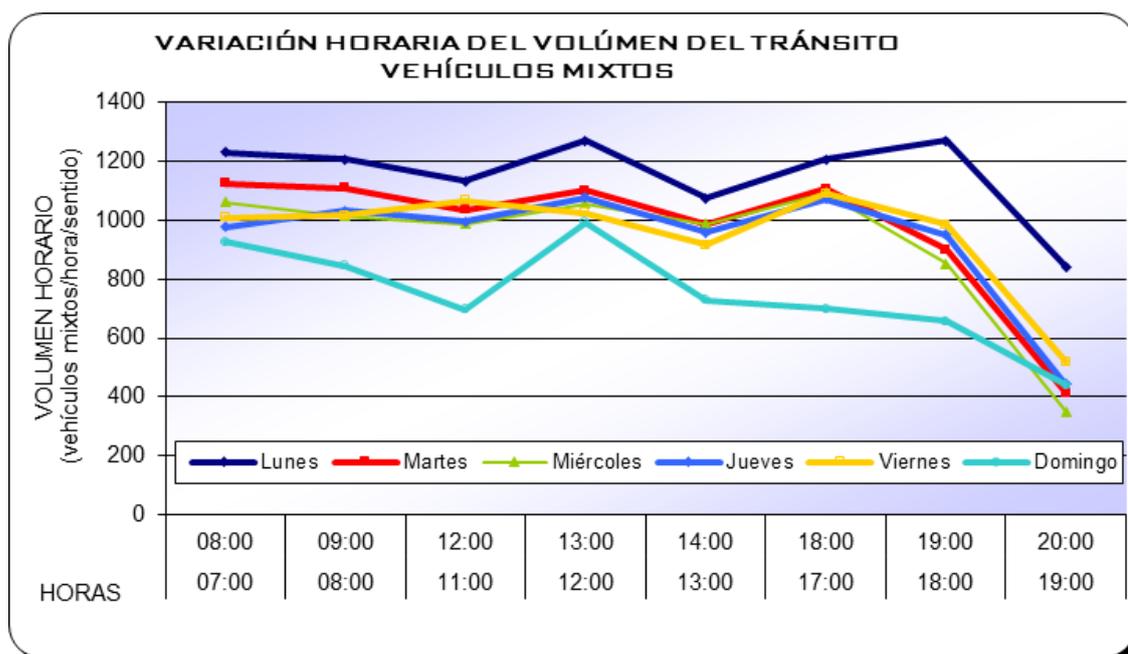
Figura N° 4. 08: variación diaria de los volúmenes de tránsito

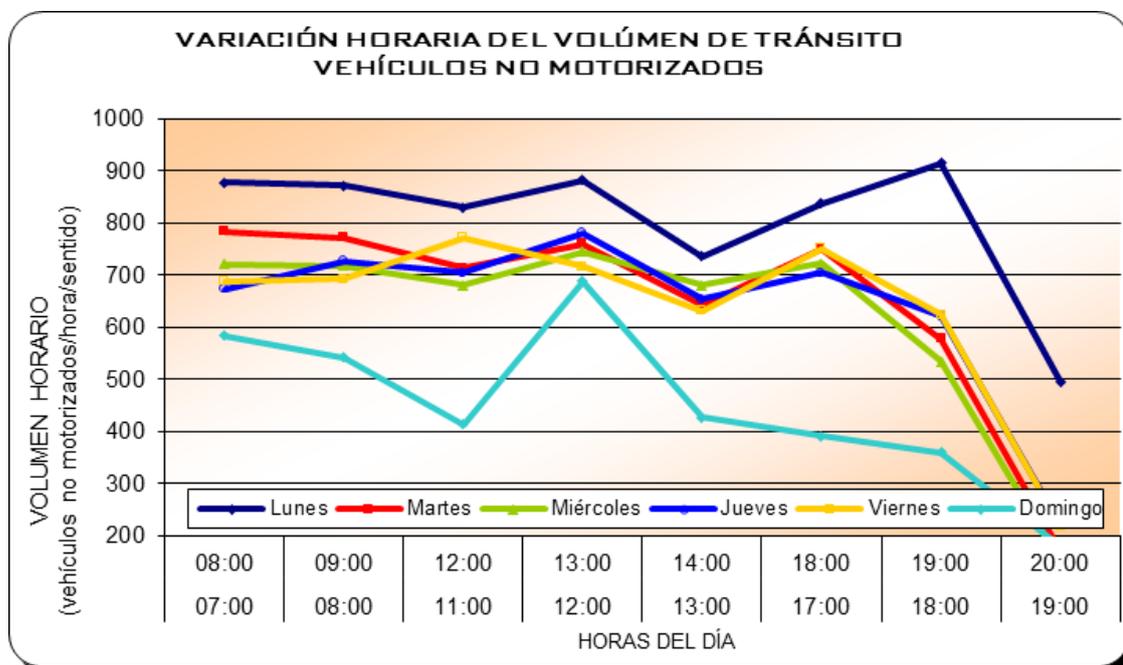
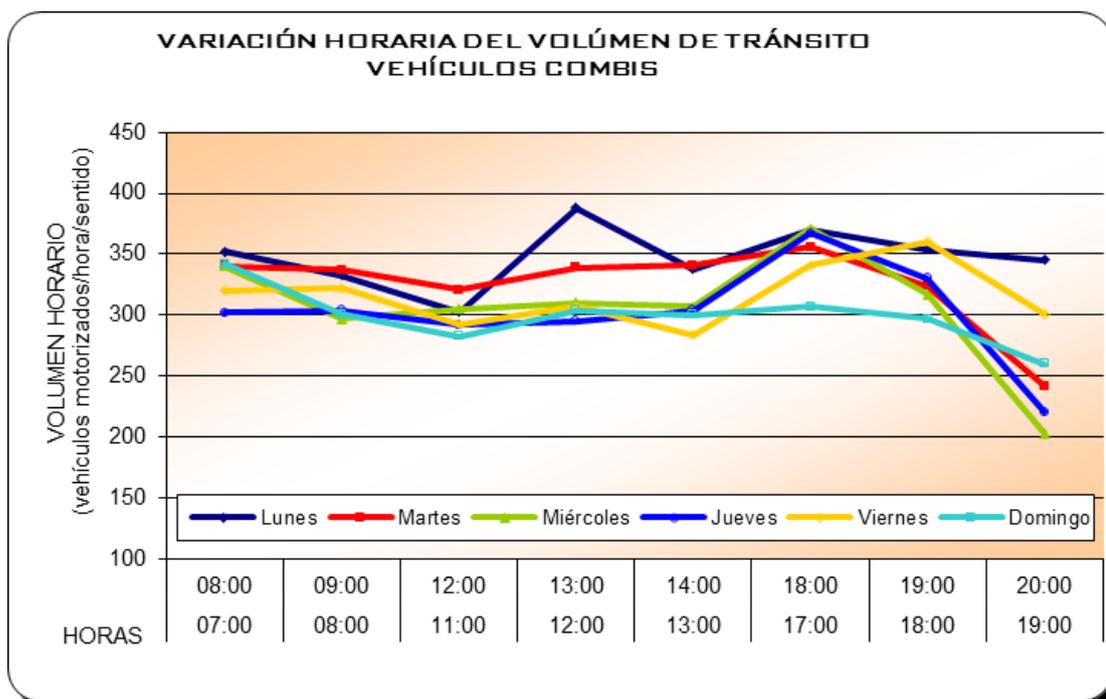




PIÉROLA

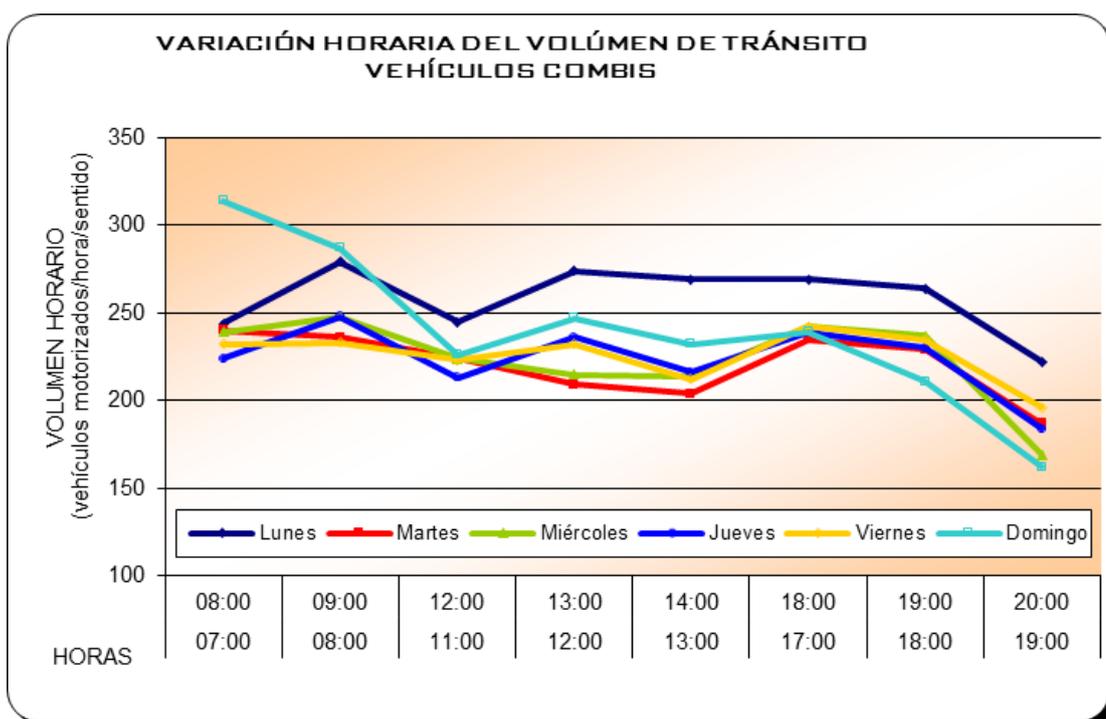
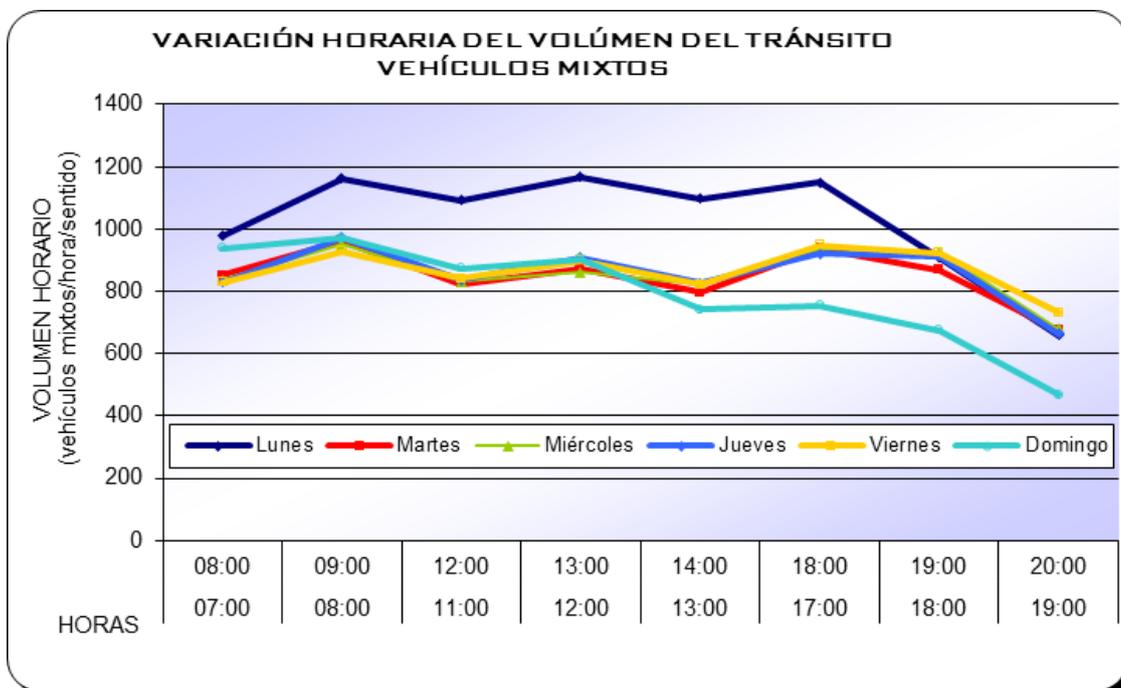
Figura N° 4. 09: variación diaria de los volúmenes de tránsito

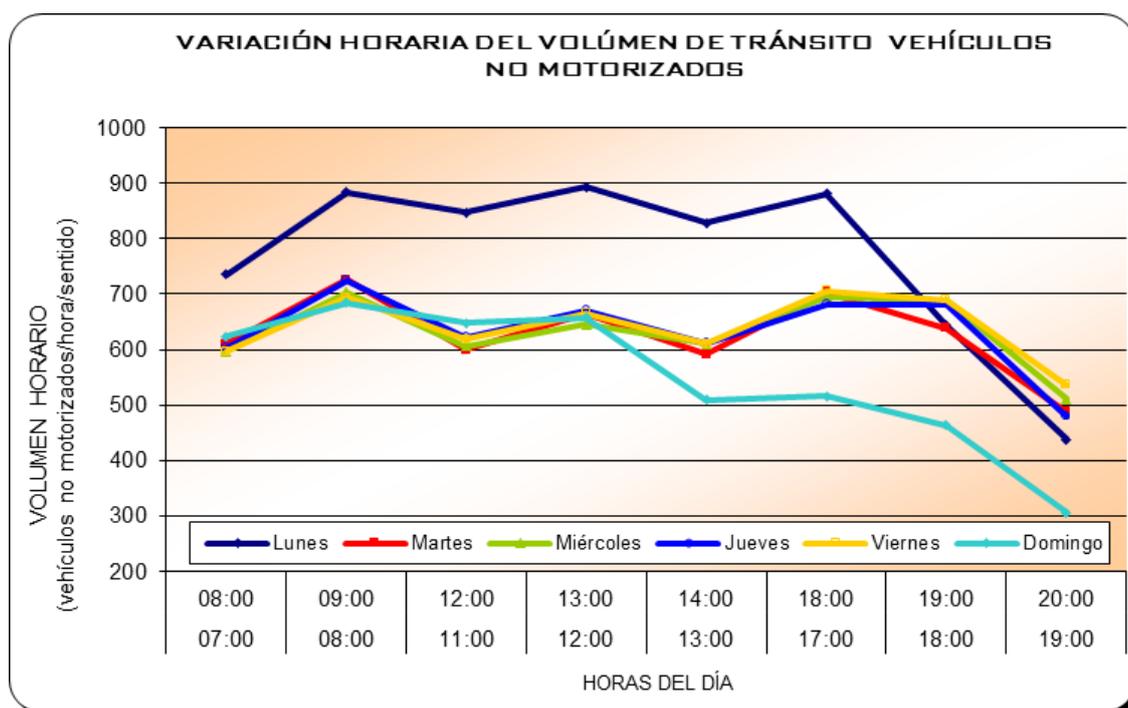




MARIANO NÚÑEZ (SDA. CUSCO)

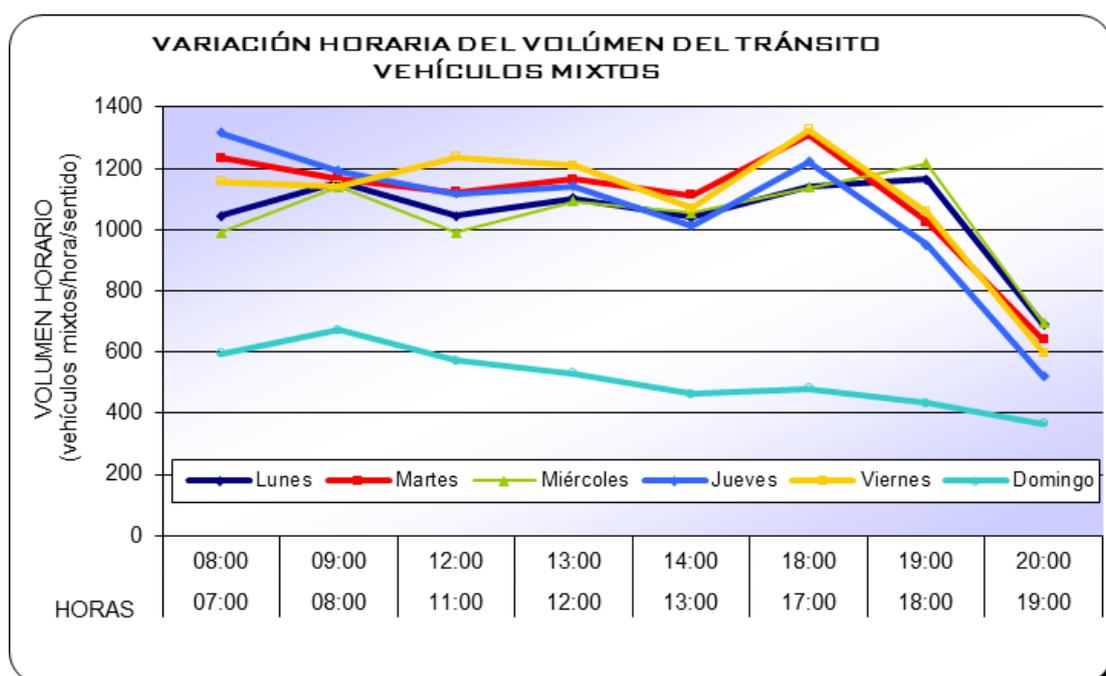
Figura N° 4. 10: variación diaria de los volúmenes de tránsito

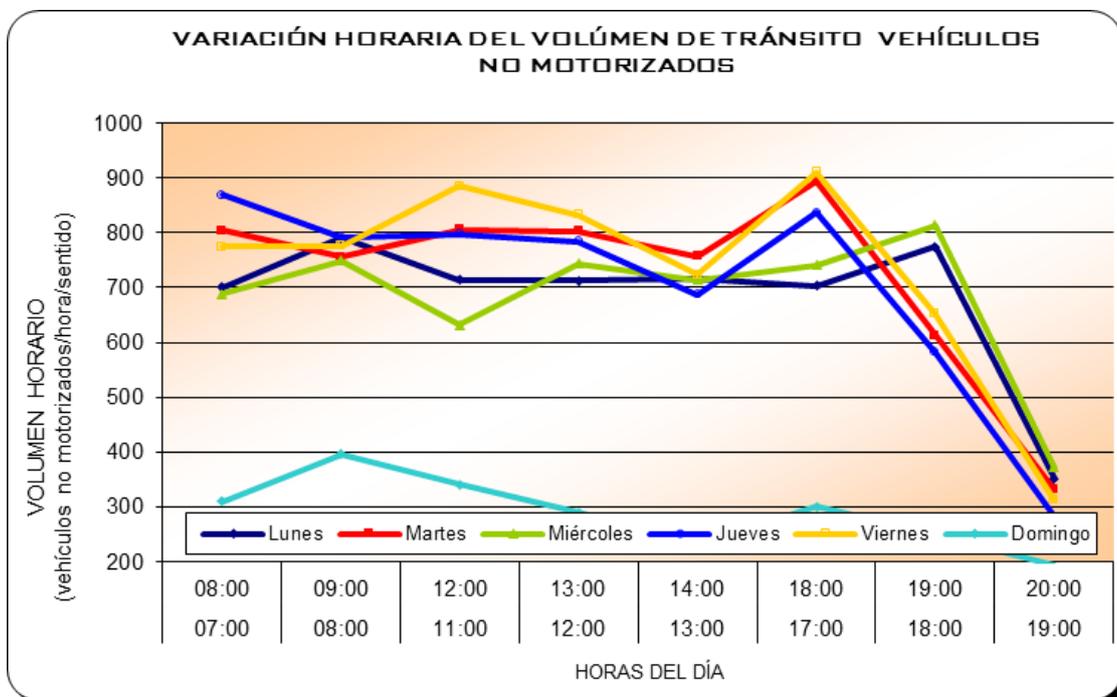
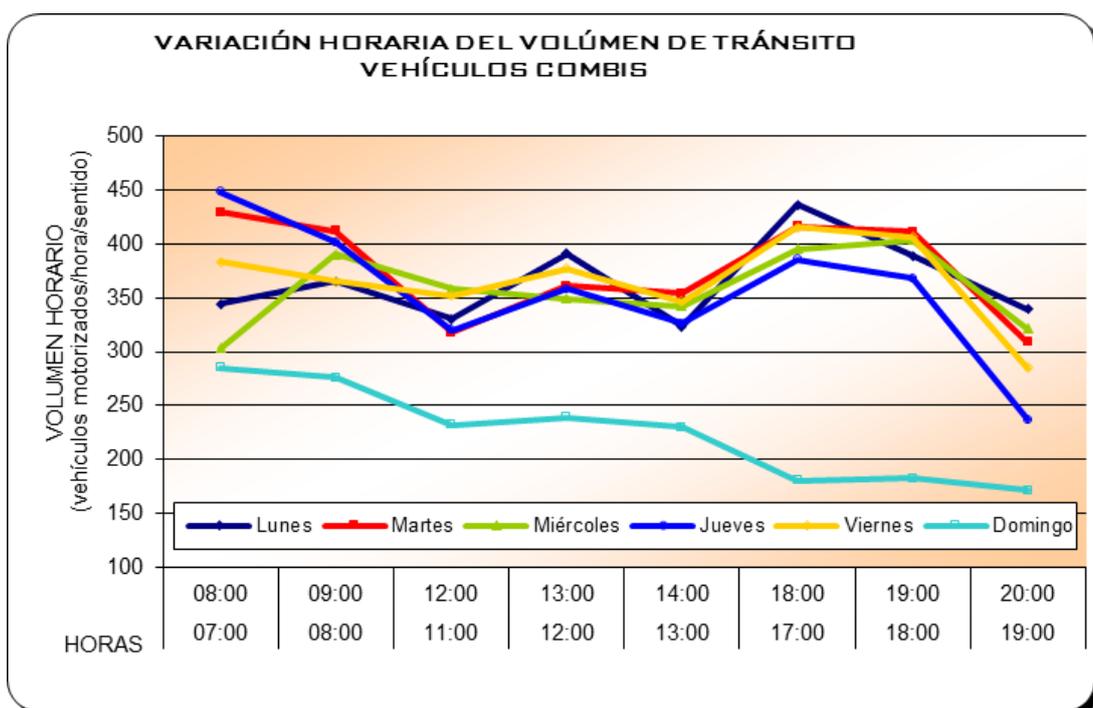




SAN MARTIN

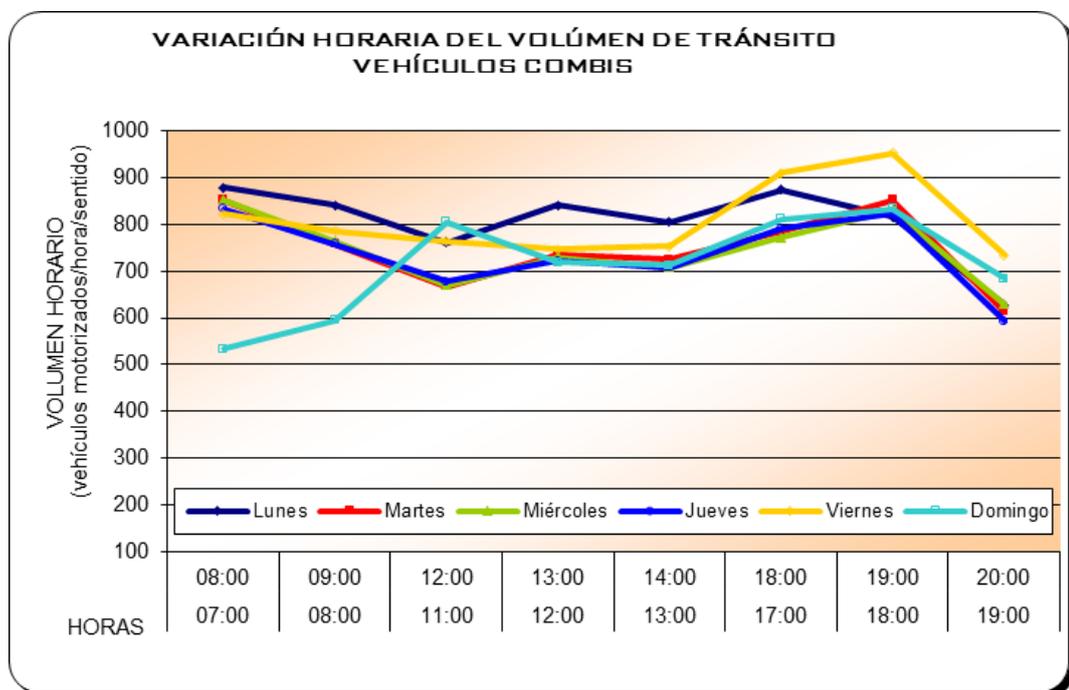
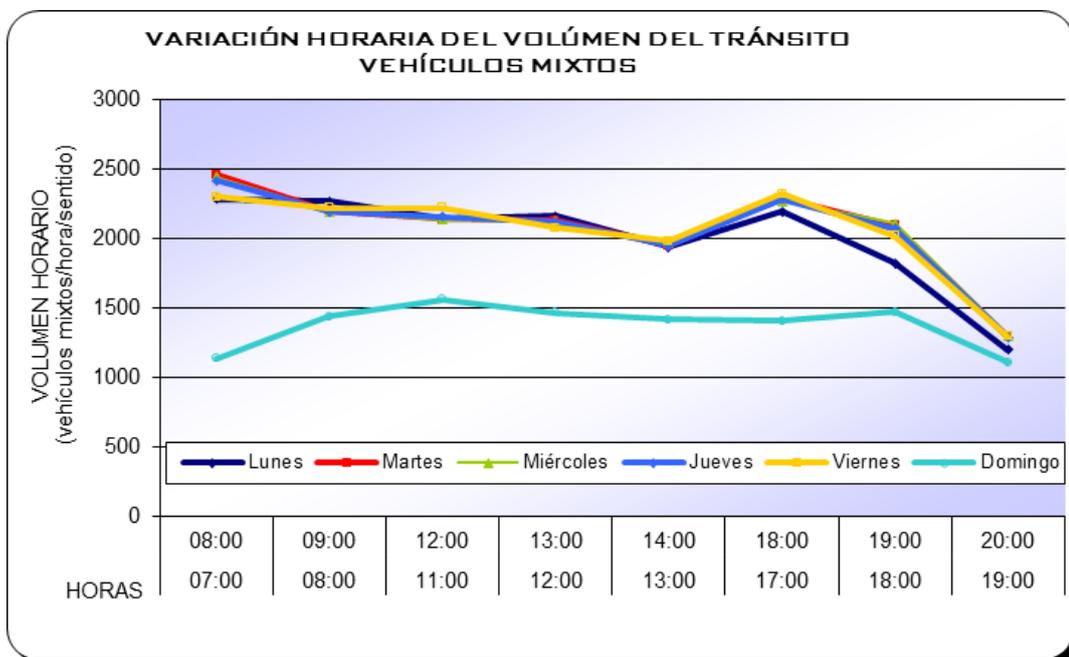
Figura N° 4. 11: variación diaria de los volúmenes de tránsito

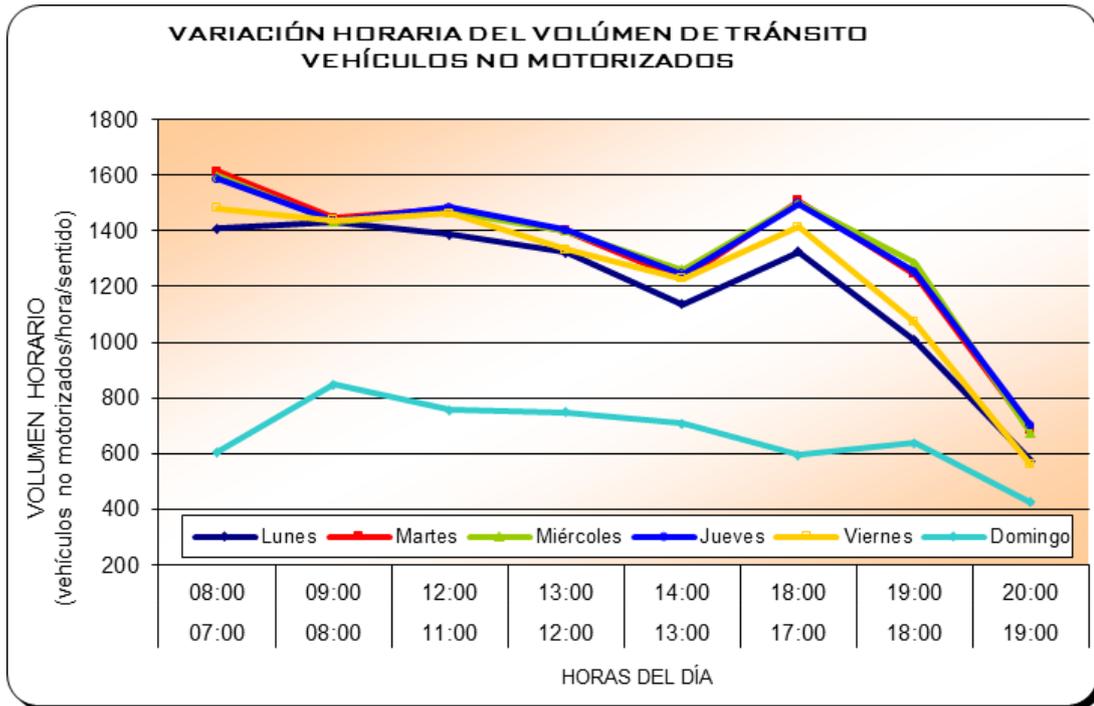




SAN ROMÁN

Figura N° 4. 12: variación diaria de los volúmenes de tránsito





CAPITULO V

ANÁLISIS DEL FLUJO DE SATURACIÓN Y NIVEL DE SERVICIO

5.01 INTRODUCCIÓN.

El desarrollo que se ha presentado en las zonas urbanas de Perú, es una etapa de transformación y progreso, aunque algunas ciudades están creciendo sin ninguna planeación, provocando anarquía en estas, es por esto que se necesita una transformación óptima a través del uso más racional de los recursos disponibles.

Por lo anterior podemos decir que una de las manifestaciones más evidentes del desarrollo de una ciudad depende en gran medida, de una buena infraestructura vial, capaz de soportar las necesidades de movimientos de tránsito vehicular que se demanda y se demandaran en un futuro.

Todo esto puede lograrse a través de una adecuada planeación, principalmente en la zona urbana. La planeación sin las herramientas adecuadas, conducirá a problemas graves y a soluciones improvisadas y quizá muy costosas.

En el área urbana el flujo vehicular discontinuo es característica de las avenidas a la gran frecuencia con que se cruzan a nivel con otras avenidas o calles. Por lo tanto los estudios o investigaciones sobre capacidad y nivel de servicio se hacen generalmente determinando la capacidad de estos lugares críticos que suelen ser las intersecciones controladas por semáforos, cabe mencionar que la mayor parte de los problemas viales

como son: accidentes, congestionamientos, contaminación y perdidas horas-hombre, se generan es estos sitios.

En general la capacidad de una infraestructura se define como la máxima razón de flujo vehicular horario, en la cual los vehículos pueden pasar por un punto, una sección uniforme o un carril de un camino durante un período de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes del camino, del tránsito y del control.

5.02 DEFINICIONES BÁSICAS.

TIPOS DE VÍAS

⇒ **Las de circulación continúa.** Estas no tienen elementos tales como los semáforos, que son externos a la corriente del tránsito y que causen interrupciones.

⇒ **Las de circulación discontinua:**

Estas tienen elementos que causan interrupciones a la corriente del tránsito como pueden ser: semáforos, las señales de alto y otros tipos de control. Estos dispositivos causan al tránsito suspensiones periódicas, independientemente del tránsito que exista.

CONCEPTOS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

CAPACIDAD.

Está definida como el valor de flujo máximo horario en el cual, de manera razonable, puede esperarse que las personas y los vehículos pasen por un punto o una rama uniforme de un carril o de un camino durante un período de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, del camino y de los controles.

El período de tiempo usado para la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, el cual es considerado como el período más corto, ahí donde existiese un flujo estable.

- ⇒ **Las condiciones del camino.** Se refieren a las características geométricas de una calle o de un camino, e incluye: el tipo de vía y el desarrollo de su entorno, el número de carriles y acotamientos, los espacios libres laterales, la velocidad de diseño y el alineamiento verticales y horizontales.
- ⇒ **Las condiciones del tránsito.** Se refieren a las características de la corriente del tránsito que usa las vías. Están definidas por la distribución de los tipos de vehículos en la corriente del tránsito, la cantidad y distribución del tránsito en los carriles disponibles de la vía y la distribución direccional del tránsito.
- ⇒ **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 como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad.
- ⇒ **Condiciones de control.** Se refiere a los tipos y diseños específicos de dispositivos para el control y reglamentos del tránsito presentes en la vía. La localización, el tipo y sincronía de los semáforos son condiciones de control críticas que afectan a la capacidad. Otros controles importantes incluyen a las señales de alto y ceda el paso, las restricciones de usos de carriles, restricciones de vueltas y medidas similares.

NIVELES DE SERVICIO

Se define como una medida cualitativa que describe las condiciones operacionales dentro de la corriente del tránsito y su percepción por el conductor y el pasajero. Una definición de nivel de servicio generalmente describe estas condiciones en términos tales como velocidad y tiempo de recorrido, libertad de maniobra, interrupciones del tránsito, comodidad y seguridad.

Se han definido 6 niveles de servicio para cada tipo de vía; a las que se han asignado las letras de la A a la F. Es el nivel de servicio “A” el que represente las mejores condiciones de operación y el nivel de servicio “F” el de las peores condiciones

Definiciones de los niveles de servicio para la circulación continúa:

Nivel de servicio A:

Representa al flujo libre. Los usuarios no se ven afectados por ningún interruptor en la corriente del tránsito.

Nivel de Servicio B:

Está en el rango de un flujo estable pero la presencia de pocos usuarios en la corriente del tránsito es notoria.

Nivel de Servicio C:

Está en el rango de flujo estable; pero marca el inicio del rango de flujo en el cual la operación de los usuarios en forma individual empieza ser afectada significativamente por la interacción con otros usuarios en la corriente del tránsito.

Nivel de Servicio D:

Representa alta densidad, pero un flujo estable.

Nivel de Servicio E:

Representa condiciones de operación muy cercanas al nivel de mínima capacidad.

Nivel de Servicio F:

Se usa para definir un uso forzado, o los embotellamientos.

VALOR DE FLUJO DE SERVICIO

Es el valor máximo horario en el cual, en forma razonable, puede esperarse q las personas y los vehículos pasen por un punto o un tramo uniforme de un carril o de

una camino durante un periodo de tiempo dado bajo las condiciones prevalecientes del camino, del tránsito y los controles; mientras se mantenga un nivel de servicio establecido.

Debido a que los valores del flujo de servicio son los máximos para cada nivel de servicio, ellos definen los límites de flujo entre los distintos niveles de servicio.

5.03 ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La característica de circulación vehicular de las calles de la zona de estudio está sujeta a un flujo discontinuo, siendo por lo tanto necesario realizar el análisis considerando esta condición.

En primer término se efectúa el análisis del nivel de servicio de cada una intersecciones elegidas para su estudio, puesto que tiene un efecto importante sobre la operación del tránsito en las vías arteriales de la ciudad. La metodología de análisis de éste acápite está basado principalmente en las teorías presentadas por el Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual, 4ta edición, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2010). El mismo que ha sido ajustado o calibrado para las condiciones locales de la zona de estudio.

La capacidad a estimar es calculada por la relación entre el valor de flujo de demanda y la capacidad (v/c), mientras que el nivel de servicio se evalúa tomando como base la demora promedio por parada por vehículo (s/veh).

5.03.01 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y FUNCIONALES DE LAS INTERSECCIONES.

Las intersecciones controladas con semáforo es uno de los lugares más complejos en la corriente del tránsito ya que considera una amplia variedad de condiciones prevalecientes, que incluyen: la cantidad y la distribución de los

movimientos del tránsito, su composición (vehículos motorizados y no motorizados), las características geométricas y los detalles de la semaforización de la intersección.

Si bien es cierta la forma en que se ha asignado los tiempos de fases tiene un impacto significativo en la operación de la intersección y en la capacidad de la misma y sus accesos. El otro punto fundamental es la composición del tránsito (vehículos no motorizados), el mismo que tiene efectos aún más importantes que la asignación de tiempos de ciclos de los semáforos.

5.03.02 METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE CAMPO.

Para la calibración del método de análisis de HCM, ha sido necesario establecer una serie de parámetros locales, por lo que la metodología de campo está diseñada para la obtención de estos datos locales en cada uno de los accesos de las intersecciones de análisis. Asimismo se ha realizado un estudio de campo del flujo de saturación base, con el objetivo de comparar los valores obtenidos directamente de campo con los valores estimados por calibración. A continuación se describe las consideraciones bajo las cuales se ha realizado el estudio de campo del flujo de saturación y la obtención de parámetros locales de calibración.

➤ UBICACIÓN, DÍA Y HORA DE ESTUDIO.

La intersección tomada como base para el análisis de **flujo de saturación** ha sido determinado de modo que cumple con las siguientes condiciones mínimas básicas establecidas para este análisis, según el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, Tomo II (8-8:2005):

- Estar ubicada en vías que presentan condiciones de saturación.

- Los accesos tienen pendientes entre 0 y 3%, anchos de carril estándar (3,5 - 3,6 m), intersecciones con dos accesos en forma ortogonal.
- Estar libres de interferencias como ventas de ambulantes.
- El semáforo es de tiempo fijo.

Asimismo cada acceso a ser estudiada se considera que debe:

- Estar libre de obstáculos visuales, como árboles o postes, que imposibiliten la observación de campo.
- Tener señalización horizontal (líneas de carril, línea de parada y línea de pare como mínimo).
- Tener pavimento en buenas condiciones.
- Estar saturado (longitudes de cola significativas en tiempo verde disponible).
- Carril de estudio con movimiento directo exclusivo, sin giros permitidos.

El único acceso que reúne casi todas las condiciones mencionadas anteriormente, corresponde a la Intersección del Jr. Mariano Núñez / Jr. San Martín, en el acceso del Jr. Mariano Núñez. Siendo este acceso el único, donde su flujo de saturación ha sido determinado en campo.

El estudio de flujo de saturación en campo del acceso elegido y los datos de calibración para las 04 intersecciones consideradas para su análisis se ha realizado en días típicos entre semana, en períodos de máxima demanda; con un período de estudio mínimo de una hora, siendo las 04 intersecciones pertenecientes a las rutas o tramos establecidos del presente estudio.

Para la metodología de calibración del flujo de saturación base y el estudio de capacidad y nivel de servicio se ha realizado un levantamiento con la información general de las intersecciones, como el siguiente:

- Ubicación (nomenclatura urbana) de las calles que forman la intersección.
 - Identificación de accesos, calzada y número de carriles, indicando exactamente el carril de estudio, tomando el ancho de cada uno de ellos.
 - Los diagramas de fases del semáforo (tiempo de ciclo, tiempo de verde y tiempos intermedios).
- **RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO.**
- **PERSONAL Y EQUIPO.** Para este estudio se han necesitado dos observadores por cada acceso de las intersecciones. Los instrumentos utilizados son un cronómetro que indique hora, minuto, segundo y centésimas de segundo y formatos de campo.
 - **PROCEDIMIENTO.** En general para todos los accesos de las 4 intersecciones de análisis, se han recopilado los datos necesarios para el análisis de capacidad y Nivel de Servicio; así como los parámetros de ajuste para el flujo de saturación base, según el resumen del formato de campo. Para el estudio de campo del flujo de saturación, el procedimiento de recopilación de datos, ha sido desarrollado siguiendo los pasos detallados a continuación para cada ciclo y para el carril seleccionado en campo:
 1. El cronometrista pone en funcionamiento el cronómetro al inicio de la fase de luz verde, el cual es la hora que identifica cada ciclo y es la base para la toma de intervalos, y notifica al registrador.

2. El registrador observa inmediatamente el último vehículo inmóvil en la fila y lo señala al cronometrista, así como los vehículos pesados y los que dan vuelta a la derecha o izquierda.
3. Entonces el cronometrista cuenta en voz alta cada vehículo de la fila, cuando el eje trasero cruce el punto de referencia (es decir “uno”, “dos”, “tres”, etc.). obsérvese que los vehículos que dan vuelta a la derecha o a la izquierda, que están cediendo el paso ya sea a los peatones o a los vehículos del sentido contrario, no se cuentan hasta que hayan atravesado el flujo opuesto.
4. El cronometrista anuncia el momento en que el eje posterior de cada uno de los vehículos en cola cruza la línea de pare.
5. En caso de que existan vehículos en fila que todavía entran en la intersección al final de la fase verde, el cronometrista identifica y avisa al registrador el momento que el último vehículo pasa al final de la fase de luz verde.
6. Entonces se miden el ancho del carril y la pendiente del acceso y se registran junto con cualquier suceso observado que puedan haber afectado al flujo de saturación.
7. Ya que el flujo justo después del inicio de la fase de luz verde, es menor que el flujo de saturación, el tiempo que se considera para calcular el flujo de saturación, es aquel entre el instante en que el eje trasero del cuarto automóvil cruza el punto de referencia (t_4) y el instante en que el eje trasero del último vehículo de la fila al inicio de la luz verde, cruza el mismo punto de referencia (t_n).

- **FORMATO.** Se han elaborado para esta parte del estudio, dos formatos de campo:

1. Formato de Estudio de Capacidad y NDS (Módulo de Entrada).
2. Formato de Estudio en Campo del Flujo de Saturación.

Ambos Formatos están compuestos por tres partes de información: en la primera parte aparece el encabezado donde se registran datos sobre:

- **Fecha y día.** Fecha en que se toma la información y el día de la semana correspondiente.
- **Hora de inicio y final.** Hora de inicio y terminación de la toma de información.
- **Tipo de área.** Ubicación zonal de la intersección, comercial u otro.
- **Intersección.** Ubicación (nomenclatura urbana).
- **Acceso.** Indicar el acceso o sentido sobre el cual se está realizando la toma de información.
- **Carril.** Carril en el que se toma la información.

En la segunda parte del formato se consigna para el caso del formato de estudio de capacidad y NDS, los datos de volúmenes direccionales, pendientes de los accesos, numero de maniobras de estacionamiento, porcentaje de vehículos pesados, tiempos de fases de semáforos, etc. Asimismo para el Formato de estudio de estudio en campo del flujo de saturación, se ha consignado la información correspondiente a los tiempos de paso para cada ciclo y contiene:

- **Número de ciclo.** Consecutivo del número de ciclo.
- **Hora.** Hora en la que el semáforo cambia a verde.

- **Posición del vehículo.** Corresponde al tiempo entre vehículos consecutivos y el orden de la cola.
- **Observaciones.** Notas sobre casos especiales presentados durante la toma de información (accidentes, varados, desautorización del semáforo por policía de tránsito).

La tercera parte contiene la información de observaciones y notas de la toma de información en campo.

Figura 5.01 Formato de Campo de Estudio de Flujo de Saturación.

FORMATO DE ESTUDIO EN CAMPO DEL FLUJO DE SATURACIÓN															
Intersección:		Período est...:		Tipo de área:		H. Inicio:									
Acceso:		Fecha :		Comercial		Hora Fin:									
Ciudad :		Día :		Otro		Hoja N°:									
N° Ciclo	Hora	Posición del vehículo (Tiempo en Segundos)										Fin Sat.	Fin Verd.	Luz Amar.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	N°>10				
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															

Glosario y Notas:
 VP = Vehículos pesados (vehículos con mas de 4 ruedas en el pavimento)
 Vuelta = Vehículos que dan vuelta (I =Izquierda, D = Derecha)
 Los peat. y autobuses que obstruyen a vehículos se anotan con tiempo de obstrucción.
 Por ejemplo: P12 = Peatones que obstaculizan el tránsito por 12 s.

Observaciones	
---------------	--

Fuente: Elaboración Propia.

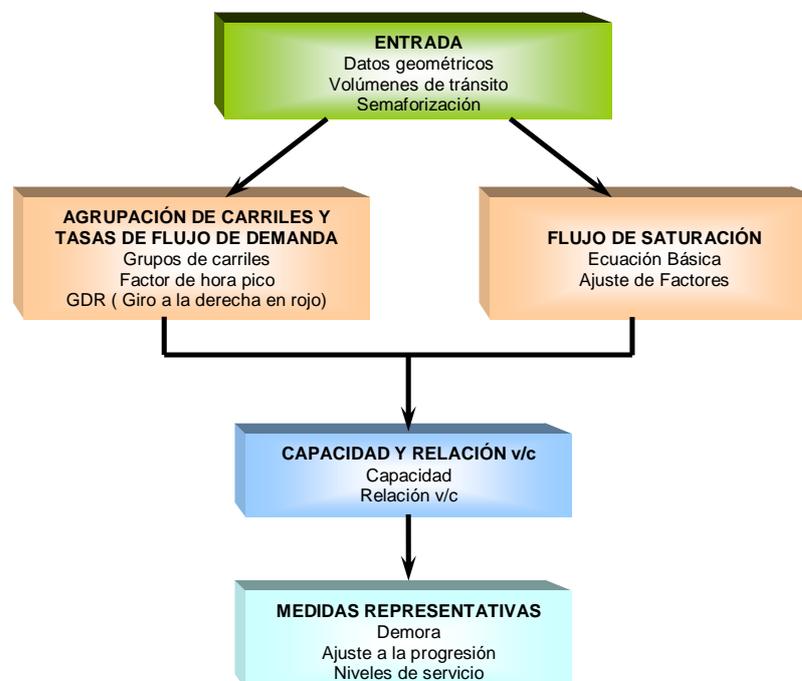
Antes del análisis de datos se realiza una revisión y depuración de la información de campo. Para el caso del estudio en campo del flujo de saturación se escogen aquellos datos que se encuentran en condiciones ideales, descartando los valores de los primeros vehículos en cola y los ciclos en donde se presentan vehículos pesados.

5.04 PROCESAMIENTO DE DATOS Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.

Una vez obtenidos los datos de campo se procede a efectuar el análisis respectivo, con el objeto de estimar tanto la capacidad y nivel de servicio de las 04 intersecciones consideradas en el estudio.

En esta parte se desarrolla en detalle el procesamiento de datos y análisis de resultados mediante la metodología de evaluación de la capacidad y nivel de servicio, la misma que se esquematiza en el Figura 5.02.

Figura 5.02 secuencia del análisis operacional de las intersecciones semaforizadas.



La metodología se enfoca en la determinación de los niveles de servicio en condiciones conocidas o proyectadas, sobre la base de vehículos motorizados. La capacidad se evalúa con respecto a la relación tasa de flujo de demanda a capacidad (v/c); y el nivel de servicio, sobre la base de la demora por controles, ésta incluye la demora inicial por desaceleración, el tiempo para que una cola se ponga en movimiento, la demora por parada y la demora final por aceleración. Cada acceso de una intersección se analiza por separado.

La metodología cubre un rango amplio de configuraciones operacionales, incluidos los planes de fases para las intersecciones, utilización de accesos por vehículos no motorizados, tratamientos alternos de giros, etc.

5.4.1 NIVEL DE ANÁLISIS.

Las intersecciones son analizadas a un nivel operacional, por lo que la información de las condiciones prevalecientes del tránsito, de la vía y del control semafórico es detallada para cada intersección y sus accesos; para lograr un análisis completo de la capacidad y del nivel de servicio. Evaluándose posteriormente las demandas de tránsito alternativas, diseños geométricos y planes para semáforos nuevos.

5.4.2 CONDICIONES BÁSICAS PARA EL ANÁLISIS.

La metodología adoptada para el análisis, fundamentado en el HCM 2010 (Manual de Capacidad de Carreteras), se basa en planes de semaforización conocidos o proyectados. Así mismo, se establecen las siguientes limitaciones para la aplicación de esta metodología, las cuales se plantean a continuación:

- No toma en cuenta el impacto potencial de la congestión, corriente abajo, en la operación de la intersección analizada.

- o La metodología no detecta ni ajusta los impactos de los sobre flujos en bahías o delimitación de giros en la operación de los movimientos de frente.

5.4.3 MÓDULO O PARÁMETROS DE ENTRADA.

Este módulo incluye la recolección y la presentación de la información necesaria para el análisis. Las tareas involucradas son:

- Identificación y registro de las características geométricas de cada intersección.
- Identificación y especificación de las condiciones de tránsito.
- Especificación de las condiciones de señalización.

Tabla 5.01 Datos necesarios .para cada grupo de carriles que se analiza.

INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL ANÁLISIS DE CADA GRUPO DE CARRILES Módulo de Entrada	
Tipo de Condición	Parámetro
Geométricas	Tipo de área
	Número de carriles
	Ancho promedio de carriles, W(m)
	Pendiente, G(%)
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT
	Longitud de bahías de resguardo, GI o GD, Ls(m)
Parqueo o Estacionamiento	
Tránsito	Volumen de demanda por movimiento, V (veh./h)
	Tasa de flujo de saturación base, So (veh./h/carril)
	Factor hora pico, FHP
	Porcentaje de vehículos pesados, HV(%)
	Tasa de flujo peatonal en el acceso, Vped (peat./h)
	Buses locales que paran en la intersección, NB (buses/h)
	Actividad de parqueo o estacionamiento, Nm (maniobras/h)
	Tipo de llegadas, AT
	Proporción de vehículos que llegan en verde, P
	Velocidad de aproximación, SA (Km/h)
Semaforización	Longitud o duración del ciclo, C (seg.)
	Tiempo verde, G (seg.)
	Amarillo + Todo Rojo, Intervalo de cambio y despeje, entreverde, Y(s)
	Operación accionada o a tiempo fijo (prefijada)
	Botón peatonal, verde mínimo peatonal, Gp (seg.)
	Plan de fases
Período de análisis, T (h)	

Fuente: Ingeniería de Tránsito y Carreteras, Nicholas J. Garber y Lester A. Hoel (HCM 2010)

➤ **CONDICIONES GEOMÉTRICAS.**

La geometría de cada intersección se presenta en diagramas e incluye toda la información importante: pendientes de los accesos, número y ancho de carriles y condiciones de parqueo o estacionamiento.

➤ **CONDICIONES DE TRÁNSITO.**

Aquí se especifican los volúmenes de tránsito para cada movimiento en cada acceso. Estos volúmenes son las tasas de flujo en vehículos / hora para el período de análisis de máxima demanda en flujos de 15 minutos, que es el período de análisis ($T=0.25$ horas) para el estudio.

La distribución vehicular se cuantifica como el porcentaje de vehículos pesados (%HV) en cada movimiento. El número de buses locales en cada acceso también se identifican, incluidos los que paran (a la entrada o salida del acceso) a recoger o descargar pasajeros y los que no paran, se consideran vehículos pesados.

La calidad de la progresión se describe a través del tipo de llegadas para cada grupo de carriles. En la Tabla 5.02 se definen seis tipos de llegadas.

Tabla 5.02 Tipos de llegadas.

TIPO DE LLEGADAS	
Módulo de Entrada	
Tipo de Llegadas	Descripción
1	Pelotones densos que llegan al inicio del rojo. Calidad de progresión muy deficiente, como resultado de la optimización de toda la malla.
2	Pelotones moderados que llegan a la mitad del rojo. Progresión desfavorable en calles de dos sentidos.
3	Llegadas aleatorias. Representa la operación en intersecciones aisladas o intersecciones controladas con semáforo no interconectadas, o donde los beneficios de la progresión son mínimos.

4	Pelotones moderados que llegan a la mitad del verde. Progresión favorable en calles de dos sentidos.
5	Pelotones densos que llegan al inicio del verde. Calidad de operación altamente favorable.
6	Progresión excepcional. Pelotones densos que progresan a través de varias intersecciones cortamente espaciadas.

Fuente: Manual Normativo, Tomo XII (HCM 2010)

➤ **CONDICIONES DE LA SEMAFORIZACIÓN.**

Se especifican aquí los detalles del sistema de semáforos, el diagrama de fases y la duración de las luces verde, amarilla y del ciclo. El esquema de fases en cada intersección se determina indicando a cual flujo vehicular se le da el derecho de paso, puesto que tiene un efecto importante en el nivel de servicio de la intersección.

5.4.4 MODULO DE AGRUPACIÓN DE CARRILES Y TASAS DE FLUJO DE DEMANDA.

➤ **FACTOR HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (FHMD) O FACTOR DE HORA PICO (FHP).**

Los volúmenes de demanda se expresan como volúmenes aforados durante 60 minutos consecutivos. En este caso, a través de los factores de hora de máxima demanda u hora pico, FHMD o FHP, es convertido en tasas de flujo de demanda para un periodo de análisis de 15 minutos, según el Manual De Estudios De Ingeniería De Transito, Tomo XII (2001:79), se expresa como:

$$v_p = \frac{V}{FHMD}$$

Donde:

- v_p = Volúmen ajustado por el factor de hora de máxima demanda.
- FHMD = Factor Hora de máxima demanda o de hora pico (FHP).
- V = Volumen durante la hora de máxima demanda.

Debido a que no todos los movimientos en la intersección tienen el volumen pico durante el mismo intervalo de 15 minutos, se ha observado directamente los flujos en cada cuarto de hora y seleccionado el período crítico de análisis.

➤ **AGRUPACIÓN DE CARRILES.**

Se ha agrupado los carriles de un determinado acceso de una intersección de estudio en un grupo simple, considerando la geometría de la intersección y la distribución de los movimientos vehiculares.

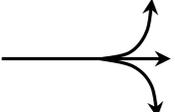
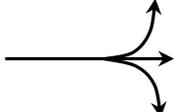
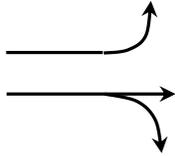
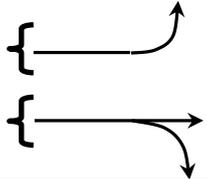
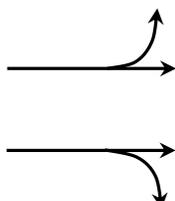
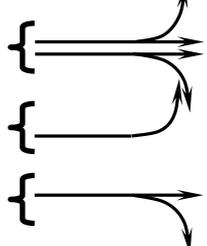
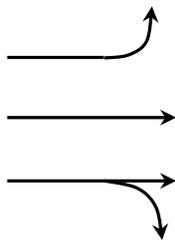
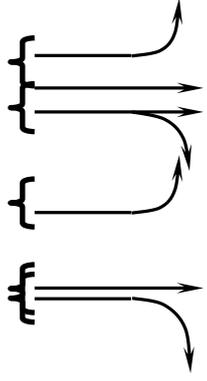
Puesto que en la totalidad de vías urbanas de la zona de estudio no existen carriles de circulación exclusiva, para giros a la derecha o a la izquierda, se ha agrupado en todos los casos los dos carriles de circulación de los accesos de cada una de las intersecciones de análisis.

La *Tabla 5.03* presenta algunos grupos de carriles comunes en intersecciones controladas por semáforo, así como el número posible de agrupaciones de los carriles de circulación, Manual de estudios de ingeniería de tránsito, Tomo XII (2001:80).

- ⇒ Carriles exclusivos a la izquierda o derecha deben ser normalmente designados como un grupo de carriles separado. En caso de carriles compartidos de frente y giros a la derecha o izquierda, el grupo de carriles depende de la proporción de giros dentro del carril.
- ⇒ En afluentes con carriles a la izquierda o derecha exclusivos, todos los demás carriles en el afluente son considerados, por lo general, como un grupo de carriles.
- ⇒ Cuando un afluente con más de un carril incluye un carril que es compartido por giros a la izquierda y tránsito de frente, es necesario

determinar si las condiciones son equilibradas o si hay tantos giros a la izquierda que el carril actúa como un “carril exclusivo a la izquierda”.

Tabla 5.03 Posibilidades de Agrupación de Carriles

GRUPOS DE CARRILES TÍPICOS PARA EL ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS		
Módulo de Agrupación de Carriles y Ajuste de Volúmenes		
Número de carriles	Movimientos por carriles	Número de posibles grupo de carriles
1	LT + TH + RT Izquierdo, directo y derecho 	(1) Acceso carril sencillo 
2	EXC LT Izquierdo exclusivo TH + RT Directo y derecho 	(2) 
2	Izquierdo y directo LT + TH TH + RT Directo y derecho 	(1) 0 (2) 
3	Izquierdo exclusivo EXC LT TH Directo TH + RT Directo y derecho 	(2) 0 (3) 

Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito, Tomo XII

➤ **AJUSTES POR DISTRIBUCIÓN DE CARRILES.**

Las tasas de flujo en cada uno de los grupos de carriles se ajustan para que reflejen las diferencias de distribución entre carriles. El ajuste por utilización incrementa la tasa de flujo de tránsito de análisis para reflejar el efecto del tránsito en el carril más utilizado. Por lo tanto, según el Manual de estudios de ingeniería de tránsito, Tomo XII, se tiene:

$$v = v_g U \dots\dots\dots (9.2)$$

Donde:

v = Tasa de flujo ajustada para el grupo de c

v_g = Tasa de flujo sin ajustar para el grupo de carriles (ven./n).

U = Factor de utilización de carril.

Para calcular el factor de utilización de carriles, se tiene:

$$U = \frac{(v_{g1} N)}{v_g}$$

Donde:

v_{g1} = Tasa de flujo sin ajustar en un carril con el mayor volumen en el grupo de carriles.

N = Número de carriles en de grupo de carriles.

Se muestra a continuación en la **Tabla 5.4**, los valores del factor de utilización que se pueden asumir por defecto:

Tabla 5.04 Factores de Utilización de Carriles

FACTORES DE UTILIZACIÓN DE CARRILES PARA MOVIMIENTOS AGRUPADOS			
Módulo de Agrupación de Carriles y Ajuste de Volúmenes			
Movimientos en el Grupo de Carriles	N° de Carriles en Grupo	% de Tránsito en Carril más usado	Factor de Utilización (U)
De frente o compartido	1	100.0	1.00
	2	52.5	1.05
	3	36.7	1.10
Giro a la izquierda exclusivo	1	100.0	1.00
	2	51.5	1.03
Giro a la derecha exclusivo	1	100.0	1.00
	2	56.5	1.13

Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito, Tomo XII (HCM 2010)

El valor de factor de utilización asumido corresponde en todos los casos al movimiento de grupos de carriles compartidos, con dos carriles por grupo, es decir $U = 1.05$.

A continuación se muestran las hojas de trabajo del módulo de agrupación de carriles y ajuste volúmenes utilizada en el estudio, para cada uno de las intersecciones de estudio.

Tabla 5.05 Módulo de Agrupación de Carriles y Ajuste de Volúmenes, Intersección M. Núñez / San Martín.

MÓDULO DE AGRUPAMIENTO DE CARRILES Y AJUSTE DE VOLÚMENES												
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. SAN MARTÍN												
17 de Julio del 2016												
Periodo de Análisis : 7:30 – 9:30 a.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimiento											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Volumen, V (veh./hora)	196	959	-	-	-	-	-	904	446	-	-	-
FHMD o FHP	0.9	0.9	-	-	-	-	-	0.98	0.98	-	-	-
Tasa de flujo ajustada, Vp (veh./h)	218	1066	-	-	-	-	-	922.4	455	-	-	-
		LT+T						TH+R				
Grupo de carriles	-	H	-	-	-	-	-	T	-	-	-	-
Flujo por grupo, vgi (veh./h)	-	1283	-	-	-	-	-	1378	-	-	-	-
Propor. giros, izq. o der. (PLT o PRT)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Número de carriles, N	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Factor de utilización, Ui	-	1.05	-	-	-	-	-	1.05	-	-	-	-
Flujo ajustado, vi (veh./h)	-	1348	-	-	-	-	-	1446	-	-	-	-
Proporción de vueltas Pvi, Pvd	-	0.20	-	-	-	-	-	0.49	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Los volúmenes de los flujos vehiculares ajustados son muy similares para ambos accesos, pero la proporción de giros es mayor en el acceso Norte (Jr. Mariano Núñez), siendo crítico el desalojo del acceso al inicio de la fase verde del ciclo.

Tabla 5.06 Módulo de Agrupación de Carriles y Ajuste de Volúmenes, Intersección M. Núñez / 2 de Mayo.

MÓDULO DE AGRUPAMIENTO DE CARRILES Y AJUSTE DE VOLÚMENES												
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. 2 DE MAYO												
18 de Julio del 2016												
Periodo de Análisis : 7:30 – 9:30 a.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimiento											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Volumen, V (veh./hora)	-	-	-	-	652	272	469	871	-	-	-	-
FHMD o FHP	-	-	-	-	0.85	0.85	0.9	0.9	-	-	-	-
Tasa de flujo ajustada, Vp (veh./h)	-	-	-	-	767	320	521	968	-	-	-	-
Grupo de carriles	-	-	-	-	TH+RT	-	-	LT+TH	-	-	-	-
Flujo por grupo, vgi (veh./h)	-	-	-	-	1087	-	-	1489	-	-	-	-
Propor. giros, izq. o der. (PLT o PRT)	-	-	-	-	-	0.42	0.5	-	-	-	-	-
Número de carriles, N	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-
Factor de utilización, Ui	-	-	-	-	1.05	-	-	1.05	-	-	-	-
Flujo ajustado, vi (veh./h)	-	-	-	-	1141	-	-	1563	-	-	-	-
Proporción de vueltas Pvi, Pvd	-	-	-	-	0.42	-	-	0.54	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Los volúmenes aforados del acceso norte (Jr. Mariano Núñez) son proporcionalmente mayores a los volúmenes registrados en el otro acceso (Jr. Piérola – 2 de Mayo), asimismo existe una alta proporción de giros en ambos accesos, lo que hace crítico los movimientos de desalojo de la intersección.

Tabla 5.07 Módulo de Agrupación de Carriles y Ajuste de Volúmenes, Intersección M. Núñez / Huancané - Sandia.

MÓDULO DE AGRUPAMIENTO DE CARRILES Y AJUSTE DE VOLÚMENES												
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. HUANCANÉ - SANDIA												
21 de Julio del 2016												
Periodo de Análisis : 8:00 – 10:00 a.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimiento											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Volumen, V (veh./hora)	-	-	-	-	452	226	490	559	-	-	-	-
FHMD o FHP	-	-	-	-	0.85	0.85	0.85	0.85	-	-	-	-
Tasa de flujo ajustada, Vp (veh./h)	-	-	-	-	532	266	576	658	-	-	-	-
Grupo de carriles	-	-	-	-	TH+RT	-	-	LT+TH	-	-	-	-
Flujo por grupo, vgi (veh./h)	-	-	-	-	798	-	-	1234	-	-	-	-
Propor. giros, izq. o der. (PLT o PRT)	-	-	-	-	-	0.5	0.88	-	-	-	-	-
Número de carriles, N	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-
Flujo ajustado, vi (veh./h)	-	-	-	-	838	-	-	1296	-	-	-	-
Proporción de vueltas Pvi, Pvd	-	-	-	-	0.50	-	-	0.88	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Volúmenes registrados proporcionalmente menores, sin embargo existe una alta proporción de giros en el acceso Norte (Jr. Mariano Núñez), esto se debe a que casi todas las rutas de transporte público giran a la izquierda.

Tabla 5.08 Módulo de Agrupación de Carriles y Ajuste de Volúmenes, Intersección San Román / 2 de Mayo.

MÓDULO DE AGRUPAMIENTO DE CARRILES Y AJUSTE DE VOLÚMENES												
Intersección : Jr. SAN ROMÁN / Jr. 2 DE MAYO												
14 de Julio del 2016												
Periodo de Análisis : 5:30 – 7:30 p.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimiento											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Volumen, V (veh./hora)	-	-	-	433	650	-	-	-	-	-	893	324
FHMD o FHP	-	-	-	0.9	0.85	-	-	-	-	-	0.85	0.85
Tasa de flujo ajustada, Vp (veh./h)	-	-	-	509	765	-	-	-	-	-	1051	381
Grupo de carriles	-	-	-	-	LT+TH	-	-	-	-	-	LT+TH	-
Flujo por grupo, vgi (veh./h)	-	-	-	-	1274	-	-	-	-	-	1432	-
Propor. giros, izq. o der. (PLT o PRT)	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	0.36
Número de carriles, N	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-
Factor de utilización, Ui	-	-	-	-	1.05	-	-	-	-	-	1.05	-
Flujo ajustado, vi (veh./h)	-	-	-	-	1338	-	-	-	-	-	1503	-
Proporción de vueltas Pvi, Pvd	-	-	-	-	0.67	-	-	-	-	-	0.36	-

Fuente: Elaboración Propia.

Ambos accesos de la intersección presentan volúmenes altos, con una proporción significativa de giros en el acceso oeste (Jr. 2 de Mayo). Siendo ambos accesos potencialmente críticos en las horas de máxima demanda de la tarde.

5.4.5 MÓDULO DE FLUJOS DE SATURACIÓN.

La tasa de flujo de saturación es el flujo de vehículos por hora verde que pueden ser acomodados por el grupo de carriles, suponiendo que la fase verde está disponible todo el tiempo (esto es $g/c=1.0$), el Manual de Planeamiento y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, Tomo III (2005:3-17), presenta la siguiente relación desarrollada por el HMC 2010; para la calibración del flujo de saturación para las condiciones locales de la zona de estudio:

$$S = (S_0)(N)(F_W)(F_{HV})(F_G)(F_P)(F_{bb})(F_a)(F_{LU})(F_{LT})(F_{RT})(F_{Lpb})(F_{Rpb})$$

Donde:

S = Flujo de saturación prevaleciente en el acceso, expresado como el total para el grupo de carriles (veh./h).

S_0 = Flujo de saturación base por carril (veh./h verde/carril).

N = Número de carriles en el grupo.

F_W = Factor de ajuste por ancho de carril.

F_{HV} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados en la corriente.

F_G = Factor de ajuste por pendiente del acceso.

F_p = Factor de ajuste por existencia de un carril de est

F_{bb} = Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección.

F_a = Factor de ajuste por tipo de área.

F_{LU} = Factor de ajuste por utilización de carril.

F_{LT} = Factor de ajuste por giros a la izquierda.

F_{RT} = Factor de ajuste por giros a la derecha.

F_{Lpb} = Factor de ajuste por maniobras de giros a la izquierda en el grupo de carriles.

F_{Rpb} = Factor de ajuste por obstrucción de peatones y bicicletas en el giro derecho.

El flujo de saturación base o ideal desarrollado en el HCM 2010, ha sido medido en condiciones ideales de circulación, asimismo se han desarrollado factores de corrección o ajuste, para las condiciones de tránsito diferentes a las

establecidas como parámetros de experimentación. El resumen de los factores de ajuste establecidas por el HCM 2010, se presentan en la **Tabla 5.09**.

Para el caso americano, el Transportation Research Board (Highway Capacity Manual Washington, D.C., 2010), Manual De Estudios De Ingeniería De Transito, Tomo XII (2001:78) presenta un flujo de saturación base o ideal de 1900 veh./hora/carril, sin embargo, Juliaca tiene un comportamiento diferente, razón por la cual se realiza la calibración para las condiciones locales de la zona de estudio. Tomando para fines de estimación como base un flujo de saturación ideal de 1800 veh./hora/carril.

Tabla 5.09 Factores de Ajuste para el Flujo de Saturación para las Condiciones Locales de la Zona de Estudio.

FACTORES DE AJUSTE DEL FLUJO DE SATURACIÓN			
Módulo de Tasa de Flujo de Saturación			
Factor	Formula	Definición de Variables	Observaciones
Ancho de Carril	$F_W = 1 + (W - 3.6)/9$	W = Ancho de carril (m)	$W \geq 2.4$ Si $W > 4.8$, puede considerarse para dos carriles de análisis
Vehículos Pesados	$F_{HV} = 100/(100 + \%HV(E_T - 1))$	$\%HV$ = % de vehículos pesados – grupo de carriles	$E_T = 2.0$ vehículos equivalentes/HV
Pendiente	$F_G = 1 - \%G/200$	$\%G$ = % pendiente en el acceso - grupo de carriles	$-6 \leq \%G \leq +10$ Negativo para cuesta abajo
Parqueo	$F_P = (N - 0.1 - 18 N_m/3600)/N$	N = Número de carriles por grupo. N_m = Número de maniobras de parqueo/hora	
Bloqueo de buses	$F_{bb} = (N - 14.4 N_B/3600)/N$	N = Número de carriles en el acceso N_B = Número de parada de buses/hora	
Tipo de área	$F_a = 0.900$ en CBD $F_a = 1.000$ en otras áreas	CBD = Central Business District CBD = Centro de negocios	
Utilización de carril	$F_{LU} = v_g/(v_{g1}N)$	v_g = proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en vehículo/hora v_{g1} = proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, vehículo/hora N = número de carriles en el grupo	
Giros izquierdos	Fase protegida: Carril exclusivo $F_{LT} = 0.95$ Carril compartido $F_{LT} = 1/(1.0 + 0.05P_{LT})$	P_{LT} = proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles	Véanse las páginas 428 a 441 para las alternativas de fases no protegidas
Giros derechos	Carril exclusivo $F_{RT} = 0.85$	P_{RT} = proporción de giros derechos en el grupo de carriles	

	Carril compartido $F_{RT} = 1.0 - (0.15)P_{RT}$ Carril único $F_{RT} = 1.0 - (0.135)P_{RT}$		
Bloqueo por peatones y bicicletas	Ajuste giro izquierdo $F_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$ Ajuste giro derecho $F_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$	P_{LT} = proporción de giros izquierdos en el grupo A_{pbT} = ajuste en la fase permitida P_{LTA} = proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo P_{RT} = proporción de giro derecho en el grupo de carriles P_{RTA} = proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el verde total	

Fuente: Ingeniería de Tránsito y Carreteras, Nicholas J. Garber y Lester A. Hoel (HCM 2010)

A continuación se muestra los módulos de flujo de saturación de cada uno de los accesos de las intersecciones de estudio, donde los mismos han sido calibrados para las condiciones locales de la zona de estudio. El flujo de saturación ajustado corresponde al flujo máximo vehicular que puede circular por cada uno de los accesos de las intersecciones, en condiciones prevalecientes de operación de la vía, y de tránsito, uno de los factores de ajuste no considerados es el que corresponde al ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas en los movimientos de giros; debido a que es aplicable solamente en el caso de que entre en conflicto con las vueltas a la derecha desde un acceso considerado, no siendo aplicable esta corrección por la sencilla razón de que los accesos son de movimiento en un solo sentido, considerándose la totalidad de vehículos que circulan por los accesos (motorizados + no motorizados).

Tabla 5.10 Módulo de Tasa de Flujo de Saturación, Intersección M. Núñez / San Martín.

MÓDULO DE TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. SAN MARTÍN												
17 de Julio del 2016; Periodo de Análisis : 7:30 – 9:30 a.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimientos por grupo de carriles											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Flujo de Saturación base o ideal, So (veh./h/c)	-	1800	-	-	-	-	-	1800	-	-	-	-
Número de carriles, N	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Factor de ajuste de ancho de carril, Fw	-	0.99	-	-	-	-	-	0.96	-	-	-	-
Factor de ajuste de vehículos pesados, FHV	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste de pendiente, FG	-	1.01	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste de estacionamiento, Fp	-	0.92	-	-	-	-	-	0.88	-	-	-	-
Factor de ajuste por obstru. Buses, Fbb	-	1.00	-	-	-	-	-	0.98	-	-	-	-
Factor de ajuste por tipo de área, Fa	-	0.90	-	-	-	-	-	0.90	-	-	-	-
Factor de ajuste de utilización del carril, FLU	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda, FLT	-	0.99	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste por vuelta a la derecha, FRT	-	1.00	-	-	-	-	-	0.93	-	-	-	-
Factor de ajuste bloq. peat.y bicic. Izq., FLbp	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste bloq. peat.y bicic. Der., FRbp	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Flujo de Saturación ajustado, S (veh./h)	-	2947	-	-	-	-	-	2455	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5.11 Módulo de Tasa de Flujo de Saturación, Intersección M. Núñez / 2 de Mayo.

MÓDULO DE TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. 2 DE MAYO												
18 de Julio del 2016; Periodo de Análisis : 7:30 – 9:30 a.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimientos por grupo de carriles											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Flujo de Saturación base o ideal, So (veh./h/c)	-	-	-	-	1800	-	-	1800	-	-	-	-
Número de carriles, N	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-
Factor de ajuste de ancho de carril, Fw	-	-	-	-	0.84	-	-	0.96	-	-	-	-
Factor de ajuste de vehículos pesados, FHV	-	-	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste de pendiente, FG	-	-	-	-	1.02	-	-	1.02	-	-	-	-
Factor de ajuste de estacionamiento, Fp	-	-	-	-	0.92	-	-	0.87	-	-	-	-
Factor de ajuste por obstru. Buses, Fbb	-	-	-	-	0.99	-	-	0.98	-	-	-	-

Factor de ajuste por tipo de área, Fa	-	-	-	-	0.90	-	-	0.90	-	-	-	-
Factor de ajuste de utilización del carril, FLU	-	-	-	-	1.05	-	-	1.05	-	-	-	-
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda, FLT	-	-	-	-	1.00	-	-	0.97	-	-	-	-
Factor de ajuste por vuelta a la derecha, FRT	-	-	-	-	0.94	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste bloq. peat.y bicic. Izq., FLbp	-	-	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste bloq. peat.y bicic. Der., FRbp	-	-	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-
Flujo de Saturación ajustado, S (veh./h)	-	-	-	-	2514	-	-	2736	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5.12 Módulo de Tasa de Flujo de Saturación, Intersección M. Núñez / Huancané - Sandia.

MÓDULO DE TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. HUANCANÉ - SANDIA												
21 de Julio del 2016												
Periodo de Análisis : 8:00 – 10:00 a.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimientos por grupo de carriles											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Flujo de Saturación base o ideal, So (veh./h/c)	-	-	-	-	1800	-	-	1800	-	-	-	-
Número de carriles, N	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-
Factor de ajuste de ancho de carril, Fw	-	-	-	-	1.07	-	-	0.97	-	-	-	-
Factor de ajuste de vehículos pesados, FHV	-	-	-	-	0.99	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste de pendiente, FG	-	-	-	-	1.02	-	-	1.02	-	-	-	-
Factor de ajuste de estacionamiento, Fp	-	-	-	-	0.92	-	-	0.90	-	-	-	-
Factor de ajuste por obstru. Buses, Fbb	-	-	-	-	0.99	-	-	0.98	-	-	-	-
Factor de ajuste de utilización del carril, FLU	-	-	-	-	1.05	-	-	1.05	-	-	-	-
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda, FLT	-	-	-	-	1.00	-	-	0.96	-	-	-	-
Factor de ajuste por vuelta a la derecha, FRT	-	-	-	-	0.93	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste bloq. peat.y bicic. Izq., FLbp	-	-	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-
Factor de ajuste bloq. peat.y bicic. Der., FRbp	-	-	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-
Flujo de Saturación ajustado, S (veh./h)	-	-	-	-	3079	-	-	2787	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5.13 Módulo de Tasa de Flujo de Saturación, Intersección San Román / 2 de Mayo.

MÓDULO DE TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN												
Intersección : Jr. SAN ROMÁN / Jr. 2 DE MAYO												
14 de Julio del 2016												
Periodo de Análisis : 5:30 – 7:30 p.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimientos por grupo de carriles											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Flujo de Saturación base o ideal, S_o (veh./h/c)	-	-	-	-	1800	-	-	-	-	-	1800	-
Número de carriles, N	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-
Factor de ajuste de ancho de carril, Fw	-	-	-	-	0.96	-	-	-	-	-	1.00	-
Factor de ajuste de vehículos pesados, FHV	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-
Factor de ajuste de pendiente, FG	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-
Factor de ajuste de estacionamiento, Fp	-	-	-	-	0.82	-	-	-	-	-	0.80	-
Factor de ajuste por obstru. Buses, Fbb	-	-	-	-	0.97	-	-	-	-	-	0.96	-
Factor de ajuste por tipo de área, Fa	-	-	-	-	0.90	-	-	-	-	-	0.90	-
Factor de ajuste de utilización del carril, FLU	-	-	-	-	1.05	-	-	-	-	-	1.05	-
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda, FLT	-	-	-	-	0.97	-	-	-	-	-	1.00	-
Factor de ajuste por vuelta a la derecha, FRT	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	0.98	-
Factor de ajuste bloq. peat.y bicic. Izq., FLbp	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-
Factor de ajuste bloq. peat.y bicic. Der., FRbp	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-
Flujo de Saturación ajustado, S (veh./h)	-	-	-	-	2492	-	-	-	-	-	2540	-

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de flujo de saturación ajustados para las condiciones locales de la zona varían en el rango de 3079 y 2455 vehículos / hora / acceso (2 carriles).

➤ **ANÁLISIS DEL FLUJO DE SATURACIÓN EN CAMPO.**

Adicionalmente al ajuste de las tasas de flujo de saturación, con fines de verificación, se ha realizado el análisis del flujo de saturación en campo, el mismo que ha sido medido en el acceso del Jr. Mariano Núñez, en su intersección con el Jr. San Martín. Estos datos de medición se presentan en el Anexo 5.3. Los tiempos han sido registrados exclusivamente sobre los vehículos motorizados, siendo considerados los volúmenes de vehículos no motorizados, como un efecto de incidencia sobre el desplazamiento o velocidad desarrollada por los vehículos motorizados.

Las unidades del intervalo promedio h_0 (seg. / veh.), son las unidades inversas de la tasa de flujo S (veh. / seg.), por lo que también se puede plantear la siguiente relación, Manual de Diseño y Planeación para la Administración del Tránsito y el Transporte, Tomo II, (8-10:2005):

$$S_0 = \frac{3600}{h_0}$$

Donde:

S_0 = Flujo de saturación base (veh./hora/ carril).

h_0 = Intervalo promedio base (seg./veh.)

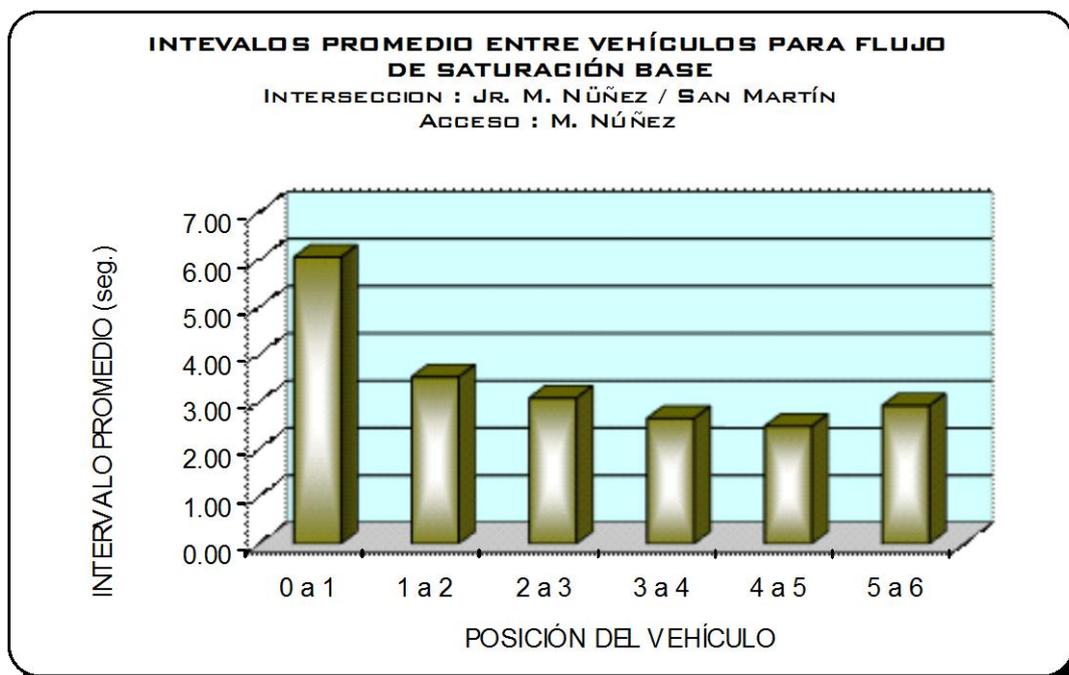
Sobre la base de los datos de muestreo se ha elaborado el siguiente resumen estadístico de datos y el promedio de intervalos de tiempo entre vehículos motorizados consecutivos, así como los flujos de saturación para el promedio de intervalos de los vehículos ubicados en la posición 1 al 5 dentro de las colas en el carril de estudio del acceso.

Tabla 5.14 Intervalos de Tiempo entre Vehículos y Flujo de Saturación Base determinado en Campo.

FLUJO DE SATURACIÓN BASE						
Intersección : Jr. Mariano Núñez / Jr. San Martín						
Acceso : Jr. Mariano Núñez						
Carril: Izquierdo en sentido de circulación						
INTERVALOS ENTRE VEHÍCULOS						
	Posición del Vehículo (Segundos)					
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6
Promedio	6.06	3.53	3.08	2.65	2.48	2.92
Mediana	6.07	3.29	2.75	2.43	2.17	2.90
Moda	5.39	2.68	2.61	1.58	2.34	3.18
Desviación	0.869	1.070	0.957	0.784	0.829	0.868
Muestra	70	70	70	70	41	20
Muestra Mínima	46	70	56	38	42	46
Mínimo	4.18	1.97	1.67	1.58	1.57	1.64
Máximo	7.68	6.42	5.51	6.17	5.07	4.60
Flujo de Saturación (veh./h/carril)	594	1021	1168	1358	1449	1233

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 5.03 intervalos promedios para flujo de saturación base.



En el *Figura 5.03*. Se puede observar que los intervalos promedio entre vehículos tienden a estabilizarse a partir del 3er y 4to vehículo, precisamente estos intervalos son los que se encuentran en condiciones ideales de saturación. Por lo tanto el flujo de saturación base determinado en campo estaría dentro del rango de 1233 a 1358 vehículos / hora / carril. asimismo merece un comentario aparte el intervalo promedio de los primeros vehículos, el mismo que es siempre mayor, esto se debe a que los primeros vehículos siempre emplean mayores tiempos para ponerse nuevamente en movimiento, adicionalmente al tiempo perdido por presencia de vehículos no motorizados.

5.4.6 MÓDULO DE CAPACIDAD Y RELACIÓN V/C.

La capacidad ha sido estimada para cada uno de los accesos de las intersecciones de análisis, como el valor de flujo máximo, que puede pasar a través de la intersección en condiciones prevalecientes del tránsito, de la vía y de la semaforización.

En este módulo, los cálculos más importantes de capacidad incluyen:

- Razón de flujo para los diferentes grupos de carriles (accesos) de una intersección.
 - Capacidad para los diferentes grupos de carriles (accesos) de una intersección.
 - Relaciones (v/c) para los diferentes grupos de carriles (accesos) de una intersección.
 - La relación crítica (v/c) para cada intersección total.
- **RAZÓN DE FLUJO PARA LOS GRUPOS DE CARRILES (v/s)_i.**

Es la proporción de tiempo mínima de verde que necesita el grupo de carriles "i" (accesos) para mantener condiciones de flujo subsaturadas. La proporción según el Manual de estudios de ingeniería de tránsito, Tomo XII (2001:99), está dada por:

$$\left(\frac{v}{s}\right)_i = \frac{\text{Volumen, } v_i}{\text{Saturación, } s_i}$$

➤ **CAPACIDAD DEL GRUPO DE CARRILES (c_i).**

Según Nicholas J. Garber y Lester A. Hoel (2005:414), la capacidad de un acceso o de un grupo de carriles está dado como:

$$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C}\right)$$

Donde:

c_i = Capacidad del grupo i de carriles o el acceso i dado (veh./h).

s_i = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles o acceso i (veh./h).

$\left(\frac{g_i}{C}\right)$ = Razón o relación de luz verde para el grupo de carriles o acceso i.

g_i = Luz verde efectiva para el grupo de carriles o el acceso i (seg.).

C = Duración del ciclo (seg.).

➤ **PROPORCIÓN VOLUMEN / CAPACIDAD (X_i).**

La relación entre flujo y capacidad v/c denotada por el símbolo X (grado de saturación), indica la relación de capacidad y condiciones de semaforización.

Cal y Mayor R. Rafael y Cárdenas G, James (1995:371), dan la ecuación de estimación del grado de saturación X_i para un grupo de carriles dado o un acceso i :

$$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i = \frac{v_i}{s_i \left(\frac{g_i}{C}\right)} = \frac{v_i C}{(s_i g_i)} = \left(\frac{v}{s}\right)_i$$

Donde:

X_i = Relación (v/c) para un acceso o grupo de carriles i.

v_i = Valor de flujo de demanda actual o proyectada para el grupo de carriles o acceso i (veh./h).

s_i = Flujo de saturación para el grupo de carriles o el acceso i (seg.).

g_i = Tiempo de verde efectivo para un acceso o grupo de carriles i (seg.).

➤ **PROPORCIÓN DE VOLUMEN / CAPACIDAD CRÍTICA (X_c).**

Otro concepto de capacidad en el flujo discontinuo es la relación v/c crítica,

X_c . esta considera solo los grupos de carriles o accesos que tienen el mayor

valor de flujo (v/c)i para una fase dada. Según Ibid (1995:371), la razón

crítica v/c para toda la intersección está dada como:

$$X_c = \sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci} \left(\frac{C}{C-L}\right)$$

Donde:

X_c = Relación (v/c) crítica para la intersección.

$\sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}$ = Sumatoria de las razones de los flujos actuales a flujo de saturación para todos los grupos de carriles o accesos críticos i.

C = Duración del ciclo (seg.).

L = Tiempo total perdido en el ciclo, calculado como la suma de tiempo perdido (t_i) en el arranque y en el cambio de intervalo menos la porción del cambio del intervalo usado por los vehículos en el grupo de carriles críticos para cada fase, $L = \sum t_i$.

Con respecto a los tiempos perdidos, se cumple la siguiente regla.

$$L = n T_L$$

Donde 'n' es el número de movimientos en el acceso crítico, "L" es el tiempo perdido total y t_L es el tiempo perdido por fase (considerado como el tiempo de luz ámbar por fase).

A continuación se muestra el módulo de Capacidad y Relación v/c, para cada uno de los accesos de las intersecciones de análisis.

Tabla 5.15 Módulo Capacidad y Relación v/c, Intersección M. Núñez / San Martín.

MÓDULO DE CAPACIDAD Y RELACIÓN V/C											
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. SAN MARTÍN											
17 de Julio del 2016											
Periodo de Análisis : 7:30 – 9:30 a.m.											
	Acceso										
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR	
	Movimientos por grupo de carriles										
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte
Tasa de flujo ajustada, v (veh./h)	1348						1446				
Tasa de Flujo de Saturación, S (veh./h)	2947						2455				
Tiempo perdido, TL (s)	2.5						2.5				
Tiempo efectivo de luz verde, g (s)	20						20				
Relación de luz verde, g/C	0.47						0.47				
Capacidad del grupo de carriles, c (veh./h)	1387						1155				
Razón v/c, X	0.97						1.25				
Razón de flujo, v/s	0.46						0.59				
Grupo crítico de carriles / fase	x						x				
Suma de razones de flujo grupos críticos, Yc	0.46						0.59				
Tiempo total perdido por ciclo, L (s)	5						5				
Razón de flujo critico a capacidad, Xc	0.52						0.67				
Grado de Saturación crítico Intersección	1.19										

Fuente: Elaboración Propia.

La intersección operando en condiciones críticas sobrepasa su capacidad, en 19%, lo que indica que algunos vehículos abandonan la intersección en lapsos de tiempo mayores a 2 ciclos, dándose este hecho en el acceso Norte (Jr. Mariano Núñez) de la intersección.

Tabla 5.16 Módulo de Capacidad y Relación v/c, Intersección M. Núñez / 2 de Mayo.

MÓDULO DE CAPACIDAD Y RELACIÓN V/C											
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. 2 DE MAYO											
18 de Julio del 2016											
Periodo de Análisis : 7:30 – 9:30 a.m.											
	Acceso										
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR	
	Movimientos por grupo de carriles										
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte
Tasa de flujo ajustada, v (veh./h)				1141					1563		
Tasa de Flujo de Saturación, S (veh./h)				2514					2736		
Tiempo perdido, TL (s)				3					3		
Tiempo efectivo de luz verde, g (s)				20					20		
Relación de luz verde, g/C				0.47					0.47		
Capacidad del grupo de carriles, c (veh./h)				1169					1273		
Razón v/c, X				0.98					1.23		
Razón de flujo, v/s				0.45					0.57		
Grupo crítico de carriles / fase				x					x		
Suma de razones de flujo grupos críticos, Yc				0.45					0.57		
Tiempo total perdido por ciclo, L (s)				6					6		
Razón de flujo critico a capacidad, Xc				0.53					0.66		
Grado de Saturación crítico Intersección	1.19										

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa nuevamente que el acceso del Jr. Mariano Núñez sobrepasa su capacidad en 19%, durante las horas críticas o de máxima demanda.

Tabla 5.17 Módulo de Capacidad y Relación v/c, Intersección M. Núñez / Huancané - Sandia.

MÓDULO DE CAPACIDAD Y RELACIÓN V/C												
Intersección : Jr. MARIANO NÚÑEZ / Jr. HUANCANÉ - SANDIA												
21 de Julio del 2016												
Periodo de Análisis : 8:00 – 10:00 a.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimientos por grupo de carriles											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Tasa de flujo ajustada, v (veh./h)	-	-	-	838	-	-	-	-	-	1296	-	-
Tasa de Flujo de Saturación, S (veh./h)	-	-	-	3079	-	-	-	-	-	2787	-	-
Tiempo perdido, TL (s)	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	-	-
Tiempo efectivo de luz verde, g (s)	-	-	-	22	-	-	-	-	-	22	-	-
Relación de luz verde, g/C	-	-	-	0.47	-	-	-	-	-	0.47	-	-
Capacidad del grupo de carriles, c (veh./h)	-	-	-	1441	-	-	-	-	-	1305	-	-
Razón v/c, X	-	-	-	0.58	-	-	-	-	-	0.99	-	-
Razón de flujo, v/s	-	-	-	0.27	-	-	-	-	-	0.46	-	-
Grupo crítico de carriles / fase	-	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-
Suma de razones de flujo grupos críticos, Yc	-	-	-	0.27	-	-	-	-	-	0.46	-	-
Tiempo total perdido por ciclo, L (s)	-	-	-	6	-	-	-	-	-	6	-	-
Razón de flujo critico a capacidad, Xc	-	-	-	0.31	-	-	-	-	-	0.53	-	-
Grado de Saturación crítico Intersección	0.84											

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que la capacidad en ambos accesos de la intersección está por encima de la demanda, aun en el caso crítico de las horas de máxima demanda. La intersección funciona al 84% de su capacidad en las horas de máxima demanda.

Tabla 5.18 Módulo de Capacidad y Relación v/c, Intersección San Román / 2 de Mayo.

MÓDULO DE CAPACIDAD Y RELACIÓN V/C												
Intersección : Jr. SAN ROMÁN / Jr. 2 DE MAYO												
14 de Julio del 2016												
Periodo de Análisis : 5:30 – 7:30 a.m.												
	Acceso											
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	Movimientos por grupo de carriles											
	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.	Izq.	Fnte	Der.
Tasa de flujo ajustada, v (veh./h)				1338								1503
Tasa de Flujo de Saturación, S (veh./h)				2492								2736
Tiempo perdido, TL (s)				3								3
Tiempo efectivo de luz verde, g (s)				23								23
Relación de luz verde, g/C				0.47								0.47
Capacidad del grupo de carriles, c (veh./h)				1170								1192
Razón v/c, X				1.14								1.3
Razón de flujo, v/s				0.54								0.6
Grupo crítico de carriles / fase												x
Suma de razones de flujo grupos críticos, Yc				0.54								0.6
Tiempo total perdido por ciclo, L (s)				6								6
Razón de flujo critico a capacidad, Xc				0.61								0.6
Grado de Saturación crítico Intersección	1.21											

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que en ambos accesos la demanda supera la capacidad, en un promedio del 21%, en las horas críticas de máxima demanda, siendo esta intersección la que presenta mayores problemas de operación, en términos de capacidad.

CAPITULO VI

ANÁLISIS DE VARIABLES

6.1 INTRODUCCIÓN.

Este estudio de investigación pretende relacionar las principales variables que intervienen en el análisis de los elementos del flujo vehicular o características de flujo vehicular en una determinada zona centro de la ciudad de Juliaca, estimando ecuaciones que relacionen estas variables a fin de establecer las características de tránsito de vehículos motorizados. Según Wright h., Paul; Paquete, Radnor J. (1993:129), “estas características son: el tránsito, la velocidad, el tiempo de recorrido, el volumen y la densidad”. De las cuales las más importantes para un análisis de tránsito son el *flujo vehicular*, la *velocidad* y la *densidad*, siendo el tiempo de recorrido una variable que interviene en todas las variables principales antes mencionadas. Estas variables que describen las características fundamentales del flujo vehicular, según Cal y Mayor Reyes, Rafael; Cárdenas Grisales, James (1995:246) son “representadas en sus tres variables principales: el flujo, la velocidad y la densidad. Mediante la deducción de relaciones entre ellas, se puede determinar las características de la corriente de tránsito, y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto”. A decir de esta última referencia justifica la importancia de realizar estudios encaminados a *determinar las características del flujo vehicular* en las diferentes vías de una ciudad,

ya que va permitir *adoptar mejores decisiones de las múltiples alternativas* que puedan existir para un proyecto determinado de obras viales.

Por lo tanto una vez que han sido identificadas las variables que describen las características y comportamiento del tránsito, siendo estas fundamentales para un adecuado planeamiento de tránsito, tal como lo indica Ibid (1995:246) cuando señala que: “mediante el *análisis de los elementos del flujo vehicular* se pueden entender las *características y el comportamiento del tránsito*, requisitos básicos para el *planeamiento, proyecto y operación* de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte.”; a decir de la importancia que implica el estudio de flujos de tránsito, para Wright h., Paul; Paquete, Radnor J. (1993:129) “el ingeniero de caminos debe conocer las características del tránsito, ya que esto será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de diseño geométrico, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte.”, Entonces es evidente que para la toma de decisiones en cuanto al tránsito de vehículos de las calles de una ciudad, es necesario conocer las características principales del flujo de vehículos en las mismas. Asimismo según Cal y Mayor Reyes, Rafael; Cárdenas Grisales, James (1995:261): “uno de los objetivos finales que busca el ingeniero de tránsito, es el de *optimizar la operación de los sistemas de tránsito existentes* y el de intervenir en el proyecto de sistemas viales futuros bastante eficientes. De esta manera, la optimización en tránsito indica la *selección de las mejores condiciones de operación*, sujeto a las habilidades del sistema o recursos y a las restricciones del usuario y del medio ambiente”. Es mediante el desarrollo de modelos matemáticos que se pretende conseguir los diversos objetivos citados anteriormente.

6.02 RELACIONES FLUJO - VELOCIDAD – DENSIDAD

En esta sección se presenta una descripción de algunas de las características fundamentales del flujo vehicular, representadas en sus tres variables principales: el *flujo*, la *velocidad* y la *densidad*. Mediante la deducción de relaciones entre ellas, se puede determinar las características de la corriente de tránsito, y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto. De igual manera, el conocimiento de estas tres variables reviste singular importancia, ya que éstas indican la calidad o Nivel de Servicio experimentado por los usuarios de cualquier sistema vial. A su vez, estas tres variables pueden ser expresadas en términos de otras, llamadas variables asociadas. El *volumen*, el *intervalo*, el *espaciamiento*, la *distancia* y el *tiempo*.

Las tres características principales que se pueden explicar matemáticamente son:

- La velocidad
- El volumen o intensidad de tránsito.
- La densidad

Estas tres características principales de la teoría de flujo vehicular se describen a continuación.

6.2.1 VELOCIDAD

La velocidad es definida como una razón de movimiento en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora (km/h). Se usa la velocidad promedio de viaje como la medida de velocidad, ya que es fácil de calcular observando cada vehículo dentro del tránsito y es la medida estadística más relevante en relación con otras variables.

6.2.1.1 *velocidad promedio de viaje*

La velocidad promedio de viaje es una medida de tránsito basada en la observación del tiempo de viaje en una longitud dada de carretera. Se calcula como la longitud del segmento dividido entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento, incluyendo todos los tiempos de demoras por paradas.

La velocidad promedio de viaje se calcula dividiendo el largo de la carretera, sección o segmento bajo consideración entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento. La Ecuación 7.2-1 expresa la velocidad promedio de viaje.

Ecuación 6.2-1
$$S = \frac{L}{T_a}$$

Dónde:

S = Velocidad promedio de viaje (km/h),
L = Longitud del segmento de carretera (km), y
ta = Tiempo promedio de viaje en el segmento (h).

6.2.1.2 *Velocidad a flujo libre*

La velocidad de flujo libre (FFS por sus siglas en inglés, free flow speed) es la velocidad promedio de los vehículos en una carretera dada, medida bajo condiciones de un volumen bajo, cuando los conductores tienden a conducir a una velocidad alta sin restricciones de demoras.

6.2.2 VOLUMEN O INTENSIDAD DE TRÁNSITO

El volumen de tránsito es definido como el número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. La unidad para el volumen es simplemente "vehículos" o "vehículos por unidad de tiempo".

Un intervalo común de tiempo para el volumen es un día, descrito como vehículos por día. Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las carreteras.

Para los análisis operacionales, se usan los volúmenes horarios, ya que el volumen varía considerablemente durante el curso de las 24 horas del día. La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada "hora pico" (HP), u hora de máxima demanda (HMD).

6.2.3 FACTOR DE HORA PICO

El factor de la hora pico (FHP) representa la variación en la circulación dentro de una hora. Las observaciones de la circulación indican constantemente que los volúmenes encontrados en el periodo de 15 minutos del pico dentro de una hora no se encuentran sostenidos a través de la hora completa. El uso del factor de la hora pico en la ecuación para determinar la tasa de flujo considera este fenómeno.

En vías multicarriles, los valores típicos del factor de hora pico, FHP varían entre 0.80 y 0.95. Un factor de hora pico bajo es característico de condiciones rurales.

Factores altos son condiciones típicas de entornos urbanos y suburbanos en condiciones de hora pico. Los datos del campo deben ser utilizados en lo posible para desarrollar el cálculo del factor de hora pico de condiciones locales.

El factor de hora pico es la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo ($q_{\text{máx}}$), que se presenta en un periodo dado dentro de dicha hora como se aprecia en la Ecuación 6.2-2:

$$\text{Ecuación 6.2-2} \quad FHP = \frac{VHMD}{q_{\text{máx}} * N}$$

El factor de la hora de pico es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Si este valor es igual a 1 significa uniformidad, en cambio valores muy pequeños indicarán concentraciones de flujos máximos.

6.2.4 DENSIDAD

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km).

La densidad se puede calcular como se expresa en la Ecuación 6.2-3:

Ecuación 6.2-3
$$D = \frac{v}{S}$$

Dónde

v = Razón de flujo (veh p/h),
S = Velocidad promedio de viaje (km/h), y
D = Densidad (veh p/km/carril).

La densidad es posiblemente el parámetro más importante en el tránsito, porque es la medida más directamente relacionada con la demanda de tránsito.

A continuación se verán los principales conceptos relacionados con las variables del flujo vehicular.

6.2.5 VARIABLES RELACIONADAS CON EL FLUJO

Las variables relacionadas con el flujo son la *tasa de flujo*, el *volumen*, el *intervalo simple* entre vehículos consecutivos y el *intervalo promedio* entre vehículos.

1) *Tasa de flujo o flujo (q) y volumen (Q)*

La *tasa de flujo*, q , es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. La tasa de flujo es pues, el número de vehículos, N , que pasan durante un intervalo de tiempo específico, T , inferior a una

hora, expresada en vehículos por minuto (veh/min) o vehículos por segundo (veh/s). No obstante, la tasa de flujo q , también puede ser expresada en vehículos por hora (veh/h), teniendo cuidado de su interpretación, pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o *volumen* horario, Q . La tasa de flujo, q , se calcula entonces con la Ecuación 6.2-4:

Ecuación 6.2-4

$$q = \frac{N}{T}$$

2) Intervalo simple (h_i)

Es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, generalmente expresado en segundos y medido entre puntos homólogos del par de vehículos.

3) Intervalo promedio (h)

Es el promedio de todos los intervalos simples, h_i , existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo (s/veh) y se calcula, de acuerdo a la Figura 7.2-1, mediante la

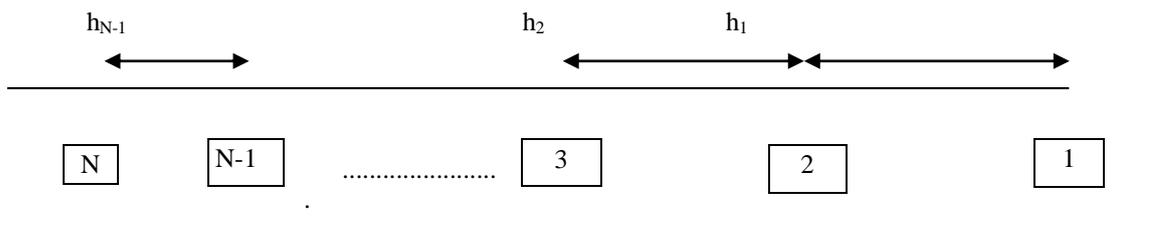
Ecuación 6.2-5:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N-1}$$

Donde:

- h = Intervalo promedio (s/veh),
- N = Número de vehículos (veh),
- $N - 1$ = Número de intervalos (veh), y
- h_i = Intervalo simple entre el vehículo i y el vehículo $i + 1$

Figura 6.2-1 Intervalo entre vehículos



Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Obsérvese que las unidades del *intervalo promedio* h (s/veh) son las unidades inversas de la tasa de flujo q (veh/s), por lo que también puede plantearse la Ecuación 6.2-6:

Ecuación 6.2-6:
$$h = \frac{1}{q}$$

6.2.6 VARIABLES RELACIONADAS CON LA VELOCIDAD

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la velocidad son la *velocidad de punto*, la *velocidad instantánea*, la *velocidad media temporal*, la *velocidad media espacial*, la *velocidad de recorrido*, la *velocidad de marcha*, la *distancia de recorrido* y el *tiempo de recorrido*.

6.2.7 VARIABLES RELACIONADAS CON LA DENSIDAD

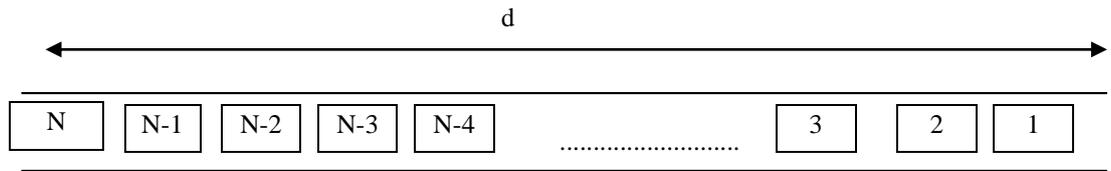
Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la *densidad* o *concentración*, el *espaciamiento simple* entre vehículos consecutivos y el *espaciamiento promedio* entre varios vehículos.

1) *Densidad o concentración (k)*

Es el número, N , de vehículos que ocupan una longitud específica, d , en una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada. Según la Figura 6.2-2 se calcula con la Ecuación 6.2-7:

Ecuación 6.2-7:
$$k = \frac{N}{d}$$

Figura 6.2-2 Densidad o concentración



Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

2) Espaciamiento simple (s_j)

Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras.

3) Espaciamiento promedio (s)

Es el promedio de todos los espaciamientos simples, s_j , existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículo (m/veh) y se calcula, de acuerdo a la

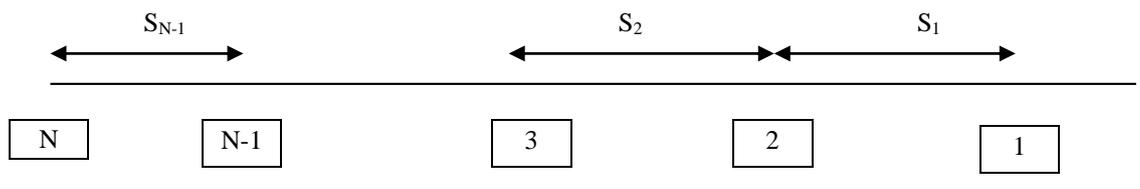
Figura 6.2-3 mediante la Ecuación 6.2-8:

Ecuación 6.2-8:
$$S = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} S_i}{N-1}$$

Dónde:

- s = Espaciamiento promedio (m/veh),
- N = Número de vehículos (veh),
- $N - 1$ = Número de espaciamientos (veh), y
- S_j = Espaciamiento simple entre el vehículo i y el vehículo $i + 1$.

Figura 6.2-3 Espaciamiento entre vehículos



Obsérvese que las unidades del *espaciamiento promedio* s (m/veh) son las unidades inversas de la *densidad* k (veh/m), por lo que también puede plantearse la Ecuación 6.2-9:

Ecuación 7.2-9:
$$s = \frac{1}{k}$$

6.2.8 RELACIÓN ENTRE EL FLUJO, LA VELOCIDAD, LA DENSIDAD, EL INTERVALO Y EL ESPACIAMIENTO

El esquema de la Figura 6.2-4 muestra un par de vehículos consecutivos a los cuales se les han asociado atributos tanto en el *tiempo* como en el *espacio*. Así, por ejemplo, el *paso* es el tiempo necesario para que el vehículo recorra su propia *longitud*, y la *brecha* o *claro* es el intervalo de tiempo libre disponible entre los dos vehículos, equivalente a la *separación* entre ellos medida desde la defensa trasera del primer vehículo hasta la defensa delantera del segundo vehículo, dividida por la *velocidad* (la del segundo vehículo o la del grupo de vehículos si todos ellos viajan a la misma velocidad).

FIGURA 6.2-4 Relaciones de espacio y tiempo entre vehículos



Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Con base en la Figura 6.2-4 y considerando un grupo vehicular que se mueve a *velocidad* (v_e) aproximadamente constante, su *intervalo promedio* (h) y *espaciamiento promedio* (s) se pueden relacionar así en la Ecuación 6.2-10:

$$\text{Espaciamiento} = (\text{Velocidad})(\text{Tiempo})$$

Ecuación 6.2-10:
$$S = v_e h$$

Como se puede ver en la expresión anterior, para un grupo de vehículos, el intervalo promedio y el espaciamiento promedio se relacionan a través de la velocidad media espacial.

También, como cualquier otro fluido continuo, el flujo de la corriente de tránsito puede definirse en términos de sus tres variables principales: la *tasa de flujo* q , la *velocidad* v y la *densidad* k .

Por la Ecuación 6.2-6 y la Ecuación 6.2-9, se sabe que:

$$h = \frac{1}{q}$$

$$s = \frac{1}{k}$$

Reemplazando los dos valores anteriores en la Ecuación 6.2-10, queda:

$$\frac{1}{k} = v_e \left(\frac{1}{q} \right)$$

De donde:

Ecuación 6.2-11:
$$q = v_e k$$

A la anterior correlación se le conoce como la *ecuación fundamental del flujo vehicular*, que en *forma general* se expresa como:

Ecuación 6.2-12:
$$q = vk$$

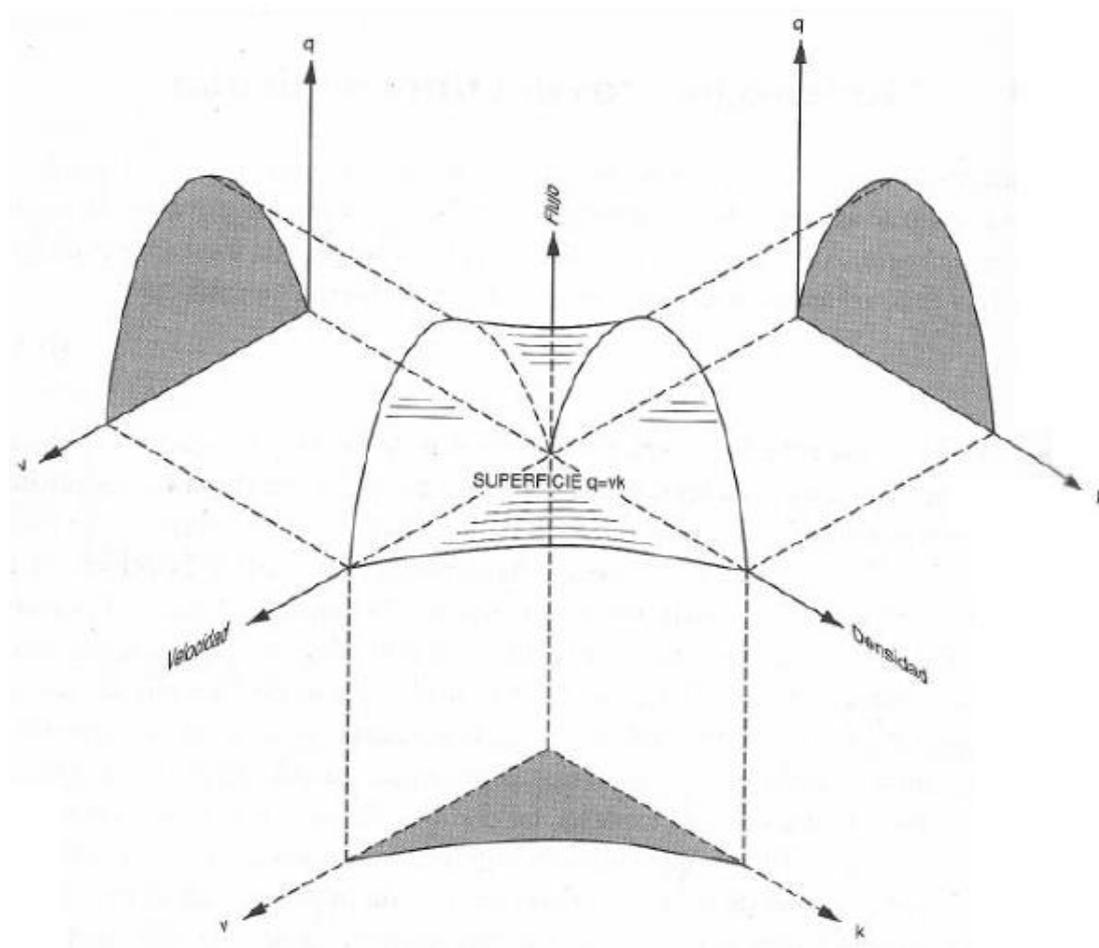
Los resultados numéricos dados por la ecuación fundamental del flujo vehicular dependen del método de medición empleado para definir cada una de sus variables y de la forma de promediarlas, ya que, como es conocido, existen mediciones de tipo puntual, mediciones sobre distancias o tramos específicos y mediciones dentro de todo un sistema.

6.03 MODELOS BÁSICOS DE FLUJO VEHICULAR

Los anteriores conceptos y relaciones fundamentales, constituyen el punto de partida para analizar aún más las características del flujo vehicular a través de sus *tres variables principales: flujo (q), velocidad (v) y densidad (k)*, relacionadas mediante la *ecuación fundamental del flujo vehicular*, que como se demostró, su forma general es:

$$q = vk$$

Si se establece una relación entre cualquiera dos de las tres variables, la relación de estas dos con la tercera la determina la ecuación $q=vk$. Naturalmente, las posibles combinaciones son *velocidad- densidad (v, k)*, *flujo-densidad (q, k)* y *velocidad-flujo (v, q)*. La variable más fácil de medir es el flujo q, siguiéndole en su orden la velocidad v y la densidad k. por esta razón, usualmente se considera la densidad k como la variable dependiente. De todas maneras no existe una variable dependiente aislada, como tampoco existe cuando se representa un punto en el espacio en función de sus tres coordenadas (x, y, z). Por lo tanto, es de gran ayuda visualizar la *ecuación fundamental del flujo vehicular*, considerando la superficie que representa, cuando se grafica sobre ejes mutuamente perpendiculares en el espacio, tal como se ilustra en la Figura 6.3-1.

Figura 6.3-1 Relación fundamental del flujo vehicular

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Uno de los objetivos finales que busca el ingeniero de tránsito es el de optimizar la operación de los sistemas de tránsito existentes y el de intervenir en el proyecto de sistemas viales futuros bastante eficientes. De esta manera, la *optimización* en tránsito indica la selección de las mejores condiciones de operación, sujeto a las habilidades del sistema o recursos y a las restricciones del usuario y del medio ambiente.

Las *medidas de efectividad*, que entran en el *objetivo* definido como una *función*, inherentes en el criterio de optimización, serán aquellas que se puedan expresar como una función de las variables de tránsito presentes en el problema, llamadas *variables de*

decisión. La tarea es, desde luego, elegir valores para las variables de decisión o control que hagan óptima la función objetivo.

En los modelos *determinísticos*, los cuales otorgan un valor preciso para cada medida de efectividad definida al tomar ciertos valores específicos las variables de decisión, aplicados a problemas de tránsito, se supone que las relaciones funcionales entre las variables de entrada y

Los parámetros que miden la efectividad son constantes. Esto es, solo ocurrirá un *valor* de la función objetivo para cualquier *conjunto dado de valores* de las variables de entrada.

En general los modelos del flujo vehicular se pueden clasificar en dos grandes clases: microscópicos y macroscópicos. Los *modelos microscópicos* consideran los espaciamientos y las velocidades individuales de los vehículos, con base en la teoría del seguimiento vehicular. Los *modelos macroscópicos* describen la operación vehicular en términos de sus variables de flujo, generalmente tomadas como promedios. A su vez, estos modelos del flujo vehicular son la base de la simulación microscópica y macroscópica.

Los esfuerzos en tratar de relacionar las diferentes parejas de las tres variables principales de flujo vehicular (q , v , k) se han basado en toma de datos y ajuste simple a curvas o regresión, en métodos deductivos a partir de condiciones límite o de frontera y en analogías físicas. Estas tres formas de aproximarse al fenómeno del tránsito, han dado como resultado el desarrollo de modelos macroscópicos, los cuales suponen un movimiento homogéneo o condiciones de *flujo estacionario* y describen las características generales o globales de la corriente vehicular.

6.3.1 MODELO LINEAL

B.D. Greenshields llevó a cabo una de las primeras investigaciones sobre el comportamiento del flujo vehicular, en la cual estudio la relación existente entre la velocidad y la densidad. Utilizando el conjunto de datos (k, v) , para diferentes condiciones del tránsito, propuso una relación lineal entre la *velocidad* v y la *densidad* k , que mediante el ajuste por el método de mínimos cuadrados, según la Figura 6.3-2, se llega al *modelo lineal* siguiente:

Ecuación 6.3-1

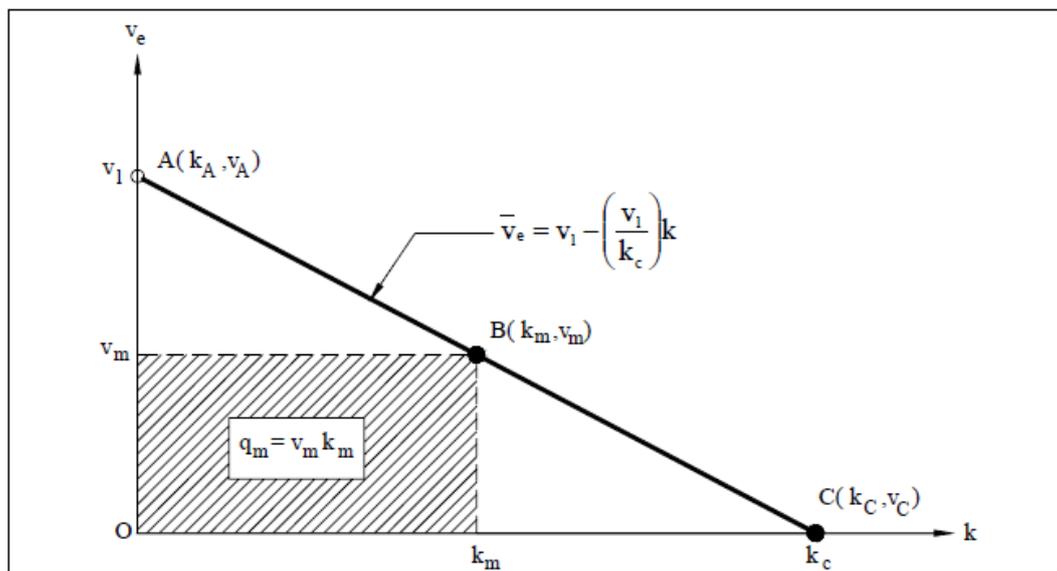
$$v_e = v_l - \left(\frac{v_l}{k_c}\right)k$$

Dónde:

- v_e = Velocidad media espacial (km/h),
- k = Densidad (veh/km/carril),
- v_l = Velocidad media espacial a flujo libre (km/h), y
- k_c = Densidad de congestión (veh/km/carril).

En general la velocidad disminuye a medida que aumenta la densidad, desde un valor máximo o velocidad a flujo libre v_l (punto A), hasta un valor mínimo $v = 0$ (punto C) donde la densidad alcanza su máximo valor o de congestión k_c .

Figura 6.3-2 Relación lineal entre la velocidad y la densidad



Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Obviamente, en la práctica, la densidad nunca toma el valor de cero, lo cual quiere decir que para que exista velocidad a flujo libre, debe presentarse al menos un vehículo sobre la calle o carretera circulando a esa velocidad. Bajo esta condición, la densidad es muy baja, tal que el vehículo o los pocos vehículos circulan libremente a la velocidad máxima o límite establecido por la vialidad. En el otro extremo, al presentarse congestión, los vehículos están detenidos uno tras de otro.

El flujo, q , se puede representar en el diagrama velocidad-densidad, a través de la ecuación fundamental $q = vk$, donde para cualquier punto sobre la recta de coordenadas (k, v) , el producto vk es el área de un rectángulo cuyo lado horizontal es la densidad k y cuyo lado vertical es la velocidad v . Así, por ejemplo, para los puntos C y D, los flujos asociados a las densidades y velocidades correspondientes son:

$$q_c = v_c k_c$$

$$q_D = v_D k_D$$

El rectángulo de área máxima corresponde al punto E, que está ubicado exactamente en la mitad de la recta. Su área, sombreada en la Figura 7.3-2, representa el *flujo máximo*, q_m , el cual se obtiene para los valores siguientes de v_m y k_m :

$$\text{Ecuación 6.3-2} \quad v_m = \frac{v_l}{2}$$

$$\text{Ecuación 6.3-3} \quad k_m = \frac{k_c}{2}$$

Por lo tanto, el flujo máximo es:

$$\text{Ecuación 6.3-4} \quad q_m = v_m k_m$$

O lo que es lo mismo:

$$\text{Ecuación 6.3-5} \quad q_m = \frac{v_l k_c}{4}$$

La relación entre el *flujo* q y la *densidad* k , se obtiene reemplazando la Ecuación 6.3-1 en la Ecuación 6.2-12 fundamental, así:

$$q = vk = \left[v_l - \left(\frac{v_l}{k_c} \right) k \right] k$$

Ecuación 6.3-6 $q = v_l k - \left(\frac{v_l}{k_c} \right) k^2$

Esta ecuación expresa al flujo q como una función parabólica de la densidad k , por lo tanto, la forma de la curva, mostrada en la Figura 7.3-3, es la de una parábola.

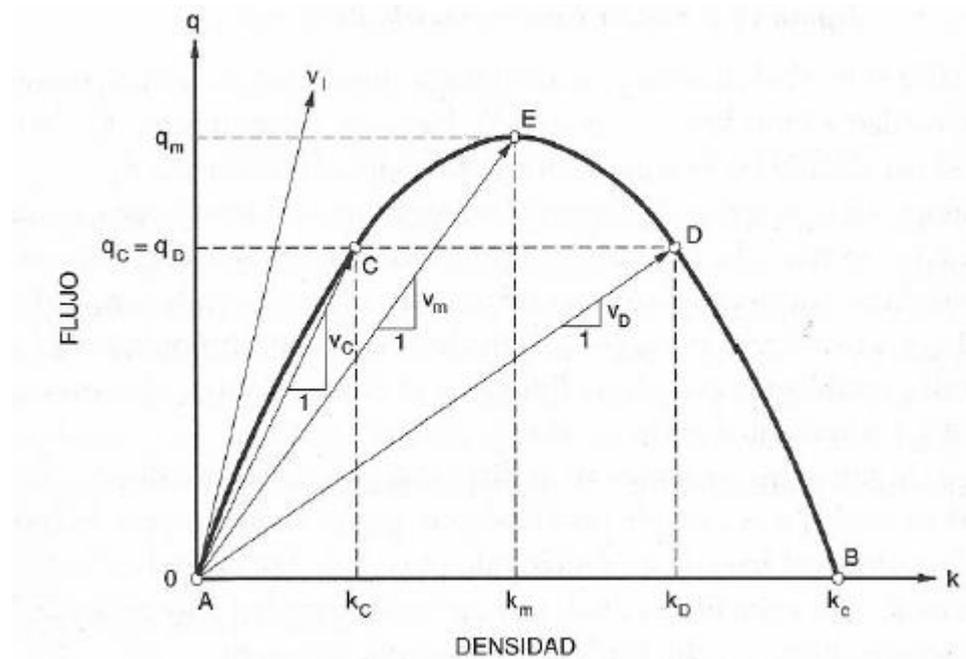
Por definición se requiere que cuando la densidad se aproxime a cero, el flujo también se aproxime a cero, lo cual representa condiciones de operación a flujo libre (punto A). Igualmente, cuando la densidad es la máxima, $k=k_c$, los vehículos se detienen uno tras otro, defensa delantera a defensa trasera, tal que no avanzan, $q=0$ (punto B).

Entre los dos extremos anteriores, existe una diversidad de condiciones de flujo vehicular, identificadas por los puntos C, D y E, reflejando éste último características de operación a flujo máximo o Capacidad, $q=q_m$.

La velocidad, v , se puede también representar en el diagrama flujo-densidad, despejándola de la ecuación fundamental $q=vk$:

Ecuación 6.3-7 $v = \frac{q}{k}$

Figura 6.3-3 Relación parabólica entre el flujo y la densidad



Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

La expresión anterior es la pendiente del vector dirigido desde el origen A a cualquier punto sobre la curva. Así, para los puntos C, D y E, se tiene:

$$\text{Pendiente de AC} = v_c = \frac{q_c}{k_c}$$

$$\text{Pendiente de AD} = v_D = \frac{q_D}{k}$$

$$\text{Pendiente de AE} = v_m = \frac{q_m}{k_m}$$

Obsérvese que a la densidad del congestionamiento, $k=k_c$ (punto B), la pendiente del vector AB es cero, indicando que no existe velocidad pues los vehículos están completamente detenidos o en congestionamiento total. En la medida en que el flujo q y la densidad k se aproximan a cero, el vector tiende a ser tangente a la curva y su pendiente representa la velocidad a flujo libre v_f . El valor de la velocidad a flujo libre depende del conductor, de las características de su vehículo, de las características geométricas de la vialidad, ancho de carriles, pendientes,

distancias de visibilidad, etc. y de otros factores tales como la iluminación y el estado del tiempo.

La relación entre la velocidad y el flujo q , se obtiene despejando la densidad k de la Ecuación 6.3-1 y reemplazando su valor en la Ecuación 6.2-11, de la siguiente manera:

De la ecuación:
$$k = k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right)v_e$$

Reemplazando en la Ecuación 6.2-11:

$$\begin{aligned} q &= v_e k = v_e \left[k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right)v_e \right] \\ &= v_e k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right)v_e^2 \end{aligned}$$

De donde:

Ecuación 6.3-8

$$v_e = \frac{v_l}{2} \pm \frac{\sqrt{v_l^2 - 4\left(\frac{v_l}{k_c}\right)q}}{2}$$

Esta última expresión, representada en la Figura 6.3-4, indica que entre la velocidad y el flujo existe una relación parabólica, donde para un valor determinado del flujo ($q=q_c=q_D$), hay asociados dos valores de la velocidad (v_c y v_D). En la medida que el flujo q aumenta, desde el punto A a velocidad a flujo libre, la velocidad v progresivamente disminuye. De manera que si para una determinada vialidad, el flujo de entrada q (demanda) se aproxima a la Capacidad q_m (máxima oferta o Servicio), la dinámica del flujo vehicular puede causar que éste se reduzca por debajo de la Capacidad, con velocidades correspondientes a la porción inferior de la curva desde el punto E hasta el punto B, indicando que la operación ocurre a Nivel de congestión.

La densidad, k , se puede también representar en el diagrama velocidad-flujo, despejándola de la ecuación fundamental $q=vk$:

$$k = \frac{q}{v} = \frac{1}{\frac{v}{q}}$$

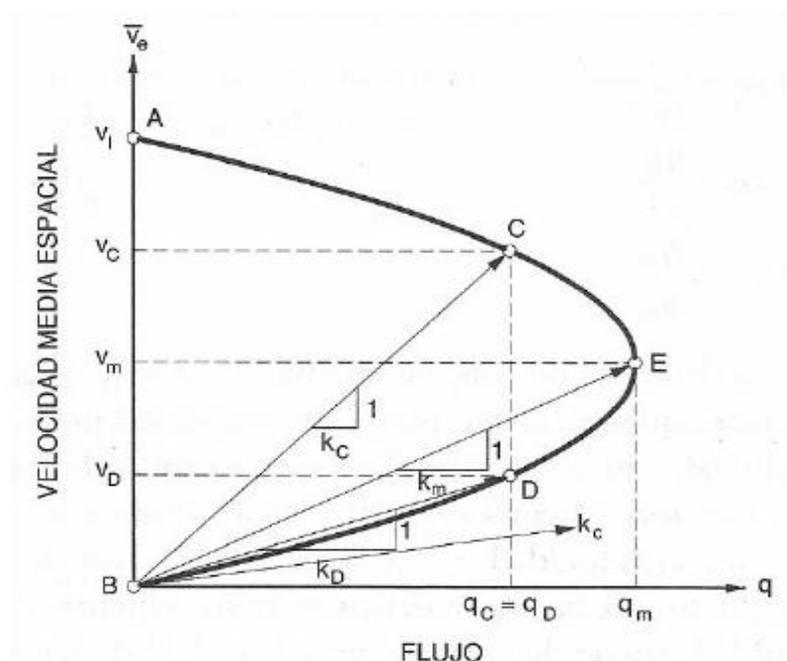
En la expresión anterior, la pendiente del vector dirigido desde el origen B a cualquier punto sobre la curva, es el inverso de la densidad en ese punto. Así, para los puntos C, D y E, se tiene:

$$Pendiente\ de\ BC = \frac{1}{k_c} = \frac{v_c}{q_c}$$

$$Pendiente\ de\ BD = \frac{1}{k_D} = \frac{v_D}{q_D}$$

$$Pendiente\ de\ BE = \frac{1}{k_m} = \frac{v_m}{q_m}$$

Figura 7.3-4 Relación parabólica entre la velocidad y el flujo

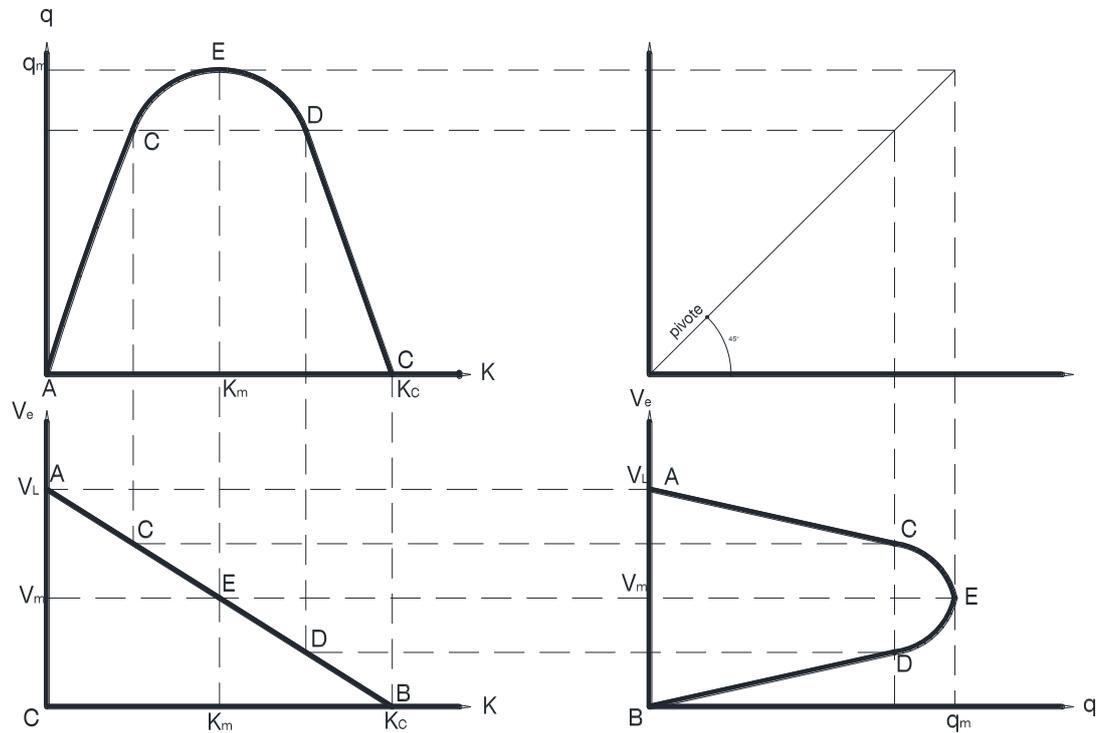


Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Obsérvese que en los Niveles de congestiónamiento total, $q=0$ (punto δ), la pendiente del vector en el punto δ es casi cero, indicando que los vehículos están completamente detenidos, alcanzándose la densidad máxima o de congestiónamiento k_c . Por el contrario, a la velocidad a flujo libre, $v=v_l$ (punto A), la pendiente del vector δA tiende a infinito, indicando que la densidad tiende a cero, es decir, hay pocos vehículos circulando a flujo libre.

En la Figura 6.3-5 aparecen dibujadas las tres relaciones básicas en un solo diagrama fundamental, el cual permite ver la interrelación entre cada una de ellas. En la práctica cada una de ellas tiene su uso particular. Así, por ejemplo, la relación *velocidad-densidad* es el punto de partida de la mayoría de los modelos o enfoques teóricos del flujo vehicular, puesto que para un simple valor de la densidad existe un solo valor de la velocidad; esta situación no ocurre en los otros casos. La relación *flujo-densidad* es la base para el control de tránsito en autopistas, puesto que la densidad o concentración se puede expresar en términos del porcentaje de ocupación de tramos específicos en un momento dado. La relación *velocidad-flujo* es utilizada principalmente para identificar los Niveles de Servicio (velocidades) y los Niveles de productividad (flujos).

Figura 6.3-5 Diagrama fundamental del flujo vehicular



Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Finalmente, se puede observar que las regiones correspondientes a *flujos de tránsito no congestionados* están limitadas por:

$$0 \leq q \leq q_m$$

$$v_m \leq v_e \leq q_l$$

$$0 \leq k \leq k_m$$

6.3.2 MODELOS NO LINEALES

6.3.1.1 MODELO LOGARÍTMICO

Este modelo propuesto analiza el comportamiento del flujo vehicular de forma análoga a la hidrodinámica de los fluidos compresibles.

En este análisis, se supone que el tráfico se comporta como un flujo continuo. Los métodos de dinámica de fluidos se pueden usar a excepción de las densidades más bajas de tráfico

La ecuación de movimiento de un fluido unidimensional es:

$$\frac{du}{dt} = -\frac{c^2}{k} \frac{\partial k}{\partial x} \quad (1)$$

Donde:

u= velocidad de trafico
k= densidad de trafico
x= distancia
t= tiempo
c= constante

Ya que:

$$u=u(x,t) \quad (2)$$

Ecuación (1) se tiene

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{c}{k} \frac{\partial k}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

Una ecuación adicional que describe el flujo de fluido es la ecuación de continuidad (Conservación de la ecuación de flujo)

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0 \quad (4)$$

donde q es el flujo de tráfico, vehículos por hora. Como

$$q = ku \quad (5)$$

Ecuación (4) se tiene

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial k}{\partial x} + k \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

Deje que la velocidad sea función de la densidad solamente; $u = u(k)$.

Entonces

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{du}{dk} \frac{\partial k}{\partial t} \quad (7)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{du}{dk} \frac{\partial k}{\partial x} \quad (8)$$

Después sustituimos (7) y (8) en (3) y (6)

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \left[u + \frac{c^2}{u'k} \right] \frac{\partial k}{\partial x} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial k}{\partial t} + [u + ku'] \frac{\partial k}{\partial x} = 0 \quad (10)$$

donde $u' = du/dk$. Las ecuaciones (9) y (10) describen el flujo de fluido. A tener una solución no trivial, el determinante de los coeficientes para las derivadas parciales debe ser igual a cero. Así

$$\left(\frac{k du}{dk} \right)^2 = c^2 \quad (11)$$

y

$$\frac{du}{dk} = -\frac{c}{k} \quad (12)$$

donde solo se aplica el signo negativo al tomar la raíz cuadrada de (11).

La ecuación (12) puede resolverse para producir la dependencia de densidad del tráfico velocidad. Así

$$u = c \ln\left(\frac{k}{k_j}\right) \quad (13)$$

Donde c se toma como constante k_j , es la densidad para un atasco de tráfico ($u = 0$). Es conveniente escribir el avance (ft) entre los vehículos en términos de velocidad:

$$h = h_j e^{\frac{u}{c}} \quad (14)$$

donde $h_j = 5,280 / k_j$. El avance representa la distancia entre el frente de un vehículo y el frente del próximo vehículo.

Para hallar el flujo q en términos de densidad k , sustituya u en (13) de (5); así

$$q = ck \ln\left(\frac{k_j}{k}\right) \quad (15)$$

La forma de la curva de densidad de flujo se puede obtener de (15) y se muestra en la figura I. Como se puede ver en el gráfico, hay un valor máximo de flujo. Esto ocurre cuando $k/k_j = e$, que da la velocidad óptima como $u = c$. Esta velocidad óptima depende del parámetro c , que debe obtenerse por una carretera en particular.

Si la ecuación (12) se inserta en (9) se obtiene una ecuación diferencial parcial que da el movimiento de onda de la corriente de tráfico. Este efecto no será estudiado aquí, ya que el interés principal es obtener las relaciones entre velocidad, densidad y flujo.

Las ecuaciones (13), (14) y (15) son las relaciones para las interacciones básicas entre vehículos. Dependen de dos parámetros. Uno es dado por las características de atasco; el otro por la velocidad de la corriente que resulta en flujo máximo. Si los valores de u y k , en una situación física, no satisfaga (13), entonces la velocidad no es estrictamente una función de la densidad. Como alguna vez, cuando el comportamiento de un controlador particular hace que la transmisión varíe la condición de (13), se presupone tácitamente que el flujo alcanzado por la corriente de tráfico tenderá a una condición estabilizada dada por (13). En un sentido, la ecuación (13) representa la situación promedio.

Ecuación 6.3-9

$$v_e = v_m \ln\left(\frac{k_c}{k}\right)$$

$$q = v_m k \ln\left(\frac{k_c}{k}\right)$$

Este modelo da buenos ajustes especialmente en flujos congestionados, pero no funciona bien a bajas densidades. Por lo tanto, para condiciones de flujo máximo se tiene:

$$\frac{k}{v_e} = \frac{k_m}{v_m} \Rightarrow v_m = v_m \ln\left(\frac{k_c}{k_m}\right) \Rightarrow \ln\left(\frac{k_c}{k_m}\right) = 1 \Rightarrow k_m = \frac{k_c}{e}$$

Reemplazando el valor de k_m en la ecuación fundamental del flujo vehicular en condiciones de flujo máximo o capacidad se tiene:

Ecuación 6.3-10
$$q_m = v_m k_m = \frac{v_m k_c}{e}$$

6.3.1.2 MODELO EXPONENCIAL

Modelo propuesto, formula las siguientes ecuaciones:

Ecuación 6.3-11
$$v_e = v_1 e^{k/k_m}$$

$$q = v_1 k e^{k/k_m}$$

Este modelo da buenos ajustes para flujos no congestionados, por lo tanto, para condiciones de flujo máximo se tiene:

$$\frac{k}{v_e} = v_m \Rightarrow v_m = v_1 e^{k_m/k_m} \Rightarrow v_m = \frac{v_1}{e}$$

Reemplazando el valor de v_m en la ecuación fundamental del flujo vehicular en condiciones de flujo máximo o capacidad se tiene:

Ecuación 7.3-12
$$q_m = v_m k_m = \frac{v_1 k_m}{e}$$

6.04 ANÁLISIS DE MODELOS

De los capítulos IV y V se tienen los valores

6.4.1 VELOCIDAD

Al realizar el ajuste lineal con el método de los mínimos cuadrados dio como velocidad a flujo libre.

CUADRO 6.01 Resumen de velocidades

VELOCIDADES				
Tipo de Vehículo	N° Datos	Velocidad		
		Promedio (Km/h)	Mediana Espacial (Km/h)	Mediana a flujo libre (Km/h)
Punto : Jr. PIÉROLA		Distancia Base = 30.0 m.		
Motorizados	80	29.70	22.75	36.65
No Motorizada	38	18.50	12.87	24.12
Punto : Jr. SAN MARTIN		Distancia Base = 30.0 m.		
Motorizados	110	28.69	22.45	34.92
No Motorizada	65	16.32	12.5	20.13
Punto : Jr. MARIANO NUÑEZ		Distancia Base = 30.0 m.		
Motorizados	97	26.93	19.24	34.61
No Motorizada	57	16.40	12.49	20.3
Punto : Jr. SAN ROMÁN		Distancia Base = 20.0 m.		
Motorizados	127	22.62	16.11	29.12
No Motorizada	65	17.96	13.42	22.49

Fuente: Elaboración Propia

6.4.2 FLUJO, DENSIDAD

VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO										
Tramo : Piérola										
Períodos de Aforo : 7:00 - 9:00 AM; 11:00 - 2:00 PM y 5:00 - 8:00 PM										
Hora del Día	Vehiculos por Sentido									
	Motorizados		Sub Total	No Motorizados		Sub Total	flujo (veh/h)	Vel. Prom. Veh. Mot	Densidad	
	mixto	combis		Triciclos	Bicicletas					
07:00	08:00	922	162	1084	228		228	1312	29.70	44
08:00	09:00	1167	168	1335	266		266	1601	29.70	54
11:00	12:00	1006	245	1251	249		249	1500	29.70	51
12:00	13:00	1161	272	1433	271		271	1704	29.70	57
13:00	14:00	1085	282	1367	266		266	1633	29.70	55
17:00	18:00	980	292	1272	323		323	1595	29.70	54
18:00	19:00	697	350	1047	255		255	1302	29.70	44
19:00	20:00	379	274	653	134		134	787	29.70	26
Total		7397	2045	9442	1992	0	1992	11434		
		9442		9442	1992		1992	11434		
Porcenta		64.69	17.89	82.58	17.42	0.00	17.42	100.00		
		82.58			17.42			100.00		

VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO										
Tramo : San Roman										
Períodos de Aforo : 7:00 - 9:00 AM; 11:00 - 2:00 PM y 5:00 - 8:00 PM										
Hora del Día		Vehiculos por Sentido								
		Motorizados		Sub Total	No Motorizados		Sub Total	flujo (veh/h)	Vel. Prom. Veh. Mot	Densidad
		mixto	combis		Triciclos	Bicicletas				
07:00	08:00	495	231	726	271		271	997	22.62	44
08:00	09:00	554	241	795	313		313	1108	22.62	49
11:00	12:00	425	187	612	316		316	928	22.62	41
12:00	13:00	424	204	628	335		335	963	22.62	43
13:00	14:00	758	252	1010	319		319	1329	22.62	59
17:00	18:00	646	230	876	327		327	1203	22.62	53
18:00	19:00	697	257	954	254		254	1208	22.62	53
19:00	20:00	496	249	745	134		134	879	22.62	39
Total		4495	1851	6346	2269	0	2269	8615		
		6346		6346	2269		2269	8615		
Porcenta		52.17	21.49	73.66	26.34	0.00	26.34	100.00		
		73.66			26.34			100.00		

VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO										
Tramo : San Martin										
Períodos de Aforo : 7:00 - 9:00 AM; 11:00 - 2:00 PM y 5:00 - 8:00 PM										
Hora del Día		Vehiculos por Sentido								
		Motorizados		Sub Total	No Motorizados		Sub Total	flujo (veh/h)	Vel. Prom. Veh. Mot	Densidad
		mixto	combis		Triciclos	Bicicletas				
07:00	08:00	1057	201	1258	349		349	1607	28.69	56
08:00	09:00	1153	289	1442	358		358	1800	28.69	63
11:00	12:00	988	177	1165	351		351	1516	28.69	53
12:00	13:00	1096	257	1353	389		389	1742	28.69	61
13:00	14:00	1069	265	1334	368		368	1702	28.69	59
17:00	18:00	1179	220	1399	289		289	1688	28.69	59
18:00	19:00	1875	249	2124	329		329	2453	28.69	86
19:00	20:00	709	220	929	171		171	1100	28.69	38
Total		9126	1878	11004	2604	0	2604	13608		
		11004		11004	2604		2604	13608		
Porcenta		67.06	13.80	80.86	19.14	0.00	19.14	100.00		
		80.86			19.14			100.00		

VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO										
Tramo : Mariano Nuñez c.c.										
Períodos de Aforo : 7:00 - 9:00 AM; 11:00 - 2:00 PM y 5:00 - 8:00 PM										
Hora del Día	Vehiculos por Sentido									
	Motorizados		Sub Total	No Motorizados		Sub Total	flujo (veh/h)	Vel. Prom. Veh. Mot	Densidad	
	mixto	combis		Triciclos	Bicicletas					
07:00	08:00	992	460	1452	219		219	1671	26.93	62
08:00	09:00	1164	461	1625	221		221	1846	26.93	69
11:00	12:00	1019	400	1419	290		290	1709	26.93	63
12:00	13:00	1083	415	1498	325		325	1823	26.93	68
13:00	14:00	1103	430	1533	331		331	1864	26.93	69
17:00	18:00	1217	458	1675	315		315	1990	26.93	74
18:00	19:00	965	587	1552	198		198	1750	26.93	65
19:00	20:00	564	444	1008	184		184	1192	26.93	44
Total		8107	3654	11761	2083	0	2083	13844		
		11761		11761	2083		2083	13844		
Porcenta		58.56	26.39	84.95	15.05	0.00	15.05	100.00		
		84.95			15.05			100.00		

VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO										
Tramo : Mariano Nuñez sda. Cusco										
Períodos de Aforo : 7:00 - 9:00 AM; 11:00 - 2:00 PM y 5:00 - 8:00 PM										
Hora del Día	Vehiculos por Sentido									
	Motorizados		Sub Total	No Motorizados		Sub Total	flujo (veh/h)	Vel. Prom. Veh. Mot	Densidad	
	mixto	combis		Triciclos	Bicicletas					
07:00	08:00	967	372	1339	275		275	1614	26.93	60
08:00	09:00	1171	331	1502	350		350	1852	26.93	69
11:00	12:00	682	262	944	298		298	1242	26.93	46
12:00	13:00	717	306	1023	389		389	1412	26.93	52
13:00	14:00	742	296	1038	392		392	1430	26.93	53
17:00	18:00	1049	304	1353	348		348	1701	26.93	63
18:00	19:00	920	361	1281	298		298	1579	26.93	59
19:00	20:00	563	260	823	216		216	1039	26.93	39
Total		6811	2492	9303	2565	0	2565	11868		
		9303		9303	2565		2565	11868		
Porcenta		57.39	21.00	78.39	21.61	0.00	21.61	100.00		
		78.39			21.61			100.00		

6.05 MODELO LINEAL

Se asumirá los valores de los puntos específicos de los cuales de realizaron los aforos y tomando los máximos valores.

Velocidad – densidad**Ecuación 6.3-1**

$$\bar{v}_e = v_l - \left(\frac{v_l}{k_c}\right) k$$

Dónde:

- v_e = Velocidad media espacial (km/h),
 k = Densidad (veh/km/carril),
 v_l = Velocidad media espacial a flujo libre (km/h), y
 k_c = Densidad de congestión (veh/km/carril).

Flujo – densidad**Ecuación 6.3-6**

$$q = v_l k - \left(\frac{v_l}{k_c}\right) k^2$$

Flujo – Velocidad**Ecuación 6.3-8**

$$\bar{v}_e = \frac{v_l}{2} \pm \frac{\sqrt{v_l^2 - 4\left(\frac{v_l}{k_c}\right) q}}{2}$$

• **PIÉROLA**

$v_l = 36.65$ (km/h), y
 $k_c = 57$ (veh/km/carril).

Velocidad - Densidad

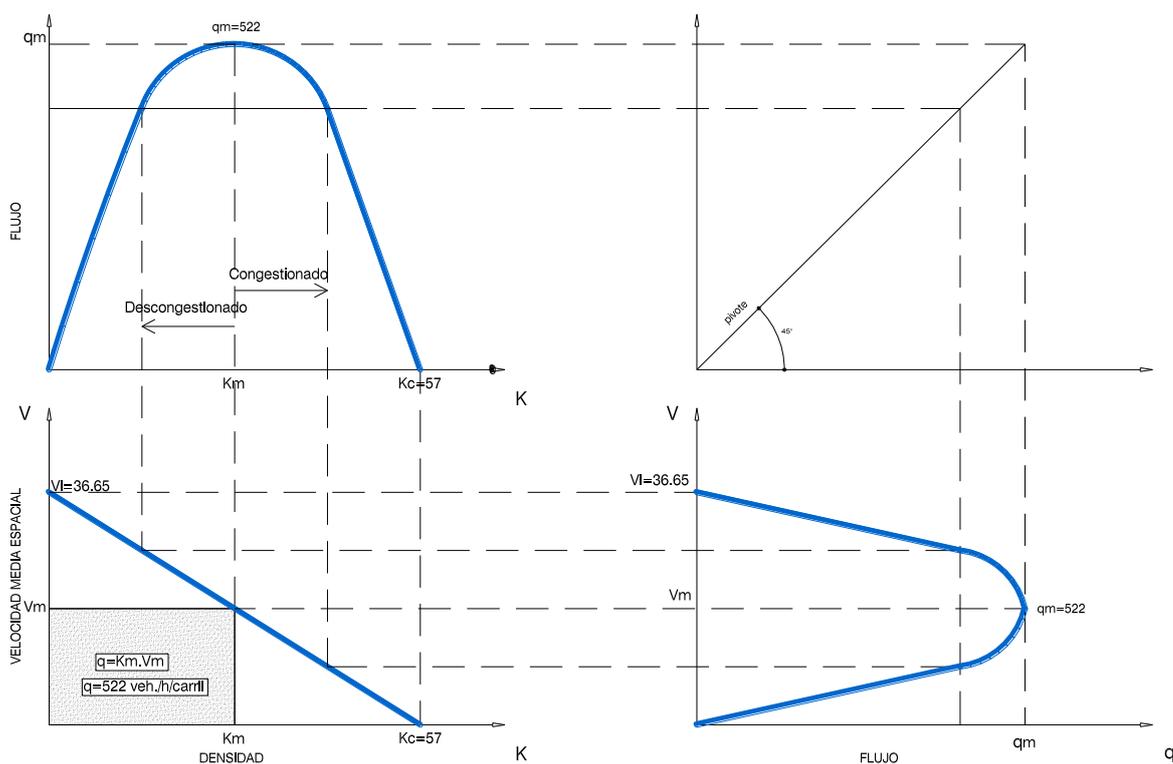
$$V_c = 36.65 - (36.65/57)k$$

Flujo - Densidad

$$q = 36.65k - (36.65/57)k^2$$

Velocidad – Flujo

$$v_e = 36.65/2 \pm \frac{\sqrt{36.65^2 - 4(36.65/57)q}}{2}$$



- **San Martin**

$v_l = 34.92$ (km/h), y
 $k_c = 59$ (veh/km/carril).

Velocidad - Densidad

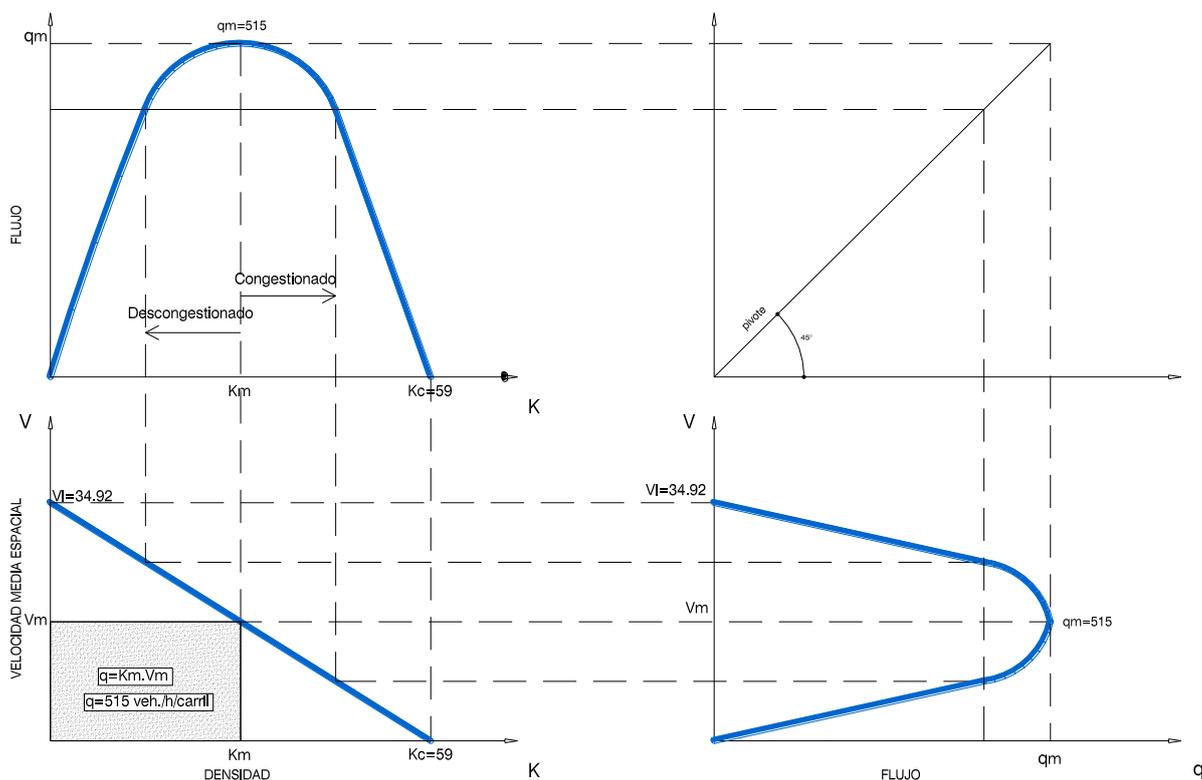
$$V_c = 34.92 - (34.92/59)k$$

Flujo - Densidad

$$q = 34.92k - (34.92/59)k^2$$

Velocidad – Flujo

$$ve = 34.92/2 \pm \frac{\sqrt{34.92^2 - 4(34.92/59)q}}{2}$$



- **Mariano Núñez**

$v_l = 34.61$ (km/h), y
 $k_c = 74$ (veh/km/carril).

Velocidad - Densidad

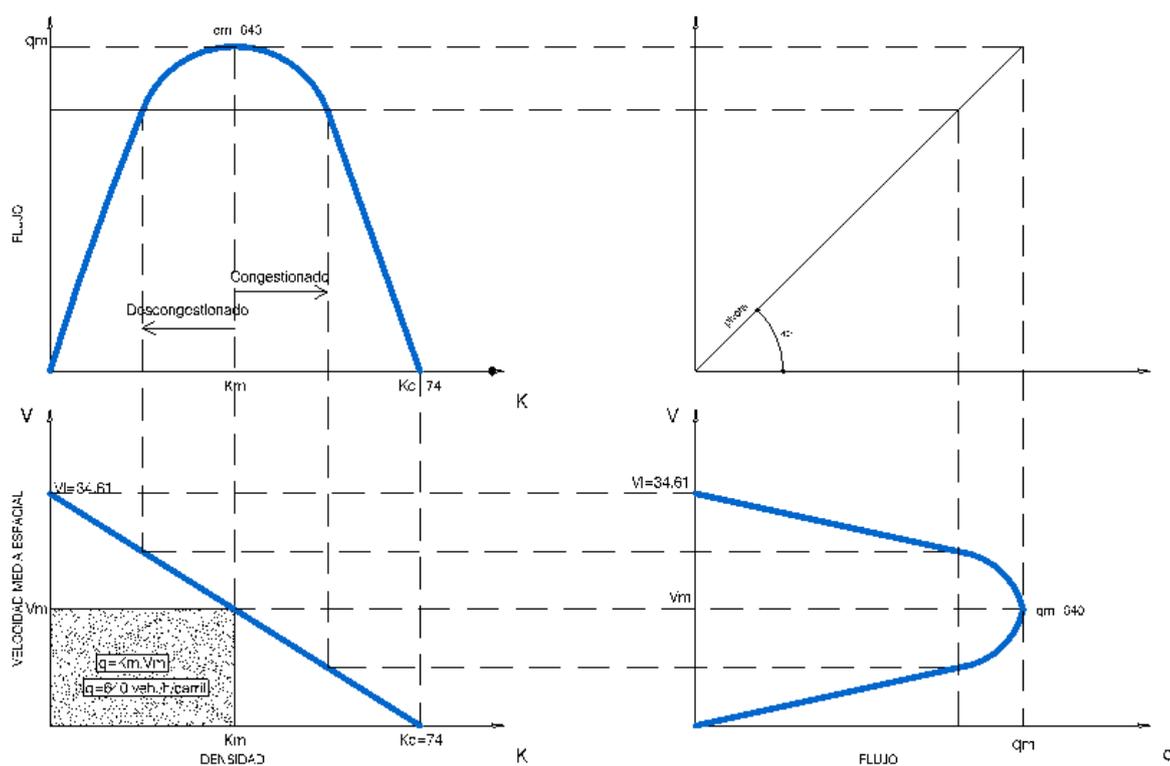
$$V_c = 34.61 - (34.61/74)k$$

Flujo - Densidad

$$q = 34.61k - (34.61/74)k^2$$

Velocidad – Flujo

$$v_e = 34.61/2 \pm \frac{\sqrt{34.61^2 - 4(34.61/74)q}}{2}$$



- **San Román**

$v_l = 29.12$ (km/h), y

$k_c = 59$ (veh/km/carril).

Velocidad - Densidad

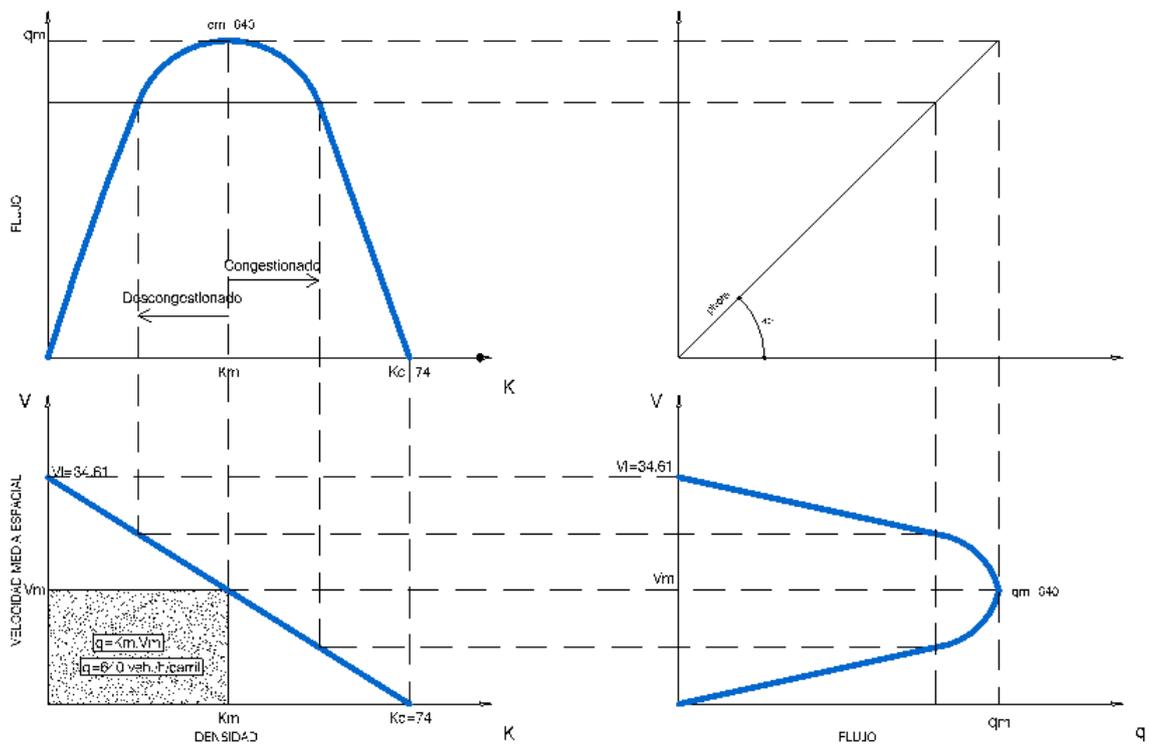
$$V_c = 36.65 - (36.65/57)k$$

Flujo - Densidad

$$q = 36.65k - (36.65/59)k^2$$

Velocidad – Flujo

$$ve = 29.12/2 \pm \frac{\sqrt{29.12^2 - 4(29.12/59)q}}{2}$$



6.06 MODELO NO LINEAL

6.6.1 Modelo Logarítmico

$$\bar{v}_e = v_m \ln\left(\frac{k_c}{k}\right)$$

Ecuación 7.3-9

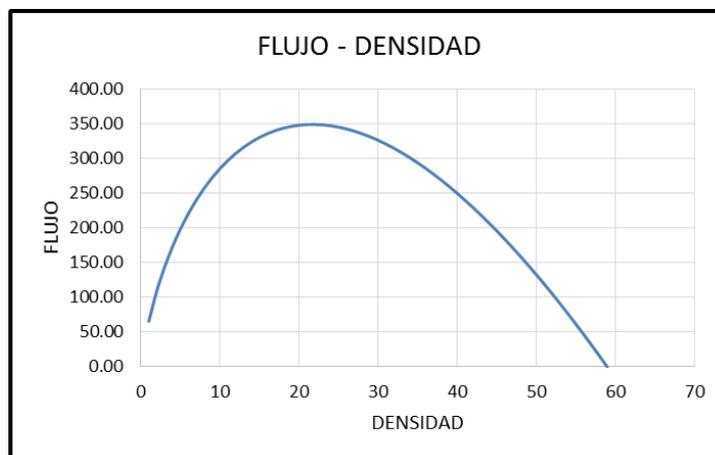
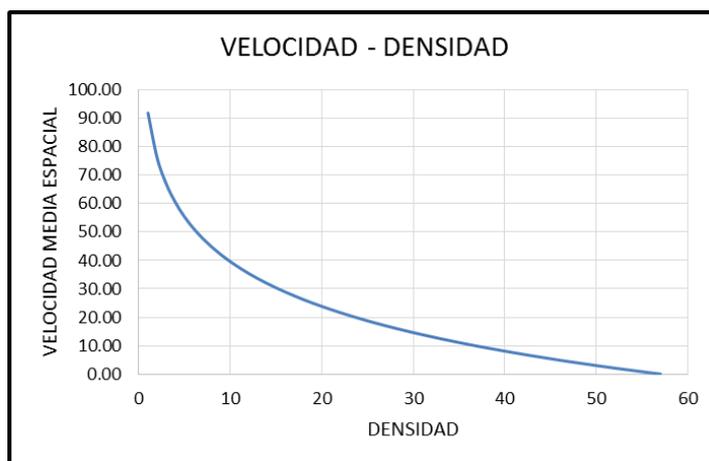
$$q = v_m k \ln\left(\frac{k_c}{k}\right)$$

- Piérola

$v_m = 22.75$ (km/h), y
 $k_c = 57$ (veh/km/carril).

$$v_e = 22.75 \ln(57/k)$$

$$q = 22.75 * k \ln(57/k)$$



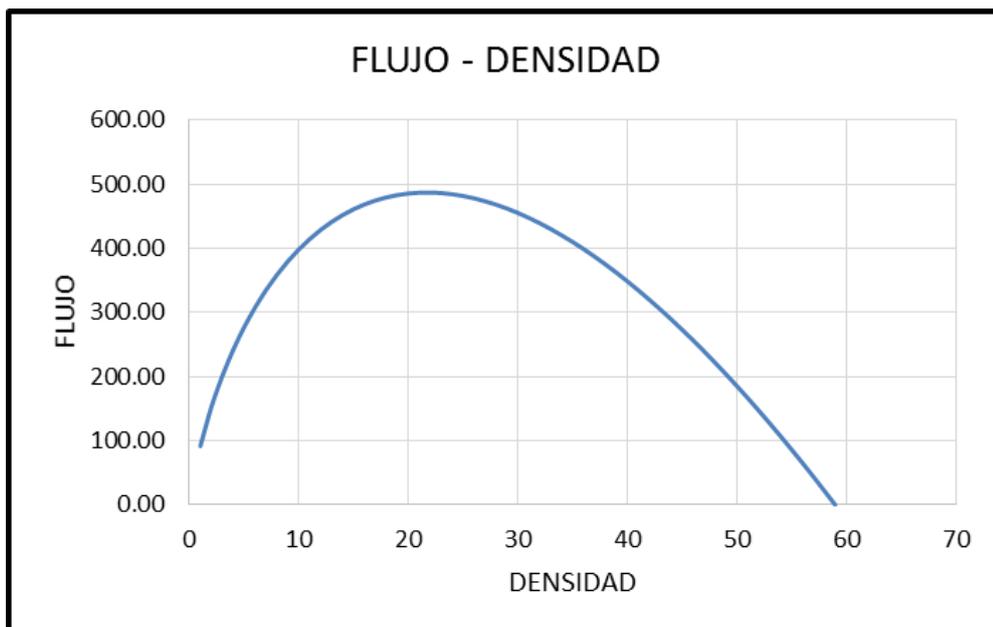
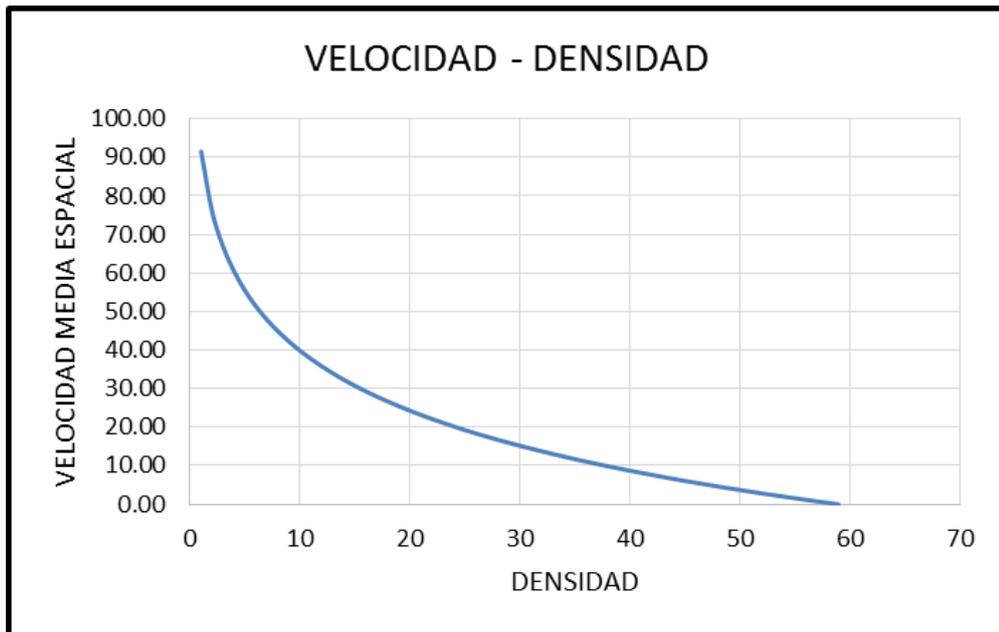
- **San Martin**

$V_m = 22.45$ (km/h), y

$k_c = 59$ (veh/km/carril).

$$v_e = 22.45 \ln(59/k)$$

$$q = 22.45 * k \ln(59/k)$$



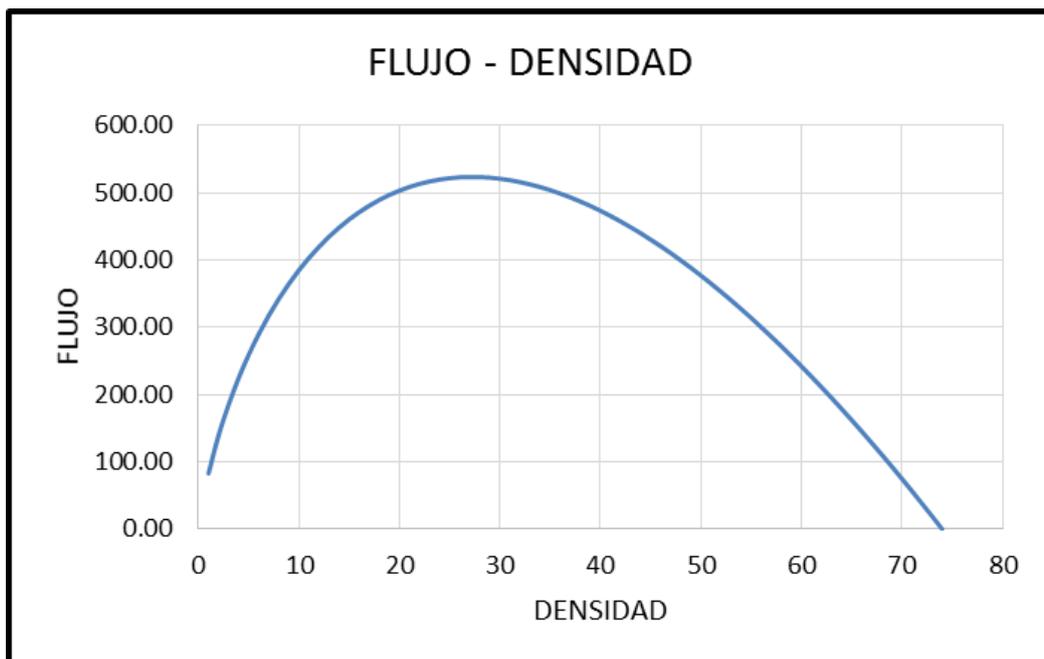
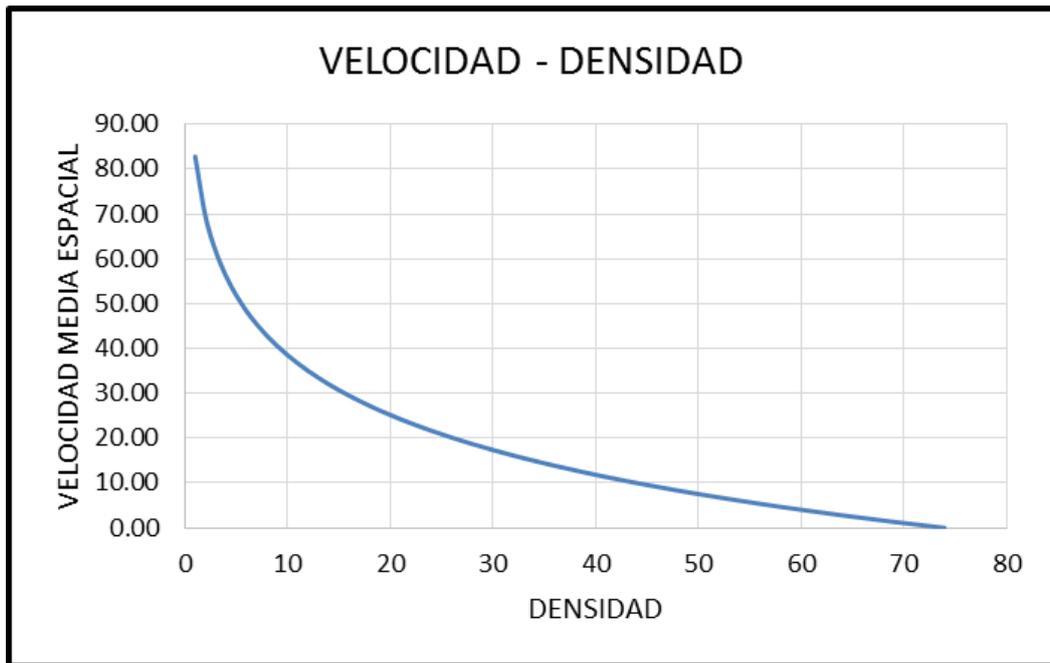
- **Mariano Núñez**

$v_m = 19.24$ (km/h), y

$k_c = 19.24$ (veh/km/carril).

$$v_e = 19.24 \ln(74/k)$$

$$q = 19.24 * k \ln(74/k)$$



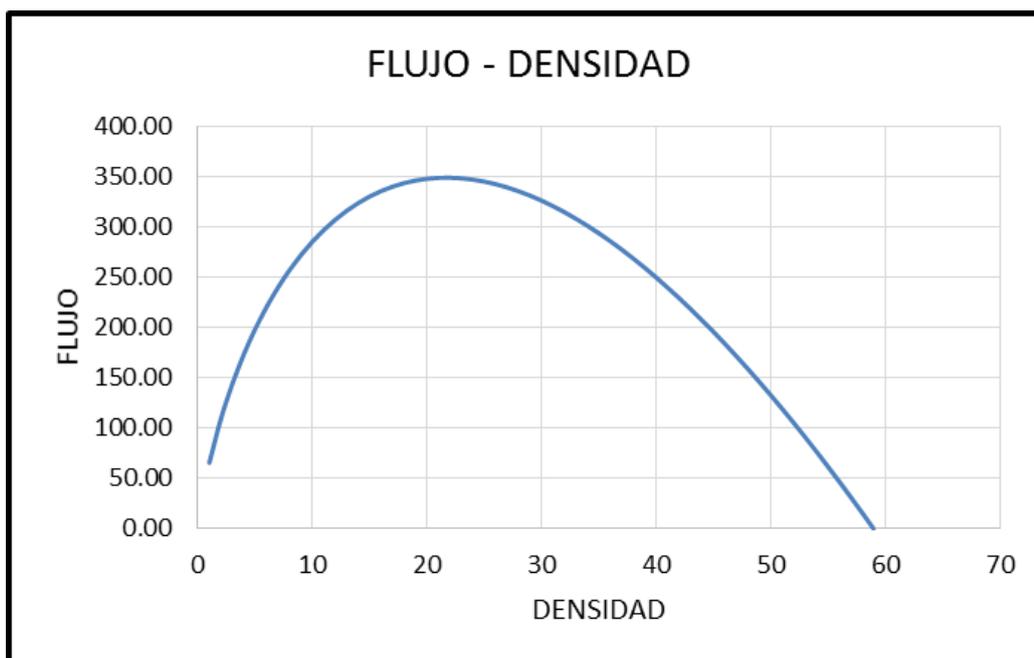
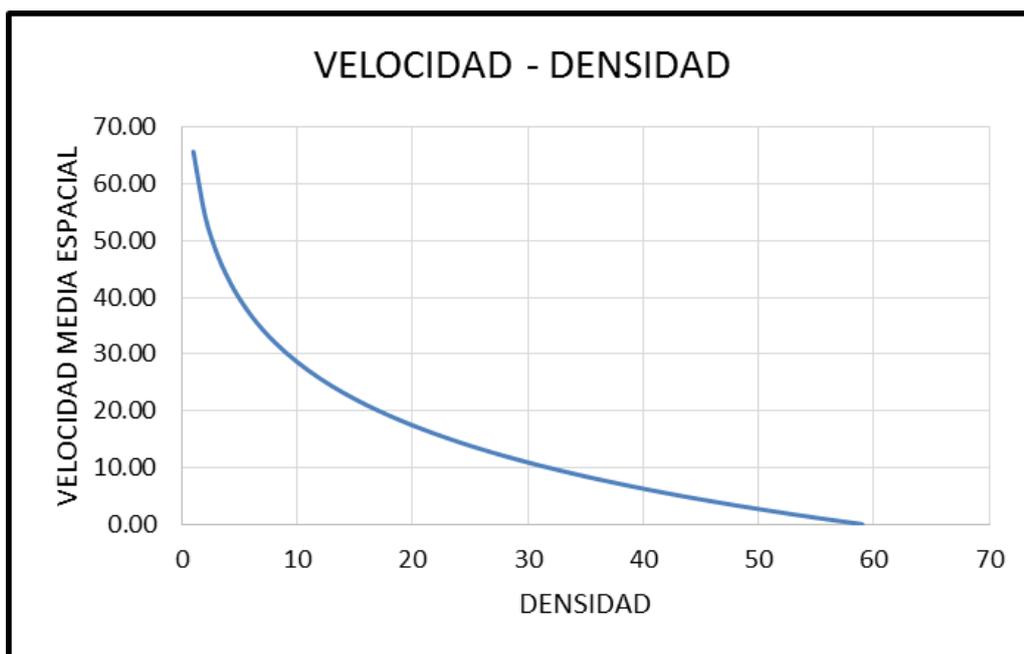
- **San Román**

$v_m = 16.11$ (km/h), y

$k_c = 59$ (veh/km/carril).

$$v_e = 16.11 \ln(59/k)$$

$$q = 16.11 * k \ln(59/k)$$



6.6.2 Modelo exponencial

$$\bar{v}_e = v_l e^{k/k_m}$$

Ecuación 7.3-11

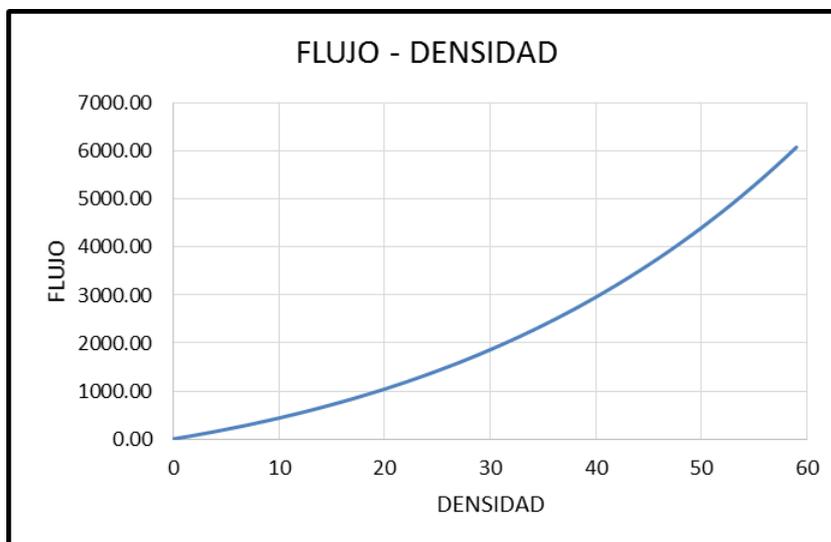
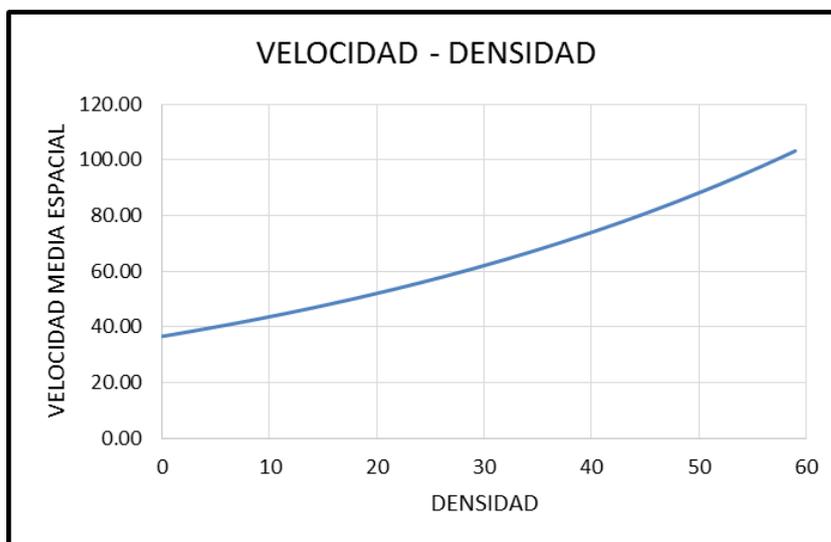
$$q = v_l k e^{k/k_m}$$

- **Piérola**

$v_l = 36.65$ (km/h), y
 $k_m = 57$ (veh/km/carril).

$$v_e = 36.65 e^{(k/57)}$$

$$q = 36.65 k e^{(k/57)}$$

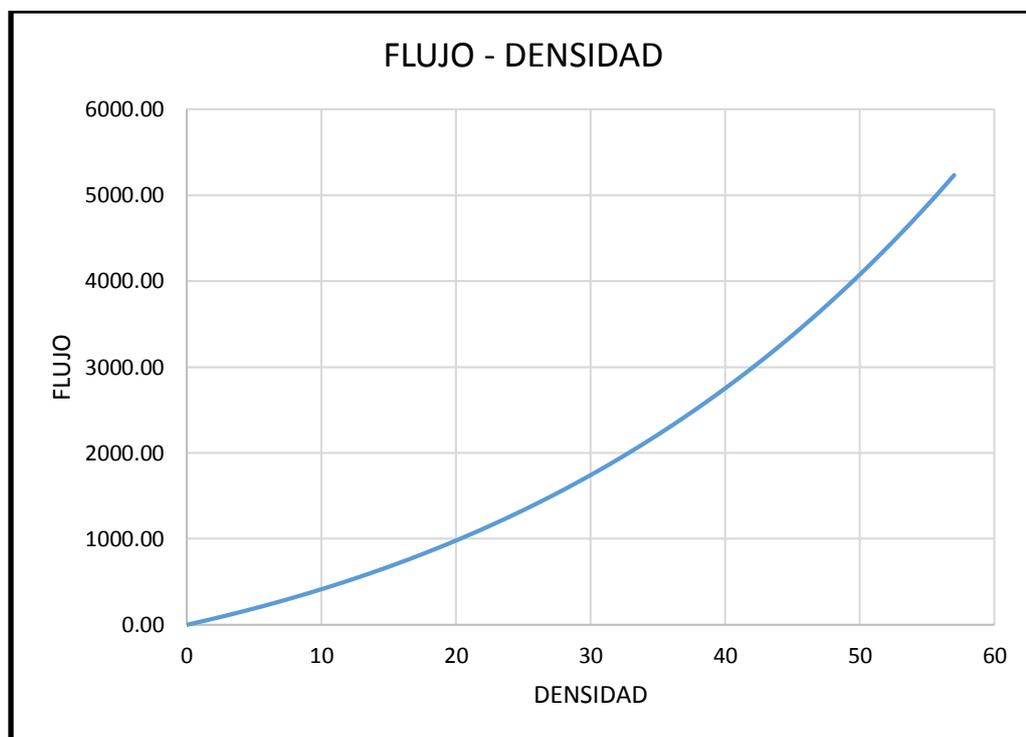
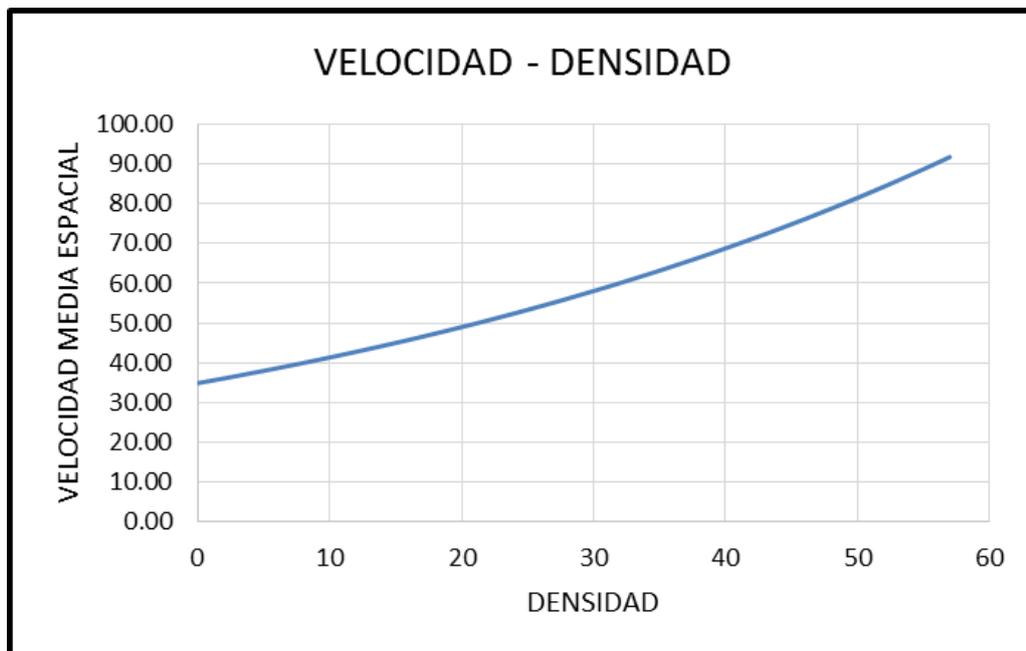


- San Martin**

$v_l = 34.92$ (km/h), y
 $km = 59$ (veh/km/carril).

$$ve = 34.92 e^{(k/59)}$$

$$q = 34.92 k e^{(k/59)}$$

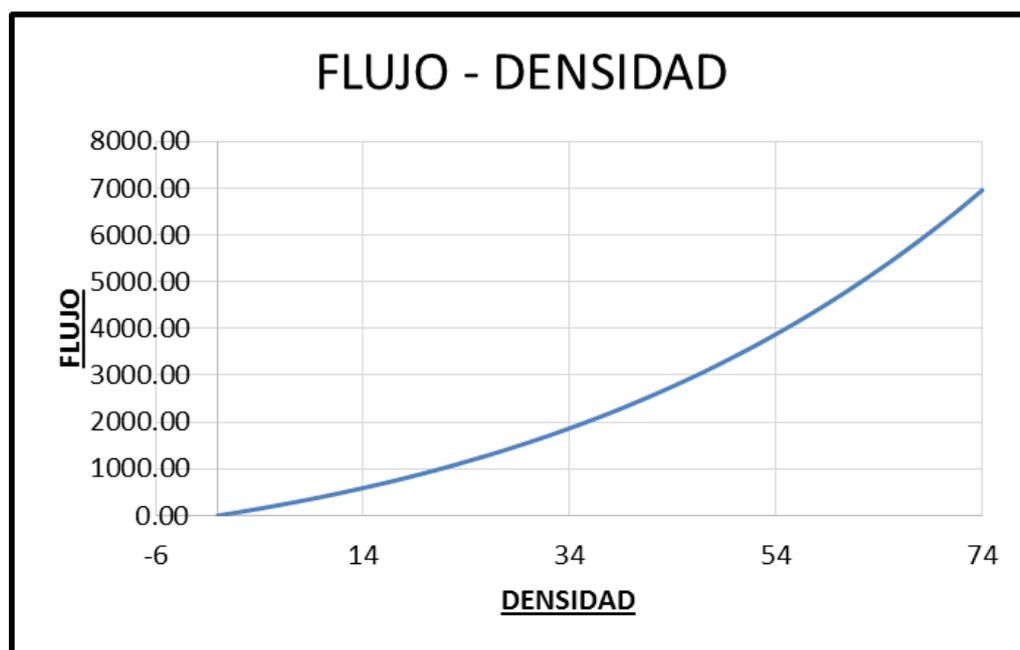
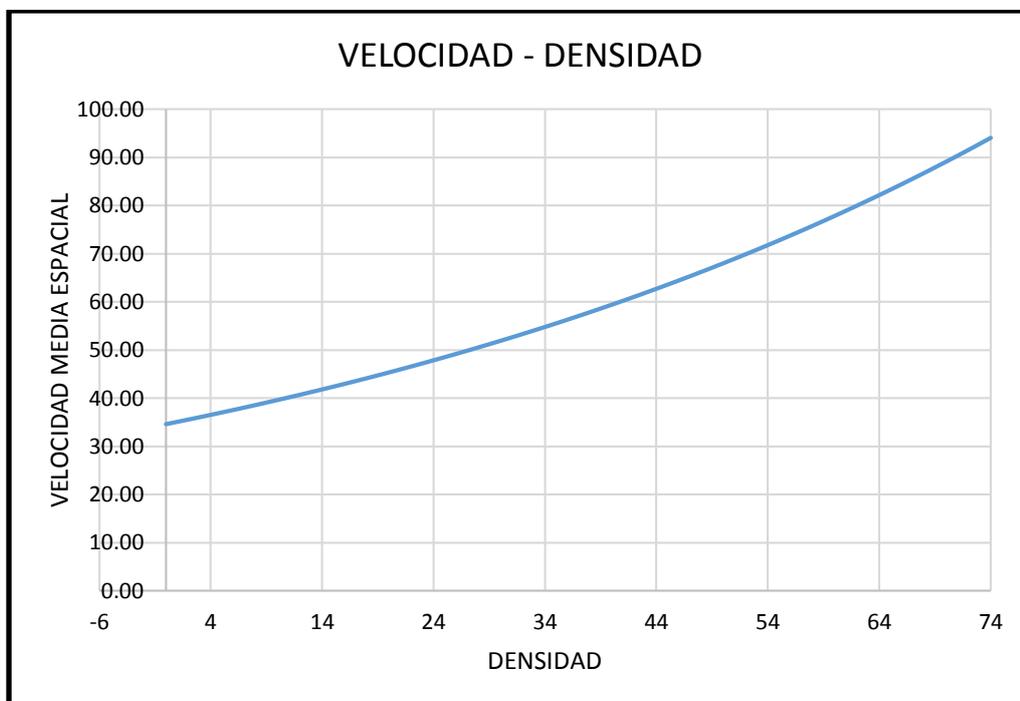


- **Mariano Núñez**

$v_l = 34.61$ (km/h), y
 $km = 74$ (veh/km/carril).

$$ve = 34.61 e^{(k/74)}$$

$$q = 34.61 k e^{(k/74)}$$



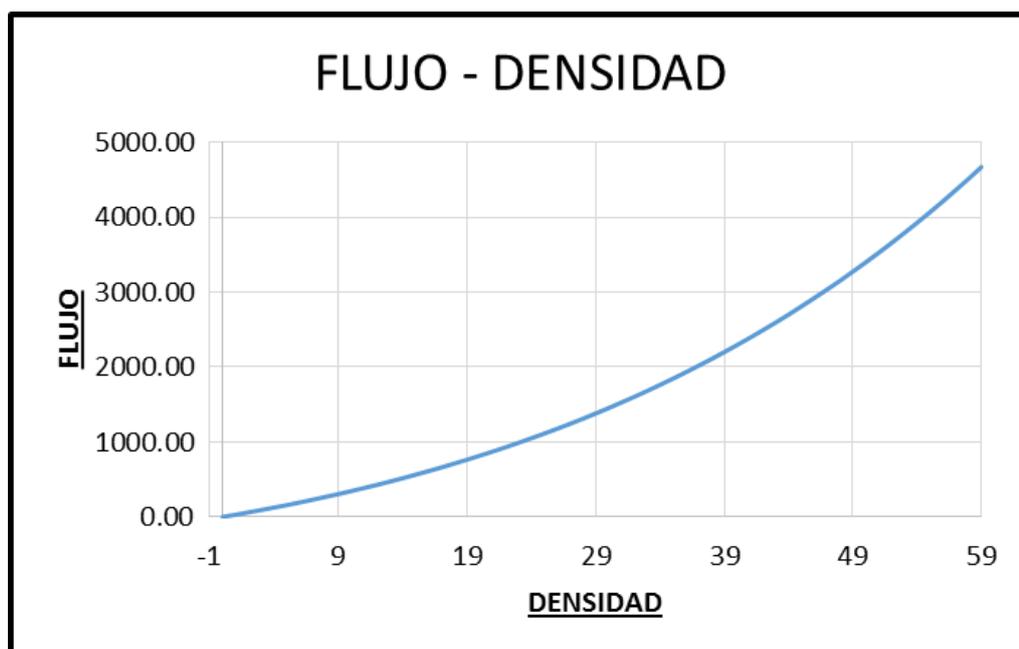
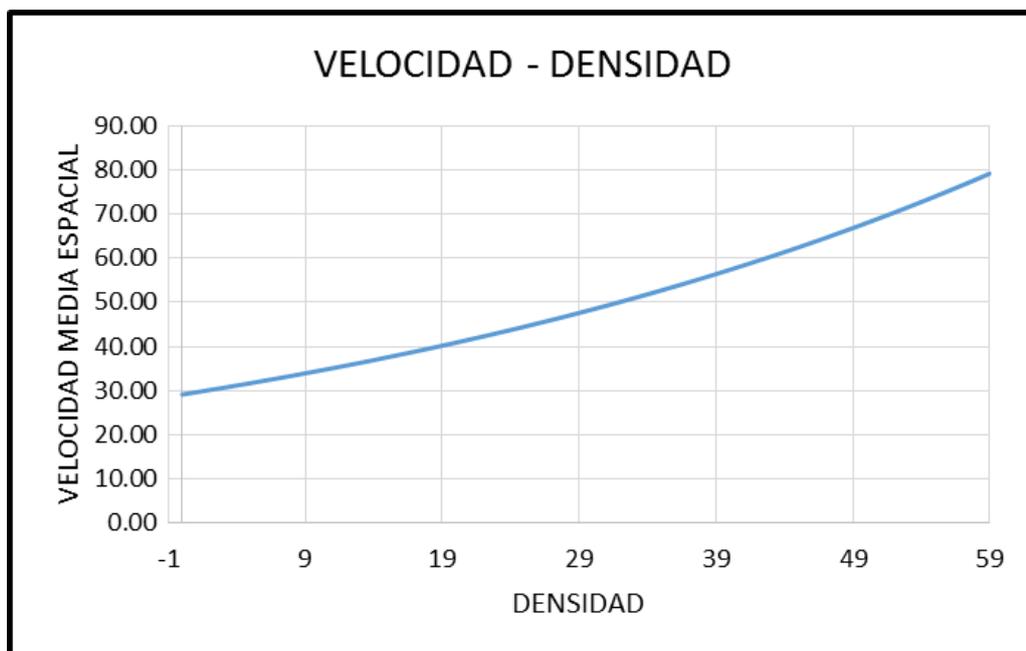
- **San Román**

$v_l = 29.12$ (km/h), y

$k_m = 59$ (veh/km/carril).

$$v_e = 29.12 e^{(k/59)}$$

$$q = 29.12 k e^{(k/59)}$$



CAPITULO VII

PROPUESTA DE ORDENAMIENTO DEL TRANSITO VEHICULAR URBANO

7.01 OBJETIVO

Ordenar y mejorar la movilidad urbana mediante la estructuración de un sistema de tránsito vehicular y la racionalización de la oferta actual.

7.02 PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA DE ORDENAMIENTO DEL TRANSITO

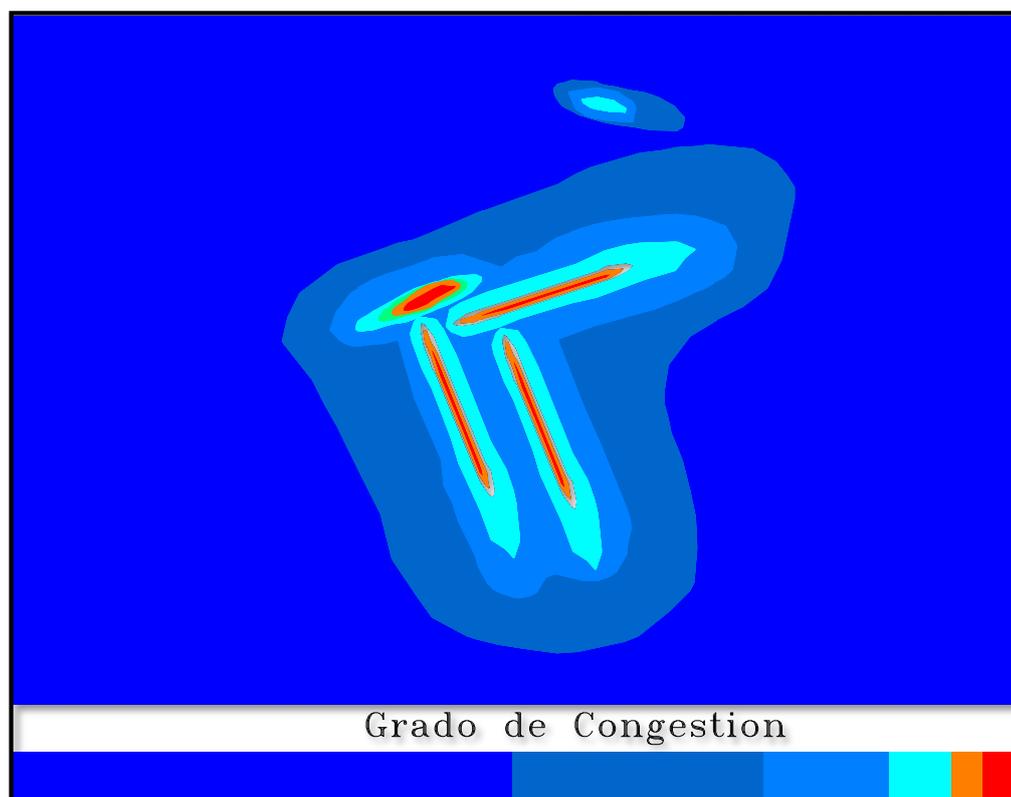
Del análisis de modelos mostrados en el capítulo anterior se realiza el siguiente análisis en los puntos analizados.

FIGURA 7.01 Puntos de control



Se observa el grado de congestión en horas punta y en los puntos tomados para el estudio de todos con los vehículos motorizados como son los de transporte de servicio público, vehículos particulares y moto taxis.

FIGURA 7.02 Grado de congestión



Se ve necesario generar un cordón en estas zonas donde la congestión es mayor.

Se presentan en los siguientes intervalos de tiempo:

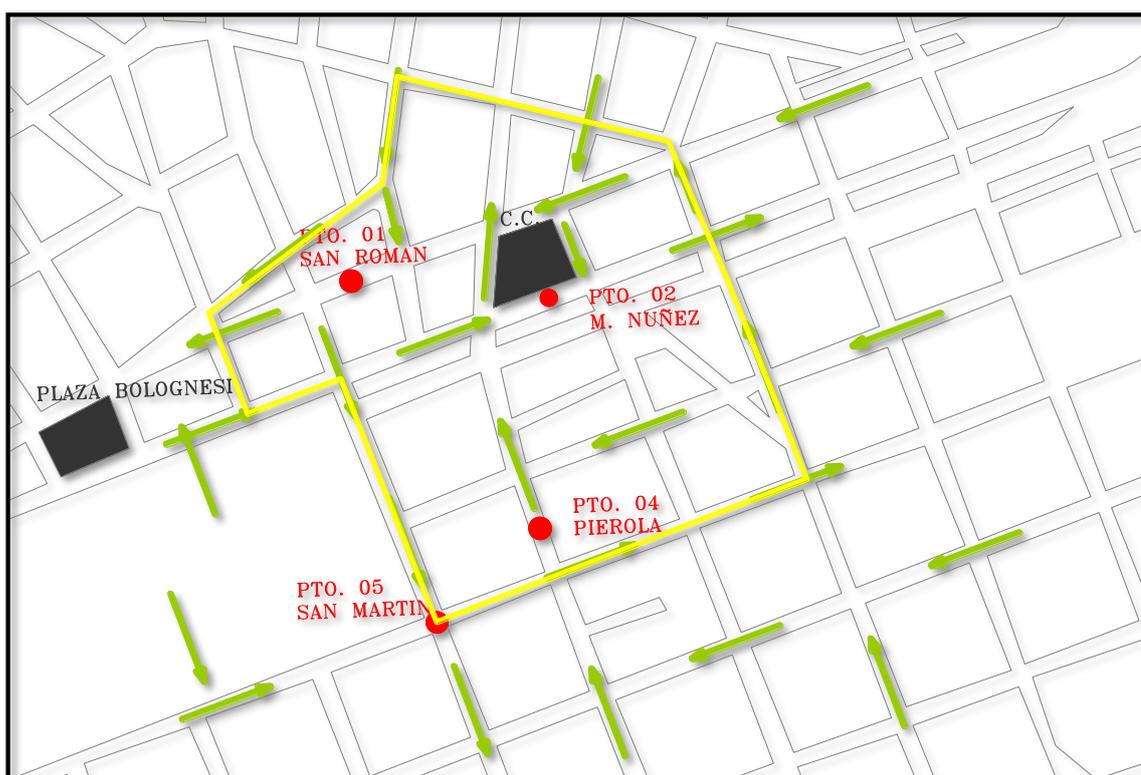
- Mañanas 6:45 am. – 8:00 am.
- Medio día 12:00 pm. – 1:30 pm.
- Tarde 5:30 pm – 7:30 pm.

Se crea un cordón imaginario en la zona céntrica de la ciudad en donde se

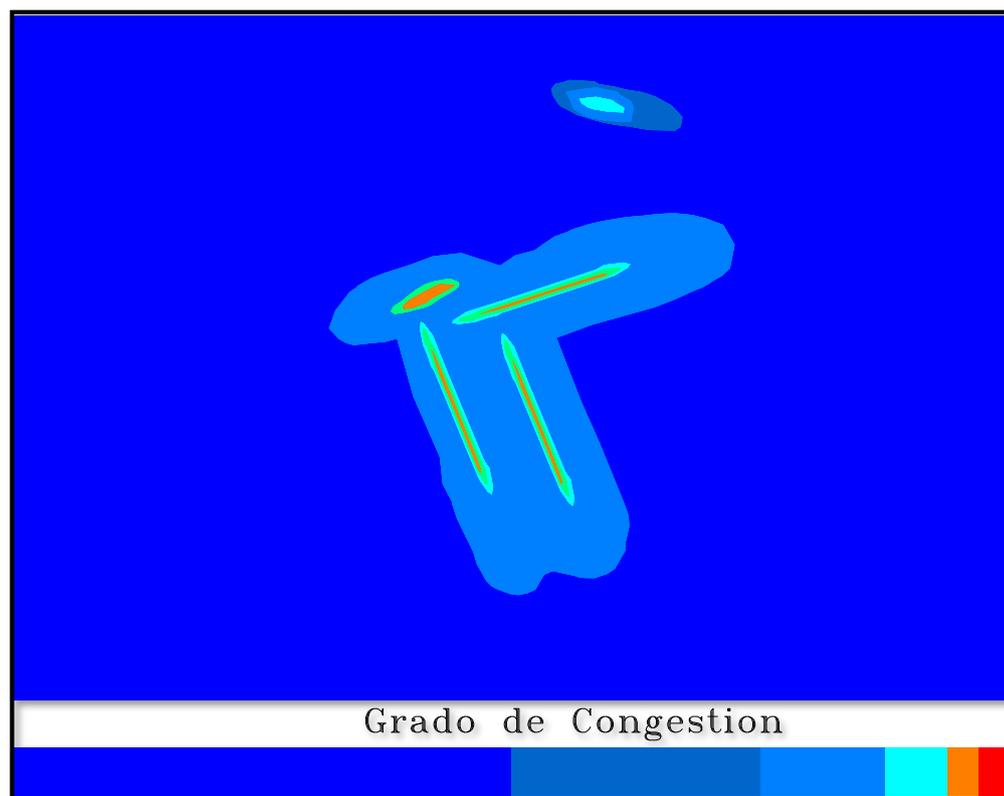
Se propone:

- Prohibir el ingreso de vehículos de más de 3,500 Kg. de peso bruto vehicular en estas horas restringidas
- Prohibir el ingreso de mototaxis en esta zona propuesta en los lapsos de tiempo antes mencionados.

FIGURA 7.03 Cordón imaginario de restricción de vehículos



Restringiendo el acceso a los vehículos antes mencionados se disminuye en forma regular la densidad de vehicular en los puntos estudiados. No siendo una solución absoluta al tráfico pero se mejora considerablemente el tiempo de viaje y comodidad de los usuarios vehiculares.

FIGURA 7.04 Grado de congestión con restricción vehicular

7.03 ACTORES INVOLUCRADOS

Los actores involucrados para la adecuada aplicación de la propuesta de ordenamiento del tránsito vial presentado para la zona de estudio comprenden básicamente

- La municipalidad provincial de San Román.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Gobierno Regional Puno.
- Asociaciones y gremios de transportistas de carga y pasajeros urbano e interurbano.
- Universidades, Colegios Profesionales, Instituciones Públicas y Privadas, etc.
- Población en general.

7.04 ESTRATEGIAS Y PROPUESTAS (cuadro 7.01)

Problema		Localización	estrategias correctivas	ACCIONES
Deficiencia en el sistema de tránsito vehicular en la zona de estudio				
Monocentricidad de la estructura urbana	Zona de estudio	Desconcentración de las actividades (descentralización)	Reducir	<ul style="list-style-type: none"> Definición de usos de suelos Creación de sub-centros de actividades. Prohibición de uso de espacio vial con fines comerciales.
Alto desorden causado por el comercio ambulatorio				
Falta de una jerarquización de las vías de la ciudad	Toda la ciudad	Designación funcional de las vías (calles, avenidas, etc.).	Reducir el conflicto entre los tipos de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> Estructuración funcional de vías locales, colectoras, arteriales y Vías Expresas. Designación funcional de las vías para tránsito vehicular. Peatonalización de vías que articulen centros de actividad comercial. Restringir y regular la circulación de vehículos no motorizados en las vías con designación funcional exclusiva de vehículos motorizados. Implementación de estacionamientos privados y públicos. Definición de usos de suelo. Creación de Sub-Centros de actividades.
Conflictos entre los tipos de vehículos, peatones y comerciantes en la circulación	Zona de estudio			
Deficiencias del sistema de señalización	Toda la ciudad	Implantar las señalizaciones	Mejorar las condiciones operacionales de intersecciones semaforizadas y de tramos de vías	<ul style="list-style-type: none"> Implementar sistema de señalización (preventivas, restrictivas, informativas y semaforos). Según la categoría funcional de la vía. Mejoramiento de las condiciones de la infraestructura física de la vía. Designación funcional de las vías para tránsito vehicular. Restringir y regular la circulación de vehículos no motorizados en las vías con designación funcional exclusiva de vehículos motorizados. Implementación de estacionamientos privados y públicos. Definición de usos de suelos. Implementar sistema de señalización (preventivas, restrictivas, informativas y semaforos). Según la categoría funcional de la vía. Prohibición de estacionarse en la calle cerca de las intersecciones.
Pésimas condiciones operacionales de vías y tránsito				
Excesivos tiempos de viaje origen destino	Zona de estudio	Reducir los tiempos de viaje	Implementar y regular la falta de estacionamientos	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de estacionamientos privados y públicos. Definición de usos de suelos. Implementar sistema de señalización (preventivas, restrictivas, informativas y semaforos). Según la categoría funcional de la vía. Prohibición de estacionarse en la calle cerca de las intersecciones.
Falta de un sistema de estacionamiento				

7.05 DEFICIENCIAS EN EL TRANSITO VEHICULAR

Los problemas que se presentan en la zona de estudio.

- *Monocentricidad de la estructura urbana.* se optaría por la estrategia correctiva por la desconcentración de actividades.
- *Conflicto entre tipos de vehículos.* se optaría por la estrategia correctiva por
 - la designación funcional de las vías para el tránsito vehicular.
 - restringir y regular la circulación de los vehículos menores en las vías con congestión.
- *Excesivo tiempo de viajes origen – destino,* se optaría por la estrategia correctiva por:
 - mejoramiento de las condiciones de la estructura física de las vías
 - designación funcional de las vías de tráfico,
 - prohibición de estacionamiento en las zonas cercanas a los cruces.
- *Falta de un sistema de estacionamiento,* se optaría por la estrategia correctiva por:
 - Implementar estacionamientos privados y públicos
 - Prohibición de los estacionamientos en las calles cerca de las intersecciones.

CONCLUSIONES

Finalmente en complemento a las conclusiones vertidas en cada uno de los capítulos del presente estudio, se dan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Los factores y variables de caracterización del tránsito vehicular (clasificación funcional, volúmenes, velocidades, tiempos de viajes, capacidad, nivel de servicio, señalización, impacto ambiental y transporte público) empleadas en el presente estudio, indican niveles pésimos de operación de tránsito vehicular. La misma que está influenciada por factores interrelacionados como la estructura monocéntrica de la ciudad, la superposición de actividades de diversa índole (usos de suelo), la superposición de diversos modos de transporte, etc. todos estos aspectos relacionados con el desinterés de la administración de la Municipalidad (falta de planificación). Las estrategias y acciones de ordenamiento del tránsito vehicular presentadas en el presente estudio son consecuencia directa del análisis de sus factores y variables de caracterización.
- La clasificación funcional sistemática de la red vial, es la base fundamental para la implantación de las acciones planteadas en el presente estudio, así mismo es la base para cualquier otro plan que se pueda sugerir posteriormente; asimismo implica que la infraestructura física vial sea la más idónea teniendo en cuenta que actualmente existe un déficit de vías en condiciones ideales para la circulación de tránsito vehicular.
- El alto porcentaje del tránsito de vehículos no motorizados sumados a la estructura monocéntrica de la ciudad, tiene incidencia directa en los

factores de caracterización del tránsito vehicular, lo que implica niveles de movilidad bajos; reducciones de capacidad, impacto visual negativo, etc. conllevando a que la calidad del tránsito vehicular general sea bastante deficiente. Asimismo el transporte no motorizado, triciclos, se ha convertido en un problema eminentemente social, y cualquier otro plan u acción encaminada a mejorar las condiciones de tránsito vehicular en la zona, debe conllevar estudios complementarios de su impacto social y económico.

- El comportamiento de los conductores de vehículos (motorizados y no motorizados), autoridades y usuarios en general, es uno de los pilares fundamentales para la adecuada implantación de cualquier plan de ordenamiento del tránsito, por lo que es preciso que se elabore programas y planes de largo plazo de Educación Vial Integral a todo nivel. De la misma forma es indispensable que la Municipalidad cuente con profesionales y personal técnico con capacidad para implantar las acciones y medidas de ordenamiento del tránsito vehicular, así como con una suficiente capacidad de respuesta ante situaciones desfavorables presentadas durante la implantación del plan para la corrección de la misma durante el proceso de implementación. Asimismo esta mejora en las capacidades del personal encargado de la administración conlleva necesariamente el equipamiento de materiales y equipos de las diversas unidades del sistema organizacional del ente de la Municipalidad.

- La Imagen de la ciudad presenta una grave degradación, debido a varios factores vistos a lo largo del presente estudio, el mismo que ha afectado también la calidad del tránsito vehicular sobre todo en la zona de estudio, siendo uno de estos factores sin duda la falta de una planeación adecuada no solamente del transporte sino del desarrollo urbano completo de la ciudad; atribuible a las deficiencias en la administración municipal, sin embargo en los últimos años el ente competente de la Municipalidad en materia de transportes ha tratado de implantar algunas medidas para mejorar el desempeño operacional del tránsito vehicular, pero lamentablemente con acciones un tanto aisladas que no han permitido obtener beneficios significativos. Sin duda que la renovación integral de la zona de estudio, no solamente conlleva las medidas y acciones sistemáticas en el tránsito vehicular planteadas en el presente estudio, sino un reordenamiento integral del área central.
- Finalmente se menciona que prácticamente no se ha encontrado antecedente alguno de investigaciones relacionadas con el tránsito y transporte vehicular urbano de la ciudad, siendo por lo tanto una tarea aún pendiente la interrelación que debería de existir entre las Universidades y el desarrollo de su comunidad. Por lo tanto es imprescindible promover las investigaciones en todas las áreas, y más aún en aquellas donde el aporte puede ser fundamental para el desarrollo de una ciudad y por ende de su población.

SUGERENCIAS

- El ingreso de líneas de transporte al centro de la ciudad deberá protegerse desde el punto de vista del transporte con relación a la densidad vehicular como Prohibir el ingreso de vehículos de más de 3,500 Kg. de peso bruto vehicular en horas restringidas.
- Las rutas del transporte público en la ciudad deben ser racionalizados de tal forma que signifique un servicio eficiente y rentable, Implementar el sistema mixto en el transporte con vehículos Microbuses y Camionetas Rurales (combis), siempre y cuando exista un reordenamiento adecuado,
- La autoridad deberá presupuestar prioritariamente la construcción, rehabilitación y mejoramiento de diferentes vías de la ciudad
 - Las vías que son ingresos principales como son: Avenida Huancané, Avenida Independencia, Avenida Héroes de la Guerra del Pacifico, Av. Nueva Zelandia y la Avenida Mártires del 4 de Noviembre.
 - Remodelación integral de la Avenida Circunvalación I, en los sectores norte y oeste, por encontrarse en la actualidad en total estado de deterioro.
 - Pavimentación de las vías integrantes de los corredores viales.
 - Construcción de canales de evacuación de Aguas Pluviales en toda la ciudad de Juliaca.

BIBLIOGRAFÍA

1. CAL Y MAYOR REYES, Rafael; Cárdenas Grisales, James (1995). “Ingeniería De Transito Fundamentos Y Aplicaciones” edit. Alfa omega, México D.F. México 7ma edición.
2. HAY, William W. (2002). “Ingeniería De Transportes” edit. Limusa México D.F. México 2da edición.
3. GULLON Mariano y AZCOITI Jaimie (2003). “Ingeniería de Trafico” edit. dossat.s.a. España Madrid. 3RA Edición.
4. Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras aprobadas con R.M. N 210-2000-MTC/15.02
5. ORTUZAR S. Juan de Dios (2000) “Modelos De Demanda De Transporte” Edit. alfa y omega, chile 2da. Edición
6. CESPEDES ABANTO Jose 2002. “Pavimentos En Las Vías Terrestres Calles, Carreteras Y Aeropuertos” edit. universitaria de la UNC Perú
7. WRIGHT H. Paul; PAQUETE, Radnor J. (2004). “ingeniería de carreteras edit. Limusa México. 5ta. Edición en inglés y 1ra en español”
8. KRAENER, Carlos; PARDILLO, Jose María (2003) “Ingeniería De Carreteras” edit. Mcgrawhill, México d.f. México 2da. Edición.
9. Tesis: “Determinación Del Máximo Valor De Flujo De Saturación En Intersecciones Semaforizadas, Universidad Autónoma Nueva De León” por: José Federico López Vásquez
10. Tesis: “Modelo Matemático Para La Asignación De Trafico Al Sistema Del Transporte Urbano Aplicado Al Valle De Aburra” por: Laura lotero Vélez
11. Tesis : “Problemática Del Transporte Urbano De La Ciudad De Cusco” por: Justina Soza Arohuanca
12. Texto Único Ordenado Del Reglamento Nacional De Transito Código De Transito. D.S. N°016-2009-MTC
13. https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=YjR2Wee6GNOw8wf287yoCw#q=modelos+matematicos+para+el+trafico+vehicular&start=10
14. <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/MemoriasdeEventos/ModelosMatematicos2012/ModelosMatematicos.pdf>.

15. <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/334972/TesisRPN.pdf?sequence=1>
16. <https://www.fayerwayer.com/2013/10/el-algoritmo-que-reduce-el-embotellamiento-por-trafico-vehicular/>
17. Temas históricos de Juliaca autor. Hugo Apaza Quispe.

ANEXOS (planos)

PL-01 : SISTEMA VIAL ACTUAL