

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“PROPUESTA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LOS
ACCESOS DEL HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD DE LA LIBERTAD
“VIRGEN DE LA PUERTA”, LA ESPERANZA – TRUJILLO – LA LIBERTAD”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Transportes

AUTORES:

Br. Arteaga Chanduví, Helio Walther

Br. Guevara Espíritu, Cristian Marco

ASESOR: Ing. Henríquez Ulloa Juan Paul Edward

TRUJILLO - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedicado esta tesis a mis padres y hermanos quienes siempre me brindaron su apoyo y gracias a ellos, pude cumplir mis metas propuestas.

Br. Guevara Espíritu, Cristian Marco

Dedicado a mi familia y amigos por su apoyo incondicional.

Br. Arteaga Chanduví Helio Walther

RESUMEN

La tesis: “Propuesta para mejorar la Transitabilidad en los Accesos del Hospital de Alta Complejidad de La Libertad “Virgen de La Puerta”, La Esperanza – Trujillo – La Libertad”, fue desarrollada con el fin de dar una propuesta técnica para mejorar la transitabilidad en la zona de estudio. Para tal objetivo se realizó un Estudio de Aforo durante 7 días consecutivos desde las 7am hasta las 7pm para posteriormente aplicar los métodos establecidos por el HCM 2000 y tener así un análisis y de acuerdo a eso que características y funcionalidad ofrece la vía.

Con los datos obtenidos, producto de los estudios realizados, y su posterior procesamiento se pudo determinar que según la experiencia por parte de los conductores, las vías tienen un excelente nivel de servicio; sin embargo la vía no posee dispositivos de control de tránsito.

No pretendemos brindar soluciones definitivas, pero dejamos una propuesta para el mejoramiento de la transitabilidad en las vías de acceso al Hospital de Alta Complejidad de La Libertad “Virgen de la Puerta”.

Palabras claves: Transitabilidad vial, Hospital de Alta Complejidad de La Libertad “Virgen de La Puerta”, estudio de aforo, estudio de volúmenes y flujos, estudio de velocidades, diseño de señalización vial.

ABSTRACT

The thesis: "Proposal to improve the Accessibility of the Accesses of the Hospital of High Complexity of La Libertad" Virgen de La Puerta ", La Esperanza - Trujillo - La Libertad", was developed with the purpose of giving a technical proposal to improve the transitability in the study area. For this purpose a Gauging Study was carried out for 7 consecutive days from 7am to 7pm to subsequently apply the methods established by the HCM 2000 and thus have an analysis and according to what features and functionality the road offers.

With the data obtained, product of the studies carried out, and its subsequent processing it was possible to determine that according to the experience on the part of the drivers, the roads have an excellent level of service; however, the road does not have traffic control devices.

We do not intend to provide definitive solutions, but we leave a proposal for the improvement of traffic in the access roads to the High Complexity Hospital of La Libertad "Virgen de la Puerta".

Keywords: Road traffic, High Complexity Hospital of La Libertad "Virgen de La Puerta", study of capacity, study of volumes and flows, study of speeds, design of road signs.

PRESENTACIÓN

Actualmente la población va en aumento ocupando cada vez más territorios, esto conlleva a la necesidad, no solo de construcción de rutas que permitan el acceso entre unos poblados y otros, sino también a tomar medidas que permita un movimiento seguro, conveniente, económico sin afectar al medio ambiente.

Diversos estudios lograron establecer que el comportamiento tanto vehicular como peatonal sobre una determinada vía, varía dependiendo de las circunstancias y solicitaciones a las cuales están sometidas.

En el presente estudio de tráfico contribuirá de manera informativa mediante datos la capacidad y niveles de servicio en los accesos viales al Hospital de Alta Complejidad de La Libertad “Virgen de La Puerta”; y los problemas que presentan dichos accesos por no contar con suficiente señalización.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en un informe técnico de seguridad ciudadana realizado entre enero y octubre del año 2017, menciona que, de 74 030 accidentes registrados, el 37.034% fue a causa de la imprudencia y/o ebriedad del conductor. El estudio también indica que a nivel nacional ocurrieron 21 184 accidentes por motivo de exceso de velocidad, y 5 966 accidentes por motivo de imprudencia de peatón o pasajero (Diario El Correo 2018).

Por consiguiente, la presente tesis pretende contribuir con la propuesta para el mejoramiento del sistema vial a través de propuestas para obtener un tránsito vehicular y peatonal seguros. Para ello se logrará lo siguiente:

ÍNDICE

I. INTRODUCCION	1
1.1. Problema de Investigación.....	1
1.1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.1.2. Delimitación del Problema.....	3
1.1.3. Formulación del Problema	3
1.2. Objetivos del Estudio	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos:.....	3
1.3. Justificación del Estudio	4
II. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes del Estudio.....	5
2.2. Marco Teórico	7
2.2.1. Elementos Básicos de la Ingeniería de Tránsito.....	7
2.2.2. Factores que participan en el Problema de Tránsito:.....	7
2.2.3. Clasificación Vehicular:.....	7
2.2.4. La Vía:.....	11
2.2.4.1. Clasificación de Vías Urbanas:.....	11
2.2.5. Volúmenes de Tránsito:.....	14
2.2.5.1. Volumen de Tránsito:.....	14
2.2.5.2. Volúmenes de tránsito Absolutos o totales:.....	15
2.2.5.3. Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios.....	16
2.2.5.4. Volúmenes de Tránsito Horario:.....	16
2.2.6. Uso de los Volúmenes de Tránsito:	17
2.2.7. Características de los Volúmenes de Tránsito:.....	17
2.2.7.1. Distribución y Composición del Volúmenes de Tránsito:	18
2.2.7.2. Variación del Volumen de Tránsito en la hora de máxima demanda:.....	18
2.2.7.3. Variación horaria del Volumen de Tránsito:.....	20
2.2.7.4. Variación del Volúmenes de Tránsito:	20
2.2.7.5. Variación mensual del Volumen de Tránsito:	20
2.2.8. Capacidad Vial y Niveles de Servicio:	21
2.2.9. Capacidad de las Carreteras:	21
2.2.10. Nivel de Servicio:.....	22
2.2.10.1. Capacidad Vial:.....	23
2.2.10.2. Condiciones prevalecientes:	24

2.2.10.3.	Nivel de Servicio:	25
2.2.10.4.	Análisis de Capacidad y Niveles de Servicio:	26
2.2.11.	Determinación del Nivel de Servicio de una Arteria Urbana según el HCM 2000: 28	
2.2.11.1.	Nivel de Servicio Arterial:	28
2.2.11.2.	Arteria a Considerar en Estudio:	31
2.2.11.3.	Clase de Arteria y Velocidad en Régimen Libre:	31
2.2.12.	Velocidades:	35
2.2.12.1.	Velocidad en General:	36
2.2.12.2.	Velocidad de punto:	36
2.2.12.3.	Velocidad media temporal:	36
2.2.12.4.	Velocidad Media Espacial:	37
2.2.12.5.	Velocidad de Recorrido:	38
2.2.12.6.	Velocidades:	39
2.2.13.	Aforos:	42
2.2.13.1.	Estudio de Aforos e ingresos en Carreteras y Autopistas:	43
2.2.14.	Dispositivos Para el Control de Tránsito:	45
2.2.15.	Estudios de Ingeniería Vial para la implementación de dispositivos de Control de Tránsito:	46
2.2.15.1.	Clasificación de los Dispositivos de Control:	46
2.2.15.2.	Señales Verticales:	48
2.2.15.3.	Características de las Señales Verticales:	48
2.2.15.3.1.	Diseño:	48
2.2.15.3.2.	Mensaje:	49
2.2.15.3.3.	Forma y Color:	49
2.2.15.3.4.	Tamaño:	52
2.2.15.3.5.	Símbolos:	52
2.2.15.3.6.	Orla:	53
2.2.15.3.7.	Visibilidad y Retrorreflexión:	53
2.2.15.3.8.	Ubicación:	53
2.2.15.4.	Señales Horizontales:	54
2.2.15.4.1.	Función:	54
2.2.15.4.2.	Retrorreflectancia de las marcas en el pavimento:	54
2.2.15.4.3.	Marcas Planas en el Pavimento:	54
2.3.	Marco Conceptual:	55
2.4.	Sistema de Hipótesis:	57

2.4.1. Variables e Indicadores:	57
III. METODOLOGIA EMPLEADA	59
3.1. Tipo y Nivel de Investigación.	59
3.2. Población.....	59
3.3. Diseño de Investigación.	59
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	60
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos	60
3.5.1. Procesamiento:.....	60
3.5.2. Análisis de Datos:.....	63
3.5.3. Estudio de Flujo Vehicular:	63
3.5.4. Análisis de Flujo Vehicular:	64
IV. PRESENTACION DE RESULTADOS	90
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	91
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	94
PANEL FOTOGRÁFICO	95
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	104
PLANOS.....	105

Índice de Tablas

Tabla 1: Parámetros de diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas	13
Tabla 2: Medidas de Eficiencia para la definición de los Niveles de Servicio.	28
Tabla 3: Niveles de Servicio en Arterias.	30
Tabla 4: Campo de velocidades en régimen libre.....	34
Tabla 5: Ayuda para Clasificación de una Arteria	34
Tabla 6: Clase de Arteria de Acuerdo con su función y Categoría de Proyecto.	35
Tabla 7: Desviaciones Estándar de Velocidades Instantáneas para Determinar el Tamaño de la Muestra y Sentido.....	41
Tabla 8: Constantes Correspondientes al Nivel de Confianza	41
Tabla 9: Variable Independiente	57
Tabla 10: Variable Dependiente Nivel de Servicio.....	58
Tabla 11: Variable Dependiente Propuesta de Mejora	58
Tabla 12: Instrumentos de Investigación.....	60
Tabla 13: Formato de Conteo Vehicular	62
Tabla 14: Tramos de Vías en Estudio.	63
Tabla 15: Vehículos considerados en Estudio.	64
Tabla 16: Aforo Vehicular (TPDS). Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.	65
Tabla 17: Tránsito Diario de Vehículos. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.	66
Tabla 18: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.	66
Tabla 19: Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.	67
Tabla 20: Aforo Vehicular (TPDS) Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui.	70
Tabla 21: Tránsito Diario de Vehículos. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui.	71
Tabla 22: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui	72
Tabla 23: Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda. Ingreso A Av. José Gabriel Condorcanqui.	73
Tabla 24: Aforo Vehicular (TPDS). Vía del Hospital.....	75
Tabla 25: Tránsito Diario de Vehículos... Vía del Hospital.	76
Tabla 26: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo. Vías del Hospital .	77
Tabla 27: Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda. Vías del Hospital ..	78

Tabla 28. Distancia de Arterias para medir Velocidades.	81
Tabla 29. Tamaño de Muestra para Velocidades. Carriles de un solo sentido	82
Tabla 30. Velocidades en Vía 1 Ingreso desde Av. José Gabriel.	83
Tabla 31. Nivel de Servicio en Arteria 1 Vía del Hospital.....	84
Tabla 32. Velocidades en Vía 2. Salida Hacia Av. José Gabriel	85
Tabla 33. Nivel de Servicio en Arteria 2. Salida Hacia Av. José Gabriel	86
Tabla 34. Velocidades en Vía 3. Vía de Hospital.	87
Tabla 35. Nivel de Servicio en Arteria 2. Salida Hacia Av. José Gabriel en Vía del Hospital.....	88
Tabla 36. Ubicación de Dispositivos de Control de Tránsito	89
Tabla 37. Resumen de Arterias en Evaluación.	90
Tabla 38. Resumen de Aforos Vehiculares por tipo de Vehículo. Transito Promedio Diario Semanal.	90
Tabla 39. Resumen. Tipo de Vehículo con mayor Influencia.	90
Tabla 40. Resumen Factor Horario de Máxima Demanda.	90
Tabla 41. Resumen. Niveles de Servicio en Arterias Analizadas.	90

Índice de Gráficos

Ilustración 1: Trimoto, vehículo de la categoría L5	8
Ilustración 2: Automóvil o Taxi, vehículo de la categoría M1	9
Ilustración 3: Ómnibus, microbús y minibús, vehículos de las categorías M2 y M3.	9
Ilustración 4. Camiones y cisternas, vehículos de las categorías N1, N2 y N3.	10
Ilustración 5. Remolque, vehículo categoría O.	10
Ilustración 6. Variación del Volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.	19
Ilustración 7: Condiciones de operación de los niveles de servicio.....	26
Ilustración 8. Arterias Analizadas.	64
Ilustración 9. Ilustra gráficamente la variación del volumen de tránsito Diario. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.....	69
Ilustración 10: Ilustra gráficamente la Composición Vehicular del volumen de tránsito Diario expresado en porcentaje. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui (sentido de flujo: Noreste a Suroeste).....	69
Ilustración 11: Ilustra gráficamente la Composición Vehicular del volumen de tránsito Diario expresado en porcentaje. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui (sentido de flujo: Noroeste A Sureste).	74
Ilustración 12. Ilustra gráficamente la variación del volumen de tránsito Diario. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui	74
Ilustración 13: Ilustra gráficamente la variación del volumen de tránsito Diario. Vía del Hospital (sentido de flujo: Suroeste a Noreste.)	80
Ilustración 14: Ilustra gráficamente la Composición Vehicular del volumen de tránsito Diario expresado en porcentaje. Vía del Hospital (sentido de flujo: Suroeste a Noreste.).....	80
Ilustración 15. Plano Propuesta de señalización.	89

I. INTRODUCCION

1.1. Problema de Investigación

Actualmente la población va en aumento ocupando cada vez más territorios, esto conlleva a la necesidad, no solo de construcción de rutas que permitan el acceso entre unos poblados y otros, sino también a tomar medidas que permita un movimiento seguro, conveniente, económico sin afectar al medio ambiente.

Diversos estudios lograron establecer que el comportamiento tanto vehicular como peatonal sobre una determinada vía, varía dependiendo de las circunstancias y solicitudes a las cuales están sometidas.

La Ingeniería de Transporte es la encargada de aplicar conocimientos técnicos y científicos; la planeación, diseño, operación y administración de diversos tipos de transporte para satisfacer las necesidades sociales sobre movilidad de personas y bienes. Una rama de la ingeniería de Transporte, es la Ingeniería de tránsito la cual se encarga del estudio de la operación de tránsito, geometría del proyecto, y su relación con otras formas de transporte (Rafael C., James C. 2007). Es también la ciencia que trata de dar solución a los diferentes problemas, analizando la interrelación entre los elementos del tránsito.

En el presente estudio de tráfico contribuirá de manera informativa mediante datos, la capacidad y niveles de servicio en los accesos viales al Hospital de Alta Complejidad de La Libertad "Virgen de La Puerta"; y los problemas que presentan dichos accesos por no contar con suficiente señalización.

El estudio de tránsito que realizaremos se considera de vital importancia ya que uno de los problemas habituales son los accidentes (Rafael C., James C. 2007). El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en un informe técnico de seguridad ciudadana realizado entre enero y octubre del año 2017, menciona que, de 74 030 accidentes registrados, el 37.034% fue a causa de la imprudencia y/o ebriedad del conductor. El estudio también indica que a nivel nacional ocurrieron 21 184 accidentes por motivo de exceso de velocidad, y 5 966 accidentes por motivo de imprudencia de peatón o pasajero (Diario El Correo 2018).

Por consiguiente, la presente tesis pretende contribuir con el mejoramiento del sistema vial a través de propuestas para obtener un tránsito vehicular y peatonal seguros. Para ello se logrará lo siguiente:

- Conocer la cantidad de vehículos que pasa por las vías para determinar la capacidad mediante la tasa máxima de flujo que el sistema vial puede acomodar con razonable seguridad considerando las condiciones a la cual está sometida la vía durante un periodo específico (Rafael C., James C. 2007).
- Analizar las condiciones operativas dentro de un flujo vehicular para conocer el nivel de servicio (Rafael C., James C. 2007).

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

- Es notorio el Incremento de la Vulnerabilidad del peatón para cruzar la vía y el riesgoso tránsito de estos en las vías de acceso. Una de las causas es la variedad de tipos de vehículos, por ejemplo: múltiples dimensiones, velocidades y características de aceleración, camiones pesados y autobuses de baja y alta velocidad, motocicletas entre otros.
- Con respecto a la Existencia de paraderos informales, se pudo observar que las unidades vehiculares utilizan cualquier parte de la vía como paradero; situación similar ocurre en el Hospital Regional Docente de Trujillo, conllevando esto a convertir esta área en paraderos no autorizados. La ausencia de políticas de estacionamientos y carencia de estrategias que permitan prever espacios para estacionamientos, es también una de las causas de este problema.

En el caso de los peatones, la falta de señalización para controlar su desplazamiento aumenta el tiempo que este emplea para cruzar la vía, ya que deben tomar precauciones. En relación a los conductores, el riesgo es mayor por la falta de educación vial y negligencia de algunos peatones que cruzan la vía sin el cuidado respectivo.

1.1.2. Delimitación del Problema

- Sujeto de Estudio: Las vías de acceso al Hospital
- Causas que originaron el estudio: Falta de señalización con dispositivos de tránsito, aumento de la presencia de vehículos en la zona de estudio y surgimiento de paraderos así como también comercio informal.
- Ubicación geográfica: La Esperanza – Exteriores del Hospital de alta complejidad “Virgen de la Puerta”.
- Tiempo de estudio: 4 meses desde septiembre hasta diciembre.
- Variables de estudio:
 - Capacidad Vial y Niveles de Servicio como variables independientes.
 - Propuesta de Mejoramiento de la Transitabilidad como variable dependiente.

1.1.3. Formulación del Problema

El problema de investigación antes mencionado se puede resumir con la siguiente interrogante: ¿Cómo mejorar la Transitabilidad en los accesos viales al Hospital de Alta Complejidad de la Libertad “Virgen de la Puerta” La Esperanza – Provincia de Trujillo – Región La Libertad?

1.2. Objetivos del Estudio

1.2.1. Objetivo General

Realizar un Estudio de Transitabilidad y de acuerdo a ello, proponer alternativas que permitan mejorar el tránsito en los accesos al hospital de alta complejidad de La Libertad.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar el volumen de tránsito que fluyen a lo largo de la vía
- Determinar flujos y velocidades de recorrido.
- Determinar el nivel de servicio en las vías de acceso al hospital de alta complejidad de la Libertad “Virgen de la puerta”.

- Identificar los lugares donde es necesario el uso de los dispositivos de control de tránsito correspondiente.

1.3. Justificación del Estudio

- Se justifica académicamente porque permite aplicar procedimientos y metodologías adquiridas en el curso de Ingeniería de Tránsito.
- Técnicamente se justifica porque permite aplicar la metodología del estudio de tráfico para el estudio de Transitabilidad considerando que se requiere del conteo volumétrico y flujos, conteo de peatones y vehículos, velocidades y geometría; para lograr un eficiente estudio de tráfico permitiendo una circulación de peatones y conductores de forma segura y ordenada.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del Estudio

Narva y Ponce (2014) en su investigación acerca de riesgos potenciales en carreteras por falta de señalización y propuesta de solución en la carretera Quinua – San Francisco (km 26+00 al km 75+500), proponen realizar una evaluación de los riesgos potenciales y al mismo tiempo una solución que ponga fin a la falta de señalización en dicha carretera, para dicho propósito se empleó el método inductivo a través de la toma de datos, registro y procedimiento de datos. La investigación obtuvo como resultado los metrados y planos para el diseño más conveniente de señalización para el tramo de carretera en estudio, basado en el “Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor en Calles”. El principal aporte al trabajo de investigación es proporcionar información acerca de evaluación de los riesgos potenciales.

Angaspilco (2014) en su investigación del “nivel de serviciabilidad en las avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca”, propone generar un estudio de tránsito para mejorar el funcionamiento de las vías que se estudiaron, para tal propósito se usó el método inductivo con la toma de datos, registro y su posterior procesamiento. Esta investigación obtuvo como resultado el estudio de tránsito. El principal aporte al trabajo es su estudio de los niveles de serviciabilidad.

Siguas y Jiménez (2015) en su estudio de impacto vial en una zona residencial por la presencia de una universidad en condiciones de tránsito actuales en el distrito de La Molina; proponen determinar el impacto vial por la construcción de una universidad para proponer alternativas para mitigar el efecto causado por su funcionamiento, para cumplir con este propósito se estudiaron las condiciones del área de estudio y se modeló el comportamiento vehicular, método inductivo. Este estudio logró proponer soluciones de operación del tránsito vehicular y soluciones geométricas en las intersecciones estudiadas; también mejoras en el tránsito en la zona en base al desarrollo de un sistema de transporte masivo. El principal aporte al trabajo de investigación es la

metodología utilizada para determinar el impacto vial en la zona de su estudio.

Alcántara (2018) en su investigación del Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular en la Av. San Martín de Porras aplicando la metodología HCM 2000, propone determinar el nivel de servicio y la capacidad vehicular en la zona antes mencionada, para tal fin se determinaron: los elementos de entrada, el tiempo en movimiento, tiempo de propagación vehicular, velocidad de desplazamiento y el nivel de servicio. La investigación llegó a determinar que el nivel de servicio es variable y que la capacidad vehicular del segmento I es de 1600 veh/h y del segmento II es de 1356 veh/h. El principal aporte al trabajo de investigación es el manejo de los datos obtenidos en campo para determinar el nivel de servicio y la capacidad vehicular.

Meneses y Jaramillo (2011) en su investigación analiza y propone soluciones en la movilidad vial en algunas zonas del valle de Aburrá, Medellín – Colombia, se propone un análisis y propuesta para solucionar los problemas de movilidad, para lo cual se presentó las características de la zona de estudio, el uso de suelo, la característica del transporte que circula por la zona y la accidentalidad. Esta investigación logró realizar el estudio de tránsito y proponer soluciones que mejorarían la circulación vial.

El principal aporte al trabajo de investigación es brindar alternativas para dar soluciones a problemas de movilidad.

Román (2016) en su tesis “Rediseño de la intersección Max Uhle y Paseo de los Cañaris para un mejor nivel de servicio, Cuenca - Ecuador”, propone rediseñar la intersección antes mencionada proponiendo mejoras en su nivel de servicio, para lo cual se realizaron aforos luego se analizó el nivel de servicio y finalmente la capacidad actual del área de estudio. La investigación llegó a los siguientes resultados: diseño geométrico de los elementos de vía de la zona de estudio, costos operativos de la intersección actual y la proyectada en la que se puede comparar el ahorro que se tendría con la alternativa propuesta. El principal aporte al trabajo de investigación es su rediseño de una intersección y sus propuestas de mejora.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Elementos Básicos de la Ingeniería de Tránsito

Los tres elementos básicos que componen la ingeniería de tránsito son: el usuario (peatones y conductores), el vehículo y la vía (vías urbanas y carreteras) (Cal y Mayor, 2007, p. 42).

2.2.2. Factores que participan en el Problema de Tránsito:

“Las ciudades dependen primordialmente de sus sistemas de calles, ofreciendo el servicio de Transporte. Generalmente, estos sistemas tienen que operar encima de su Capacidad, con el fin de satisfacer los aumentos de demanda por servicios de transporte, sea este para tránsito de vehículos livianos, tránsito comercial, tránsito público, acceso a las distintas propiedades o estacionamientos, etc., generando obviamente problemas de tránsito, cuya severidad por lo general se puede medir en términos de accidentes y congestiónamiento” (Cal y Mayor, 2007, p. 17).

2.2.3. Clasificación Vehicular:

El Reglamento Nacional de Vehículos, mediante el DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC, en su sección I (Disposiciones Generales), tiene por objetivo establecer los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos para que ingresen, se registren, transiten, operen y se retiren del Sistema Nacional de Transporte Terrestre.

Los requisitos y características técnicas establecidas en el mencionado Reglamento están orientadas a la protección y la seguridad de las personas, los usuarios del transporte y del tránsito terrestre, así como a la protección del medio ambiente y el resguardo de la infraestructura vial (DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC, p.8)

La clasificación vehicular establecida en el decreto antes indicado, lo especifica de la siguiente manera:

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

L1: Vehículos de 2 ruedas, desde 50 cm³ y 50 km/h de velocidad máxima.

L2: Vehículos de 3 ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.

L3: Vehículos de 2 ruedas, de más de 50 cm³ o velocidad mayor a 50 km/h.

L4: Vehículos de 3 ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ o una velocidad mayor de 50 km/h.

L5: Vehículos de 3 ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ o velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no excedan de una tonelada.

Ilustración 1: Trimoto, vehículo de la categoría L5



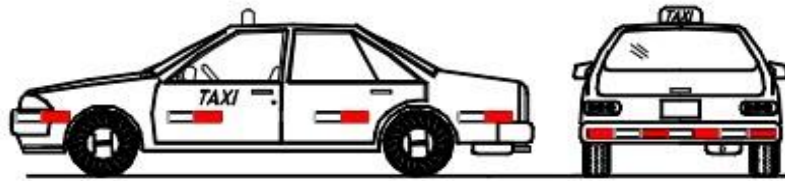
Fuente: Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC 2003, P. 71

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

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

Fuente: Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del **MTC 2003, P. 71**

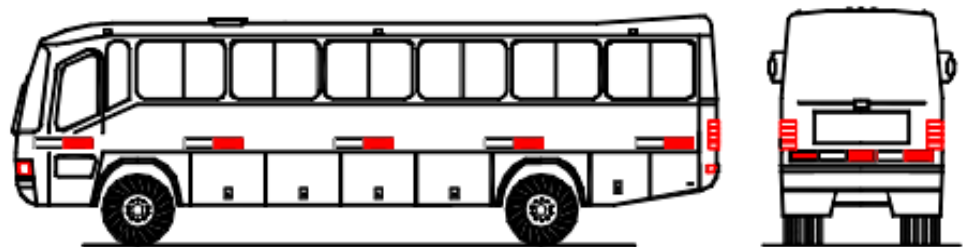
Ilustración 2: Automóvil o Taxi, vehículo de la categoría M1



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

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

Ilustración 3: Ómnibus, microbús y minibús, vehículos de las categorías M2 y M3.



Fuente: Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC 2003, P. 72

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

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

Clase II: Vehículos contruidos por lo general para el transporte de pasajeros sentados y, a la vez diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

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

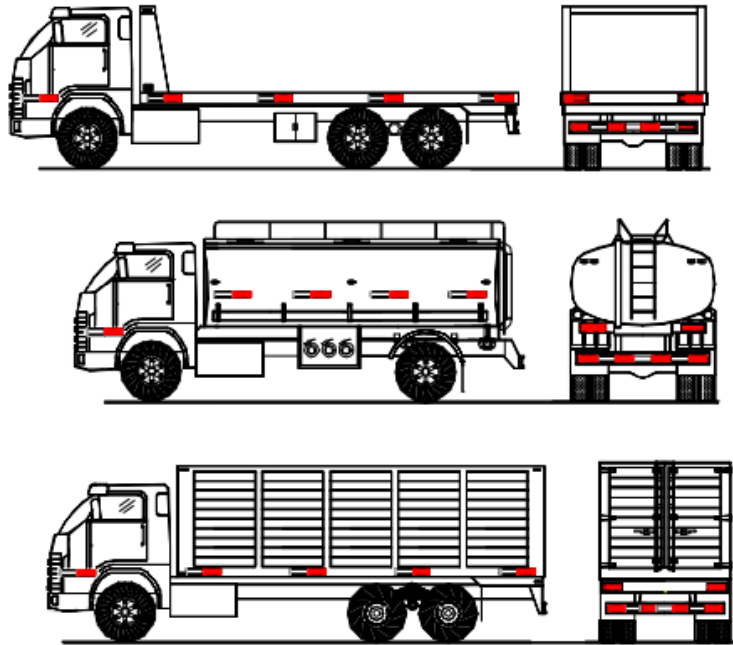
➤ **Categoría N:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más, fabricados y contruidos para el transporte de mercancía.

N1: Vehículos de peso bruto vehicular \leq a 3,5 toneladas.

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

N3: Vehículos de peso bruto vehicular > de 12 toneladas.

Ilustración 4. Camiones y cisternas, vehículos de las categorías N1, N2 y N3.



Fuente: Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del **MTC 2003, P. 72**

➤ **Categoría O:** Remolques (incluye semirremolques).

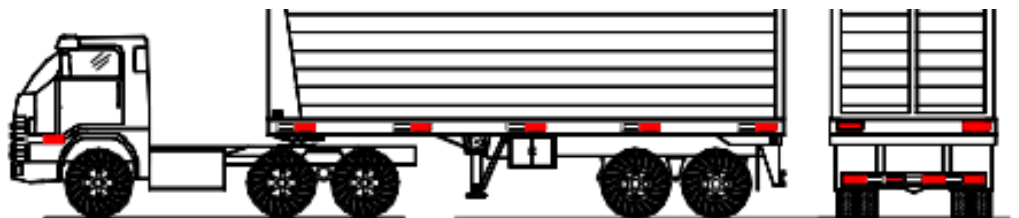
O1: Remolques de peso bruto vehicular ≤ a 0,75 toneladas.

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

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

O4: Remolques de peso bruto vehicular > a 10 toneladas.

Ilustración 5. Remolque, vehículo categoría O.



Fuente: Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos del **MTC 2003, P. 72**

COMBINACIONES ESPECIALES

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

SA: Casas rodantes

SB: Vehículos blindados para el transporte de valores

SC: Ambulancias

SD: Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC (**DECRETO SUPREMO Nº 058-2003-MTC, p.55**).

2.2.4. La Vía:

“La Infraestructura vial es el medio que permite el transporte utilizando automóviles, autobuses, camiones, motocicletas y bicicletas, también el transporte a pie; esta infraestructura rural o urbana, se constituye primordialmente por carreteras, calles y banquetas. Para que estas operen eficientemente deben proporcionar a los usuarios seguridad, confort y fluidez, para ello es indispensable que el conductor, peatón o pasajero, disponga de la información suficiente y oportuna para usar adecuadamente las vialidades, lo cual se logra en gran medida a través de las señales de tránsito, lo que ha permitido obtener el máximo rendimiento de cualquier vialidad.” (Cal y Mayor, 2007, p. 122).

2.2.4.1. Clasificación de Vías Urbanas:

La clasificación considera cuatro categorías principales y una categoría adicional denominada “vías especiales” en la que se consideran aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales”. ICG (2005), Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas -2005 – VCHI, Lima, Perú)

Vías Expresas: “presentan la relación entre los sistemas viales interurbano y urbano. Transportan grandes volúmenes de vehículos, con circulación a velocidad alta y condiciones de accesibilidad bajas. No se permite el estacionamiento, la descarga de mercaderías, ni el tránsito de peatones.”

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

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

Vías Locales: Tiene como función principal el brindar acceso a los lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio. Son vías adecuadas para el tránsito de vehículos livianos, en la cual está permitido el estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Este tipo de vías reciben el nombre genérico de calles y pasajes.

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

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

Tabla 1: Parámetros de diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de diseño	Entre 80 y 100 km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT	Entre 40 y 60 km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclo vías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclo vías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.

Número de carriles	Bidireccional es: 3 o más carriles/sentido.	Unidireccional es: 2 o 3 carriles Bidireccionales: 2 o 3 carriles/sentido	Unidireccional es: 2 o 3 carriles Bidireccionales: 1 o 2 carriles/sentido.	Unidireccional es: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio de Transporte	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos" o "Carriles Solo Bus" con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos" o "Carriles Solo Bus" con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido

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

2.2.5. Volúmenes de Tránsito:

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimativos razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios. (Cal y Mayor, 2007, p. 170)

2.2.5.1. Volumen de Tránsito:

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

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

Donde:

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

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Periodo determinado (unidades de Tiempo).

2.2.5.2. Volúmenes de transito Absolutos o totales:

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

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

En todos los casos anteriores, los periodos especificados, un año, un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos y

periodo en minutos seguidos inferiores a una hora (Cal y Mayor, 2007, p153).

2.2.5.3. Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado, (en días completos) igual o menos a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De manera general se expresa como:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}}$$

Donde N representa el número de vehículos que pasan durante T días. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dado en vehículos por día:

1. Tránsito promedio diario anual (TPDA)

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

2. Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

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

3. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDA = \frac{TM}{7} \dots \dots \dots (4)$$

2.2.5.4. Volúmenes de Tránsito Horario:

Basados en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, presentados en vehículos por hora:

- a) **Volumen horario máximo anual (VHMA):** máximo volumen horario que sucede en un punto o sección de un carril o calzada durante un año específico. Quiere decir que es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.

- b) **Volumen horario de máxima demanda (VHMD):** es el número máximo de vehículos que transitan por un punto o sección de un carril o calzada por 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se puede ver durante un día en particular.
- c) **Volumen horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH):** es el volumen horario que sucede en un punto o sección de un carril o calzada en el transcurso de un año determinado, que es excedido por 9.19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina en horario de la 10ava, 20ava y 30ava hora de máximo volumen. (Cal y Mayor, 2007, p. 170)

2.2.6. Uso de los Volúmenes de Tránsito:

Se utilizan comúnmente en diversos campos, en Ingeniería de Tránsito es empleada para realizar estudios tales como:

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

2.2.7. Características de los Volúmenes de Tránsito:

“Por el carácter dinámico que muestran los volúmenes de tránsito, es primordial conocer las variaciones periódicas que tiene el mismo dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Además, se debe considerar las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución, y su composición.”

2.2.7.1. Distribución y Composición del Volúmenes de Tránsito:

“La distribución de los volúmenes de tránsito por carriles debe ser considerada tanto en el proyecto como en la operación de calles y vías. Tratándose de 3 o más carriles de operación en un sentido, el flujo se asemeja a una corriente hidráulica. Así, al calcular los volúmenes de tránsito por carril, en zona urbana, la velocidad mayor y capacidad, generalmente se logran en el carril del medio; las fricciones laterales, como paradas de autobuses y taxis y las vueltas izquierdas y derechas causan un flujo más lento en los carriles extremos, llevando el menor volumen el carril cercano a la acera.”

2.2.7.2. Variación del Volumen de Tránsito en la hora de máxima demanda:

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

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

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

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(qmax)} \quad (5)$$

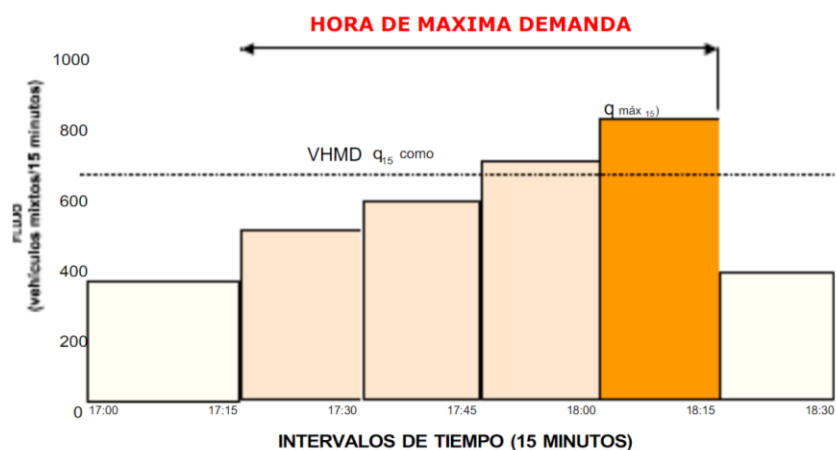
Donde:

N: Nro. de periodos obtenidos dentro de la hora de máxima demanda. Los periodos durante la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, siendo el más utilizado el de 15 minutos, para este periodo el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(qmax15)} \quad (6)$$

“El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito e periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.” (Cal y Mayor, 2007, p. 180).

Ilustración 6. Variación del Volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.



2.2.7.3. Variación horaria del Volumen de Tránsito:

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

En las ciudades se tiene variación típica de la siguiente manera: La madrugada inicia con bajo volumen de vehículos, se va aumentando hasta alcanzar cifras máximas entre 7:30 y 9:30 horas. De las 9:30 a las 13:00 horas vuelve a bajar y empieza a aumentar a las 14:00 y 15:00 horas. Disminuye entre las 14:00 y 18:00 horas, y aumenta por última vez entre las 18:00 y las 20:00 horas. De esta hora en adelante tiende a bajar al mínimo en la madrugada.” (Cal y Mayor, 2007, p. 183).

2.2.7.4. Variación del Volúmenes de Tránsito:

“En las calles de la ciudad, la variación de los volúmenes de tránsito diario no es muy marcada entre semana, están más o menos distribuidos en los días laborables, no obstante, los volúmenes más altos suceden los viernes. Vale mencionar, con referencia a la variación diaria de los volúmenes de tránsito tanto a nivel urbano como a rural, que se manifiestan máximos en aquellos días de eventos especiales como Semana Santa, Navidad, fin de año, etc.” (Cal y Mayor, 2007, p. 184).

2.2.7.5. Variación mensual del Volumen de Tránsito:

“Hay meses que las calles y vías llegan mayores volúmenes que otros muestran variaciones considerable. Los más altos volúmenes de tránsito se registran en Semana Santa, en las vacaciones y a fin de año por las fiestas del mes de diciembre. Así los volúmenes de tránsito promedio diarios que identifica cada mes son diferentes, dependiendo también en cierta manera, de la categoría y del tipo de

servicio que prestan las calles y vías.” (Cal y Mayor, 2007, p. 185).

2.2.8. Capacidad Vial y Niveles de Servicio:

Deberá realizarse un análisis de la capacidad de la vía y de los niveles de servicio esperados, según el volumen de demanda y las condiciones reales del proyecto, lo que servirá para evaluar las características y/o restricciones de tránsito, geométricos, ambientales y de calidad del servicio que ofrecerá la vía a los usuarios, con el fin de realizar los ajustes necesarios en los factores y/o parámetros considerados en dicho estudio (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico de Carreteras, 2014 p. 127)

2.2.9. Capacidad de las Carreteras:

Aun con carreteras en condiciones ideales (por ejemplo, una pista de pruebas), el volumen de tránsito tiende a alcanzar un punto máximo a una velocidad relativamente baja. Este fenómeno, que tal vez sorprenda a legos, se debe al hecho de que la distancia que guarda el conductor promedio cuando viaja detrás de otro vehículo no varía linealmente con el aumento de la velocidad. Expresando de otra manera la densidad del tránsito disminuye exponencialmente al aumentar la velocidad. El incremento en la velocidad tiende a incrementar el volumen, pero este efecto se neutraliza con la disminución concomitante en la densidad. Otro factor que limita al número de vehículos que pasa por un punto es el hecho de que ciertos vehículos interfieren con la marcha de otros. Este efecto se observa con mayor claridad en las carreteras de dos carriles. Con un volumen de tránsito bajo, el conductor de un vehículo puede elegir libremente la velocidad a la que desea viajar. Conforme aumenta el volumen del tránsito los vehículos más lentos afectan la marcha de los demás. Al aumentar la densidad del tránsito, finalmente se alcanza un punto en el que todos los vehículos avanzan a la velocidad de los vehículos más lentos. Esta situación indica que se ha alcanzado la capacidad

máxima. Por lo tanto, la capacidad de una carretera se mide por su aptitud para dar cabida al tránsito, y normalmente se expresa como la cantidad de vehículos que pueden pasar por un punto dado durante un periodo específico y a una velocidad establecida. (Wright y Paquette, 1999, p. 143).

Sin embargo, las carreteras no son ideales, y las estimaciones de capacidad deben hacerse tomando en cuenta las condiciones de la carretera y del tránsito que reducen la aptitud de las mismas para dar cabida al tránsito. El método para determinar la capacidad de una carretera en condiciones de flujo ininterrumpido; se calcula primero la de la carretera en condiciones ideales y luego se aplican los factores de ajuste empírico apropiados para incluir las condiciones prevaletientes de la carretera y del tránsito. Puede definirse la capacidad de un tramo de carretera dado (de dos o tres carriles y con tránsito en uno o dos sentidos), como la razón horaria máxima para la cual se puede esperar razonablemente que los vehículos pasen por un punto o una sección uniforme de un carril o de un camino durante un tiempo dado bajo las condiciones predominantes de la carretera, del tránsito y del control.

En condiciones de carretera y tránsito similares. El volumen de vehículos que puede circular en el tramo es fijo, pero existe una serie de volúmenes más bajos que pueden ocurrir en condiciones de operación diferentes. Operando a la capacidad máxima se obtiene el volumen máximo, pero conforme disminuye el volumen y el congestionamiento, mejora el nivel de servicio (Wright y Paquette, 1999, p. 144).

2.2.10. Nivel de Servicio:

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la

conveniencia y la seguridad vial. De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc. El Manual de Capacidad Vial HCM 2000 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua, como se verá más adelante (Cal y Mayor, 2007, p. 355).

2.2.10.1. Capacidad Vial:

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

A parte del estudio de la capacidad de las vías y calles, el propósito que también generalmente se sigue es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente vial. Teóricamente la capacidad (q_{\max}) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía o calle. De manera específica, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos (peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se

considera que este es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable. La infraestructura vial, sea esta una vía o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos fijos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos, que produzcan interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, tales como los semáforos, las señales de alto y otros tipos de regulación.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad.” (Cal y Mayor, 2007, p. 355).

2.2.10.2. Condiciones prevalecientes:

“Es importante tener en cuenta el carácter probabilístico de la capacidad, por lo que puede ser mayor o menor en un instante determinado. Además, como la definición misma lo manifiesta, la capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variarla modifican. Estos se agrupan en tres tipos generales”. (Cal y Mayor, 2007, p. 356).

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

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

2.2.10.3. Nivel de Servicio:

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

De los factores que afectan el nivel de servicio, se diferencian los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición de tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc. El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del peor. Las condiciones de operación de estos niveles, se ilustran en la Figura 9”. (Cal y Mayor, 2007, p. 355).

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

Ilustración 7: Condiciones de operación de los niveles de servicio.



NIVEL DE SERVICIO A



NIVEL DE SERVICIO B



NIVEL DE SERVICIO C



NIVEL DE SERVICIO D



NIVEL DE SERVICIO E



NIVEL DE SERVICIO F

2.2.10.4. Análisis de Capacidad y Niveles de Servicio:
“La capacidad de un camino es tan cambiante como pueden serlo las variables físicas del mismo o las condiciones del tráfico. De esta manera los análisis de capacidad se realizan aislando diversas partes de un camino, como un tramo recto, un tramo con curvas, un tramo con pendientes, el acceso a una intersección, un tramo de entrecruzamiento, una rampa

de enlace, Arterias, etc.“ (Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones, 2007, p. 359).

Con el fin de interpretación uniforme y metodológica ordenada, se establecen estos criterios:

1. El volumen y la capacidad son representados en automóviles por hora para cada tramo del camino o calle.
2. El nivel de servicio se asigna a un tramo significativo del camino. Este puede variar en sus condiciones de operación, en diferentes puntos, a causa de variaciones en el volumen de vehículos o en su capacidad.
3. Los elementos empleados para calcular la capacidad y los niveles de servicio son variables cuyos valores se obtienen simplemente de los datos disponibles. Para la capacidad, se necesita el tipo de camino, características geométricas, promedio de velocidad, composición del tráfico y variaciones del volumen. Para el nivel de servicio, los factores adicionales que se solicitan son la velocidad y la relación de volumen a capacidad.
4. Por razones prácticas se han establecido valores de velocidades y relaciones de volumen a capacidad, que establecen los niveles de servicio para autopistas, con y sin control de acceso, carreteras de dos y tres carriles, avenidas urbanas y calles del centro de una ciudad.
5. El principio empleado para una identificación práctica de los niveles de servicio de diversos tipos de caminos establece que deben evaluarse los siguientes factores:

Tabla 2: Medidas de Eficiencia para la definición de los Niveles de Servicio.

TIPO DE INFRAESTRUCTURA	MEDIDAS DE EFICIENCIA
Autopistas Segmentos Básicos de autopista Entrecruzamientos Rampas de enlace	Densidad (vl/km/c) Velocidad media de recorrido (km/h) Tasas de flujo (vl/h)
Carreteras Multicarriles Carreteras de dos carriles	Densidad (veh.lig/km/carril) Demora porcentual (%) Velocidad media de recorrido (km/h)
Intersecciones semaforizadas	Demora media individual por paradas (s/vl)
Intersecciones sin semaforizar	Capacidad en reserva (vl/h)
Arterias	Velocidad media de recorrido (km/h)
Transporte colectivo	Factor de carga (pers./asiento)
Peatones	Espacio (m ² /peatón)

Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000

2.2.11. Determinación del Nivel de Servicio de una Arteria Urbana según el HCM 2000:

2.2.11.1. Nivel de Servicio Arterial:

“El nivel de servicio arterial está justificado en la velocidad media de recorrido para el segmento, tramo o arteria completa considerada. Esta es la medida de la efectividad básica (MDE) para este capítulo. La velocidad media de recorrido se calcula a partir del tiempo en movimiento sobre el segmento arterial y de la demora en el acceso a las intersecciones.

Los niveles de servicio arteriales se definen de forma precisa en la **tabla N°3**. Resulta útil, sin embargo, una descripción general de los diversos niveles.

El nivel de servicio arterial se determina en función de la velocidad media de recorrido de todos los vehículos de paso sobre la arteria.” (HCM en español, 2000, p. 464).

En relación al nivel de servicio arterial pueden formularse las siguientes afirmaciones:

Nivel de Servicio A: “Detalla una circulación en régimen libre, a velocidades de recorrido medias de 90 por ciento de la velocidad en régimen libre para esa clase de arteria. Los vehículos no encuentran dificultad alguna para maniobrar dentro de la circulación. La demora en las paradas de intersecciones semaforizadas en mínimo.”

Nivel de Servicio B: “Manifiesta una circulación con un nivel aceptable de impedimentos, con velocidades medias de recorrido generalmente del 70 por ciento de la velocidad en régimen libre para esa clase de arteria. La capacidad para maniobrar dentro de la corriente de circulación solo se ve ligeramente restringida y las demoras en las paradas no resultan incómodas. Generalmente, los conductores no se ven sometidos a una tensión apreciable.”

Nivel de Servicio C: “Constituye una circulación estable. Sin embargo, la capacidad para maniobrar y cambiar de carril en los tramos centrales de las manzanas, puede resultar más restringida que en el NS B y bien la existencia de colas más largas y/o una coordinación inadecuada de los semáforos pueden contribuir a disminuir las velocidades medias de recorrido, hasta un 50 por ciento de la velocidad en régimen libre para esa clase de arteria. En la conducción, los usuarios experimentarán una tensión considerable.”

Nivel de Servicio D: “Se encuentra en el límite de un nivel para el cual pequeños incrementos relevantes de la demora en el acceso y por tanto, descensos en la velocidad arterial. Ello puede deberse a una progresión inadecuada de los semáforos, a un arreglo del ciclo semafórico inapropiado, a unos volúmenes elevados, o a alguna combinación de estos tres factores. Las velocidades medias de recorrido se hallan alrededor del 40 por ciento de la velocidad en régimen libre.”

Nivel de Servicio E: “Se distingue por unas demoras marcadas en el acceso y por unas velocidades medias de recorrido de un tercio o menos de la velocidad en régimen libre. Dicha circulación se produce por la combinación de una progresión inadecuada, una elevada densidad de semáforos, la formación de largas colas en las intersecciones críticas y un reglaje semafórico inapropiado.”

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

La tabla N°3 comprende las definiciones del nivel de servicio arterial, basadas en la velocidad media de recorrido a lo largo del segmento considerado que puede llegar a ser totalidad de la vía. El concepto “clase de arteria” se define en la metodología expuesta a continuación.

Tabla 3: Niveles de Servicio en Arterias.

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

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

2.2.11.2. Arteria a Considerar en Estudio:

Es útil definir con precisión la ubicación y longitud de la arteria a ser considerada, incluyendo el conjunto de todos los datos físicos, semafóricos y de tráfico importantes. Debería prestarse atención a si la longitud de la arteria que está siendo analizada es suficiente, o si es preciso considerar tramos adicionales. (HCM en español, 2000, p. 467).

2.2.11.3. Clase de Arteria y Velocidad en Régimen Libre:

Existen tres clases de arteria, definidas en el HCM (Capítulo 11 “Arterias urbanas y suburbanas”) en base a la función y el diseño arterial. Dentro de cada clase, las velocidades en régimen libre pueden cambiar dentro de una cierta gama.

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

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

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

conductores para esa instalación y uso de datos. Las velocidades libres pueden medirse mediante coches de ensayo u observación de velocidades puntuales lejos de las intersecciones.

Debe identificarse en primer lugar la categoría funcional: la vía ¿es una arteria principal, o una de menor entidad?

- **Una Arteria Principal:** Da servicio a movimientos de paso importantes entre centros de actividad importantes dentro de una zona metropolitana, y a una porción sustancial de viajeros que acceden y salen de la zona. También conecta las autopistas con los generadores de tráfico principales. En las ciudades se deriva del servicio que proporcionan. El servicio prestado al territorio colindante queda muy subordinado a la función de dar servicio al tráfico de paso.
- **Una Arteria Menor:** es una carretera que conecta e incrementa el sistema arterial principal. Pese a que su función principal sigue siendo la movilidad del tráfico, realiza dicha función a un nivel ciertamente inferior, poniendo más énfasis en la accesibilidad a los terrenos.

Un sistema de arterias secundarias acomoda viajes de mediana longitud, y distribuye los desplazamientos a zonas geográficas menores que las servidas por la arteria principal. Dentro de la clasificación funcional, la arteria se subclasifica por la calidad de su proyecto.

- **Un Proyecto Suburbano Típico:** sería el de una arteria con un control de accesos parcial o incluso total, con carriles de giro a la izquierda separados, y sin estacionamientos. Puede ser multicarril de calzadas únicas o separadas, o una carretera bidireccional de dos carriles con arcenes, Los semáforos se hallan esparcidos para medir una buena progresión de la circulación (de uno a tres semáforos por kilómetro), o incluso a distancias mayores. El desarrollo urbanístico colindante es de baja intensidad, y los límites de velocidad son generalmente, de 64 a 72 km/h

Un proyecto de calidad media sería en de una arteria con un control parcial de accesos. Puede tratarse de una vía multicarril de calzadas separadas o de calzada única, de un solo sentido o bidireccional de dos carriles. Dorada de carril de giro a la izquierda, separado o no, y algunos tramos con estacionamiento permitido. La densidad del desarrollo urbanístico colindante es más elevada que es un proyecto suburbano típico. Generalmente presenta de 3 a 6 semáforos por kilómetro. La velocidad oscila, normalmente entre los límites de velocidad de 48 a 64 km/h

Un proyecto típicamente urbano sería el de una arteria con escaso o nulo control de accesos desde las vías colindantes. Se trata de unas arterias unidireccionales o bidireccionales de una sola calzada, con dos o más carriles. Generalmente, se permite el estacionamiento, Habitualmente no existen carriles de giro a la izquierda separados, y se produce cierta interferencia peatonal. Normalmente tiene 6 a 9 semáforos por kilómetro. El desarrollo urbanístico colindante es denso, con franjas de desarrollo colindante es denso, con franjas de desarrollo residencial y/o comercial. Los límites de la velocidad oscilan entre 40 a 56 km/h.

La tabla N°5 debe utilizarse como una ayuda para la determinación de la categoría funcional y la calidad de proyecto, además de las definiciones citadas anteriormente. Una vez establecidas las categorías funcionales y de proyecto puede establecerse la clase de arteria, de acuerdo con la tabla N°5

En la práctica, a veces existen ambigüedades en la determinación de las categorías apropiadas. La medición o cálculo de la velocidad en régimen libre, es una gran ayuda para esta determinación, puesto que cada clase de arteria tiene un campo de velocidades en régimen libre (HCM en español, p. 468).

Las que se utilizaran son las siguientes:

Tabla 4: Campo de velocidades en régimen libre.

Clase de Arteria	Campo de velocidades en régimen libre (km/h)	
I	56	72
II	48	56
III	40	56

Las velocidades en régimen libre no pueden emplearse por sí solas para determinar el tipo de arteria, pero si como comprobación de la clasificación en la que se haya enmarcado.

Tabla 5: Ayuda para Clasificación de una Arteria

CRITERIOS	CATEGORIA FUNCIONAL		
	ARTERIAS PRINCIPALES		ARTERIAS SECUNDARIAS
Func. Movilidad	Muy importante		Importante
Func. Accesibilidad	Muy escasa		Sustancial
Puntos relacionados	Autopistas, centros importantes de actividad, generadores de tráfico principales		Arterias principales
Viajes predominantes servidos	Viajes relativamente importantes entre los puntos anteriores y viajes de paso que entran, salen y atraviesan la ciudad		Viajes de longitud moderada dentro de zonas geográficas relativamente pequeñas
CRITERIOS	CATEGORIA DEL PROYECTO		
	SUBURBANO	INTERMEDIO	URBANO
Control de acceso	De parcial a completo	Parcial	Pequeño o nulo
Tipo de arteria	Multicarril con separación, sin separación o de dos carriles con arneses	Multicarril con o sin separación de un solo sentido: de dos carriles	De un solo sentido o sin separación: de dos carriles o multicarril
Estacionamientos	Sin estacionamientos	Algunos estacionamientos	Estacionamiento prohibido
Carriles de giro a la izquierda separados	Sí	Algunos	No

Semáforos/km	1 a 2.5	2,5 - 5	5 - 7,5
Límites de velocidad	64 a 72 km/h	48 a 64 km/h	40 a 56 km/h
Interferencia peatonal	Ninguna	Ninguna	Alguna
Desarrollo urbano colateral	Baja densidad	Moderada	Alta densidad

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

Tabla 6: Clase de Arteria de Acuerdo con su función y Categoría de Proyecto.

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

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

2.2.12. Velocidades:

Los estudios de velocidad en el sitio se realizan para estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en un lugar específico en una carretera. La velocidad de un vehículo se define como la rapidez de movimiento del vehículo; se expresa en millas por hora (mi/h) o kilómetros por hora (km/h). Un estudio de velocidad en el sitio consiste en registrar la velocidad de una muestra de vehículos en un lugar específico. Las características de velocidad identificadas serán válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento de estudio (CaI y Mayor, 2007, p. 77).

2.2.12.1. Velocidad en General:

“En general, el termino velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h)” (Cal y Mayor, 2007, p. 205).

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

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

Donde:

V = Velocidad constante (km/h).

D = Distancia recorrida (km)

T = Tiempo de recorrido (horas)

2.2.12.2. Velocidad de punto:

“Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una vía o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina velocidad instantánea”. (Cal y Mayor, 2007, p. 206).

2.2.12.3. Velocidad media temporal:

“Es el promedio aritmético de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o vía durante un intervalo de tiempo seleccionado. Se dice entonces, que se tiene una distribución temporal de velocidades de punto”. (Cal y Mayor, 2007, p. 208). Para datos de velocidades de punto no agrupados, matemáticamente la velocidad media temporal se define como:

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

Donde:

V_t = Velocidad media temporal (km/h).

V_i = Velocidad del vehículo i (km/h).

n = número total de vehículos observados o tamaño de la muestra.

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

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

Donde:

f_i = nro. de vehículos en el grupo de velocidad i .

V_i = Velocidad del vehículo i (km/h).

m = nro. de grupos de velocidad.

2.2.12.4. Velocidad Media Espacial:

“Es el promedio aritmético de las velocidades de punto de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o vía. Se dice entonces, que se tiene una distribución espacial de velocidades de punto”. (Cal y Mayor, 2007, p. 209).

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

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

Donde:

\bar{v}_e = Velocidad media espacial.

d = Distancia dada o recorrida.

\bar{t} = tiempo recorrido = $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$

Esto es:

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

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

$$t_i = \frac{d}{v_i} \quad \text{De donde: } d = v_i t_i$$

Por lo tanto:

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

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

De acuerdo con la estadística descriptiva, a esta última expresión se le llama media armónica, que para explicar un evento dado es la media estadística que mejor lo describe. En consecuencia, la velocidad media espacial es el indicador más apropiado a ser utilizado en el análisis de flujos vehiculares.

2.2.12.5. Velocidad de Recorrido:

“Conocida también como velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc.

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, la velocidad media de recorrido es la suma de sus distancias recorridas dividida entre la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos o el grupo de vehículos recorren la misma

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

La velocidad media de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas”. (Cal y Mayor, 2007, p. 218).

2.2.12.6. Velocidades:

Cuando se realizan estudios de velocidad en el sitio, es importante obtener datos sin sesgo. Esto requiere que los conductores no se percaten de la realización del estudio. Por lo tanto, el equipo que se emplee debe estar oculto para el conductor, y los observadores que realicen el estudio deben pasar desapercibidos. Ya que las velocidades registradas se sujetaran a un análisis estadístico, es importante recopilar un número adecuado de registros (Cal y Mayor, 2007, p. 78).

a) **Ubicación de Estudios**

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

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

(Manual Normativo de Estudio de Ingeniería de Tránsito, Secretaria de desarrollo social SEDESOL p. 14).

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

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

b) Requerimientos del tamaño de Muestra

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

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

Donde:

N = tamaño mínimo de la muestra.

S = desviación estándar estimada de la muestra (KPH).

K = constante que corresponder al nivel de confianza deseado.

E = error permitido en el estimado de la velocidad.

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

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

Área de Tránsito	Tipo de Carretera	Desviación Estándar Media (kph)
Rural	2 carriles	8.5
Rural	4 carriles	6.8
Intermedio	2 carriles	8.5
Intermedio	4 carriles	8.5
Urbana	2 carriles	7.7
Urbana	4 carriles	7.9
Valor Redondeado		8

Fuente: “Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL – México.”

“Nótese que la desviación estándar media varía entre 7.9 y 8.5 KPH para las seis combinaciones de tipos de área de tránsito y tipo de carretera. Debido a que la variabilidad en las medidas de la dispersión de la velocidad es limitada, se sugiere que se use un valor de 8.0 Kph para cualquier tipo de carretera y área de tránsito”. (“Manual Normativo de Estudio de Ingeniería de Tránsito, Secretaria de desarrollo social SEDESOL p. 15”).

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

Valores adicionales para la constante K se presentan en la tabla 8.

Tabla 8: Constantes Correspondientes al Nivel de Confianza

Constante, K	Nivel de Confianza (%)
1.00	68.30
1.50	86.60
1.64	90.00
1.96	95.00
2.00	95.50
2.50	98.80
2.58	99.00
3.00	99.70

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

“El error permitido “E” en el estimado de la velocidad depende de la precisión requerida en el estimado de la velocidad media. Esta medida es una tolerancia absoluta, esto quiere decir que el error absoluto se especifica como +/- un valor seleccionado. La ecuación anterior determina el número mínimo de observaciones necesarias, sin embargo, bajo ninguna circunstancia, el tamaño de la muestra puede ser menor que 30”. (Manual Normativo de Estudio de Ingeniería de Tránsito, Secretaria de desarrollo social SEDESOL p. 16).

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

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

Donde:

N = tamaño de la muestra mínimo

S = desviación estándar estimada para el muestreo

K = constante correspondiente para el nivel de confianza deseado

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

U = Constante correspondiente a la estadística de velocidad deseada; para velocidad media, use 0,00; para el 15 o 85 percentil, use 1.04; para el 5 o 95 percentil, use 1,64.

2.2.13. Aforos:

Se usa para anotar el número de vehículos o peatones que circulan por un punto, entran a una intersección o utilizan parte de un camino; como un carril, un paso de peatones o una acera.

2.2.13.1. Estudio de Aforos e ingresos en Carreteras y Autopistas:

Este tipo de estudios tiene por objeto Fundamental determinar el número de vehículos que circularas por una carretera o autopista. En el caso que éstas sean de cuota se determinará también el ingreso que se tendrá durante el período de análisis o el plazo de concesión. La metodología para un estudio de “Aforos e Ingresos” consiste en evaluar la red vial de influencia de la carretera en análisis, determinar el transito potencial para la infraestructura estudiada (que puede ser de nueva construcción o mejoras a la oferta existente), estimar el volumen de vehículos que optaran para la carretera en estudio.

Para evaluar la red vial carretera de la zona de influencia es necesario realizar estudios de “Volumen de Transito”, de tal manera de conocer el número y tipo de vehículos que circulan por cada tramo carretero. Asimismo, se requieren estudios de “Velocidad”, para determinar los tiempos de recorrido entre diversos puntos de la red estudiada. Posteriormente en la etapa de análisis de la información deberá determinarse la “Capacidad Vial” (Cal y Mayor, 2007, p. 577).

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico (registros automáticos) y el manual.

a) **Aforo Mecánico:**

La mayor parte de los aforos de transito son realizados a través del uso de dispositivos mecánicos, hay un dispositivo apropiado para cada clase de camino, situación del tránsito y condiciones del medioambiente. La potencia útil enviada a través del detector es usualmente un impulso electrónico, enviado directamente a un registrador acumulativo o a un diagrama para su registro. La transmisión se realiza por medio de alambres telefónicos, radio u otro medio,

dependiendo de los requisitos, disponibilidad y costo (Wright y Paquette, 1999, p. 62).

Hay diferentes principios usados para detectar los vehículos actualmente.

b) Aforos manuales:

El recuento manual es un método para obtener datos de volúmenes de tránsito a través del uso de personal de campo conocido como aforadores de tránsito. Son usados cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos. Permite la clasificación de vehículos por tamaño, tipo, número de ocupantes y otras características y el registro de movimiento de vueltas y otros movimientos, tanto vehiculares como peatonales.

Algunas veces, las malas condiciones de tiempo interfieren con el uso de contadores mecánicos de tránsito; se dispone de equipo automático, el aforo deberá realizarse manualmente. El personal de campo registra los datos en formas de campo diseñadas específicamente para un aforo en particular. Las formas de campo son hojas para anotaciones directas en los tramos de camino sometidos a estudio. Las formas de campo pueden ser usadas para cualquier periodo de tiempo que se desee. Como una regla general, las motocicletas y motonetas son clasificadas con los automóviles. Las bicicletas y vehículos tirados por animales no son aforados. Cuando dos personas llevan a cabo un aforo de volúmenes de tránsito en una intersección simple de cuatro ramas con sentido de circulación doble, deberán estar colocados diagonalmente en esquinas opuestas. Cada observador deberá contar los vehículos que entran desde dos accesos. Cuando el tránsito es elevado puede necesitarse un observador para cada acceso. De los recuentos manuales puede ser obtenida información y el trabajo de gabinete se simplifica generalmente. Sin

embargo, es más caro obtener los datos en esta forma que a través del uso de equipo para recuentos automáticos. Por lo tanto, los recuentos manuales están limitados para periodos cortos o en lugares donde esta forma es la única para poder realizarlos. En estaciones permanentes, para recuentos continuos, se realizan aforos manuales clasificados para periodos de dieciséis horas es una semana, sábados y domingos, en cada una de las cuatro estaciones del año (Wright y Paquette, 1999, p. 63).

2.2.14. Dispositivos Para el Control de Tránsito:

“La infraestructura vial es el medio que posibilita el transporte mediante el uso de automóviles, autobuses, camiones, motocicletas y bicicletas, así como el transporte a pie; esta infraestructura rural o urbana, se constituye básicamente por carreteras, calles y banquetas. Para que estas operen eficientemente deben proporcionar a los usuarios seguridad, confort y fluidez, para ello es indispensable que el conductor, peatón o pasajero, disponga de la información suficiente y oportuna para usar adecuadamente las vialidades, lo cual se logra en gran medida a través de las señales de tránsito, lo que ha permitido obtener el máximo rendimiento de cualquier vialidad. Debido a la creciente demanda del autotransporte, se han venido desarrollando redes de calles y carreteras de forma acelerada y para que estas operen con eficiencia, se ha hecho necesario desarrollar sistemas de señalización estandarizado, en donde la uniformidad juega un papel importante, ya que esta característica es la que permite a través de señales a lo largo de las rutas, ya sean rurales o urbanas, dado que estas no son más que la propagación entre unas y otras.”

“De allí que, las entidades del gobierno que manejan las obras públicas, las comunicaciones y el transporte de nuestros países, conscientes por los altos índices de accidentalidad que se presentan en sus redes viales y por la creciente necesidad de

ofrecer mayor seguridad e información al usuario de las calles y carreteras, producto del incremento del parque vehicular, así como del crecimiento y modernización de su infraestructura vial, y con el objeto de unificar a nivel regional, nacional e interamericano el criterio de utilización de los diferentes dispositivos de control de tránsito, han encargado a los responsables de obras públicas, comunicaciones y transportes de la revisión y actualización de los manuales de dispositivos vigentes que controlan el tránsito por las calles y carreteras”. (Cal y Mayor, 2007, p. 122).

2.2.15. Estudios de Ingeniería Vial para la implementación de dispositivos de Control de Transito:

“La implementación de los dispositivos de control de tránsito, se realizará de acuerdo a los estudios de ingeniería vial que debe realizarse para cada caso, y que entre otros contemple, el tipo de vía el uso del suelo del sector adyacente, las características de diseño acorde al Manual de Carreteras: Diseño (Geométrico DG vigente), características de operación, sus condiciones ambientales, y en concordancia con las normas de tránsito correspondientes.

En cualquiera de las etapas de un proyecto, el estudio de ingeniería vial de señalización deberá estar sustentados técnicamente, elaborado y formado por un ingeniero con especialidad que corresponda a señalización vial.

La implementación o complementación de los dispositivos de control del tránsito también se realizará de acuerdo a los resultados de auditorías o inspecciones viales” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.12).

2.2.15.1. Clasificación de los Dispositivos de Control:

Se denominan dispositivos para el control de tránsito a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que

se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (prevenciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera. (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.124). Los dispositivos para el control de transiten calles y carreteras Según el “Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú” se clasifican de la siguiente manera:

A. Clasificación de las Señales Verticales

- Señales Reguladoras o de Reglamentación: Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.13).
- “Señales de Prevención: Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.13).
- Señales de Información: “Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan

información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico y otros”. (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.13).

B. Señales Horizontales

- Rayas.
- Marcas.
- Botones.

2.2.15.2. Señales Verticales:

“Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos establecidos en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú”. (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.13).

2.2.15.3. Características de las Señales Verticales:

“En esta sección se escriben las características básicas aplicables a todas las señales verticales” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.13).

2.2.15.3.1. Diseño:

“La uniformidad en el diseño en cuanto a: forma, colores, dimensiones, leyendas, símbolos; es fundamental para que el mensaje sea fácil y claramente recibido por el usuario”. (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.14).

2.2.15.3.2. Mensaje:

“Toda señal debe transmitir un mensaje inequívoco al usuario del sistema vial, lo que se logra a través de símbolos y/o leyendas. Estas últimas se componen de palabras y/o números. Las condiciones similares deben siempre anunciarse con el mismo tipo de señal independientemente de donde ocurran. Dado que los símbolos se entienden más rápidamente que las leyendas, se recomienda dar prioridad al uso de ellos, según lo especificado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor. Si el mensaje está compuesto por un símbolo y una leyenda, estos deben ser concordantes. Cuando se usen abreviaturas para unidades de medida, estas deben corresponder al sistema internacional” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.14).

2.2.15.3.3. Forma y Color:

“Las señales reguladoras o de reglamentación, deberán tener la forma circular inscrita dentro de una placa cuadrada o rectangular, con excepción de la señal de “PARE”, de forma octogonal, y de la señal “SEDA EL PASO”, de la forma de un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo. En algunos casos también estará contenida la leyenda explicativa del símbolo. Las señales de prevención y temporales de construcción tendrán la forma romboidal, un cuadrado con la diagonal correspondiente en posición vertical, con

excepción de las de delineación de curvas (“CHEVRON”), cuya forma será rectangular correspondiendo su mayor dimensión al lado vertical, las de ZONA DE NO ADELANTAR que tendrán forma triangular y las de ZONAS ESCOLARES con forma pentagonal” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.14).

El color de fondo a utilizarse en las señales verticales será como sigue:

- AMARILLO. Se usa como fondo para las señales de prevención.
- NARANJA. “Se emplea como fondo para las señales en zonas de ejecución de obras de construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación de calles y carreteras.”
- AMARILLO FLUORESCENTE. “Se utilizará como fondo para todas las señales de prevención en situaciones que se requiera mayor visibilidad diurna y señales informativas con contenido de prevención.”
- NARANJA FLUORESCENTE. “Se empleará como fondo para todas las señales en zonas de trabajo de construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación en situaciones que se requiera mayor visibilidad diurna.”

- AZUL. “Se empleará como fondo en las señales informativas y de servicios generales.”
- BLANCO. Se empleará como fondo para las señales de reglamentación e informáticas, también para leyendas o símbolos de las señales informativas y en la palabra “PARE”.
- NEGRO. “Se usará como fondo en las señales informativas de dirección de tránsito, así como en el fondo de las señales de mensaje variable, los símbolos y leyendas en las señales de reglamentación, prevención y de aviso de zonas de trabajo de construcción rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación”.
- MARRON. “Se utilizará como fondo para señales informáticas de lugares turísticos, centros de recreo e interés cultural, sin embargo, de ser el caso se cumplirá o complementará con lo establecido en las normas sobre señalización del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo MINCETUR.”
- ROJO: Se empleará como fondo para señales de “PARE”, “NO ENTRE”, en el borde de la señal “CEDA EL PASO” y para las orlas diagonales en las señales de reglamentación, turística. Además se utilizará para señales informáticas de servicios generales de emergencia.

- VERDE. “Se utilizará como fondo en las señales de información.”
- AMARILLO LIMON FLUORESCENTE. “Se usará para todas las señales preventivas en zonas escolares, académicas, centros hospitalarios, centro deportivo, centros comerciales, estaciones de bomberos, etc.”
- ROSADO FLUORESCENTE. “Se usará para los sucesos o incidentes de emergencias que afecten la vía.”

2.2.15.3.4. Tamaño:

“El tamaño de las señales de reglamentación y prevención serán determinadas en base a la velocidad máxima de operación, ya que esta determina las distancias mínimas a las que la señal deba ser vista y leída”. (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.18).

Las dimensiones mínimas de las señal de reglamentación y prevención, han sido determinadas considerando los siguientes 4 rangos de velocidades máximas, múltiplos de 10:

- Menor o igual a 50km/h
- 80 – 70 km/h
- 80 – 90 km/h
- 100 o mayor km/h

2.2.15.3.5. Símbolos:

Los símbolos diseñados deberán conformarse con lo prescrito en el Manual de Dispositivo de

Control de Tránsito (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.18).

2.2.15.3.6. Orla:

“Las señales que llevan orla, deberán conformarse con lo prescrito en el Manual, en cuanto a colores y dimensiones. Tiene la función de hacer resaltar la señal, y contribuir a su visualización” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.18).

2.2.15.3.7. Visibilidad y Retrorreflexión:

Las señales deben ser visibles durante las 24 horas del día y bajo toda la condición climática asegurando una adecuada retrorreflexión (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.18).

2.2.15.3.8. Ubicación:

Para asegurar la eficacia de una señal, su localización debe considerar:

- Distancia entre la señal y la situación a la cual se refiere (ubicación longitudinal).
- Distancia entre la señal y la calzada (ubicación lateral).
- Altura de la señal.
- Orientación del tablero de la señal.

2.2.15.4. Señales Horizontales:

“Las Marcas en el Pavimento, constituyen la señalización horizontal y está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zona adyacente” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.253).

2.2.15.4.1. Función:

Se emplean para regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la operación vehicular y seguridad vial (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.253).

2.2.15.4.2. Retrorreflectancia de las marcas en el pavimento:

“La retrorreflectancia es la propiedad de un material que permite que las marcas en el pavimento sean claramente visibles durante la noche y en condiciones climáticas severas durante el día, al ser iluminadas por las luces de los vehículos que general ángulos de iluminación y observación” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.253).

2.2.15.4.3. Marcas Planas en el Pavimento:

“Las marcas en el pavimento están constituidas por líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento,

sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes. Se emplean para delimitar carriles y calzadas, indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril, zonas con prohibición de estacionamiento; delimitar carriles de uso exclusivo para determinados tipos de vehículos tales como carriles exclusivos para el tránsito de bicicletas, motocicletas, buses y otros” (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016, p.254).

2.3. Marco Conceptual:

- Ingeniería de Transporte: Aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente (Cal y Mayor, 2007, p. 31).
- Ingeniería de Tránsito: Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte (Cal y Mayor, 2007, p. 31).
- Transportar: Llevar una cosa de un paraje o lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el porte o precio convenido (Cal y Mayor, 2007, p. 31).
- Transporte o Transportación: Acción y efecto de transportar o transportarse (Cal y Mayor, 2007, p. 31).
- Transitar: Ir o pasar de un punto a otro por vías, calles o parajes públicos (Cal y Mayor, 2007, p. 31).
- Tránsito: Acción de Transitar. Sitio por donde se pasa de un lugar a otro (Cal y Mayor, 2007, p. 31).

- Trafico: Transito de personar y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, etc. (Cal y Mayor, 2007, p. 31).
- Ubicación: Grado de accesibilidad al sistema, facilidad de rutas directas entre puntos extremos y facilidad para acomodar un tránsito variado (Cal y Mayor, 2007, p. 35).
- Movilidad: Cantidad de tránsito que puede acomodar el sistema (capacidad) y la rapidez con la que éste se puede transportar (Cal y Mayor, 2007, p. 35).
- Eficiencia: Relación entre los costos totales (directos más indirectos) del transporte y su productividad (Cal y Mayor, 2007, p. 35).
- Peatón: Se puede considerar como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año hasta de cien años de edad. (Cal y Mayor, 2007, p. 43).
- Conductor: El individuo que maneja un vehículo motor (Cal y Mayor, 2007, p. 50)
- Volumen de transito: Es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico (Cal y Mayor, 2007, p. 168).
- Tasa de Flujo: Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos (o personas) durante un tiempo específico a menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente (Cal y Mayor, 2007, p. 168).
- Demanda: Es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico. Donde existe congestión (Cal y Mayor, 2007, p. 168).
- Capacidad: es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico. Es una característica del sistema vial, y representa su oferta. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo (Cal y Mayor, 2007, p. 168).

- Velocidad: se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo Cal y Mayor, 2007, p. 235).
- Velocidad de Punto: es la velocidad a su paso por un determinado punto o sección transversal de una carretera o de una calle (Cal y Mayor, 2007, p. 237).
- Tasa de Flujo: Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada (Cal y Mayor, 2007, p. 277).
- Densidad o concentración: Es el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vialidad en un momento dado. (Cal y Mayor, 2007, p. 283).
- 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 (Cal y Mayor, 2007, p. 355).

2.4. Sistema de Hipótesis:

La presente Tesis no formulará Hipótesis ya que será del tipo descriptivo.

2.4.1. Variables e Indicadores:

➤ Variables de Estudio

Variables Independientes: La Capacidad Vial y Nivel de servicio.

Variables Dependientes: Propuestas de Mejora de Tránsito.

➤ Operacionalización

Tabla 9: Variable Independiente

Variable Independiente: Capacidad Vial			
Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Características Físicas o Geométricas y Características de Flujos Vehiculares	La vía tiene la suficiente capacidad para alojar el flujo vehicular presente sin demoras excesivas para los usuarios	Cantidad Máxima de Vehículos por unidad de tiempo	Observación y Análisis de Contenido

Tabla 10: Variable Dependiente Nivel de Servicio

Variable Independiente: Nivel de Servicio			
Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Velocidad, tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad	Condiciones operativas dentro de una corriente de tránsito y como lo perciben los conductores o pasajeros	Categorías desde la A hasta la F que representan las condiciones desde la mejor hasta la peor	Observación y Análisis de Contenido

Tabla 11: Variable Dependiente Propuesta de Mejora

Variable Dependiente: Propuesta de Mejora de Tránsito		
Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Medidas ante la carencia de dispositivos de control de tránsito	Cantidad de dispositivos de control de tránsito y las que hacen falta en las vías de acceso al Hospital	Observación y Análisis de Contenido
Reducción de la dificultad de los usuarios para acceder al Hospital	Tiempos de demora para acceder al hospital	Observación y Análisis de Contenido

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación.

La investigación busco establecer las características del Tránsito en las vías de acceso al Hospital, por lo tanto, será del tipo Descriptivo. El Nivel de Investigación es correlacional porque se midió y evaluó mediante un estudio de Transitabilidad, el grado de relación que existe entre la capacidad y el nivel de servicio de los elementos que producen flujos de tránsito.

3.2. Población

Estará conformada por los elementos básicos que producen los flujos de tránsito en los accesos al Hospital de Alta Complejidad de la Libertad “Virgen de La Puerta”.

Los elementos son:

- Usuario: Peatones y Conductores
- Vehículo: Privado, público y comercial.
- La vía: Calles y Carreteras
- Los Dispositivos de Control: marcas, Señales y Semáforos.

➤ Unidad de Análisis:

- La Capacidad vial definida como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle, se mide en cantidad de vehículos por unidad de tiempo.
- El nivel de servicio describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los conductores y/o pasajeros. Se mide de manera cualitativa mediante seis categorías, desde la A hasta la F que van de mejor a peor representando el total de condiciones de manejo.

3.3. Diseño de Investigación.

Diseño de Investigación de campo, dado que se recolecto los datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos buscando así, conseguir la situación lo más real posible.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación.

Tabla 12: Instrumentos de Investigación.

Técnica	Forma de Aplicación	Forma de obtención
Observación	Personal y por medios electrónicos	Observación Directa. Registros Fílmicos.
Análisis de documentos	Personal	Medios Impresos. Fotos. Grabaciones de audio y video. Información web.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

3.5.1. Procesamiento:

Se hizo la investigación y selección del área de estudio considerando las deficiencias viales que existe actualmente en los accesos al hospital de alta complejidad de La Libertad "Virgen de La Puerta".

El estudio cuya finalidad es calcular el nivel de servicio de las vías mencionadas, que actualmente tienen problemas de déficit de señalización, problemas de los peatones al intentar acceder al hospital, aparición de comercio y paraderos informales que traen consigo desorden en la zona de estudio en las horas punta.

El procedimiento fue el siguiente:

- A. Se inició con la recolección de información, siendo necesario elaborar un aforo vehicular en forma manual en los tramos de las vías a analizar. Para hacer el aforo se utilizó un formato de aforo vehicular clasificando los vehículos por tipo ya sean: livianos, transporte privado, público, camiones pesados por ejes, etc., ahí se registró la cantidad de vehículos por categoría en intervalos de 15 minutos,
- B. Se inició la recolección de datos a las 7 am hasta las 7 pm, en dos estaciones estratégicas de conteo.

- C. Los datos obtenidos se procesan aplicando el cálculo establecido por el HCM 2000, mediante el uso del programa "EXCEL", obteniendo el análisis de flujo vehicular, Factor Horario de Máxima Demanda, Composición del Tránsito, etc., para cada tramo.
- D. Concluido el estudio de Volúmenes, se tuvo que regresar a las vías nuevamente para efectuar el estudio de velocidad de recorrido, durante la hora de mayor demanda del día de máxima demanda. El procedimiento consiste en registrar los tiempos de recorrido de una cantidad de vehículos, luego aplicar fórmulas estadísticas (tamaño de muestra), y manuales de estudio de velocidades. Para ello se debe establecer la distancia de recorrido de cada vehículo en estudio. Los datos son anotados en los formatos de aforo, luego con ayuda del programa Excel se aplican las ecuaciones de velocidad media espacial para así determinar la velocidad promedio de cada intersección. Con los resultados se podrá saber el Nivel de Servicio en las Vías.
- E. Siendo la velocidad de recorrido la medida de eficiencia en arterias, se determinó el nivel de servicio, siguiendo los parámetros establecidos por el HCM, la cual ofrece tablas que relaciona los valores de la velocidad de recorrido y la clase de arteria para establecer el nivel de servicio de cada vía.

Tabla 13: Formato de Conteo Vehicular



PROYECTO: ANALISIS DE VIAS DEL HOSPITAL VIRGEN DE LA PUERTA		<i>Estación de Aforo</i>	Apellidos Y Nombres:
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
Jefe de Proyecto:	<i>Bch. Arteaga Chanduví, Helio Walther Bch. Guevara Espíritu, Cristian Marco</i>		Fecha y Hora de Conteo:

Estación	INTERVALO	TRAMO 1	TOTAL	INTERVALO	TRAMO 2	TOTAL	INTERVALO	TRAMO 3	TOTAL
Livianos (Taxis, Colectivos, Particulares, Camionetas)	0 - 15'			0 - 15'			0 - 15'		
	15' - 30'			15' - 30'			15' - 30'		
	30' - 45'			30' - 45'			30' - 45'		
	45' - 60'			45' - 60'			45' - 60'		
Micros (Transporte Público y Privado)	0 - 15'			0 - 15'			0 - 15'		
	15' - 30'			15' - 30'			15' - 30'		
	30' - 45'			30' - 45'			30' - 45'		
	45' - 60'			45' - 60'			45' - 60'		
Combis (Transporte Público y Privado)	0 - 15'			0 - 15'			0 - 15'		
	15' - 30'			15' - 30'			15' - 30'		
	30' - 45'			30' - 45'			30' - 45'		
	45' - 60'			45' - 60'			45' - 60'		
Buses	0 - 15'			0 - 15'			0 - 15'		
	15' - 30'			15' - 30'			15' - 30'		
	30' - 45'			30' - 45'			30' - 45'		
	45' - 60'			45' - 60'			45' - 60'		
Camiones	2 Ejes								
	3 Ejes								
	4 Ejes								
	5 Ejes								
	6 Ejes								
OBSERVACIONES									

3.5.2. Análisis de Datos:

La recolección de información se hizo mediante el conteo personalizado in situ de los vehículos que transitan en las vías de estudio, registrando cada vehículo por tipo en intervalos de tiempo de 15 minutos durante 12 horas seguidas (de 7:00am a 7:00pm). Fue necesario dos estaciones de conteo, cada personal encargado del registro tenía su formato debidamente adaptado y listo para usar.

El procesamiento de datos se llevó a cabo en gabinete siendo de mucha ayuda el programa Excel, facilitando la organización de la información recolectada y mejorando su entendimiento mediante gráficos. Este análisis corresponde a la determinación de la capacidad y nivel de servicio de las vías en estudio siendo estas carreteras de carriles múltiples; para ello se necesita analizar las tres medidas de eficiencia que son: la densidad (vehículos livianos/km/carril), la velocidad media de los vehículos livianos y la relación volumen a capacidad (v/c).

Para determinar el nivel de servicio se usó el esquema metodológico que establece el HCM 2000. Mencionado esquema se encontró el libro “ingeniería de Transito y sus aplicaciones” por Raphael Cal y Mayor.

3.5.3. Estudio de Flujo Vehicular:

Como aún no se les asigna un nombre a los tramos en estudio, para el estudio se le asignó un número y su referencia.

Tabla 14: Tramos de Vías en Estudio.

Puntos de Conteo	Tramos de Estudio	Tramo a evaluar (sentido de flujo)
1	1 Ingreso Desde Av. José Gabriel	Noreste a Suroeste.
	2 Salida Hacia Av. José Gabriel	Noroeste a Sureste.
	3 Vía de Hospital	Suroeste a Noreste.

Ilustración 8. Arterias Analizadas.



Tabla 15: Vehículos considerados en Estudio.

Livianos	Micros	Combis	Camiones
Taxis, Colectivos, Particulares, Camionetas.	Transporte Públicos y Privados	Transporte Públicos y Privados	desde 2 hasta 6 ejes

3.5.4. Análisis de Flujo Vehicular:

Para poder desarrollar el siguiente estudio, fue necesario realizar el conteo vehicular en intervalos de 15 minutos dentro de un periodo de 7 días de la semana comenzando desde el lunes 29 de octubre. En seguida, se muestra los resultados obtenidos correspondientes al análisis del flujo vehicular las cuales son: aforos en intervalos de 15 minutos, volúmenes de tránsito, volumen horario de máxima demanda, factor horario de máxima demanda, tasa de flujo máximo.

A. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui (sentido de flujo: Noreste a Suroeste).

Tabla 16: Aforo Vehicular (TPDS). Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.

HORA	TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TPDS										VHMD (veh/h)
	Livia no	Micro s	Combi s	Buse s	CAMIONES					TOTAL	
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes		
07:00 - 07:15 am	34	3	1	0	1	0	0	0	0	40	198
07:15 - 07:30 am	37	2	0	0	1	0	0	0	0	40	225
07:30 - 07:45 am	46	2	1	0	1	1	0	0	1	52	234
07:45 - 08:00 am	61	2	1	0	0	1	0	0	0	66	229
08:00 - 08:15 am	61	3	1	0	2	0	0	0	0	67	211
08:15 - 08:30 am	44	2	1	0	1	0	0	0	0	49	183
08:30 - 08:45 am	42	3	1	0	1	0	0	0	0	46	171
08:45 - 09:00 am	43	3	1	0	1	0	0	0	0	49	157
09:00 - 09:15 am	33	2	1	0	1	1	0	0	0	38	141
09:15 - 09:30 am	32	2	1	0	1	0	0	0	0	37	137
09:30 - 09:45 am	28	2	1	0	1	1	0	0	0	33	135
09:45 - 10:00 am	28	2	0	0	1	1	0	0	1	33	136
10:00 - 10:15 am	28	3	2	0	1	1	0	0	1	35	136
10:15 - 10:30 am	29	2	1	0	2	1	0	0	0	35	133
10:30 - 10:45 am	28	3	1	0	1	0	0	0	0	34	134
10:45 - 11:00 am	27	2	1	0	1	1	0	0	0	32	130
11:00 - 11:15 am	27	2	1	0	2	0	0	0	0	32	128
11:15 - 11:30 am	30	2	2	0	1	0	0	0	0	36	128
11:30 - 11:45 am	24	2	1	0	1	0	0	0	1	30	124
11:45 - 12:00 am	23	2	2	0	1	0	0	0	1	30	126
12:00 - 12:15 am	27	2	1	0	2	0	0	0	0	32	135
12:15 - 12:30 am	26	2	2	0	2	0	0	0	1	32	136
12:30 - 12:45 am	25	2	2	0	1	0	0	0	1	31	137
12:45 - 01:00 pm	34	2	1	0	1	1	0	0	0	39	142
01:00 - 01:15 pm	27	3	1	0	1	1	0	0	0	33	139
01:15 - 01:30 pm	29	3	1	0	1	1	0	0	0	34	140
01:30 - 01:45 pm	29	4	1	0	1	1	0	0	0	36	135
01:45 - 02:00 pm	30	3	2	0	1	1	0	0	0	36	134
02:00 - 02:15 pm	28	2	1	0	1	1	0	0	1	34	129
02:15 - 02:30 pm	24	2	1	0	1	0	0	0	0	29	129
02:30 - 02:45 pm	28	3	1	0	1	1	0	0	1	34	131
02:45 - 03:00 pm	26	1	1	0	1	0	0	0	1	32	127
03:00 - 03:15 pm	28	3	2	0	1	0	0	0	0	34	129
03:15 - 03:30 pm	25	3	1	0	1	0	0	0	0	31	124
03:30 - 03:45 pm	26	2	0	0	2	1	0	0	0	31	122

03:45 - 04:00 pm	29	2	1	0	1	0	0	0	0	33	118
04:00 - 04:15 pm	22	3	1	0	1	1	0	0	1	29	110
04:15 - 04:30 pm	24	2	1	0	1	1	0	0	0	29	103
04:30 - 04:45 pm	21	3	1	0	1	0	0	0	0	26	98
04:45 - 05:00 pm	20	2	1	0	1	1	0	0	0	25	98
05:00 - 05:15 pm	18	2	1	0	1	1	0	0	0	23	97
05:15 - 05:30 pm	18	2	1	0	1	0	0	0	0	23	94
05:30 - 05:45 pm	21	2	1	0	2	0	0	0	0	27	90
05:45 - 06:00 pm	18	2	1	0	2	0	0	0	0	24	87
06:00 - 06:15 pm	14	3	1	0	1	0	0	0	0	20	91
06:15 - 06:30 pm	15	2	1	0	2	0	0	0	0	19	
06:30 - 06:45 pm	19	3	0	0	1	0	0	0	0	24	
06:45 - 07:00 pm	22	3	1	0	1	0	0	0	0	27	
Σ	137 7	115	52	2	57	23	2	2	16	1644	

Tabla 17: Tránsito Diario de Vehículos. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.

DIAS	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes	
Lunes	1664	128	90	1	70	37	1	3	17	2011
Martes	1507	130	45	3	82	26	2	3	15	1813
Miércoles	1500	123	45	3	66	19	1	3	14	1774
Jueves	758	88	24	1	25	10	0	0	10	916
Viernes	1633	127	45	4	59	20	2	1	19	1910
Sábado	1575	130	58	1	81	33	5	1	14	1898
Domingo	1002	77	54	0	13	17	0	0	22	1185
	9639	803	361	13	396	162	11	11	111	11507

Tabla 18: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.

DIAS	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes	
Lunes	238	18	13	0	10	5	0	0	2	287
Martes	215	19	6	0	12	4	0	0	2	259
Miércoles	214	18	6	0	9	3	0	0	2	253
Jueves	108	13	3	0	4	1	0	0	1	131
Viernes	233	18	6	1	8	3	0	0	3	273
Sábado	225	19	8	0	12	5	1	0	2	271
Domingo	143	11	8	0	2	2	0	0	3	169
TPDS	1377	115	52	2	57	23	2	2	16	1644
% Participación	84%	7%	3%	0%	3%	1%	0%	0%	1%	100%

– **VOLUMENES DE TRANSITO PARA INGRESO DESDE AV. JOSÉ GABRIEL CONDORCANQUI (SENTIDO DE FLUJO: NORESTE A SUROESTE)**

En la tabla 16 se encuentra registrada el Volumen de Transito Diario, para luego obtener el Tránsito Promedio Diario Semanal (Tabla 17), con dichos datos se obtuvo los siguientes volúmenes de transito

Transito Diario (TD):

$TD_{(Lunes)}$	=	287 veh/día
$TD_{(Martes)}$	=	259 veh/día
$TD_{(Miercoles)}$	=	253 veh/día
$TD_{(Jueves)}$	=	131 veh/día
$TD_{(viernes)}$	=	273 veh/día
$TD_{(Sabado)}$	=	271 veh/día
$TD_{(Domingo)}$	=	169 veh/día

Transito Semanal (TS):

$$TS = 287 + 259 + 253 + 131 + 273 + 271 + 169$$

$$TS = 1644$$

Transito Promedio Diario Semanal (TPDS):

- Se consideró los 7 días de la semana

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

La tabla 18 nos indica que la Hora de Máxima demanda corresponde al periodo entre: 7:30 a.m. – 8:30 a.m. con un volumen horario de 234 Veh/h

Tabla 19: Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui.

HORA	Flujos cada 15 minutos (Vehículos Mixtos)	VHMD (veh/h)
07:30 - 07:45 am	52	234
07:45 - 08:00 am	66	
08:00 - 08:15 am	67	
08:15 - 08:30 am	49	
08:30 - 08:45 am	46	171
08:45 - 09:00 am	49	
09:00 - 09:15 am	38	
09:15 - 09:30 am	37	

09:30 - 09:45 am	33	135
09:45 - 10:00 am	33	
10:00 - 10:15 am	35	
10:15 - 10:30 am	35	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD).

El FHMD nos indicó las características del flujo de Tránsito en Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui, en periodos máximos. Indico también la forma como están distribuidos los Flujos máximos dentro de la Hora.

$$VHMD = 234 \text{ veh / h.}$$

$$Q_{m\acute{a}x15} = 67 \text{ veh / (15 minutos).}$$

Aplicando Formula del FHMD.

$$FHMD_{15} = \frac{234}{4(67)} \quad \rightarrow \quad FHMD_{15} = 0.87$$

Tasa de Flujo.

$$q_{m\acute{a}x} = q = \frac{N}{T} = \frac{67 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$q = 268 \text{ veh/h}$$

Ilustración 10. Ilustra gráficamente la variación del volumen de tránsito Diario. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui (Sentido de flujo: Noreste a Suroeste).

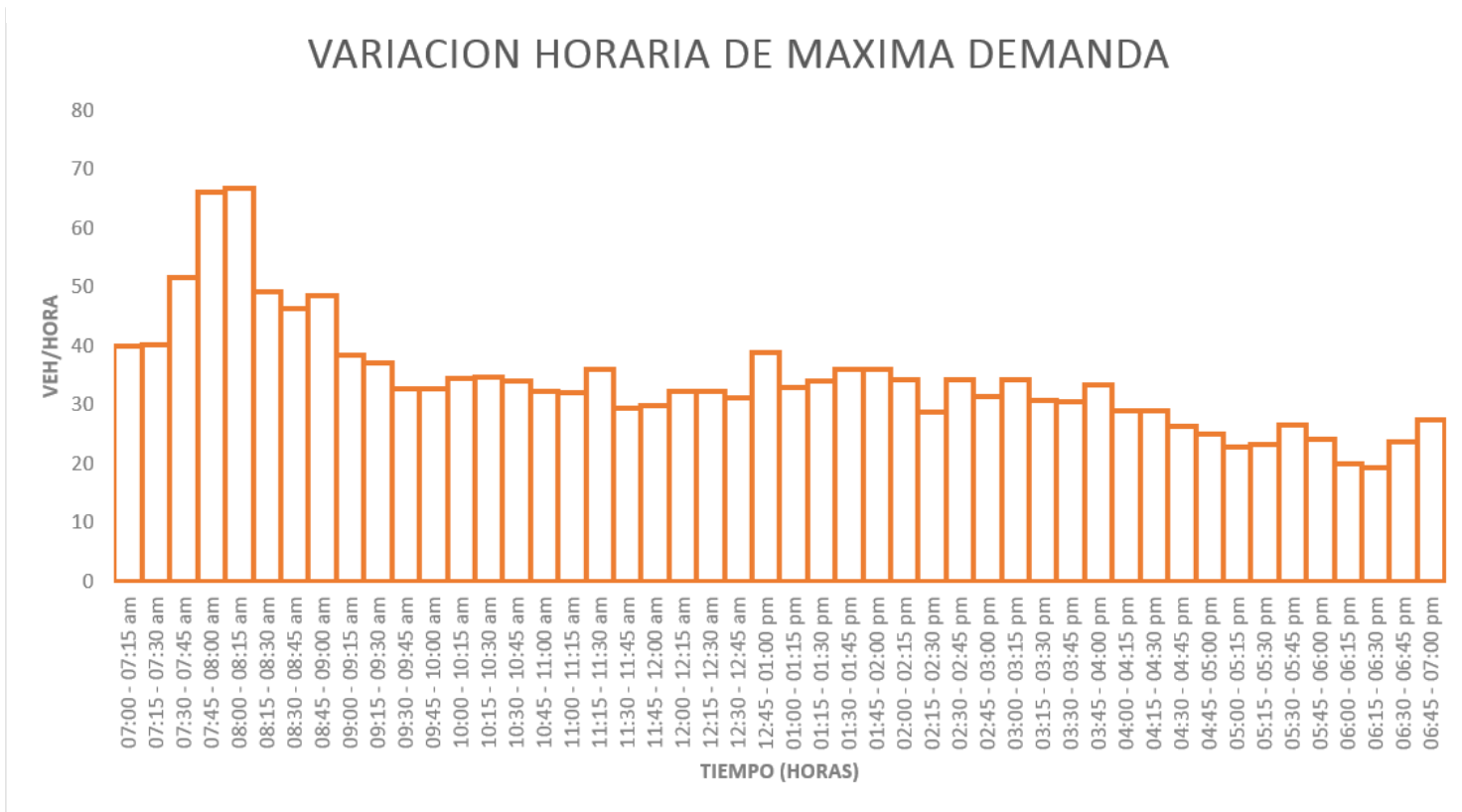
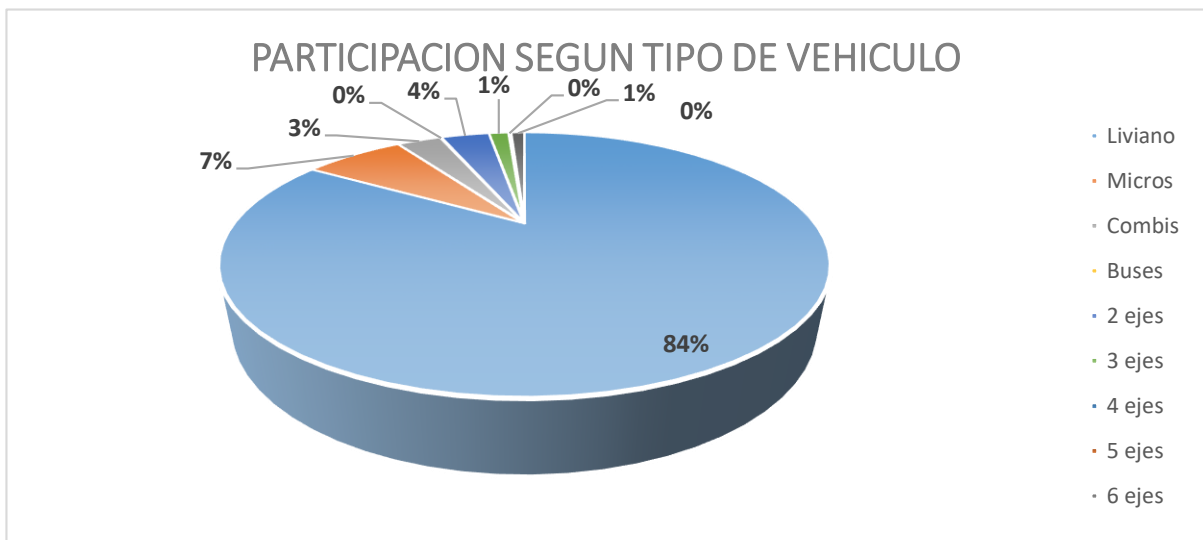


Ilustración 9: Ilustra gráficamente la Composición Vehicular del volumen de tránsito Diario expresado en porcentaje. Ingreso desde Av. José Gabriel Condorcanqui (sentido de flujo: Noreste a Suroeste).



B. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui (sentido de flujo: Noroeste A Sureste).

Tabla 20: Aforo Vehicular (TPDS) Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui.

HORA	TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TPDS										VHMD (veh/h)	
	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL		
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes			
07:00 - 07:15 am	24	2	7	0	2	1	0	0	0	35	185	
07:15 - 07:30 am	27	1	7	0	3	2	0	0	1	42	213	
07:30 - 07:45 am	37	1	10	0	3	1	0	0	0	52	224	
07:45 - 08:00 am	43	1	11	0	1	0	0	0	0	56	220	
08:00 - 08:15 am	46	2	11	0	3	1	0	0	1	62	218	
08:15 - 08:30 am	36	2	11	0	3	2	0	0	0	53	202	
08:30 - 08:45 am	32	1	9	0	3	2	0	0	1	48	188	
08:45 - 09:00 am	39	2	8	0	3	2	0	0	1	55	185	
09:00 - 09:15 am	30	2	8	0	2	3	0	0	0	46	177	
09:15 - 09:30 am	24	2	9	0	2	1	0	0	0	39	176	
09:30 - 09:45 am	30	2	7	0	3	2	0	0	0	45	179	
09:45 - 10:00 am	31	1	7	0	4	3	0	0	1	47	180	
10:00 - 10:15 am	29	1	9	0	3	1	1	0	1	45	175	
10:15 - 10:30 am	26	1	9	0	3	2	0	0	0	42	178	
10:30 - 10:45 am	30	1	9	0	2	2	0	0	2	47	175	
10:45 - 11:00 am	28	1	7	0	2	1	0	0	2	42	167	
11:00 - 11:15 am	30	1	8	0	4	2	0	0	1	48	167	
11:15 - 11:30 am	23	2	7	0	3	2	0	0	1	38	160	
11:30 - 11:45 am	22	1	8	0	4	2	0	0	1	39	162	
11:45 - 12:00 am	29	1	7	0	3	2	0	0	1	42	166	
12:00 - 12:15 am	26	1	8	0	3	2	0	0	1	41	160	
12:15 - 12:30 am	23	1	10	0	4	2	0	0	1	41	160	
12:30 - 12:45 am	27	1	9	0	3	2	0	0	1	42	153	
12:45 - 01:00 pm	25	1	7	0	2	1	0	0	1	37	142	
01:00 - 01:15 pm	28	1	6	0	2	2	0	0	0	40	138	
01:15 - 01:30 pm	22	1	8	0	2	1	0	0	1	34	135	
01:30 - 01:45 pm	19	1	8	0	2	1	0	0	1	32	133	
01:45 - 02:00 pm	24	1	5	0	1	1	0	0	1	33	138	
02:00 - 02:15 pm	22	1	7	1	2	3	0	0	1	37	138	
02:15 - 02:30 pm	17	1	8	0	3	2	0	0	1	33	140	
02:30 - 02:45 pm	21	1	8	1	2	2	0	0	0	36	146	

02:45 - 03:00 pm	18	1	8	0	2	2	0	0	1	33	153
03:00 - 03:15 pm	22	1	10	0	3	2	0	0	0	38	157
03:15 - 03:30 pm	24	2	9	0	2	2	0	0	0	39	160
03:30 - 03:45 pm	27	1	10	0	3	2	0	0	1	43	159
03:45 - 04:00 pm	23	1	8	0	2	2	1	0	1	37	155
04:00 - 04:15 pm	27	1	7	0	3	1	0	0	1	41	154
04:15 - 04:30 pm	23	1	8	0	3	2	0	0	1	38	147
04:30 - 04:45 pm	26	1	6	0	2	2	0	0	2	39	144
04:45 - 05:00 pm	22	1	9	0	2	1	0	0	1	35	143
05:00 - 05:15 pm	22	1	8	0	2	1	0	0	1	34	145
05:15 - 05:30 pm	21	1	10	0	1	1	0	0	1	36	152
05:30 - 05:45 pm	23	1	9	0	2	2	0	0	1	38	158
05:45 - 06:00 pm	21	1	9	0	2	2	0	0	1	37	160
06:00 - 06:15 pm	25	1	11	0	1	1	0	0	1	41	160
06:15 - 06:30 pm	26	1	12	1	1	1	0	0	0	41	
06:30 - 06:45 pm	26	1	8	0	1	1	0	0	1	40	
06:45 - 07:00 pm	25	1	10	0	0	1	0	0	0	38	
Σ	1271	55	406	4	113	82	6	2	38	1975	

Tabla 21: Tránsito Diario de Vehículos. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui.

DIAS	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes	
Lunes	1555	56	511	2	121	116	5	1	36	2403
Martes	1424	57	434	3	134	100	7	2	61	2222
Miércoles	1400	58	410	3	147	106	3	1	38	2166
Jueves	651	53	281	1	56	33	3	1	24	1103
Viernes	1509	60	502	8	142	106	8	2	37	2374
Sábado	1547	66	469	8	168	103	12	2	38	2413
Domingo	811	32	233	0	23	11	1	3	33	1147
	8897	382	2840	25	791	575	39	12	267	13828

Tabla 22: Resumen de aforo promedio diario semanal según tipo de vehículo. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui

DIAS	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes	
Lunes	222	8	73	0	17	17	1	0	5	343
Martes	203	8	62	0	19	14	1	0	9	317
Miércoles	200	8	59	0	21	15	0	0	5	309
Jueves	93	8	40	0	8	5	0	0	3	158
Viernes	216	9	72	1	20	15	1	0	5	339
Sábado	221	9	67	1	24	15	2	0	5	345
Domingo	116	5	33	0	3	2	0	0	5	164
TPDS	1271	55	406	4	113	82	6	2	38	1975
% Participación	64%	3%	21%	0%	6%	4%	0%	0%	2%	100%

– **VOLUMENES DE TRANSITO PARA INGRESO A AV. JOSÉ GABRIEL CONDORCANQUI (SENTIDO DE FLUJO: NOROESTE A SURESTE)**

En la tabla 20 se encuentra registrada el Volumen de Transito Diario, para luego obtener el Tránsito Promedio Diario Semanal (Tabla 21), con dichos datos se obtuvo los siguientes volúmenes de transito

Transito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 343 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 317 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miercoles)} = 309 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 158 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(viernes)} = 339 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(sabado)} = 345 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Domingo)} = 164 \text{ veh/día}$$

Transito Semanal (TS):

$$TS = 343 + 317 + 309 + 158 + 339 + 345 + 164$$

$$TS = 1975$$

Transito Promedio Diario Semanal (TPDS):

- Se consideró los 7 días de la semana

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

La tabla 22 nos indica que la Hora de Máxima demanda corresponde al periodo entre: 7:30 a.m. – 8:30 a.m. con un volumen horario de 224 Veh/h.

Tabla 23: Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda. Ingreso A Av. José Gabriel Condorcanqui.

HORA	Flujos cada 15 minutos (Vehículos Mixtos)	VHMD (veh/h)
07:30 - 07:45 am	52	224
07:45 - 08:00 am	56	
08:00 - 08:15 am	62	
08:15 - 08:30 am	53	
08:30 - 08:45 am	48	188
08:45 - 09:00 am	55	
09:00 - 09:15 am	46	
09:15 - 09:30 am	39	
09:30 - 09:45 am	45	179
09:45 - 10:00 am	47	
10:00 - 10:15 am	45	
10:15 - 10:30 am	42	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD).

El FHMD nos indicó las características del flujo de Tránsito en Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui, en periodos máximos. Indico también la forma como están distribuidos los Flujos máximos dentro de la Hora.

$$VHMD = 224 \text{ veh / h.}$$

$$Q_{m\acute{a}x15} = 62 \text{ veh / (15 minutos).}$$

Aplicando Formula del FHMD.

$$FHMD_{15} = \frac{224}{4(62)} \quad \rightarrow \quad FHMD_{15} = 0.90$$

Tasa de Flujo.

$$q_{m\acute{a}x} = q = \frac{N}{T} = \frac{62 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1h} \right)$$

$$q = 248 \text{ veh/h}$$

Ilustración 11: Ilustra gráficamente la variación del volumen de tránsito Diario. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui

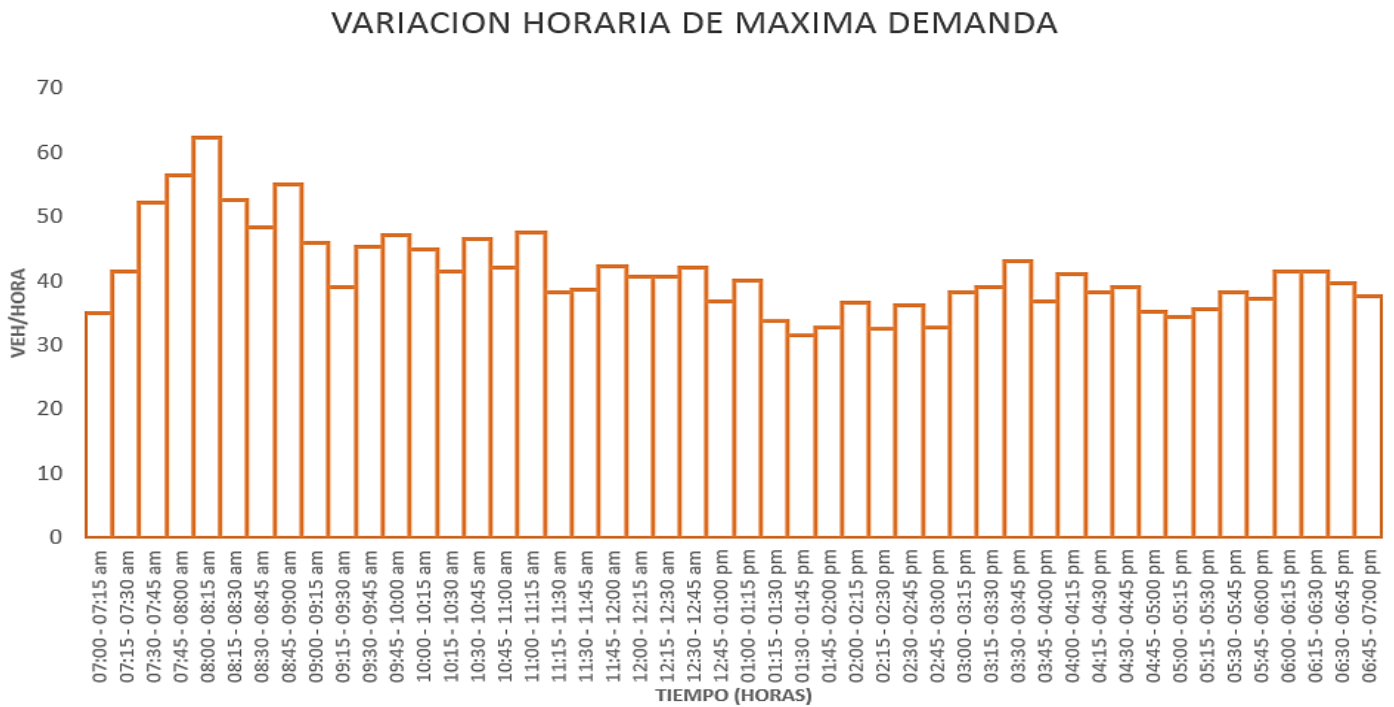
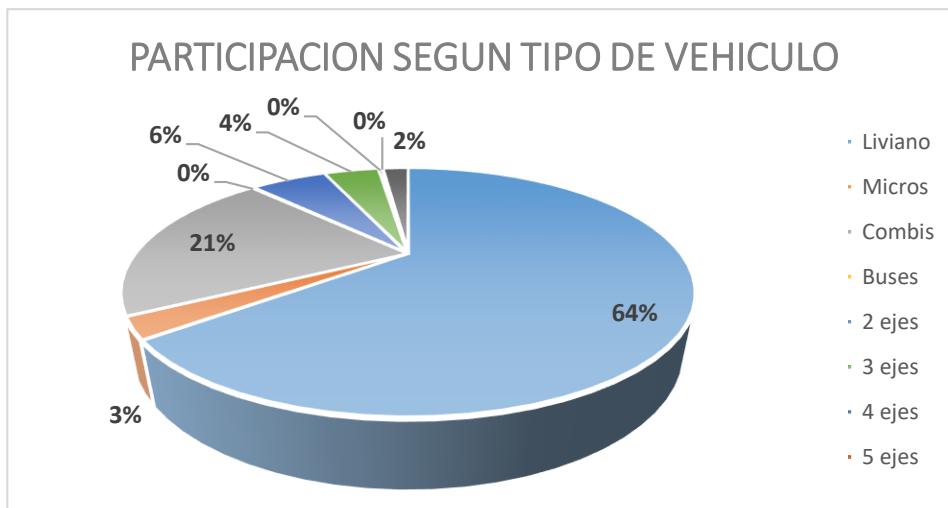


Ilustración 12. Ilustra gráficamente la Composición Vehicular del volumen de tránsito Diario expresado en porcentaje. Ingreso a Av. José Gabriel Condorcanqui (sentido de flujo: Noroeste A Sureste).



C. Vía del Hospital (sentido de flujo: Suroeste a Noreste.).

Tabla 24: Aforo Vehicular (TPDS). Vía del Hospital.

HORA	TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TPDS										VHMD (veh/h)
	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL	
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes		
07:00 - 07:15 am	46	3	5	0	6	3	0	1	0	63	243
07:15 - 07:30 am	34	3	3	0	2	1	0	0	0	45	253
07:30 - 07:45 am	54	3	3	0	2	1	0	0	0	63	266
07:45 - 08:00 am	63	3	5	0	1	0	0	0	0	72	258
08:00 - 08:15 am	65	3	5	0	0	0	0	0	1	73	243
08:15 - 08:30 am	49	3	5	0	1	1	0	0	0	59	214
08:30 - 08:45 am	44	2	5	0	2	0	0	0	0	54	197
08:45 - 09:00 am	47	3	4	0	2	1	0	0	1	57	187
09:00 - 09:15 am	36	3	3	0	1	0	0	0	0	44	178
09:15 - 09:30 am	33	3	4	0	1	1	0	0	1	42	184
09:30 - 09:45 am	33	3	5	0	1	0	0	0	1	44	187
09:45 - 10:00 am	37	3	4	0	2	1	0	0	1	48	182
10:00 - 10:15 am	38	3	6	0	2	1	0	0	1	50	176
10:15 - 10:30 am	31	3	8	0	2	1	0	0	0	44	174
10:30 - 10:45 am	30	2	5	0	2	1	0	0	0	40	169
10:45 - 11:00 am	31	2	5	0	2	0	0	0	1	42	174
11:00 - 11:15 am	37	2	6	0	2	1	0	0	1	48	174
11:15 - 11:30 am	28	3	6	0	1	0	0	0	1	40	168
11:30 - 11:45 am	34	2	5	0	2	1	0	0	1	45	168
11:45 - 12:00 am	33	3	5	0	0	0	0	0	0	42	162
12:00 - 12:15 am	33	3	4	0	2	1	0	0	0	43	168
12:15 - 12:30 am	29	3	5	0	1	0	0	0	0	39	163
12:30 - 12:45 am	29	3	4	0	1	1	0	0	0	39	167
12:45 - 01:00 pm	39	3	4	0	1	0	0	0	0	48	171
01:00 - 01:15 pm	29	2	4	0	2	0	0	0	1	38	160
01:15 - 01:30 pm	34	2	3	0	1	1	0	0	1	43	162
01:30 - 01:45 pm	35	4	3	0	1	0	0	0	1	43	155
01:45 - 02:00 pm	31	3	2	0	1	0	0	0	0	37	153
02:00 - 02:15 pm	32	3	2	0	1	1	0	0	0	39	149
02:15 - 02:30 pm	28	3	3	0	1	0	0	0	0	36	145
02:30 - 02:45 pm	33	2	4	0	1	1	0	0	0	41	143
02:45 - 03:00 pm	25	2	3	0	2	0	0	0	0	33	136
03:00 - 03:15 pm	26	3	4	0	1	1	0	0	1	35	141
03:15 - 03:30 pm	26	2	4	0	1	1	0	0	0	34	143
03:30 - 03:45 pm	27	2	4	0	1	1	0	0	0	35	144
03:45 - 04:00 pm	30	2	3	0	1	1	0	0	1	38	141
04:00 - 04:15 pm	29	2	3	0	2	0	0	0	0	37	133

04:15 - 04:30 pm	27	3	4	0	1	0	0	0	1	35	135
04:30 - 04:45 pm	23	2	5	0	2	1	0	0	0	32	138
04:45 - 05:00 pm	23	2	3	0	1	0	0	0	0	30	139
05:00 - 05:15 pm	31	3	3	0	1	0	0	0	0	39	143
05:15 - 05:30 pm	28	3	4	0	2	0	1	0	0	38	133
05:30 - 05:45 pm	26	2	3	0	1	0	0	0	0	33	129
05:45 - 06:00 pm	26	3	2	0	1	0	0	0	0	34	124
06:00 - 06:15 pm	23	2	2	0	1	0	0	0	0	29	122
06:15 - 06:30 pm	26	2	3	0	1	0	0	0	0	33	
06:30 - 06:45 pm	24	2	1	0	0	0	0	0	0	29	
06:45 - 07:00 pm	26	3	1	0	1	0	0	0	0	31	
Σ	1600	125	188	2	66	25	3	3	18	2030	

Tabla 25: Tránsito Diario de Vehículos... Vía del Hospital.

DIAS	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes	
Lunes	1898	144	218	3	76	39	2	6	23	2409
Martes	1830	147	237	1	77	31	5	4	25	2357
Miércoles	1822	129	219	2	76	27	4	5	12	2296
Jueves	921	88	109	3	38	14	2	0	8	1183
Viernes	2003	136	211	0	92	22	4	3	19	2490
Sábado	1895	144	224	2	86	39	3	3	23	2419
Domingo	833	84	99	0	17	5	1	2	14	1055
	11202	872	1317	11	462	177	21	23	124	14209

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

DIAS	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL
					2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes	
Lunes	271	21	31	0	11	6	0	1	3	344
Martes	261	21	34	0	11	4	1	1	4	337
Miércoles	260	18	31	0	11	4	1	1	2	328
Jueves	132	13	16	0	5	2	0	0	1	169
Viernes	286	19	30	0	13	3	1	0	3	356
Sábado	271	21	32	0	12	6	0	0	3	346
Domingo	119	12	14	0	2	1	0	0	2	151
TPDS	1600	125	188	2	66	25	3	3	18	2030
% Participación	79%	6%	9%	0%	3%	1%	0%	0%	1%	100%

– **VOLUMENES DE TRANSITO PARA LA VIA DEL HOSPITAL (SENTIDO DE FLUJO: SUROESTE A NORESTE)**

En la tabla 24 se encuentra registrada el Volumen de Transito Diario, para luego obtener el Tránsito Promedio Diario Semanal (Tabla 25), con dichos datos se obtuvo los siguientes volúmenes de transito

Transito Diario (TD):

$$TD_{(Lunes)} = 344 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Martes)} = 337 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Miercoles)} = 328 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Jueves)} = 169 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(viernes)} = 356 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Sabado)} = 346 \text{ veh/día}$$

$$TD_{(Domingo)} = 151 \text{ veh/día}$$

Transito Semanal (TS):

$$TS = 344 + 337 + 328 + 169 + 356 + 346 + 151$$

$$TS = 2031$$

Transito Promedio Diario Semanal (TPDS):

- Se consideró los 7 días de la semana

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

La tabla 26 nos indica que la Hora de Máxima demanda corresponde al periodo entre: 7:30 a.m. – 8:30 a.m. con un volumen horario de 266 Veh/h.

Tabla 27. Variación del Volumen de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda. Vías del Hospital

HORA	Flujos cada 15 minutos (Vehículos Mixtos)	VHMD (veh/h)
07:30 - 07:45 am	63	266
07:45 - 08:00 am	72	
08:00 - 08:15 am	73	
08:15 - 08:30 am	59	
08:30 - 08:45 am	54	197
08:45 - 09:00 am	57	
09:00 - 09:15 am	44	
09:15 - 09:30 am	42	
09:30 - 09:45 am	44	187
09:45 - 10:00 am	48	
10:00 - 10:15 am	50	
10:15 - 10:30 am	44	

Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD).

El FHMD nos indicó las características del flujo de Tránsito en Vías del Hospital, en periodos máximos. Indico también la forma como están distribuidos los Flujos máximos dentro de la Hora.

$$VHMD = 266 \text{ veh / h.}$$

$$Q_{m\acute{a}x15} = 73 \text{ veh / (15 minutos).}$$

Aplicando Formula del FHMD.

$$FHMD_{15} = \frac{266}{4(73)} \rightarrow FHMD_{15} = 0.91$$

Tasa de Flujo.

$$q_{m\acute{a}x} = q = \frac{N}{T} = \frac{73 \text{ veh}}{15 \text{ min}} \left(\frac{60 \text{ min}}{1h} \right)$$

$$q = 292 \text{ veh/h}$$

Ilustración 13: Ilustra gráficamente la variación del volumen de tránsito Diario. Vía del Hospital (sentido de flujo: Suroeste a Noreste.)

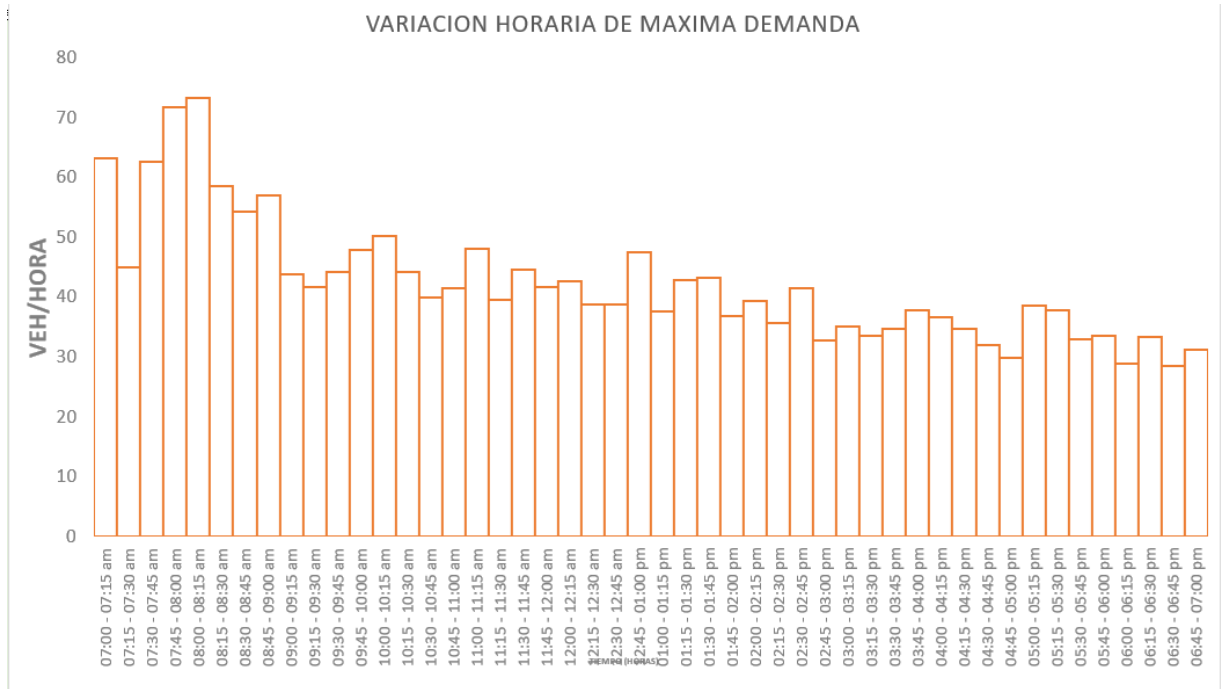
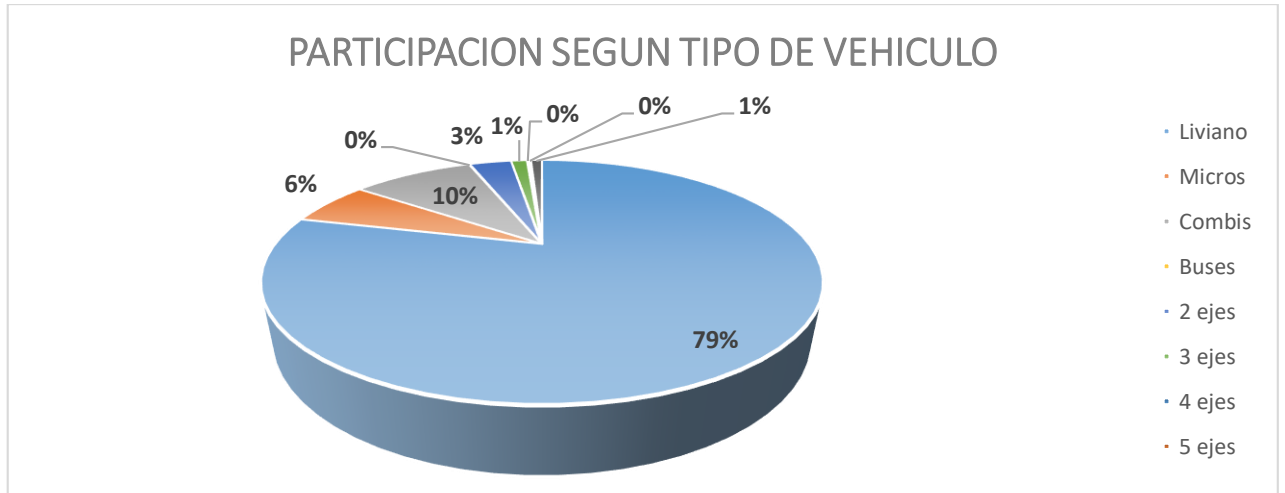


Ilustración 14: Ilustra gráficamente la Composición Vehicular del volumen de tránsito Diario expresado en porcentaje. Vía del Hospital (sentido de flujo: Suroeste a Noreste.)



Estudio de Velocidades y Determinación del Nivel de Servicio:

Los datos recolectados del estudio de velocidades realizado in situ, se obtuvo mediante una muestra de vehículos que transitan por las vías acceso al Hospital; obteniendo así las características de la velocidad de población total. Para realizar el mencionado estudio, fue necesario establecer la distancia de recorrido cronometrando el tiempo que demoran los vehículos en recorrerla, estos datos serán obtenidos en la hora y día de Máxima Demanda.

Tabla 28. Distancia de Arterias para medir Velocidades.

Tramos de Estudio	Distancia (m)
1 Ingreso Desde Av. José Gabriel	216
2 Salida Hacia Av. José Gabriel	167
3 Vía de Hospital	234

El número de velocidades recolectadas fue calculado con la ecuación 12, para obtener un óptimo tamaño de la muestra. El manual de ingeniería de Transito SEDESOL, establece valores estimados razonables la cual se usó en el presente estudio.

Análisis Estadístico:

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

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

S = 8 ("El manual de estudios de ingeniería de tránsito SEDESOL sugiere utilizar este valor para cualquier tipo de vía – Tabla 7")

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

E = 2km/h (considerando que varía entre +- 8 y +- 1.5km/h).

Tabla 29. Tamaño de Muestra para Velocidades. Carriles de un solo sentido

Tramo	Tramo a evaluar	Nº Carriles	S	K	E	N
Noreste a Suroeste	1 Ingreso Desde Av. José Gabriel	2	8	1.96	2	61.47
Noroeste a Sureste	2 Salida Hacia Av. José Gabriel	2				
Suroeste a Noreste	3 Vía de Hospital	2				

Considerando un Nivel de Confianza del 95%, un error permitido en el estimado de Velocidad de 2km/h y un valor estándar de 8 kph. Se estableció la cantidad de 62 vehículos para el estudio de velocidades.

Para organizar la información de la mejor Manera, se elaboró la tabla N30, 32 y 34 la cual facilita el cálculo de la Velocidad Media de Recorrido.

Determinación de Velocidad Media de Recorrido:

Siendo la suma de las distancias recorridas dividida por la suma de los tiempos totales de viaje. Se procedió a registrar los datos obtenidos en las 3 vías estudiadas.

Determinación del Nivel de Servicio:

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

A. Ingreso Desde Av. José Gabriel

Tabla 30. Velocidades en Vía 1 Ingreso desde Av. José Gabriel.

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	1/Vi (h/km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	1/Vi (h/km)
1	27	30	0.03	32	18	45	0.02
2	18	45	0.02	33	21	39	0.03
3	24	34	0.03	34	22	37	0.03
4	16	51	0.02	35	23	35	0.03
5	18	45	0.02	36	19	43	0.02
6	16	51	0.02	37	22	37	0.03
7	19	43	0.02	38	16	51	0.02
8	24	34	0.03	39	23	35	0.03
9	15	54	0.02	40	23	35	0.03
10	16	51	0.02	41	21	39	0.03
11	17	48	0.02	42	22	37	0.03
12	19	43	0.02	43	23	35	0.03
13	17	48	0.02	44	21	39	0.03
14	15	54	0.02	45	16	51	0.02
15	26	31	0.03	46	18	45	0.02
16	15	54	0.02	47	23	35	0.03
17	14	58	0.02	48	15	54	0.02
18	14	58	0.02	49	16	51	0.02
19	20	41	0.02	50	19	43	0.02
20	25	32	0.03	51	23	35	0.03
21	19	43	0.02	52	16	51	0.02
22	16	51	0.02	53	21	39	0.03
23	23	35	0.03	54	19	43	0.02
24	21	39	0.03	55	21	39	0.03
25	18	45	0.02	56	26	31	0.03
26	16	51	0.02	57	18	45	0.02
27	24	34	0.03	58	16	51	0.02
28	21	39	0.03	59	18	45	0.02
29	19	43	0.02	60	23	35	0.03
30	18	45	0.02	61	19	43	0.02
31	19	43	0.02	62	21	39	0.03
Σ			0.73	Σ			0.77

TOTAL (Σ) = 1.50

En la ecuación, reemplazamos valores, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{1.5 \frac{h}{km}} \rightarrow \bar{v}_e = 41.3 \text{ Km/h}$$

Clasificación de la Arteria

Ingreso desde Av. José Gabriel, según la tabla 5 es una arteria Secundaria por su categoría funcional y una arteria Suburbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la Tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su función y Categoría de Proyecto, es una vía de CLASE II.

Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 41.3 \text{ km/h}$$

CLASE II

Tabla 31. Nivel de Servicio en Arteria 1 Vía del Hospital

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

Resultado de investigación: Nivel de Servicio “B”

B. Salida Hacia Av. José Gabriel

Tabla 32. Velocidades en Vía 2. Salida Hacia Av. José Gabriel

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	1/Vi (h/km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	1/Vi (h/km)
1	8	101	0.01	32	18	45	0.02
2	15	54	0.02	33	26	31	0.03
3	24	34	0.03	34	13	62	0.02
4	29	28	0.04	35	24	34	0.03
5	25	32	0.03	36	21	39	0.03
6	21	39	0.03	37	19	43	0.02
7	23	35	0.03	38	14	58	0.02
8	26	31	0.03	39	19	43	0.02
9	24	34	0.03	40	13	62	0.02
10	21	39	0.03	41	13	62	0.02
11	19	43	0.02	42	18	45	0.02
12	18	45	0.02	43	11	74	0.01
13	15	54	0.02	44	9	90	0.01
14	17	48	0.02	45	18	45	0.02
15	19	43	0.02	46	15	54	0.02
16	26	31	0.03	47	11	74	0.01
17	25	32	0.03	48	26	31	0.03
18	24	34	0.03	49	24	34	0.03
19	21	39	0.03	50	15	54	0.02
20	25	32	0.03	51	25	32	0.03
21	26	31	0.03	52	18	45	0.02
22	18	45	0.02	53	11	74	0.01
23	19	43	0.02	54	10	81	0.01
24	21	39	0.03	55	15	54	0.02
25	23	35	0.03	56	9	90	0.01
26	28	29	0.03	57	18	45	0.02
27	24	34	0.03	58	16	51	0.02
28	26	31	0.03	59	10	81	0.01
29	18	45	0.02	60	21	39	0.03
30	21	39	0.03	61	18	45	0.02
31	19	43	0.02	62	11	74	0.01
Σ			0.82	Σ			0.63

TOTAL (Σ) = 1.45

Reemplazando valores en la ecuación, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{1.45 \frac{h}{km}} \rightarrow \bar{v}_e = 42.76 \text{ Km/h}$$

Clasificación de la Arteria:

La vía Salida Hacia Av. José Gabriel, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria Suburbana por su categoría de proyecto.

Y de acuerdo a la Tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su función y Categoría de Proyecto, es una vía de CLASE II.

Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 42.76 \text{ km/h}$$

CLASE II

Tabla 33. Nivel de Servicio en Arteria 2. Salida Hacia Av. José Gabriel

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

Resultado de investigación: Nivel de Servicio “B”.

C. Vía de Hospital

Tabla 34. Velocidades en Vía 3. Vía de Hospital.

Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	1/Vi (h/km)	Veh N°	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	1/Vi (h/km)
1	11	74	0.01	32	18	45	0.02
2	18	45	0.02	33	17	48	0.02
3	19	43	0.02	34	19	43	0.02
4	12	68	0.01	35	15	54	0.02
5	14	58	0.02	36	12	68	0.01
6	15	54	0.02	37	15	54	0.02
7	13	62	0.02	38	13	62	0.02
8	14	58	0.02	39	14	58	0.02
9	12	68	0.01	40	15	54	0.02
10	9	90	0.01	41	16	51	0.02
11	8	101	0.01	42	18	45	0.02
12	17	48	0.02	43	21	39	0.03
13	15	54	0.02	44	18	45	0.02
14	13	62	0.02	45	15	54	0.02
15	13	62	0.02	46	13	62	0.02
16	12	68	0.01	47	14	58	0.02
17	18	45	0.02	48	11	74	0.01
18	19	43	0.02	49	15	54	0.02
19	15	54	0.02	50	13	62	0.02
20	17	48	0.02	51	12	68	0.01
21	18	45	0.02	52	11	74	0.01
22	16	51	0.02	53	9	90	0.01
23	12	68	0.01	54	8	101	0.01
24	15	54	0.02	55	7	116	0.01
25	14	58	0.02	56	13	62	0.02
26	17	48	0.02	57	15	54	0.02
27	13	62	0.02	58	17	48	0.02
28	16	51	0.02	59	14	58	0.02
29	15	54	0.02	60	16	51	0.02
30	16	51	0.02	61	14	58	0.02
31	18	45	0.02	62	15	54	0.02
Σ			0.56	Σ			0.55

TOTAL (Σ) = 1.11

Reemplazando valores en la ecuación, se tiene:

$$\bar{v}_e = \frac{62}{1.11 \frac{h}{km}} \rightarrow \bar{v}_e = 55.86 \text{ Km/h}$$

Clasificación de la Arteria

La Vía del Hospital, según la tabla 5 es una arteria secundaria por su categoría funcional y una arteria Intermedio por su categoría de proyecto.

Y “de acuerdo a la Tabla 6, Clases de Arteria de acuerdo con su función y Categoría de Proyecto, es una vía de CLASE III”.

Determinación del Nivel de Servicio:

$$\bar{v}_e = 55.86 \text{ km/h}$$

CLASE III

Tabla 35. Nivel de Servicio en Arteria 2. Salida Hacia Av. José Gabriel en Vía del Hospital

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

Resultado de investigación: Nivel de Servicio “**A**”

Diseño de Señalización:

El diseño de señalización ha sido realizado con el propósito de contribuir con el control y ordenamiento del tráfico en la intersección vial en estudio; en concordancia con lo estipulado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC vigente.

Según la evaluación realizada, proveeremos de dispositivos de señalización y seguridad vial en el área de estudio, para dar mayor seguridad del movimiento vehicular en la vía y al mismo tiempo evitar o minimizar los accidentes de tránsito.

Del estudio realizado se desprende la siguiente información:

- Bermas Inexistentes o inadecuadas.
- Insuficiente o inadecuada señalización.
- Mal uso de espacios públicos (comercio ambulatorio).

Ilustración 15. Plano Propuesta de señalización.

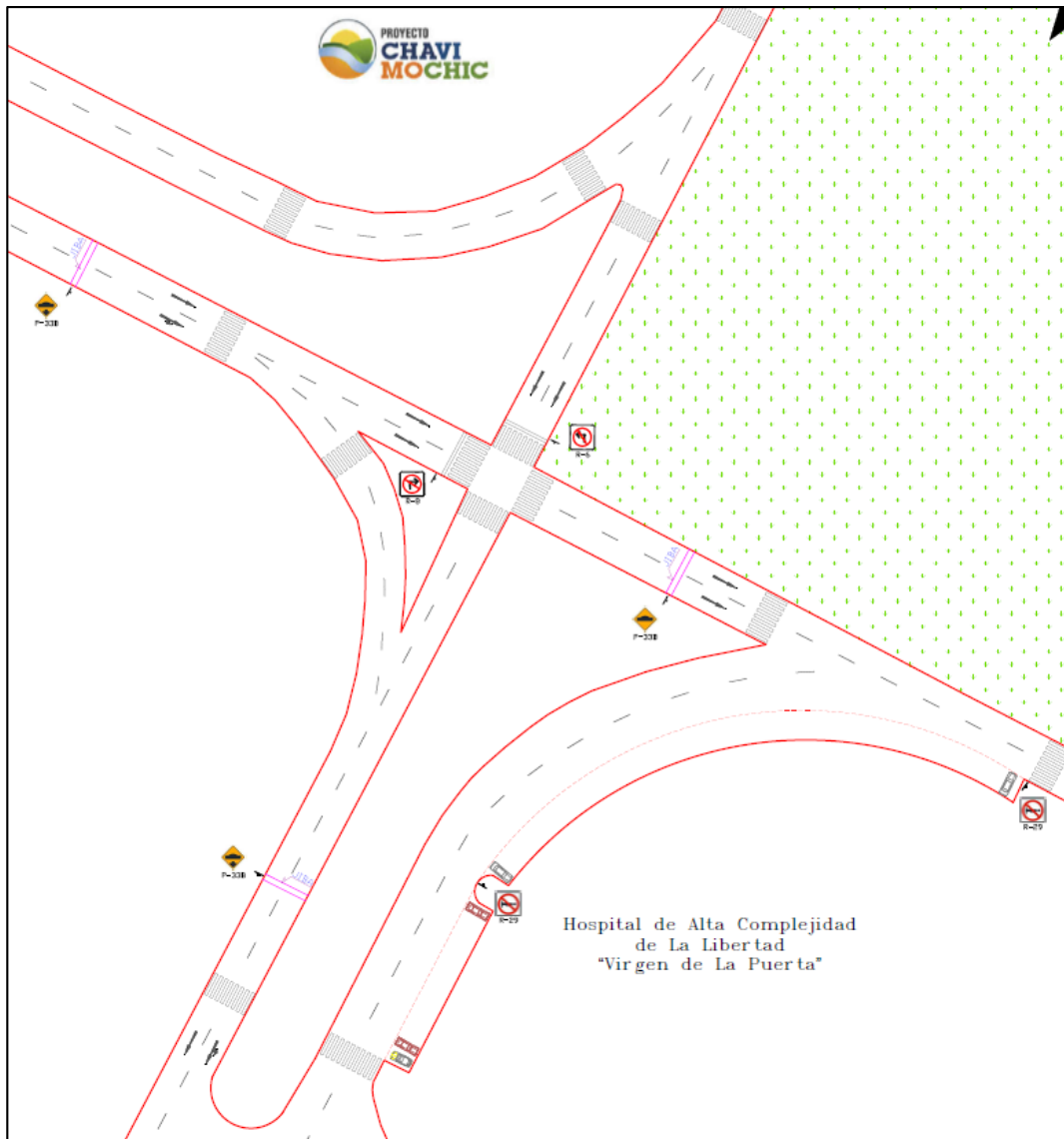


Tabla 36. Ubicación de Dispositivos de Control de Tránsito

UBICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRANSITO			
COORDENADA UTM		LADO	TIPO
ESTE	NORTE		
714088.4245	714088.4245	D	P-33B
714048.7139	714048.7139	I	R-6
714067.5549	714067.5549	D	P-33B
714127.9720	714127.9720	D	R-29
714036.7390	714036.7390	D	R-29
713999.0138	713999.0138	I	P-33B
713967.3431	713967.3431	D	P-33B
714028.6232	714028.6232	D	R-8

IV. PRESENTACION DE RESULTADOS

Tabla 37. Resumen de Arterias en Evaluación.

N°	Tramos de Estudio	Tramo a evaluar (sentido de flujo)
1	Ingreso Desde Av. José Gabriel	Noreste a Suroeste.
2	Salida Hacia Av. José Gabriel	Noroeste a Sureste.
3	Vía de Hospital	Suroeste a Noreste.

Tabla 38. Resumen de Aforos Vehiculares por tipo de Vehículo. Transito Promedio Diario Semanal.

N°	Liviano	Micros	Combis	Buses	CAMIONES					TOTAL (VEH/DIA)
					2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	5 Ejes	6 Ejes	
1	1377	115	52	2	57	23	2	2	16	1644
2	1271	55	406	4	113	82	6	2	38	1975
3	1600	125	188	2	66	25	3	3	18	2030

Tabla 39. Resumen. Tipo de Vehículo con mayor Influencia.

N°	TOTAL (VEH/DIA)	VEHÍCULOS PREDOMINANTES	PORCENTAJE
1	1644	Livianos	84% (1377)
		Micros	7% (115)
2	1975	Livianos	64% (1271)
		Combis	21% (406)
3	2030	Livianos	79% (1600)
		Combis	9% (188)

Tabla 40. Resumen Factor Horario de Máxima Demanda.

N°	VHMD	q max15	FHMD	HORA DE MAXIMA DEMANDA
1	234	67	0.87	07:30 am - 08:30 am
2	224	62	0.90	07:30 am - 08:30 am
3	266	73	0.91	07:30 am - 08:30 am

Tabla 41. Resumen. Niveles de Servicio en Arterias Analizadas.

N°	Clase de arteria	Velocidad Media de Recorrido (km/h)	Nivel de Servicio
1	II	41.3	B
2	II	42.76	B
3	III	55.86	A

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

CONCLUSIONES

- Finalizado el estudio de tránsito se pudo determinar el volumen promedio diario semanal en cada arteria, teniendo la Arteria 1: 1644 veh/día; Arteria 2: 1975 veh/día y la Arteria 3: 2030 veh/día. En cuanto a su composición, los vehículos más recurrentes son del tipo livianos (que va desde el 64% hasta el 84%) y combis (hasta 21%).
- Las vías también son utilizadas por vehículos pesados (camiones de 2 a 6 ejes), esto se debe a la existencia de industrias operativas. Y su tránsito dificulta el desplazamiento de los vehículos livianos y peatones.
- Las arterias en estudio comparten la misma hora de máxima demanda, esto es de 7:30 am – 8:30 am con FHMD en el rango de 0.87 y 0.91. Los flujos (Q15) máximos y velocidades de recorrido fueron de: 67 vehículos (q15max) en Arteria 1 con 41.3 km/h de velocidad de recorrido, 62 vehículos (q15max) en Arteria 2 con 42.76 km/h de velocidad de recorrido y 73 Vehículos (q15max) en Arteria 3 con 55.86 km/h de velocidad de recorrido.
- El nivel de servicio es bueno en todas las vías, ya que según el estudio, las arterias 1 y 2 clasifican como B y la Arteria 3 clasifica como A.
- Se propone instalar los siguientes dispositivos de control de tránsito, en los sectores que se detallan a continuación:
 - P-33B: señal ubicación de reductor de velocidad tipo resalto. Está señal será ubicada al noroeste, sudoeste, sudeste y noreste, en los accesos que conducen al hospital. *(ver plano en anexos)*
 - R-6: señal de prohibido voltear a la izquierda; esta señal se ubicará en la zona central de la zona de estudio. *(ver plano en anexos)*
 - R-8: señal de prohibido voltear a la derecha; esta señal se ubicará en la zona central de la zona de estudio. *(ver plano en anexos)*
 - R-29: señal prohibido el uso de la bocina; esta señal se colocará a ambos frentes del hospital. *(ver plano en anexos)*
- Concluimos también que actualmente no es necesario la instalación de un semáforo debido al buen nivel de servicio que ofrecen las vías de acceso al Hospital, lo que si consideramos necesario seria la señalización planteada.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda reparar las vías de acceso al hospital para hacer fluido el tránsito, porque actualmente hay una velocidad de recorrido lenta en algunos tramos de la vía.
- Se recomienda reparar los sardineles y construir rampas para personas con discapacidad.
- Se recomienda para un mejor funcionamiento de la vía la restricción de mototaxis, sobre todo en las horas de máxima demanda.
- Se recomienda realizar campañas de educación vial, tanto para el conductor como para el peatón.
- Se recomienda diseñar un plan vial, con nuevas rutas para el transporte urbano, para mejorar la accesibilidad hacia el Hospital.
- Se recomienda construir o instalar las señales normativas de tránsito a fin de optimizar su transitabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tesis:

- ✓ Angaspilco, C. (2014). Nivel de servicialidad en las avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, De los Héroes y San Martín 2014 (Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Cajamarca.
- ✓ Sigwas A., Jiménez V. (2015). Estudio de Impacto Vial debido al Funcionamiento de una universidad en una zona Residencial, en las condiciones de transito actuales de dos intersecciones del Distrito de La Molina (Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.

Libros:

- ✓ Rafael C., James C. (2007). Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones (8ª ed.). México D.F.: Alfaomega
- ✓ Paul H.W. (1999). Ingeniería de Carreteras. Mexica D.F.: Limusa
- ✓ Nicholas J. G., Lester A. Hoel (2004). Ingeniería de Tránsito y Carreteras (3ª ed.). México D.F.: Thomson.
- ✓ Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Diseño Geométrico DG-2014.

ANEXOS

ANEXO N° 1

PANEL FOTOGRÁFICO

Foto N° 1



Vista en planta del Hospital y sus vías de acceso.

Foto N° 2



Vista en planta de la Arteria Principal y las Arterias Secundarias

Foto N° 3



Vista en panorámica de la Arteria.1 - Principal Intermedia II

Foto N° 4



Vista en panorámica de la Arteria 2 – Secundaria Suburbano II

Foto N° 5



Vista en panorámica de la Arteria 3 - Secundaria Intermedio III

Foto N° 6



Sardineles en mal estado

Foto N° 7



Carencia de accesos para personas discapacitadas

Foto N° 8



Mal uso de la berma central, por parte del comercio ambulatorio.

Foto N° 9



No existe señalización en la vía.

Foto N° 10



Uso eventual de vehículos de carga pesada.

Foto N° 11



Paso de vehículos de carga pesada.

Foto N° 12



No existe señalización en la vía.

Foto N° 13



Ausencia de paraderos para el servicio público.

Foto N° 14



Estación de conteo.

ANEXO N° 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

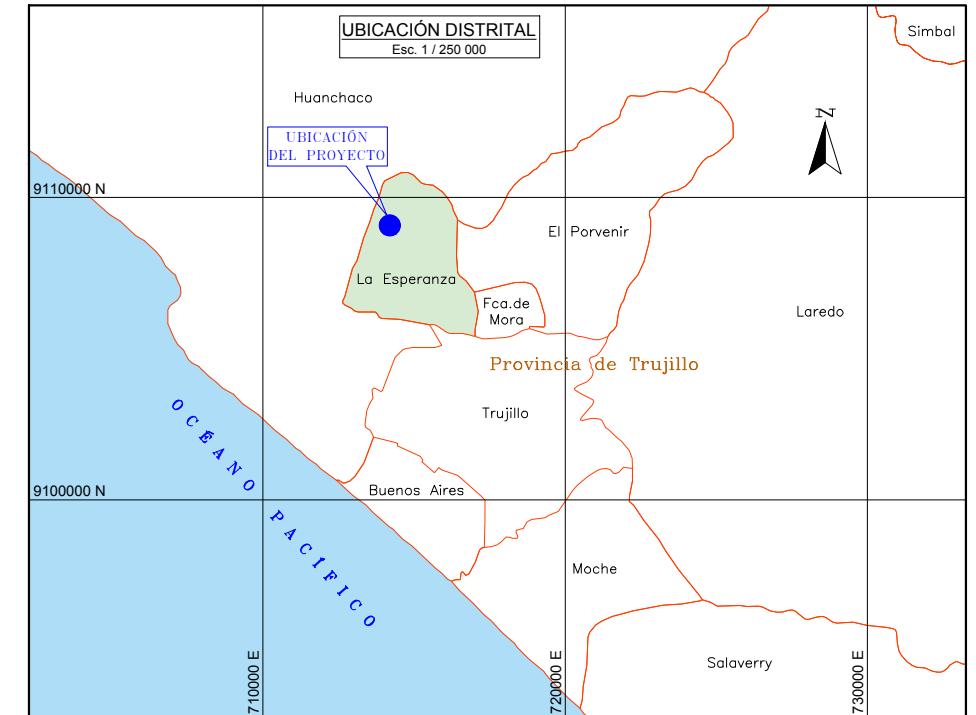
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“PROPUESTA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LOS ACCESOS DEL HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD DE LA LIBERTAD
“VIRGEN DE LA PUERTA”, LA ESPERANZA – TRUJILLO – LA LIBERTAD”

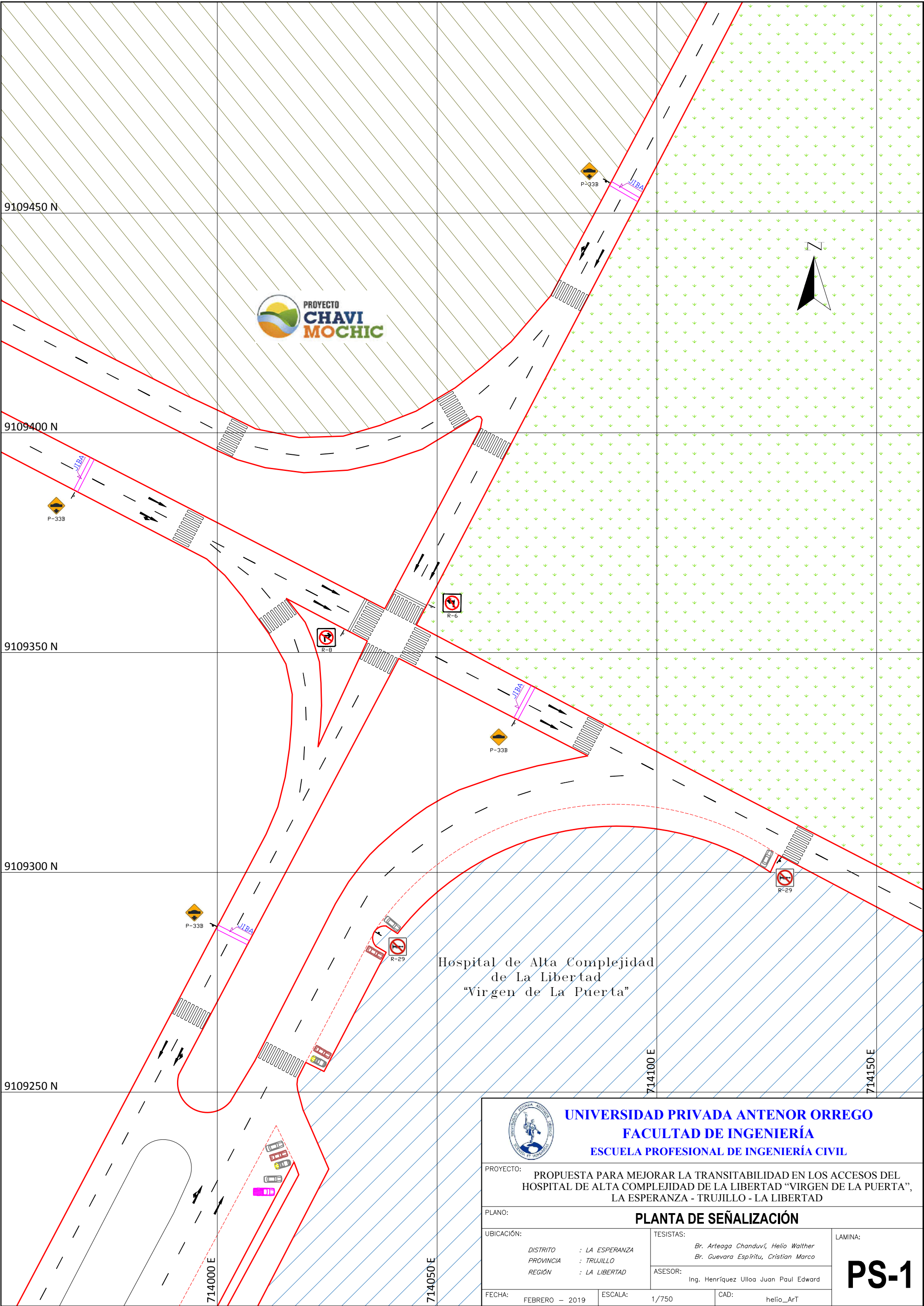
Problema General	Objetivos	Marco Teórico Conceptual	Variables e Indicadores	Metodología
<p>Descripción: Es notorio el Incremento de la Vulnerabilidad del peatón para cruzar la vía y el riesgoso tránsito de estos en las vías de acceso. Una de las causas es la variedad de tipos de vehículos por ejemplo: diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración, camiones pesados y autobuses de alta y baja velocidad, motocicletas entre otros.</p> <p>Con respecto a la Existencia de paraderos informales, se pudo observar que las unidades vehiculares utilizan cualquier parte de la vía como paradero; situación similar ocurre en el Hospital Regional Docente de Trujillo, conllevando esto a convertir esta área en paraderos no autorizados.</p> <p>En el caso de los peatones, la falta de señalización para controlar su desplazamiento aumenta el tiempo que este emplea para cruzar la vía, ya que deben tomar precauciones. En relación a los conductores, el riesgo es mayor por la falta de educación vial y negligencia de algunos peatones que cruzan la vía sin el cuidado respectivo.</p> <p>Planteamiento: ¿Cómo mejorar la Transitabilidad en los accesos viales al Hospital de Alta Complejidad de la Libertad “Virgen de la Puerta” La Esperanza – Provincia de Trujillo – Región La Libertad?</p>	<p>Objetivo General: Realizar un Estudio de Transitabilidad y de acuerdo a ello, analizar las posibles alternativas que permitan mejorar el tránsito en los accesos al hospital de alta complejidad de La Libertad.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el volumen de tránsito que fluyen a lo largo de la vía • Determinar flujos y velocidades de recorrido. • Determinar la capacidad y el nivel de servicio en las vías de acceso al hospital de alta complejidad de la Libertad “Virgen de la puerta”. • Identificar los lugares donde es necesario el uso de los dispositivos de control de tránsito correspondiente. 	<p>Antecedentes de la Investigación:</p> <p>Angaspilco (2014) en su investigación del nivel de serviciabilidad en las avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia, de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca, propone generar un estudio de tránsito para mejorar el funcionamiento de las vías que se estudiaron, para tal propósito se usó el método inductivo con la toma de datos, registro y su posterior procesamiento. Esta investigación obtuvo como resultado el estudio de tránsito. El principal aporte al trabajo es su estudio de los niveles de serviciabilidad.</p> <p>Meneses y Jaramillo (2011) en su investigación analiza y propone soluciones en la movilidad vial en algunas zonas del valle de Aburrá, Medellín – Colombia, se propone un análisis y propuesta para solucionar los problemas de movilidad, para lo cual se presentó las características de la zona de estudio, el uso de suelo, la característica del transporte que circula por la zona y la accidentalidad. Esta investigación logro realizar el estudio de tránsito y proponer soluciones que mejorarían la circulación vial.</p> <p>El principal aporte al trabajo de investigación es brindar alternativas para dar soluciones a problemas de movilidad.</p>	<p>Variable Independiente: Nivel de Servicio</p> <p>Indicadores: Condiciones operativas dentro de una corriente de tránsito y como lo perciben los conductores o pasajeros</p> <p>Variable Dependiente: Propuesta de Mejora de Tránsito</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidas ante la carencia de dispositivos de control de tránsito • Reducción de la dificultad de los usuarios para acceder al Hospital 	<p style="text-align: center;">Metodología</p> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Paso 1: Determinación de la arteria a considerar.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Paso 2: Determinación de la clase de arteria y de la velocidad de régimen libre.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Paso 3: División de la arteria en tramos.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Alternativa: También se pueden evaluar las condiciones existentes en vías en exploración mediante datos de campo.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Paso 4: Evaluación del nivel de servicio.</div> </div>

ANEXO N° 3

PLANOS



 UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO: PROPUESTA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LOS ACCESOS DEL HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD DE LA LIBERTAD "VIRGEN DE LA PUERTA", LA ESPERANZA - TRUJILLO - LA LIBERTAD			
PLANO: PLANO DE UBICACIÓN			
UBICACIÓN: DISTRITO : LA ESPERANZA PROVINCIA : TRUJILLO REGIÓN : LA LIBERTAD		TESISISTAS: Br. Arteaga Chanduví, Helio Walther Br. Guevara Espíritu, Cristian Marco ASESOR: Ing. Henríquez Ulloa Juan Paul Edward	
FECHA: FEBRERO - 2019		ESCALA: 1/7500	
		CAD: helio_ArT	
			PU-1



Hospital de Alta Complejidad
de La Libertad
"Virgen de La Puerta"



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: PROPUESTA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LOS ACCESOS DEL HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD DE LA LIBERTAD "VIRGEN DE LA PUERTA", LA ESPERANZA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

PLANO: **PLANTA DE SEÑALIZACIÓN**

UBICACIÓN:
DISTRITO : LA ESPERANZA
PROVINCIA : TRUJILLO
REGION : LA LIBERTAD

TESISTAS:
Br. Arteaga Chanduvi, Helio Walther
Br. Guevara Espíritu, Cristian Marco
ASESOR:
Ing. Henríquez Ulloa Juan Paul Edward

LAMINA:

PS-1

FECHA: FEBRERO - 2019

ESCALA: 1/750

CAD: helio_ArT