



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

EVALUACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR PARA MEJORAR EL NIVEL DE
SERVICIO PARA LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS CARLOS IZAGUIRRE Y
CANTA CALLAO

Línea de investigación:

Diseño vial urbano y transporte sostenible

Modalidad de para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autora:

Peña Bejarano, Roxana Carla

Asesor:

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

ORCID: 0000-0002-7037-4396

Jurado:

Jaramillo Tarazona, Francisco

Quintanilla Huayta, Darío

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Lima - Perú

2022

Referencia:

Peña, B. (2022). *Evaluación del tránsito vehicular para mejorar el nivel de servicio para la intersección de las avenidas Carlos Izaguirre y Canta Callao* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5799>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR PARA MEJORAR EL NIVEL DE
SERVICIO PARA LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS CARLOS IZAGUIRRE Y
CANTA CALLAO**

Línea de Investigación: Diseño vial urbano y transporte sostenible

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor(a):

Peña Bejarano, Roxana Carla

Asesor:

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

(ORCID: 0000-0002-7037-4396)

Jurado:

Jaramillo Tarazona, Francisco

Quintanilla Huayta, Darío

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Lima – Perú

2022

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a la Virgen María, a Jesucristo su hijo por permitirme
culminar esta tarea cumplida.

AGRADECIMIENTO

A mis catedráticos, quienes compartieron día a día sus experiencias profesionales para lograr esta meta.

Índice de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
Resumen	8
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Descripción y formulación del problema	11
1.2. Antecedentes	11
1.2.1. <i>En el ámbito internacional</i>	11
1.2.2. <i>En el ámbito nacional</i>	13
1.3. <i>Objetivos</i>	15
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
1.4. Justificación e importancia	15
1.5. Hipótesis.....	15
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Definición de diseño vial urbano	17
2.2. Clasificación de las vías urbanas.....	17
2.3. Pro inversión: anillo vial periférico de Lima	20
2.4. Método HCM 2000.....	23
III. MÉTODO	25
3.1. Tipo de investigación	25
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	25
3.3. Variables	25
3.4. Población y muestra	25
3.4.1 <i>Población</i>	25
3.4.2 <i>Muestra</i>	25
3.5. Instrumentos	26
3.6. Procedimientos	26
3.7. Análisis de datos	26
3.7.1 <i>Ubicación de la zona en estudio</i>	26
3.7.2 <i>Estudio de tránsito</i>	27
3.7.3 <i>Ingeniería Vial</i>	28
3.7.4 <i>Estudio de tráfico</i>	28
3.7.5 <i>Seguridad vial</i>	28

3.7.6 Zona Crítica.....	33
3.7.7 Flujo vehicular.....	33
3.7.8 Factores de flujo	34
3.7.9 Razones de flujo y volúmenes de servicio	35
3.7.10 Planificación del transporte	35
3.7.11 Niveles de servicio.....	36
3.7.12 Variables de definición del flujo vehicular.....	41
3.7.13 Variables de Sistema de Control Urbano	44
3.7.14. Diagrama de flujo vial.....	50
3.7.15 Propuesta comparativa con el método de “Hardy Cross” aplicado a la Ingeniería de Tránsito	50
3.8. Presentación por Sim Traffic 8.0.....	57
3.9. Plan de implementación de ciclo vías.....	59
IV. RESULTADOS	63
4.1. Cálculo de variables de control urbano	63
4.1.1 La Velocidad (S)	63
4.1.2 Factor de hora de máxima demanda (FHMD).....	63
4.1.3. Densidad de vía (D)	64
4.1.4 Volumen o intensidad de tránsito (q)	67
4.2. Nivel de servicio actual.....	68
4.3. Aplicación del Método HCM 2000	78
4.3.1 Capacidad Vial.....	79
4.3.2 Tránsito Sostenible	81
4.3.3 Velocidad media de viaje	82
4.3.4 Porcentaje de tiempo perdido por seguimiento	82
4.3.5 Porcentaje de tiempo perdido por seguimiento	83
4.3.6 Nivel de servicio obtenido	83
4.4. Verificación de Ejes Viales por el Método de Hardy Cross	85
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
VI. CONCLUSIONES	95
VII. RECOMENDACIONES	97
VIII. REFERENCIAS.....	98
IX. ANEXOS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Anillo Vial Periférico de Lima.....	22
Figura 2: Periférico Vial Norte.....	23
Figura 3: Ubicación de la zona en estudio.....	28
Figura 4: tipos de nivel de servicio	38
Figura 5: Relación nivel de servicio/Velocidad de servicio/Índice de servicio.....	40
Figura 6: Intersección Vial.....	50
Figura 7: Señales canalizadoras.....	52
Figura 8: Capacidad de giro.....	53
Figura 9: Calzada/Carril.....	53
Figura 10: Preferencia de paso.....	54
Figura 11: Islas de canalización.....	55
Figura 12: Congestión Vial.....	56
Figura 13: Vía preferencial.....	57
Figura 14: Colisión Vial.....	58
Figura 15: Reducción vehicular.....	59
Figura 16: Bicicleta-Gestión de Transporte no motorizado.....	60
Figura 17: Ciclovía.....	60
Figura 18: Distancia carril ciclovía.....	61
Figura 19: Ciclista en la vía.....	62
Figura 20: Vehículos/Tipos de vehículos (Av. Carlos Izaguirre).....	61
Figura 21: Vehículos/Tipos de vehículos (Av. Canta Callao).....	65
Figura 22: Vehículos/Días de la semana (Av. Carlos Izaguirre).....	66
Figura 23: Vehículos/Días de la semana (Av. Canta Callao).....	66
Figura 24: Malla Cross.....	85
Figura 25: Flujo Vial (Canta Callao – Carlos Izaguirre).....	86
Figura 26: Velocidad promedio por “Hardy Cross”-Tramo 1.....	87
Figura 27: Carlos Izaguirre-Canta Callao.....	87
Figura 28 Velocidad promedio por “Hardy Cross”-Tramo 2.....	89
Figura 29: Carlos Izaguirre-Canta Callao.....	89
Figura 30: Velocidad promedio por “Hardy Cross”-Tramo 3.....	90
Figura 31: Canta Callao-Carlos Izaguirre.....	90
Figura 32: Velocidad promedio por “Hardy Cross”-Tramo 4.....	91
Figura 32: Foto 1.....	101
Figura 33: Foto 2.....	102
Figura 34: Foto 3.....	103
Figura 35: Foto 4.....	104
Figura 36: Foto 5.....	105
Figura 37: Foto 6.....	106
Figura 38: Plano de señalización.....	108
Figura 39: Plano de Pistas.....	109
Figura 40: Propuesta técnica vial.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diferencias y características de las vías de la presente tesis	20
Tabla 2: Conteo y Clasificación Vehicular / Avenida Carlos Izaguirre.....	31
Tabla 3: Conteo y Clasificación Vehicular/ Avenida Canta Callao.....	32
Tabla 4 Nivel de servicios.....	37
Tabla 5: Volúmenes vehiculares de servicio según calidad de flujo.....	41
Tabla 6: Longitudes de visibilidad continua.....	42
Tabla 7: Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas.....	43
Tabla 8: Factor de agente por pendiente.....	46
Tabla 9: La velocidad.....	63
Tabla 10: El factor de hora de máxima demanda.....	64
Tabla 11: Densidad de vía.....	67
Tabla 12: Volumen o intensidad del tránsito.....	67
Tabla 13: Nivel de servicio actual.....	68
Tabla 14: Ecuación General para calcular el Volumen de la Autopista.....	69
Tabla 15: Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.....	69
Tabla 16: Factor de ajuste de vehículos pesados.....	70
Tabla 17: Volumen de la avenida Carlos Izaguirre.....	70
Tabla 18: Volumen de la avenida Canta Callao.....	71
Tabla 19: Porcentaje del tránsito principal permanece en el carril.....	72
Tabla 20: Porcentaje de camiones que permanecen en el carril.....	73
Tabla 21: Volúmenes máximos de servicio para entronques de enlace con autopista.....	74
Tabla 22: Rango de flujo direccional de dos vías y tipo de terreno.....	74
Tabla 23: Reducción en la velocidad promedio de viaje (Km/h).....	75
Tabla 24: Reducción en la velocidad promedio de viaje (Km/h).....	76
Tabla 25: Diseño Vial Urbano.....	78
Tabla 26: Análisis vehicular.....	79
Tabla 27: Capacidad de una carretera.....	80
Tabla 28: Análisis de fluidez.....	81
Tabla 29: Determinación de la velocidad de flujo libre (FFS).....	82
Tabla 30: Determinación de la demanda de tasa de flujo (vp).....	82
Tabla 31: Velocidad promedio de viaje (ATS).....	83
Tabla 32: Determinación del porcentaje de demora en tiempo (PTSF).....	83
Tabla 33: Nivel de servicio proyectado.....	83
Tabla 34: Rediseño vial para la avenida Carlos Izaguirre.....	84
Tabla 35: Obras nuevas planteadas.....	94

Resumen

La presente tesis titulada *Evaluación del tránsito vehicular para mejorar el nivel de servicio para la intersección de las avenidas Carlos Izaguirre y Santa Callao*, tiene por **Objetivo:** diseñar y determinar un nuevo sistema de vial urbano, cuyo objetivo será incrementar su velocidad de diseño y adicionar carriles, permitiendo así descongestionar el tráfico en la intersección vial, las cuales fueron sometidas a verificación mediante la **Metodología:** HCM 2000, implementando la propuesta aplicativa del método de Hardy Cross en la ingeniería de tránsito, para lo cual se calculó su capacidad vial, sus volúmenes de circulación continua y se verificó su nivel de servicio vigente. En la actualidad, la intersección vial logró canalizar los incrementos de aforo vehicular en horas pico detectados, empleando como herramienta esencial la señalización horizontal, la cual actuó como medida correctiva in situ; logrando así dejar de generar el caos vehicular poblacional detectado. Por ello la presente tesis logró incrementar su capacidad vial urbana, mitigar el tráfico por volumen de desplazamiento y optimizar su tiempo de recorrido, que finalmente elevó su calidad de vida y nivel de servicio esperado para la población estimada.

Palabras clave: Capacidad vial, volúmenes de circulación continua, nivel de servicio, sistema vial.

Abstract

This thesis entitled *Assessment of vehicular traffic to improve the level of service for the intersection of the avenues Carlos Izaguirre y Canta Callao*, has the **Objective**: of designing and determining a new urban road system, whose objective will be to increase its design speed and add lanes, thus allowing traffic to be decongested at the road intersection, which were subjected to verification through the HCM 2000 **Methodology**: implementing the application proposal of the Hardy Cross method in traffic engineering, for which its road capacity, its continuous circulation volumes were calculated and its current level of service was verified. Currently the road intersection managed to channel the detected increases in traffic capacity during peak hours, using horizontal signage as an on-site corrective measure; thus, managing to stop generating the detected population vehicular chaos. For this reason, this thesis managed to increase its urban road capacity, mitigate traffic by displacement volume and optimize its travel time, which finally raised its quality of life and expected level of service for the estimated population.

Keywords: Road capacity, volumes of continuous circulation, level of service, road system.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de transporte urbano que actualmente tenemos en el Perú, no se abastece completamente, debido a factores provenientes de las migraciones hacia nuestro país, las cuales influenciaron en la capacidad de diseño que anteriormente teníamos y que ahora se verá obligada a rediseñarse para una mayor cantidad poblacional que actualmente se transportan y que han modificado nuestros tiempos de espera y hora pico que normalmente ya estadísticamente conocíamos y que hoy en día nos genera congestión vial; la cual deberá someterse a una reestructuración de variables que mitigue la congestión del tránsito urbano, permitiendo así la nueva creación de un sistema de transporte urbano renovado que implicará el uso de todas las variables de la Ingeniería de tránsito, que subsanen el alta demanda de transporte versus la baja capacidad de diseño de sus elementos geométricos que actualmente la conforman y sus inconclusas señalizaciones vigentes.

El transporte vial permite la movilización de personas, animales y/ mercancías, bajo la supervisión de la SUTRAN (Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Cargas y Mercancías); quien velará por garantizar la seguridad de los pasajeros. Dicha variable se verá estrechamente ligada con otras fuentes de ingreso al país tales como son: la agricultura, la ganadería, el comercio, la industria y la economía.

Lima es una metrópoli que se desarrolla en un limitado ámbito urbano, en el cual se encuentran establecidas las ordenanzas municipales de sus respectivas jurisdicciones distritales que lo administran y en la ATU (Autoridad del Transporte Urbano), quien tiene el mandato legal de ordenar el transporte público a través de la creación, organización, implementación y gestión de un Sistema Integrado de Transporte que incluya a todo tipo de movilidad urbana: metro, buses, taxis, bicicletas y modos no convencionales como el teleférico; no obstante es la SUTRAN la

entidad encargadas de sancionar a las unidades de transporte urbano que infrinjan causa alguna que resulte un aporte nocivo a la sociedad, velando únicamente por nuestro bienestar social.

Cada vez el tráfico es más desbordante y es por ello que la presente tesis busca remedir las variables de ingeniería vial, cuya finalidad será modificarlas en beneficio de permitir la fluidez vial necesaria que renueve nuestro país.

1.1. Descripción y formulación del problema

En la actualidad la Urbanización San Antonio del distrito de San Martín de Porres, ubicada en Lima Norte, presenta una alta densidad de flujo de tránsito urbano, definida por su capacidad vehicular y su velocidad de desplazamiento generada por vehículos interactuantes de sured vial. Sus principales causales son distancia limitada en intersecciones y congestión de arterias viales que se verán reflejadas en su continuidad vial; lo que ocasionará tráfico localizado.

Existe un cierto nivel de tránsito, en el cual los vehículos pueden circular a velocidades relativamente libres, por límites de velocidades asignadas, la frecuencia de intersecciones y otras condicionantes; no obstante, a mayores volúmenes, cada vehículo adicional limitará el desplazamiento del resto; iniciando el fenómeno de la congestión vehicular.

Por lo tanto, se puede deducir que la congestión vehicular prevalecerá a más vehículos; es decir aumenta el tránsito y se reducen las velocidades de circulación. Por lo tanto, partiendo del estudio de falencias de la movilidad urbana y sus efectos, la definición formal del transporte sostenible, plantea la propuesta de mejorar la gestión y diseño implementando medidas relacionadas a la ingeniería de tránsito.

1.2. Antecedentes

1.2.1. En el ámbito internacional

Leiva (2003) señala en la tesis titulada “Análisis de accidentes viales aplicando la

Ingeniería de Tránsito”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad San Carlos de Guatemala – Guatemala, tiene por objetivo principal, encontrar soluciones que permitan reducir el número de accidentes de tránsito en las vías del transporte terrestre y disminuir la gravedad de este problema, a través del conocimiento de las causas más comunes de los accidentes.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Un buen diseño geométrico y una adecuada señalización, no es suficiente para evitar el caos vehicular generado por la conglomeración de las áreas críticas determinadas.

- Las mayores causales de incidencias registradas en las áreas urbanas fueron por imprudencias peatonales y excesos de velocidad, los cuales vinieron acompañados de la ubicación de puntos temerarios, empleados por los mismos peatones, quienes registran un mayor índice en las intersecciones viales y tramos carreteros extensivos.

- La presencia de humedad en las vías de transporte, no son las principales causales de accidentes de tránsito; no obstante, la mayor tasa de accidentes registrada se encuentra en pavimento seco; es decir donde se concentra la mayor carga vehicular.

Ubillús (2019) señala en la tesis titulada “Análisis de la capacidad vehicular en la intersección Eloy Alfaro y Granados en la ciudad de Quito”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Ecuador, presenta por objetivo principal, disminuir el tiempo de movilización, determinando su capacidad vehicular, volúmenes de control, aforos y factor de hora pico, aplicados en la ingeniería de tránsito.

Teniendo como resultados las siguientes conclusiones:

- La intersección actualmente opera con volúmenes bajos en horas de la noche mientras que, durante el día de forma saturada, con un volumen de 6844 vehículos que circulan por este

punto en la hora de la máxima demanda estudiada, la cual se determinó que es de 7:00 a 8:00. Motivo por el cual fue clasificada su carga vehicular en tres grandes grupos: los livianos, públicos y pesados; de los cuales los livianos ocupan el 94% de su composición vehicular, mientras que los públicos y pesados suman el 6% restante.

- Concordando con los datos obtenidos en la hora de máxima demanda, se define el sentido predominante en la avenida Eloy Alfaro Norte hacia el Sur con un flujo de 1158 unidades, seguido de los que se dirigen desde la Av. De los Granados Este hacia el Sur con un volumen de 980 vehículos, lo que convierte la avenida Eloy Alfaro Sur en un punto de convergencia, el cual genera conflictos hacia otros puntos de intercepto, lo que generaría saturación de la vía

- En referencia al Highway Capacity Manual. HCM 2000, se clasificó el nivel de servicio de la intersección en función a las demoras generadas; ubicándola en la categoría “F” lo que representó demoras de 186 segundos por vehículo. Dicha demora indica el tiempo perdido de viaje por usuario causal de detenciones, el que implica incomodidad social e inversiones extras en gastos de combustible.

1.2.2. En el ámbito nacional

Huamán (2016) señala en la tesis titulada “Incidencia de actos y condiciones sub estándares en la generación de accidentes de tránsito en la Av. Circunvalación del Golf – calle Orión”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana Los Andes-Perú, tiene por objetivo principal evaluar las incidencias de actos y condiciones sub estándares en la generación de accidente de tránsito y la incidencia de las señalizaciones de tránsito en la generación de los accidentes de tránsito.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- La mayor causal de accidentes registrados en las zonas urbanas es el exceso de

velocidad, y del punto de observación se detectaron 37 accidentes de tránsito, que representa un 57% de 65 casos registrados, lo que en consecuencia indica la falta de educación vial y respecto a las señaléticas.

- De manera complementaria a la investigación, se puede concluir que los accidentes producto de la imprudencia de los conductores se ubica en rangos más controlados, siendo casos menores, de los cuales tomando una muestra de 112 podemos indicar que se tuvo 09 accidentes de tránsito lo que significa un 14% de una muestra de 65 casos inscritos.

Ríos (2018) señala en la tesis titulada “Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con Infracworks y Synchro 8”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad de Piura-Perú, tiene por objetivo principal realizar un diagnóstico de la situación actual en la Av. Cáceres que revele las fallas técnicas en el sistema vial y así proponer soluciones a mediano y largo plazo desde un punto de vista técnico- económico mediante softwares de simulación y análisis de tránsito como Infra Works y Synchro 8 con metodología HCM 2010 y normativa MTC DG-2018.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Se realizó el análisis de tráfico en la zona de estudio para calcular sus volúmenes actuales durante la hora pico, además se planificó visitas de campo para tomar acotaciones geométricas y determinar la ubicación de dispositivos de tránsito semafóricos en las intersecciones viales.

- Se generó la configuración de red vial actual, la cual analiza el tránsito para posteriormente, generar una propuesta eficiente, gestionando el tránsito, mediante la semaforización y señalización en los principales puntos críticos a tratar, generando un sistema vial coordinado.

- Se proyectó una aplicación metodológica para las intersecciones novedosas tales como CFI (Continuos-Flow Intersection), muy empleada en EE. UU. como una alternativa eficaz sostenible que los diseños viales de paso a desnivel.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Crear un sistema de control de tráfico, que permita descongestionar las vías de transporte.

1.3.2. Objetivos específicos

- Optimizar el nivel de servicio urbano.
- Diseñar la circulación dentro de las áreas de conflicto.
- Emplear la Ingeniería de Tránsito para simular variables de estudio y prevención de accidentes.
- Determinar las causales que produce elegir las variables de velocidad y volumen de circulación.
- Permitir mejorar la calidad del tráfico en las horas punta.

1.4. Justificación e importancia

El sustento para desarrollar el análisis vehicular que permita optimizar el nivel de servicio; sostiene la finalidad de incrementar la capacidad y volúmenes de circulación, mitigando la intensidad de tráfico puntual detectada por su IMD, el aforo vehicular, estudio de tráfico y su número de ejes equivalentes; dentro de los cuales consideraremos factores que inhiben desde sus características diseño-geométricas; hasta sus factores propios de la ingeniería de tránsito.

1.5. Hipótesis

Mediante el empleo de la metodología HCM 2000, se plantea diseñar un sistema de control vial, que mitigue el caos vehicular puntual generado por el tráfico las avenidas, reflejado en la

movilidad urbana; el cual se basará en sus características de la infraestructura vial y su efecto en el flujo vehicular, clasificando la carga vehicular según sus tipos de vehículos y su nivel de aforo; para ello se deberá corregir sus factores de capacidad carril y su nivel de servicio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Definición de diseño vial urbano

Montoya (2005) señala que un sistema vial completamente funcional provee para una serie de movimientos de distintas características dentro de un viaje. Hay seis etapas dentro de la mayoría de los viajes: movimiento principal, transición, distribución, colección, acceso y final. La jerarquía de movimientos en áreas urbanas se puede identificar; sin embargo, la clasificación de vialidades es un poco complicada en áreas urbanas, debido a la alta densidad y usos de suelo, los centros específicos de generación de viajes son muy difíciles de identificar; por lo tanto, se deben tomar en cuenta consideraciones adicionales, tales como continuidad de las vialidades, distancia entre intersecciones, accesibilidad, de manera de poder definir una red lógica y eficiente.

2.2. Clasificación de las vías urbanas

El Manual de Diseño Geométrico (2015) señala que:

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

El Sistema Vial, se clasifica según su normativa de vías adoptada por su funcionalidad en siete categorías principales:

- Vías interregionales:

Son aquellas vías que forman parte del Sistema Nacional de Carreteras y que a su vez integran a la ciudad de Lima con todas las regiones del país. Su función principal es transportar interdepartamentalmente a las cargas y sus pasajeros.

- Anillos Viales:

Los anillos viales son propuestas de circulación caracterizadas por rodear el área central de

la ciudad canalizando los flujos de transporte a través de ellos, evitando la conglomeración en el centro de la ciudad.

- Vías Expresas:

Son aquellas vías que establecen una relación entre el sistema vial interurbano y el sistema vial urbano principalmente, su función específica es aligerar el tránsito de paso; además unen zonas de elevada congestión de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos, empleando una circulación a altas velocidades en lugares determinados que presentan bajas condiciones de accesibilidad, son de uso comercial, industrial y privado.

- Vías Arteriales:

Son aquellas vías que por su grado de articulación, conexión, magnitud y jerarquía en el sistema vial urbano se encuentran interrelacionadas con los grandes sectores más densos de la ciudad. Su articulación va directamente hacia las vías Expresas y los Anillos Viales. Su función es la de permitir generar accesos al tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben permitir una buena distribución y repartición del tráfico hacia las vías colectoras y locales. La avenida Canta Callao se encuentra dentro de esta clasificación.

- Vías Colectoras:

Son las vías que llevan el tránsito de las vías locales hacia las vías arteriales. Prestan servicio tanto al tránsito de paso como hacia las propiedades adyacentes. Pueden ser colectoras distritales o interdistritales. La avenida Carlos Izaguirre se encuentra dentro de esta clasificación.

- Vías Locales:

Son aquellas vías cuya función principal será proveer acceso directo a los predios o lotes, manteniendo únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida. Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semi - pesados; donde se permite el estacionamiento

vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas con las vías colectoras.

- Intercambios Viales:

Son pasos a desnivel, que permiten paralelizar la circulación vial, por dos vías excluyentes que concentran altas densidades a la vez y que su IMD demarca las mismas horas punta a nivel de concentración de tráfico.

Se ha previsto también una categoría adicional denominada “vías especiales” en la que se consideran incluidas aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.

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

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

Tabla N° 1*Diferencias y características de las vías de la presente tesis*

Av. Canta Callao	Av. Carlos Izaguirre
- Vía Expresa Nacional Regional.	- Vía Arterial.
- Es llamada vía.	- Es llamada equivocadamente avenida.
- Permite el tránsito de camiones y carga pesada.	- Permite la repartición del tráfico hacia las vías colectoras y locales.
- Es parte de una red metropolitana, que transporta personas y cargas.	- Es parte de una malla red vial primaria (de largas distancia) y secundaria (de cortas distancias).
- Su intercepción con las vías arteriales pueden ser al mismo nivel.	- Su intercepción con las vías expresas o entre dos arteriales son a desnivel.

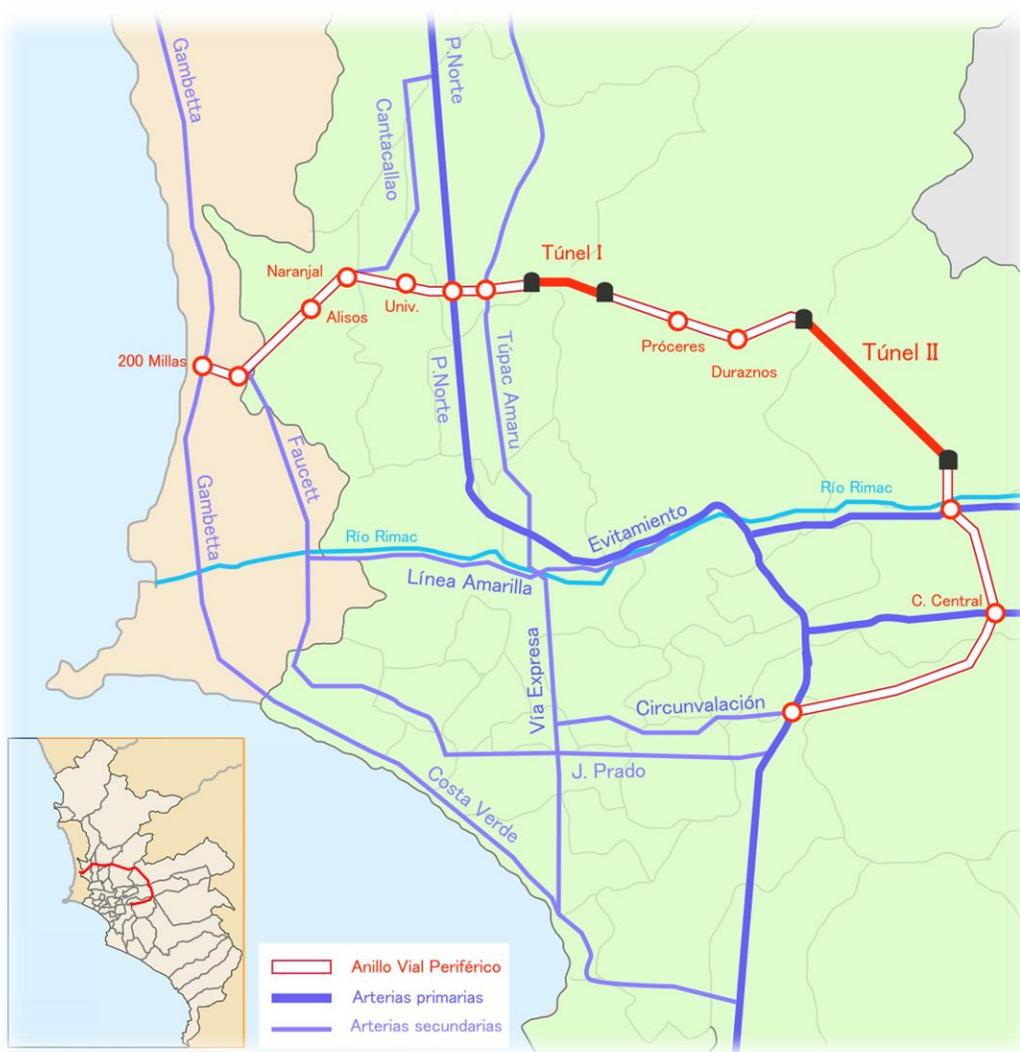
2.3. Pro-inversión: anillo vial periférico de Lima

Es un proyecto de diseño de construcción de autopista de 34.8Km de longitud, cuyo recorrido abarcará once distritos de Lima Metropolitana : San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia, Comas, San Juan de Lurigancho, Lurigancho-Chosica, El Agustino, Santa Anita, Ate, La Molina y San Luis; su recorrido comprenderá desde la avenida Elmer Faucett hasta la avenida Circunvalación y estará conformado por 3 fases: Primera Fase: Periférico Vial Norte (8.7Km), Segunda Fase: Periférico Vial Centro (15.1Km) y la Tercera Fase: Periférico Vial Sur (11Km); entre las cuales cruza La Avenida Canta Callao , comprendida en la Primera Fase del proyecto; la cual a su vez pertenece al área de estudio de la presente tesis, en referencia a su registro de carga pesada vehicular de 123 mil vehículos, que registro en el año 2015, proyectada por pro

inversión . En ese sentido tomaremos las referencias que interceptan al Anillo 3 en el tramo de la avenida Canta Callao; en donde se desarrollará el Túnel 1 y apreciaremos también que dicha avenida se ve limitada por la Avenida Naranjal, que viene de este a oeste y la avenida Néstor Gambetta, que se direcciona de norte a sur.

Figura 1

Anillo vial periférico de Lima



(cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema vial (oferta) a los usuarios (demanda).

La capacidad vial, dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad. Las condiciones prevalecientes son de carácter probabilístico, por lo que puede ser mayor o menor en un instante dado. A su vez, como la definición misma lo expresa, la capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican. Estos se agrupan en tres tipos generales los cuales son los siguientes:

- Condiciones de la infraestructura vial.
- Condiciones del tránsito.
- Condiciones de control.

Los niveles de servicio sirven 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.

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

2.4. Método HCM 2000

Dr. S. Navarro Judiel (2019) señala que: el presente manual fue diseñado para analizar la capacidad y el nivel de servicio de una amplia gama de instalaciones de transporte. Proporciona procedimientos para analizar calles y carreteras, autobuses y trenes ligeros en la vía pública, y senderos para peatones y bicicletas.

Las instalaciones se clasifican en dos categorías de flujo: ininterrumpido e interrumpido. Las instalaciones de flujo ininterrumpido no tienen elementos de tráfico, que sean externos al flujo de tráfico y puedan interrumpir. Las condiciones del flujo de tráfico resultan de las interacciones

entre vehículos en la corriente de tráfico y entre vehículos y las características geométricas y ambientales de la carretera.

Los flujos ininterrumpidos e interrumpidos describen el tipo de instalación, no la calidad del flujo de tráfico en un momento dado. Una autopista que experimenta una congestión extrema, por ejemplo, sigue siendo una instalación de flujo ininterrumpido porque las causas de la congestión son internas.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Aplicada.

3.2. **Ámbito temporal y espacial**

La presente tesis se basa en el proyecto de Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal de las Calles internas de la Urbanización San Antonio-San Martín de Porres – Lima– Lima, ubicado en el distrito de San Martín de Porres – Lima– Lima.

3.3. Variables

Variable independiente

Sistema de control de tráfico.

Variable dependiente

Mitigación del tráfico.

3.4. Población y muestra

3.4.1 Población

La población es un universo de conceptos relacionados a un estudio a desarrollar. Dicha población nos permitirá sacar conclusiones durante el desarrollo de su investigación propia. Para la presente tesis, el universo poblacional estará conformado por la intersección de las avenidas Carlos Izaguirre y Canta Callao.

3.4.2 Muestra

Es un subconjunto parte de la población cuyo objetivo será representativo, puesto que en la presente tesis se ha tomado como muestra el tráfico ocasionado en la intersección vial de las avenidas Carlos Izaguirre y Canta Callao.

3.5. Instrumentos

- Análisis de Circulación: Sustento basado en el legajo técnico de normas, instructivos, bibliografías PDF, y tesis sostenidas en el estudio de tráfico y nivel de servicio mediante el uso del método HCM 2000. LRFD.
- Sistema de Control Urbano: Es el diseño de un parámetro vial, sostenido en una tecnología de software (Sim Traffic 10), que se basa en la observación diaria, que permite el trabajo de campo.
- Ensayos de ingeniería de tránsito (factores): Capacidad carril, relación/ volumen y factor de corrección, velocidad de flujo, densidad de puntos de acceso, demanda de tasa de flujo, factor de hora pico y porcentaje de demora en tiempo por seguimiento.

3.6. Procedimientos

Se llevó a cabo el levantamiento de campo y reconocimiento in situ de sus factores de tránsito.

Se determinó el comportamiento del transporte urbano.

Se realizó el análisis de tráfico.

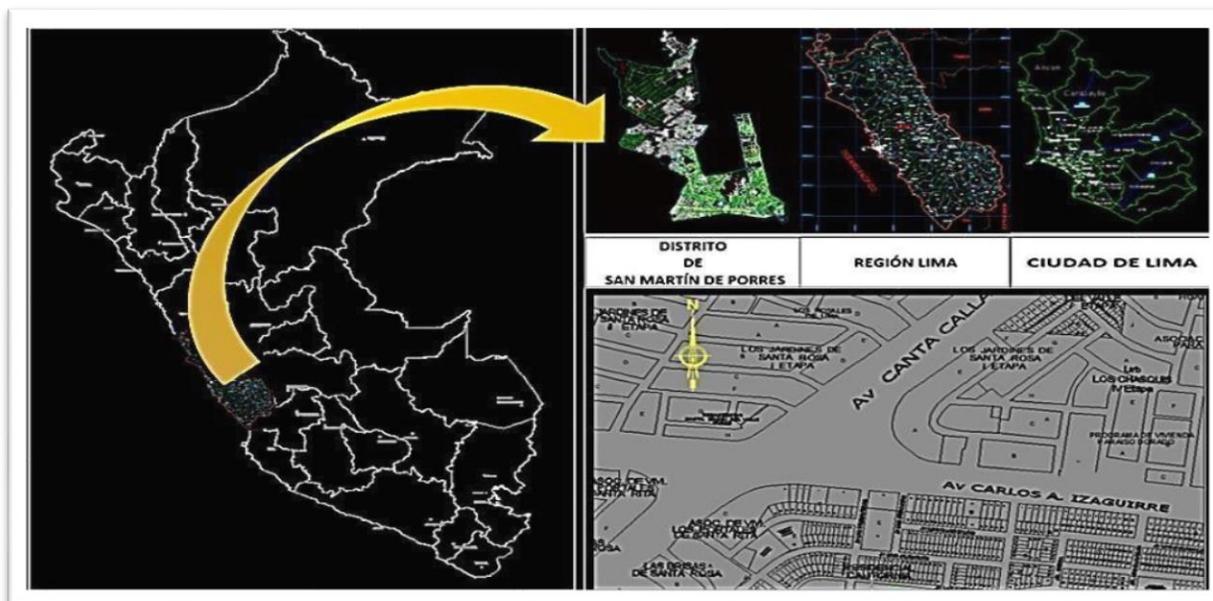
Se realizó el diseño del sistema vial definiendo sus variables de volumen, velocidad y densidad existente.

Se hizo el cálculo de los factores de tránsito proyectados, verificando su fluidez de desplazamiento, tiempo de espera vehicular e incremento del nivel del servicio optimizado.

3.7. Análisis de datos

3.7.1 Ubicación de la zona en estudio

El proyecto de evaluación del tránsito vehicular para mejorar el nivel de servicio para la intersección de las avenidas Carlos Izaguirre y Canta Callao, se desarrolla íntegramente en el departamento de Lima, provincia de Lima, distrito de San Martín de Porres.

Figura 3*Ubicación de la zona en estudio*

3.7.2 Estudio de tránsito

Es la etapa de optimización de tiempos y desplazamientos del corredor vial, que planifica, diseña y opera; empleando las variables y vehiculares y peatonales; además de considerar la semaforización, determinando el tránsito promedio diario; que permita modificar las señalizaciones, sentido, número de carriles por vía y las características de la clasificación vehicular transportada; además formula la consideración y aprobación social; puesto que el diseño ha sido creado para beneficio de los peatones de la urbanización de San Antonio y cuyo fin será transformar el flujo vial concentrado en un ciclo dinámico del transporte en todos sus ejes viales que la conforman. Del estudio de tráfico se deliberan los siguientes conceptos:

- Velocidad: Cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante un período de tiempo.
- Capacidad: Es el máximo desplazamiento de vehículos que pueden recorrer en condiciones básicas (sin tráfico), posibles (tráfico real) y prácticas (alto tráfico).

3.7.3 Ingeniería vial

Formula soluciones a través del uso de normativas, metodologías y softwares; que consideran la planificación del transporte, la seguridad vial y análisis operacional de vías, enfocándose en el desarrollo de un corredor vial sostenible.

3.7.4 Estudio de tráfico

Es la metodología, que tiene por objetivo cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por un por un Camino Vecinal, cuyo elemento indispensable para la ingeniería de tránsito, será el IMD (Índice Medio Diario); cuya determinación aportará a rediseñar y elevar su nivel de servicio; así como también servirá para evaluar la economía del proyecto.

3.7.5 Seguridad vial

El MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), según el Manual de Seguridad Vial 2017; ha normado la seguridad de la infraestructura vial, conjuntamente con su nivel de operatividad de los usuarios de la vía, mediante parámetros de diseño que mitigaran los accidentes producidos en las intersecciones viales empleando obstáculos que permitan moderar la velocidad o restringir posibles movimientos fuera del eje vial.

En la presente tesis, se ha optado por emplear el diseño de “orejas o martillos”, las cuales reducirán el radio de giro, que a su vez disminuirá la velocidad en dichas extensiones de vereda, que permitirán generar una mejor visibilidad y mayor seguridad para los peatones; lo que a su vez impedirá el estacionamiento de vehículos en su tramo.

En las secciones transversales deberán considerar un margen de carretera, puesto que generalmente los accidente que se han presentado fluctúan entre un (30% -40% de todas las muertes producidas por accidentes de tránsito), en carriles de un solo vehículo.

El número de carriles se verá relacionado al grado de seguridad, el cual a su vez se basará en dos variables: el ancho y el número de carriles; en donde se registra que carreteras de dos carriles, presentan un mayor índice de accidentes que los de tres carriles.

El ancho de carril estará ligado a su amplitud, la cual indica que mayor número de carriles, menores serán los accidentes; sabiendo que el máximo valor de ancho de carril será de 3.70m; no obstante, el ancho de berma también será otra variable que permita reducir el número de accidentes, sabiendo que el valor máximo otorgado será de 3m. Ambas variables deberá ser diseñadas para un determinado volumen vehicular.

El ancho de acotamiento o berma es una variable muy importante puesto que, a mayor amplitud de ésta, se reducirán el número de accidentes de tránsito; es por ello que se busca optimizar el mayor ancho posible económico a desarrollar.

La pendiente transversal permite el desarrollo de una carretera en tres aspectos: el drenaje superficial, el drenaje lateral y los puentes y alcantarillas. Su requerimiento, estará ligado a mitigar el hidroplaneo y así incrementar su capacidad de derrapamiento.

Los accidentes por capacidad de giro en las intersecciones serán mitigados por sentidos adecuados de semaforización secuencial.

Asimismo, los accidentes pueden suscitarse por una falla en el criterio técnico para ubicar el separador central, el cual deberá presentar una correcta visibilidad de parada superior a la distancia de parada hacia una correspondiente velocidad de diseño; en consecuencia, el rozamiento entre el neumático y el pavimento deberán presentar un rozamiento mayor al estipulado por la normativa vigente; es por ello que el MTC plantea disponer de una anchura mayor en el separador central, en vez de tener que paliar dicha área. Por otro lado, los accesos urbanos que se presenten en la vía deberán contar con una iluminación correcta, que no sea confundida con la iluminación

propiamente vehicular y que en consecuencia no permita reconocer la separadora barrera de seguridad, la cual debe de cumplir la función de absorber la energía de choque.

Cabe resaltar, que los movimientos de giro vehicular serán normados también por limitaciones de percepción, obstrucción visual y giro a la izquierda permitido.

Tabla 2*Conteo y clasificación vehicular / Avenida Carlos Izaguirre*

Tráfico vehicular promedio diario semanal									
Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total semanal	IMDs sumatoria $V_i/7$
Autos	15	14	32	17	34	37	16	165	24
Station Wagon	24	13	8	31	43	53	11	183	26
Camioneta Pick Up	18	15	13	23	2	14	9	94	13
Panel	3	17	11	5	3	2	1	42	6
Combi	15	32	13	36	18	46	14	174	25
Micro	11	6	9	11	0	4	5	46	7
Ómnibus 2E y 3E	7	5	5	5	9	7	7	45	6
Camión 2E	9	23	13	12	16	21	30	124	18
Camión 3E	6	4	4	7	0	2	0	23	3
Camión 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi Trayler	0	0	0	0	0	2	1	3	0
Trayler	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Total, IMD	108	129	108	147	125	188	96	901	128.7

Tabla 3*Conteo y clasificación vehicular / Avenida Santa Callao*

Tráfico vehicular promedio diario semanal									
Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total semanal	IMDs sumatoria Vi/7
Autos	150	145	140	125	146	179	84	969	138
Station Wagon	164	180	194	186	140	178	114	1156	165
Camioneta Pick Up	138	118	144	173	170	169	105	1017	145
Panel	163	137	161	168	154	158	95	1036	148
Combi	120	101	103	116	143	113	80	776	111
Micro	11	96	97	79	79	4	85	451	64
Ómnibus2E y 3E	93	77	91	85	92	87	64	589	84
Camión 2E	91	46	92	99	89	90	89	596	85
Camión 3E	6	4	4	7	0	2	0	23	3
Camión 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi Trayler	0	0	0	0	0	2	1	3	0
Trayler	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Total, IMD	936	904	1026	1038	1013	982	719	6618	945.4

3.7.6. Zona crítica

Es la determinación de las intersecciones viales, que delimitan el avance continuo, entre un carril y otro, ya sean de un mismo sentido paralelo u otro que lo cruce a éste; que impida sulibre giro o pase y se vea comprometido a depender de una señalética vial que otorgue intervalos de tiempos respectivos de demora a cada calzada interpuesta entre sí.

La zona crítica en ingeniería de proyectos es determinada por el sector delimitante, en el cual no se logrará continuar con el avance, puesto que dos circulantes que viene en sentidos opuestos, se encuentran uno a otro; generando que uno de ellos tome una ruta de desvío la cual se yuxtapone haciendo un giro ortogonal que interrumpe el pase del otro carrilopuesto; es por ello que se deberá asignar el pase vehicular a uno de los carriles yposteriormente al siguiente. De ésta manera se logrará despejar el cruce vehicular y así mantener el orden del tránsito presentado a cualquier hora del día.

3.7.7. Flujo vehicular

Es la medida del grado por la cual la carretera cumple su función de suministrar una movilidad eficiente y para ello el porcentaje de tiempo empleado en seguir un vehículo, es aquel porcentaje promedio de tiempo de viaje que un vehículo debe viajar en una fila detrás de un vehículo a velocidad lenta debido a no poder realizar maniobras de rebase; puesto que las variables que determinan su comportamiento serán la velocidad y el volumen, que intrínsecamente aluden a la densidad del tráfico.

3.7.7.1 Características del flujo vehicular. Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en la consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes detransporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implantación de medidas

de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes.

Entonces, las características básicas del flujo vehicular son la Velocidad, La Intensidad de Tráfico, El Factor de Hora Pico y la Densidad, y mediante la deducción de relaciones entre ellas, se pueden determinar las características de la corriente de tránsito, y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto. De igual manera, el conocimiento de estas tres variables puede ayudar a indicar la calidad o Nivel de Servicio experimentado por los usuarios de cualquier sistema vial.

3.7.7.2 Tipos de flujo vehicular. Existen dos tipos de flujo vehicular, los cuales a continuación mencionaremos:

- Flujo de Circulación Continua: Es una vía en estudio que presenta poca cantidad de vehículos, en donde cada conductor puede escoger libremente su velocidad de desplazamiento en la vía, para ello se deben presentar las siguientes casuísticas: Cuando su diseño geométrico y de operación del tránsito presenta mayor capacidad del desplazamiento ideal y Cuando los vehículos que lo conforman recorren el tramo sin detenerse en ningún momento por otras circunstancias diferenciadas de la corriente del tránsito, por el ejemplo: vías adyacentes paralelos a la vía a intersecciones a nivel.
- Flujo de Circulación Discontinua: Las características geométricas y de operación del tránsito se alejan de las ideales. Los vehículos que recorren dicho tramo se ven obligados a detenerse por elementos fijos que producen interrupciones periódicas tales como, señales de preferencia de paso, tales como semáforos y entre otros, etc.

3.7.8. Factores de flujo

Los factores de corrección y determinación de la capacidad y los niveles de servicio son dependientes de la vía o del tránsito.

3.7.8.1 Factores dependientes de la vía. Ancho de carril inferior a 3.60 m. (Manual.de.Carreteras.DG-2018/ ítem 304.03) y la capacidad de maniobra de adelantamiento.

3.7.8.2 Factores dependientes del tránsito. La presencia de mayor cantidad de camiones y autobuses que influyen negativamente ya que las condiciones ideales solo consideran vehículos livianos.

3.7.9. Razones de flujo y volúmenes de servicio

Son las relaciones de cantidad de transporte vehicular que se desplazan en un segmento de carretera con flujo ininterrumpido. Cada nivel de servicio representa un rango distinto de condiciones de operación; se sabe también, que para carreteras de flujo ininterrumpido es posible definir la máxima razón de flujo que puede ser sostenida para cualquier nivel de servicio dado. Estos valores son llamados razón de flujo; mientras que los volúmenes de servicio son a diferencia de los anteriores mencionados, parámetros de servicio definidos en términos de densidad, que se desplazan por los carriles vehiculares de una carretera en un mismo sentido y que determinan la capacidad vehicular de un tramo de vía a desarrollarse.

3.7.10. Planificación del transporte

Es un proyecto de estudio de demandas presentes y futuras de movilidad urbana, que involucra a personas y automóviles. Dichos proyectos están precedidos por estudios de factibilidad urbanística, que necesariamente partirán del comportamiento y/o aceptación de los peatones, frente al desplazamiento y circulación de los medios de transporte. Existen dos tipos de flujo vehicular, los cuales a continuación mencionaremos:

- Análisis de circulación: calculamos las variables a rediseñar.
- Diseño del Proyecto: presentamos un nuevo sistema vial
- Planificación vial: aplicamos la hipótesis en la muestra a renovar, obtenemos resultados

y verificamos por software.

- Asignación de variables: clasificamos y exponemos el nuevo nivel de servicio optimizado.

3.7.11. Niveles de servicio

Es el parámetro que se utiliza para evaluar la calidad del flujo. Es “una medida cualitativa que presenta las condiciones operacionales del flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros”. Dichas condiciones describen variables, como: “velocidad y el tiempo de recorrido; la libertad de maniobra; las interrupciones de circulación; el confort, las conveniencias urbanas y la seguridad vial. Para cada tipo de comportamiento de frente a la infraestructura vial se definen seis niveles de servicio, para los cuales se dispondrá de los procedimientos de análisis, mediante el cual se le otorgará una categoría de letra desde la A hasta la F siendo el nivel de servicio (NS) A el que representa las mejores condiciones operativas, y el NS F, las peores.

Tabla 4*Nivel de servicio*

Calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento Autopistas				
Nivel de servicio	En la propia carretera	Carreteras, conexión, colectoras, distribuidoras y de enlace	Carreteras de dos carriles	Vías Urb.
A	I - III	II - III	II	III-IV
B	II	III	II - III	III-IV
C	II - III	III - IV	III	IV
D	III - IV	IV	IV	
E	IV - V	V	V	IV
F		Insatisfactorio		V

Fuente: Manual de carreteras, diseño geométrico DG-2018.

3.7.11.1 Determinación del nivel de servicio. Es la categorización que dará lugar a la comparación de las variables tasa flujo con la capacidad de dos sentidos individualmente comparados, la cual es representada por letras comprendidas desde la A hasta la F.

Figura 4*Tipos de nivel 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**

3.7.11.2 Curva de 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 pasajeros.

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

Dependiendo de las condiciones de operación, por conveniencia se han elegido nombrarlos de mejor a peor con las letras de la A a la F. A cada Nivel de Servicio le corresponde un volumen de tránsito o volumen de servicio.

La importancia de su desarrollo faculta la realización de un proyecto de nueva vía y la investigación de las condiciones de operación de una vía existente (Estudio de saturación de una vía).

Pasos a seguir:

Primero se realiza la determinación de la velocidad de flujo libre, que es medida en el tránsito en condiciones de bajo volumen (hasta 200 automóviles/hora en ambos sentidos) y puede ser obtenida mediante la medición directa en campo o por estimación.

Luego, para la determinación del flujo vehicular deben realizarse tres ajustes al volumen horario de demanda, con base en los conteos manuales de tránsito o en estimaciones, para así llegar al flujo horario expresado en vehículos equivalentes.

La velocidad promedio de viaje se estima a partir de la velocidad a flujo libre, el flujo de demanda y un factor de ajuste por el porcentaje de zonas de no rebase. - A continuación, se determina del porcentaje de tiempo perdido por seguimiento a partir del flujo de demanda, de la distribución direccional del tránsito y del porcentaje de zonas de no rebase.

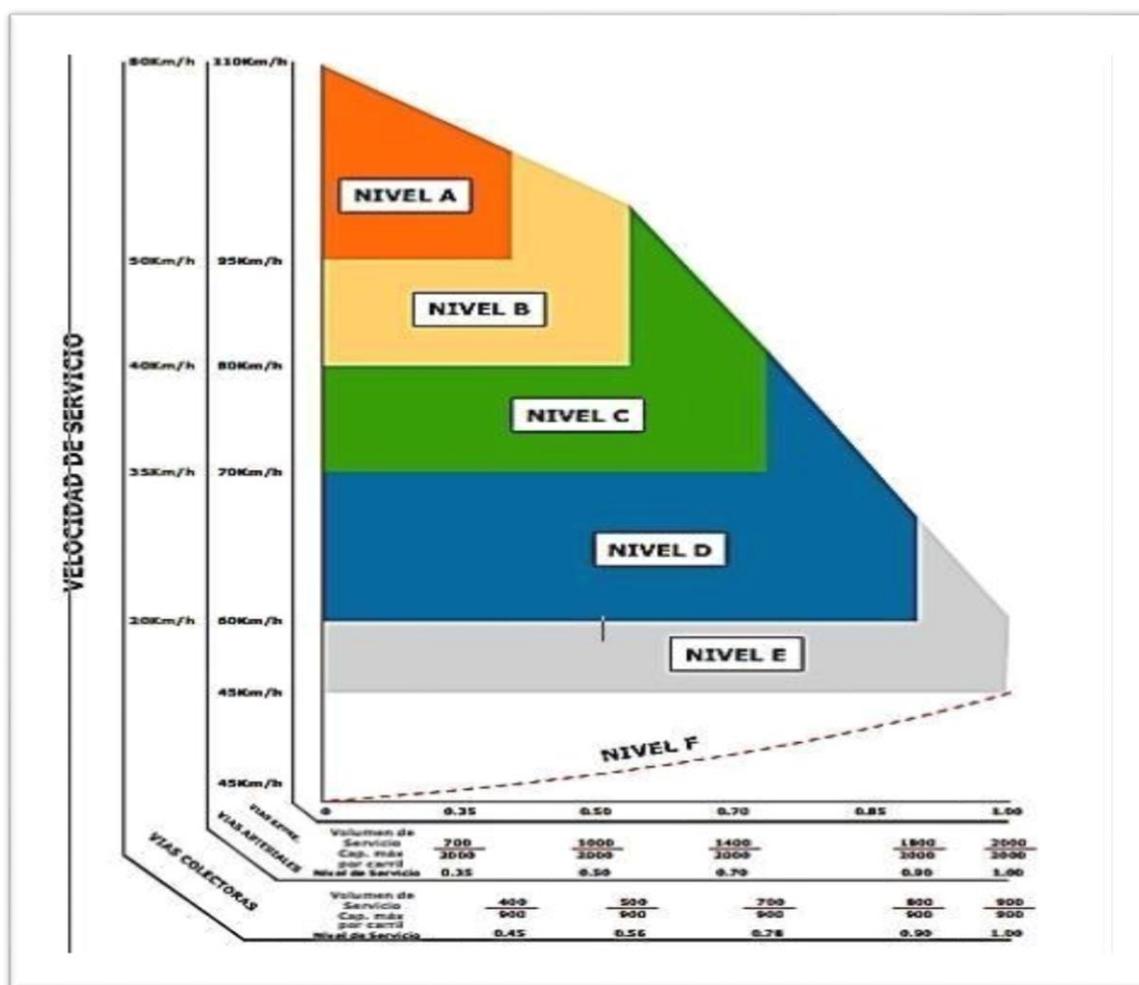
Llegados a este punto, el primer paso para determinar el nivel de servicio es comparar el flujo equivalente en automóviles, con la capacidad de 3.200 autos equivalentes/hora en ambos sentidos en condiciones ideales de la carretera. Si el valor del flujo equivalente es mayor que la capacidad, entonces la carretera opera en sobresaturación y el nivel de servicio es F. Si el valor del flujo equivalente es menor que la capacidad, el nivel de servicio se determina localizando los rangos del porcentaje del tiempo empleado en seguimiento y la velocidad media de viaje,

presentados en las tablas correspondientes para carreteras de Clase I o de Clase II.

Finalmente, también se pueden determinar otras medidas de funcionamiento o rendimiento como la relación volumen a capacidad, los viajes totales durante un período de 15 minutos y durante la hora de máxima demanda y el tiempo total de viaje durante 15 minutos.

Figura 5

Relación nivel de servicio / velocidad de servicio / índice de servicio



Fuente: Manual 2005 VCHI de diseño geométrico de vías urbanas.

3.7.12. Variables de definición del flujo vehicular

Para aplicar el diseño determinaremos las siguientes variables

- Variables macroscópicas: La densidad de flujo vehicular, se determinará por la capacidad de volumen de desplazamiento vehicular por carril a una determinada velocidad; para ello emplearemos el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico Revisada y Corregida a enero 2018; en donde se relaciona la calidad del flujo versus el volumen por carril requerido.
- Variables microscópicas: La velocidad promedio de desplazamiento, es aquella que se genera en el espaciamiento entre vehículos que viajan en un mismo carril en un determinado tiempo promedio.

Tiempo promedio de viaje en el segmento de la vía: El tiempo empleado para el desplazamiento vial urbano; está definido, según el tipo de volumen vehicular y su calidad de flujo; además de su longitud de visibilidad continua y sus valores de diseño geométrico para cruces urbanos.

Tabla 5

Volúmenes vehiculares de servicio según calidad de flujo

Calidad de Flujo	C: (Volumen por Carril)
I	2.00
II	1.90
III	1.80
IV	1.70
V	1.60

Fuente: Manual de carreteras, diseño geométrico revisada y corregida a enero de 2018

Tabla 6*Longitudes de visibilidad continua*

Velocidad(Km/h)	Longitud (m)
30	150
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	500
100	600
110	700
120	800

Fuente: Manual de Carreteras: diseño geométrico revisada y corregida a enero de 2018.

Tabla 7*Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas*

Descripción		Unidad	Velocidad
Distancia mínima de visibilidad	De parada	m	80
	De paso	m	60
	Máxima	%	7
	Mínima	%	7
Curvas verticales	Kmín. de paso =L/A	m%	0.5
	Kmín. de parada=L/A	m%	0.5
	Longitud mínima	m	0.5
Peralte máximo		%	7
Eliminar bombeo no favorable si el radio es menor que		m	7
Emplear curva de transición si el radio es menor que		m	1.830
Distancia mínima a un obstáculo lateral desde el borde de la calzada		m	600
Altura mínima de pasos peatonales subterráneos		m	325
Entretangencia entre curvas de distinto sentido		m	225
Entretangencia entre curvas del mismo sentido		m	0.8
Intersecciones no semaforizadas: radio mínimo en las esquinas		m	0.8
Intersecciones semaforizadas	Ancho en zona peatonal		2.5
	Ancho en tramos en tangente		2.5
	Ancho de carril en tramos en curva		2.5

Fuente: Manual de carreteras. Diseño geométrico revisada y corregida a enero de 2018.

3.7.13. Variables de sistema de control urbano

Son los parámetros que se utilizan para evaluar la calidad del flujo y las características del movimiento vehicular, buscando reducir tiempos, demoras y congestión de la red vial de tráfico puntual, para ello consideramos las siguientes variables a desarrollar:

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

$$FFS = BFFS - fls - fa$$

Donde:

FFS = Velocidad a flujo libre estimada (Km/h)

BFFS = Velocidad base de flujo libre (km/h)

Fls = Ajuste del ancho de carril y el ancho de

berma Fa = Ajuste para puntos de acceso.

3.7.13.2 Variables de flujo vehicular. Tasa de Flujo (q): La tasa de flujo es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada.

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

Donde:

N = Número de vehículos

T = Tiempo inferior a una hora (veh / min), (veh / seg) “o” (veh / hora)

Intervalo Simple (h_i): Es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, generalmente expresado en segundos y medido entre puntos homólogos del par de vehículos.

Intervalo Promedio (h): Es el promedio de todos los intervalos simples existentes, entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo (s/veh).

$$N-1$$

$$h = \sum h_i$$

$$i = 1 \text{ a } N-1$$

Donde:

$$(h) = \text{Intervalo promedio (s/veh)} \quad N = \text{Número de vehículos (veh)}$$

$$N - 1 = \text{Número de intervalos (veh)}$$

$$h_i = \text{Intervalo simple entre el vehículo } i \text{ y el vehículo } i + 1$$

Relacionando 4.2.5.1 y 4.2.5.3; obtenemos:

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

3.7.13.3 Densidad o concentración (k). Tasa de Flujo (q): La tasa de flujo es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada.

$$K = \frac{N}{d}$$

Espaciamiento Simple (si): Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras.

Espaciamiento Promedio (s): Es el promedio de todos los espaciamientos simples que existen entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículo (m/veh).

$$N - 1$$

$$s = \sum si$$

$$i = 1N - 1$$

Donde:

s = espaciamento promedio (m/veh) N = Número de vehículos (veh)

$N - 1$ = Número de espaciamentos (veh)

Si = Espaciamento simple entre el vehículo i y el vehículo $i - 1$

Tabla 8

Factor de agente por pendiente

Rangos de flujo de dos Vías (veh/h)	Rango de flujo	Tipos de Terreno	
		Nivelado	Ondulado
0 - 600	0 -300	1.000	0.71
> 600 - 1200	> 300 - 60	1.00	0.93
>1200	> 600	1.00	0.99

Fuente: Highway Capacity. Manual 2000

3.7.13.4 Velocidad (v). La velocidad es definida como una razón de movimiento en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora (km/h). El HCM 2000 usa la velocidad promedio de viaje como la medida de velocidad, ya que es fácil de calcular observando cada vehículo dentro del tránsito y es la medida estadística más relevante en relación con otras variables.

3.7.13.5 Velocidad promedio de viaje (s). La velocidad promedio de viaje es una medida de tránsito basada en la observación del tiempo de viaje en una longitud dada de carretera. Se

calcula como la longitud del segmento dividido entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento, incluyendo todos los tiempos de demoras por paradas. La velocidad promedio de viaje se calcula dividiendo el largo de la carretera, sección o segmento bajo consideración entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento. La Ecuación 1.2-1 expresa la velocidad promedio de viaje.

$$S = \frac{L}{t_a}$$

Donde:

S = Velocidad promedio de viaje (km/h)

L = Longitud del segmento de carretera (km)

t_a = Tiempo promedio de viaje en el segmento (h)

3.7.13.6. Volumen o intensidad de tránsito (q). El volumen de tránsito es definido como el número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”. Un intervalo común de tiempo para el volumen es un día, descrito como vehículos por día. Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las carreteras.

3.7.13.7. Factor de hora pico (FHP). El factor de la hora pico, representa la variación en la circulación dentro de una hora. Las observaciones de la circulación indican constantemente que los volúmenes encontrados en el periodo de 15 minutos del pico dentro de una hora no se encuentran sostenidos a través de la hora completa. El uso del factor de la hora pico en la ecuación para determinar la tasa de flujo considera este fenómeno. En vías multicarriles, los valores típicos del factor de hora pico, FHP varían entre 0.80 y 0.95. Un factor de hora pico bajo es característico de condiciones rurales. Factores altos son condiciones típicas de entornos urbanos y suburbanos

en condiciones de hora pico. Los datos del campo deben ser utilizados en lo posible para desarrollar el cálculo del factor de hora pico de condiciones locales. El factor de hora pico es la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo ($q_{\text{máx}}$), que se presenta en un periodo dado dentro de dicha hora como se aprecia en la Ecuación.

$$\text{FHP} = \frac{\text{VHMD}}{q_{\text{máx}} \times N}$$

Donde:

FHP = velocidad promedio de viaje (km/h)

VHMD = longitud del segmento de carretera(km)

$q_{\text{máx}}$ = tiempo promedio de viaje en el segmento (h)

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda, periodos que pueden ser de 5, 10 o 15 minutos.

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

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

$$D = \frac{v}{S}$$

Donde:

v = razón de flujo (veh p/h)

S = velocidad promedio de viaje (km/h)

D = densidad (veh p/km/carril)

N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda, periodos que pueden ser de 5, 10 o 15 minutos.

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

Relacionando las fórmulas anteriores obtenemos:

$$S = ve \times h$$

$$ye = vl - \frac{vl \ k}{Kc}$$

$$vm = \frac{vl}{2}$$

$$qm = \frac{vl \times kc}{4}$$

$$q = vl \times k - \frac{vl \ k}{kc}$$

$$q = vl \times k - \frac{vl \ k}{kc}$$

Donde:

s = Espaciamiento promedio

Ve = Velocidad promedio

h = Intervalo promedio

k = Densidad o concentración

v = Razón de flujo

vl = Velocidad media espacial a flujo libre (km/h)

Kc = Densidad de congestionamiento (veh/km/carril)

vm = Velocidad máxima

qm = Flujo máximo

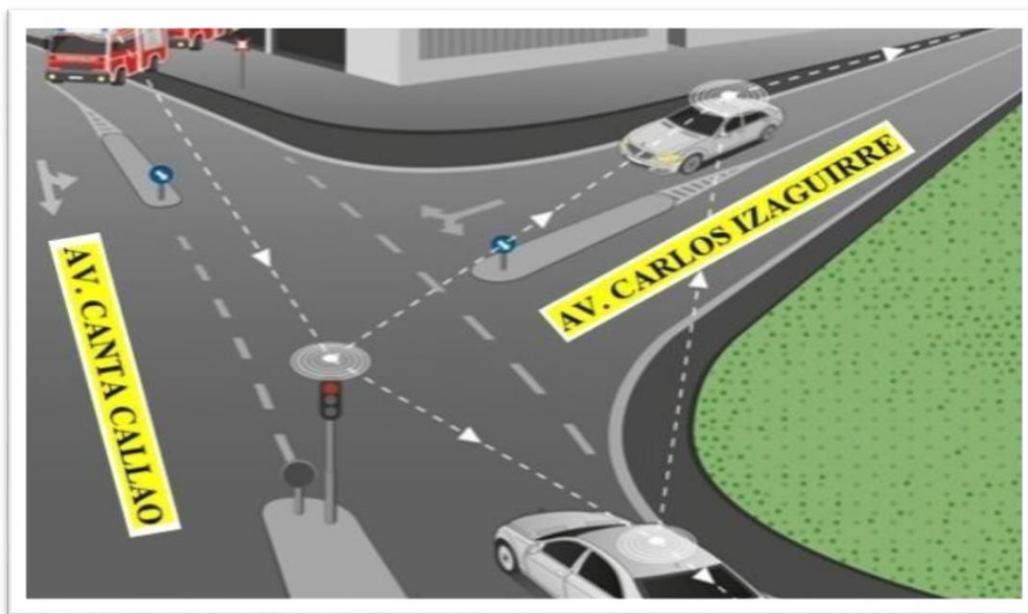
km = Densidad máxima

3.7.14. Diagrama de flujo vial

Aplicamos los principios de la Malla Cross, en Ingeniería de Tránsito; para demostrar que nuestro diseño es viable; asumiendo los sentidos del tráfico que debe estructurarse en la Ingeniería Vial del sistema y con ello obtendremos las velocidades reales de diseño que deben de tener los 4 ejes obtenidos de la intersección, para lograr manejar un tránsito ordenado y reestructurado, cuyo nivel de servicio se elevará en beneficio de todo el distrito.

Figura 6

Intersección vial



3.7.15. Propuesta comparativa con el método de “Hardy Cross” aplicado a la Ingeniería de Tránsito

El método de Hardy Cross, es el método de asignación y redistribución por excelencia, que permite generar un diseño de análisis estructural para vigas estáticamente indeterminadas y marcos/pórticos planos, que permitía el cálculo de estructuras hiperestáticas mediante

un método iterativo que converge hacia la solución correcta; generando una matriz de redistribución sea de cargas estructurales propiamente dichas en la estática o en la dinámica como el comportamiento de caudales repartidos y direccionados en canales de tuberías, generando circuitos numerados que demuestran su avance a través de un sistema de engranajes concadenado para la mecánica de fluidos; no obstante dicho método es también empleado en otras ramas de la ingeniería civil; como es la topografía; en la cual a través del método de mínimos cuadrados; realiza la distribución y/o corrección de diferencias planimétricas, altimétricas y taquimétricas del terreno a nivelarse.

Asimismo hoy en día; tomando las referencias y resultados obtenidos a través de las diferentes asignaturas en mención trabajadas durante mi período de formación universitaria; consideré el Método de Hardy Cross; una herramienta muy ventajosa e importante matricialmente hablando y para ello, decidí aplicarlo en la Ingeniería de Tránsito; obteniendo resultados comparativos con los desarrollados a través del empleo del método de HCM 2000; de los cuales logré comparar las velocidades finales obtenidas; logrando mejorar el nivel de servicio a través de ésta nueva propuesta; que hará énfasis en centrarse únicamente en la definición de los ejes viales, el sentido de la fluidez vial y las velocidades de redistribución que no requerirán las ampliaciones de áreas para incrementar carriles paralelos a la vía principal; lo que optimizaría costos por áreas nuevas a considerarse; además de generar su empleo un mayor impacto ambiental definido por la contaminación del aire generado por una mayor concentración de tráfico en las horas pico; determinadas por su IMD como aporte de la ingeniería de tráfico.

Mediante este método lograremos plasmar el sentido vehicular que no requiere el uso y/o empleo de dispositivos de señalización que regule la circulación vehicular; tales como son los semáforos, empleando servicio de luz eléctrica y valorización de los equipos cuantificados e

emplearse; es decir dicho método una vez más se convertiría en un aporte a los costos y presupuestos ligados a nuestra programación de obra a culminarse en su fecha contractualizada

A continuación, explicaré el procedimiento a seguir para el cálculo de las velocidades en los cuatro cuadrantes generados en la intersección vial:

Ubicar la intersección vial y los cuadrantes generados de ello.

Numerar los cuatro cuadrantes y otorgar un sentido de desplazamiento vehicular a cada sector generado.

Figura 7

Señales canalizadoras

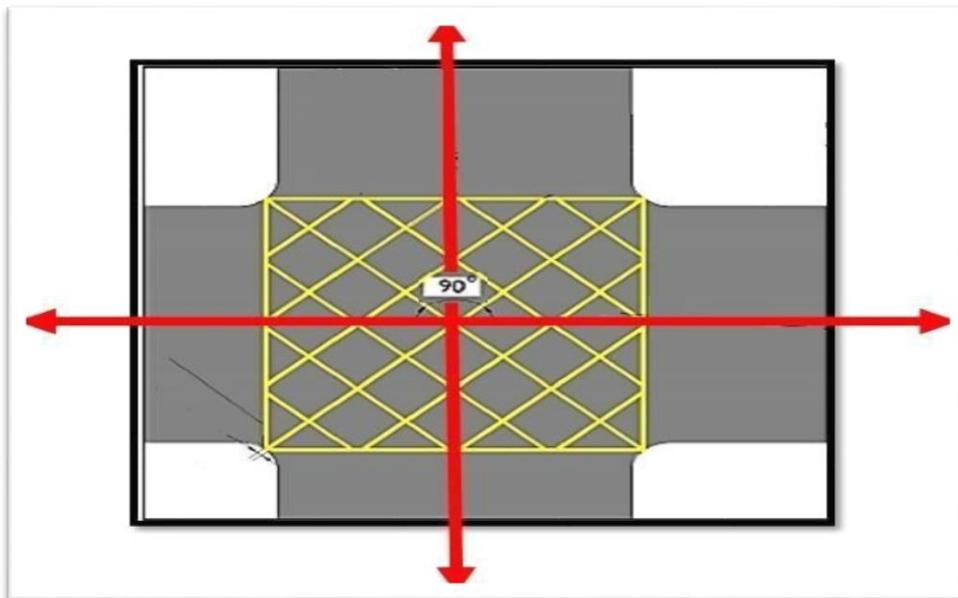
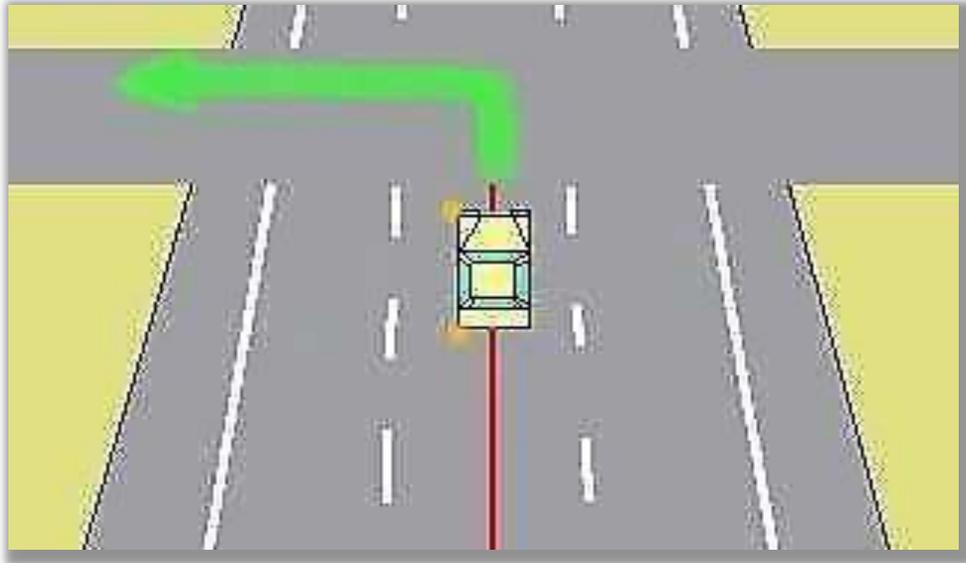


Figura 8

Capacidad de giro



Definir el ancho de calzada (m) y la longitud de tramo para cada sector (Km)

Figura 9

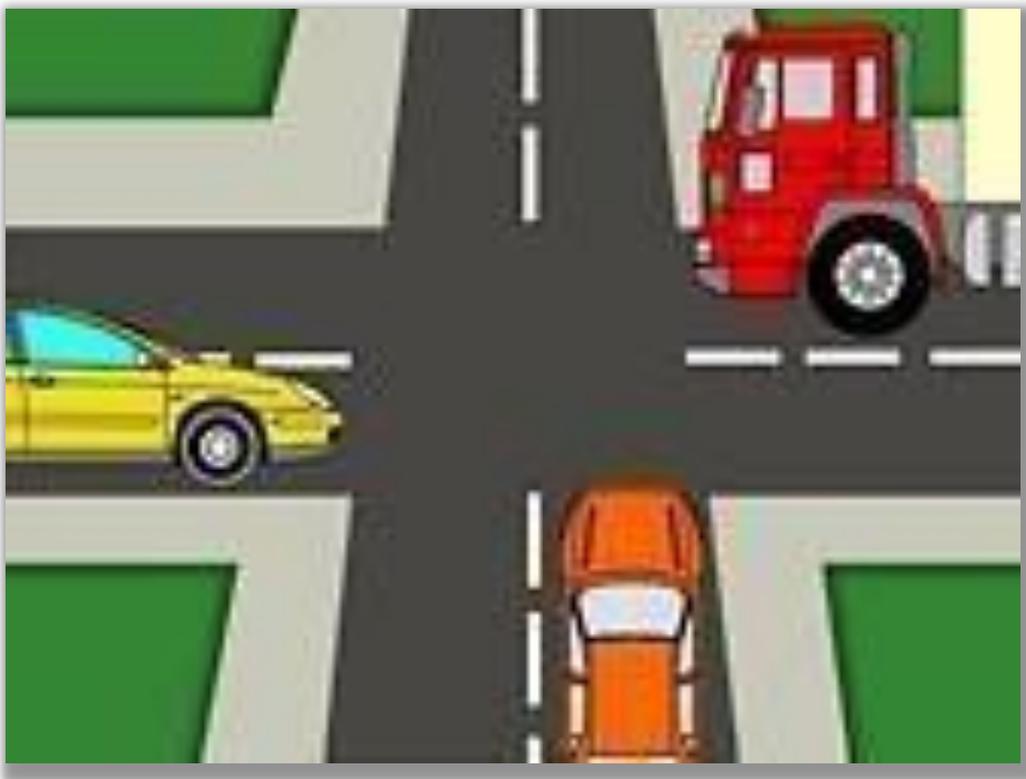
Calzada / Carril



Hallar el desplazamiento real y el desplazamiento obtenido del producto de la longitud y la pendiente de tramo; además se obtendrá también el desplazamiento de carga, el cual se verá definido por desplazamiento real dividido entre carga vial existente.

Figura 10

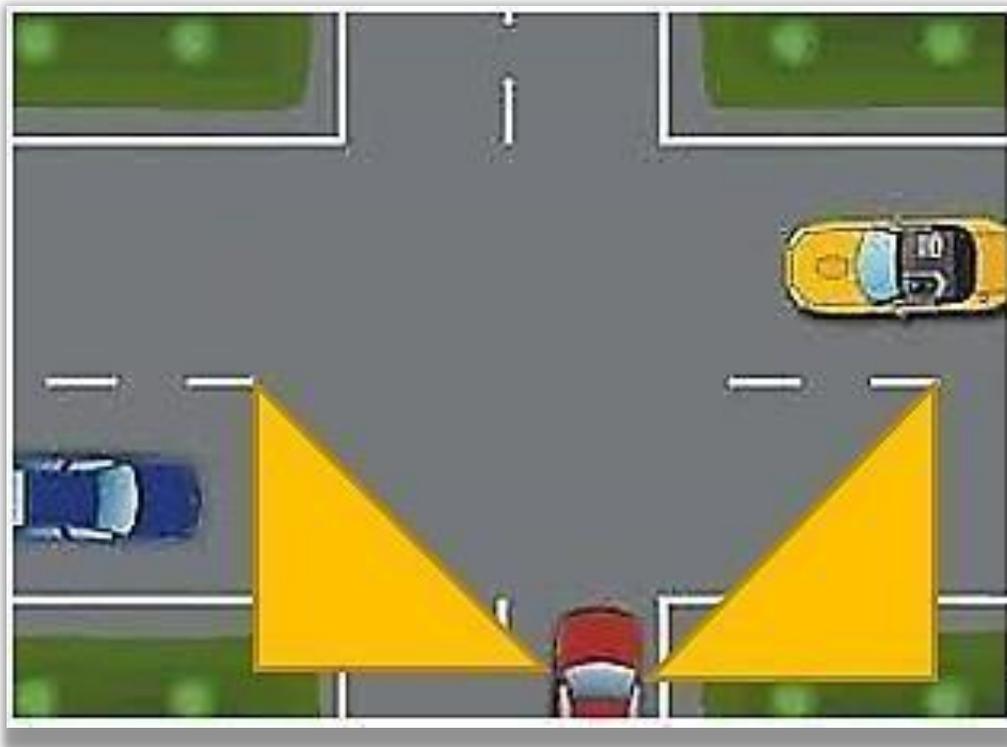
Preferencia de paso



Determinar la corrección triangular isométrica, definida por la división del desplazamiento real por el producto del factor de reducción en la velocidad promedio de viaje en zonas de no rebase = 1.85, con el valor del desplazamiento por cargas.

Figura 11

Islas de canalización



Calcular del flujo vial (Proyectado), sumando la carga vial existente, pendiente, el desplazamiento real, por carga y la corrección triangular.

Figura 12

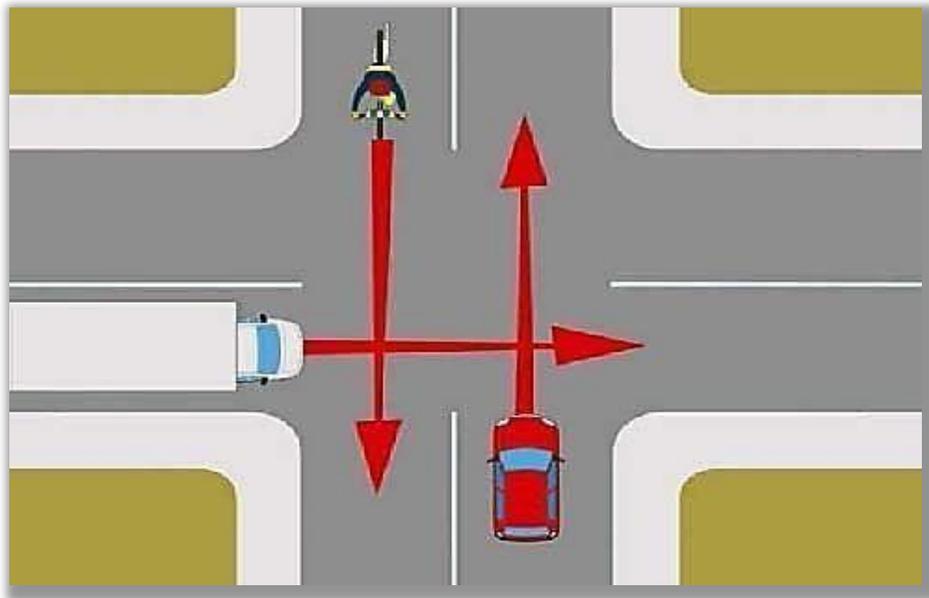
Congestión vial



Hallar el área de transición, generado por el producto de las longitudes consecutivas de la triangulación que conforman el ángulo 90 grados de la esquina del cuadrante.

Figura 13

Vía preferencial



3.8. Presentación por Sim Traffic 8.0

La intersección vial urbana, que acopla cambios en su concentración vial; reflejando el comportamiento vial urbano vigente, anterior al planteado; el cual se veía comprometido en horas pico y vulnerable a incrementar el aforo vehicular, mediante la cual los cuatro carriles respectivos de cada tramo de las dos avenidas interceptadas; se ven colisionadas de manera mixta, conformadas por autos, Station Wagon, Camionetas Pick Up, Panel, Combi, Micro, Omnibús 2E y E, Camión 2E, Camión 3E, Camión 4E, Semi-Trayler y Trayler.

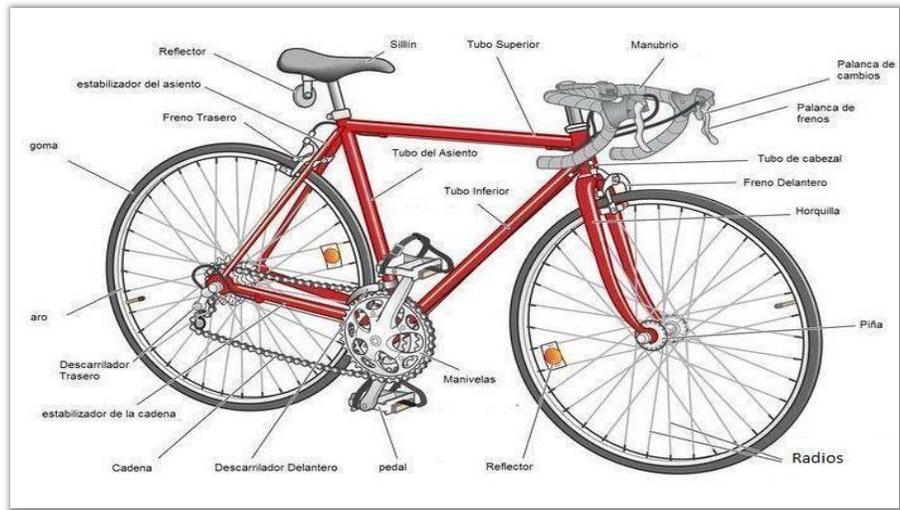
Figura 14*Colisión vial*

En la siguiente imagen, se observan las filas de los vehículos en posición intercalada de carril a carril; lo que demuestra la incrementación de la capacidad vial para los diferentes tipos de vehículos que la conforman y así poder elevar su velocidad de desplazamiento; trasportándose a una mayor frecuencia que disminuye su tiempo de espera entre un vehículo y otro contiguo; al margen del tipo de vehículo del que se haga la comparación; cabe resaltar que para lograr dicho fin, se ha tomado como referencia las velocidades de diseño consideradas para cada avenida respectiva; como son: Para la avenida Carlos Izaguirre (60Km/h) y Canta Callao (80Km/h); las cuales al interceptarse; colisionan en un área de transición la cual deberá admitir un orden respectivo para cada carril entrante y saliente de ambas avenidas y de ésta manera; mitigar el caos vehicular generado por dicha área crítica, de la cual parten los cuatro cuadrante respectivos.

Figura 15*Reducción vehicular*

3.9. Plan de implementación de ciclo vías

En el año 2020, la Municipalidad de Lima complementó el Sistema Vial Urbano de la Municipalidad de San Martín de Porres, bajo la implementación de la propuesta de un sistema de transporte no motorizado, el cual planteó la creación de carriles paralelos equidistantes ; laterales parciales o de carril central; para sumar al distrito de la referencia a los lineamientos técnicos de la planificación vial actual, cuya finalidad sería proponer una medida de transporte que cumpla con los lineamientos vigentes a la emergencia sanitaria de momento, la cual calzo en el uso de la bicicleta.

Figura 16*Bicicleta-sistema de transporte no motorizado*

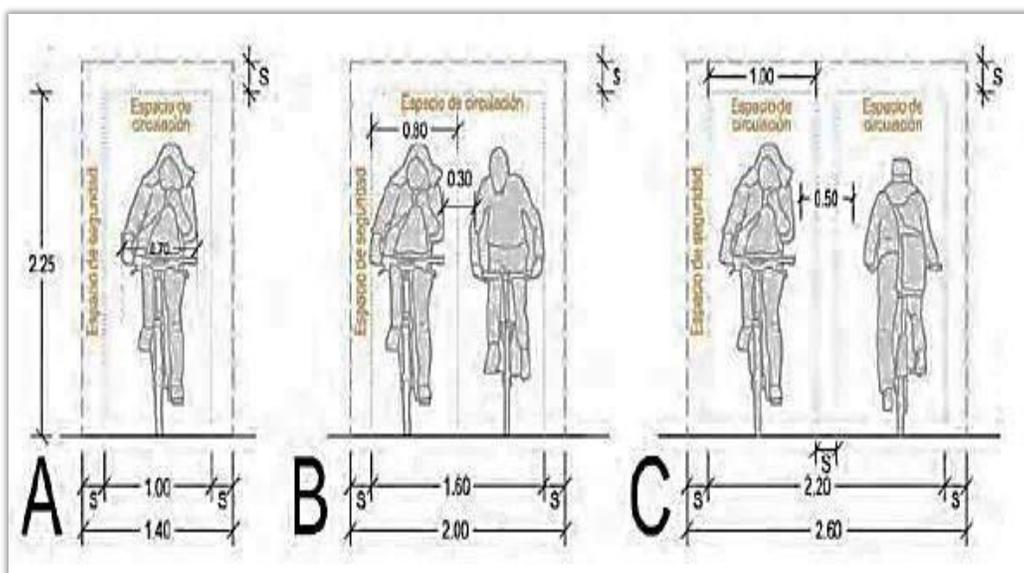
Además, la mitigación de concentración de personas en un vehículo de transporte público; los cuales de momento solo aceptaban un aforo vehicular restringido de un 50% operacional y bajo riesgo propio de contagio del COVID-19.

Figura 17*Ciclovía*

La propuesta impulsó el uso de bicicletas hacia sus centros laborales y/o de abasto de alimentos; además dicha medida no generaría impacto ambiental y reduciría los costos de transporte por las avenidas principales, esperando paralelamente aligerar los tiempos de demora de concentración de tráfico en paraderos, donde comúnmente se extendían largas colas.

Figura 18

Distancia carril ciclo vía



No obstante, para la intersección vial de la presente tesis no se acoplarían; puesto que los accesos más cercanos hacia ambas avenidas Canta Callao y Carlos Izaguirre, sería la Avenida Alisos y la Avenida Universitaria respectivamente, las cuales, si cuentan con dicha implementación, pero no contemplan la carga vehicular ni las altas velocidades permitidas en la intersección vial de la presente tesis.

Figura 19

Ciclista en la vía



IV. RESULTADOS

4.1. Cálculo de variables de control urbano

4.1.1 La Velocidad (S)

$$S = \frac{L}{ta}$$

Tabla 9

La velocidad

Avenidas	L	S	ta
Av. Carlos Izaguirre	1Km = 1000m	55Km/h = 15.28m/s	72s = 0.018h
Av. Canta Callao	1Km = 1000m	58Km/h = 16.11m/s	0.92s=0.017h

Donde:

S = Velocidad promedio de viaje (m/s).

L = Longitud del segmento de carretera (m).

ta = Tiempo promedio de viaje en el segmento (s).

4.1.2 Factor de hora de máxima demanda (FHMD)

$$FPH = \frac{VHMD}{q_{max} \times N}$$

Tabla 10*El factor de hora de máxima demanda*

Avenidas	FHM D	VHMD	Q_{máx}=V1 5	N
Av. Carlos Izaguirre	0.80	2210	690	4
Av. Canta Callao	0.91	2800	770	4

Donde:

FHMD = El factor de la hora de máxima demanda.

VHMD = Volumen horario de máxima demanda.

q máx (V15) = Volumen máximo correspondiente al período de la hora de máxima fluenciavial.

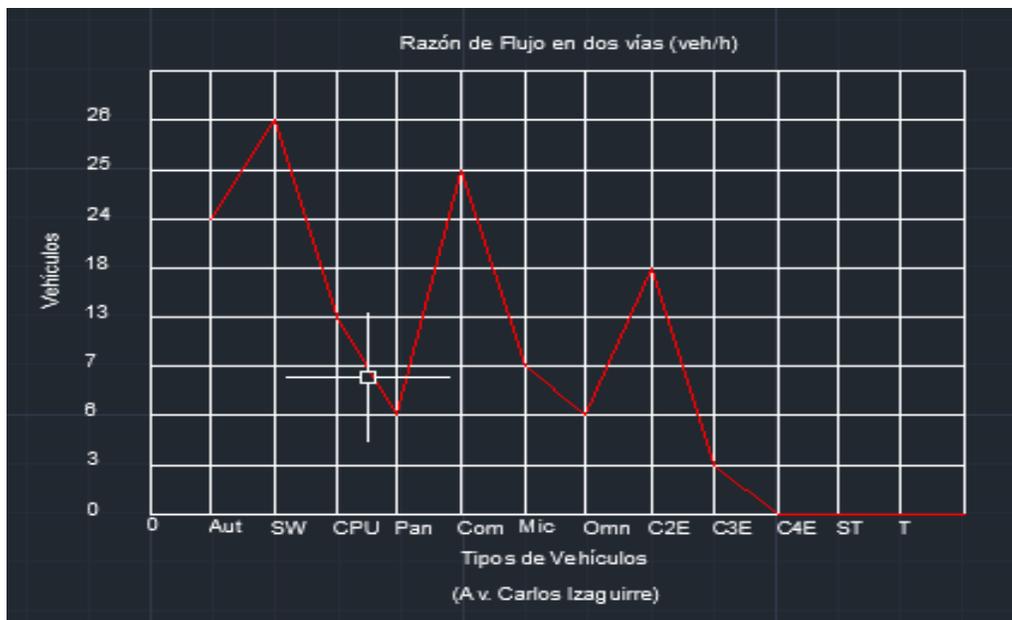
N = Número de períodos tomados en la hora de máxima fluencia vial.

4.1.3. Densidad de vía (D)

$$D = \frac{v}{S}$$

Figura 20

Vehículos / tipos de vehículos (Av. Carlos Izaguirre)

**Figura 21**

Vehículos / tipos de vehículos (Av. Santa Callao)

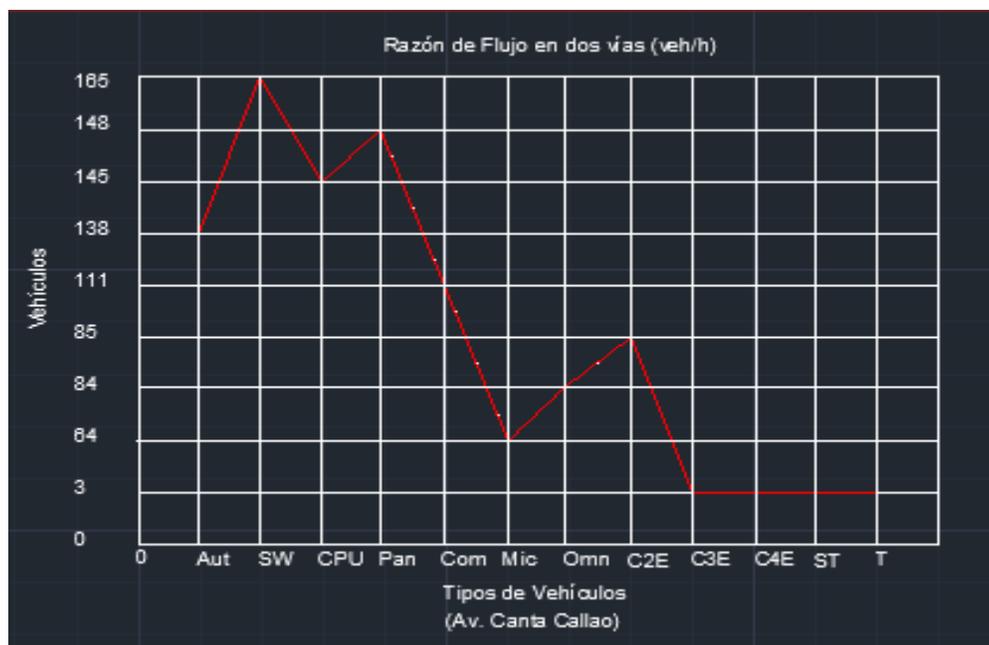
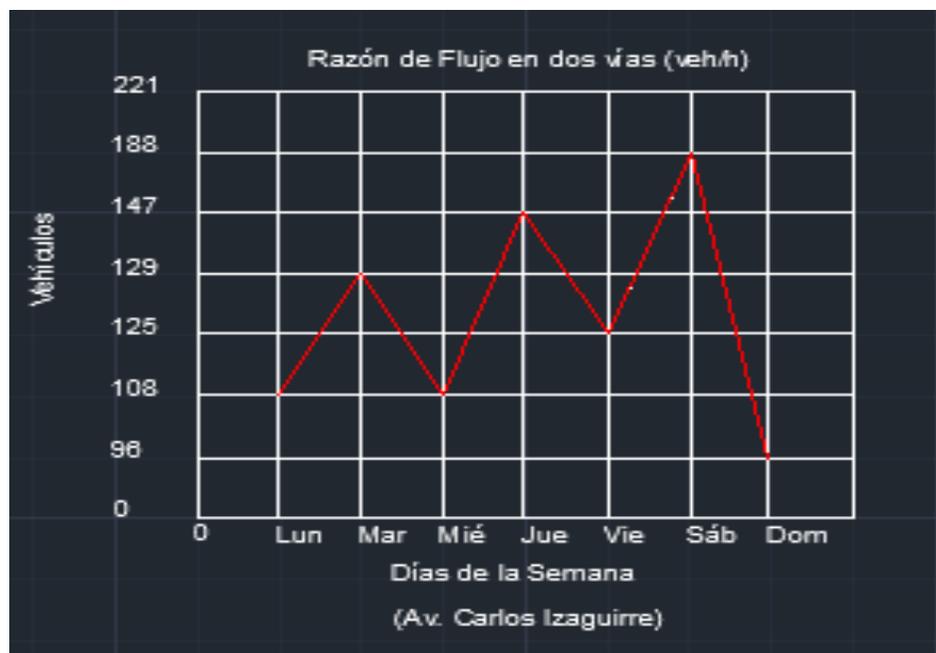
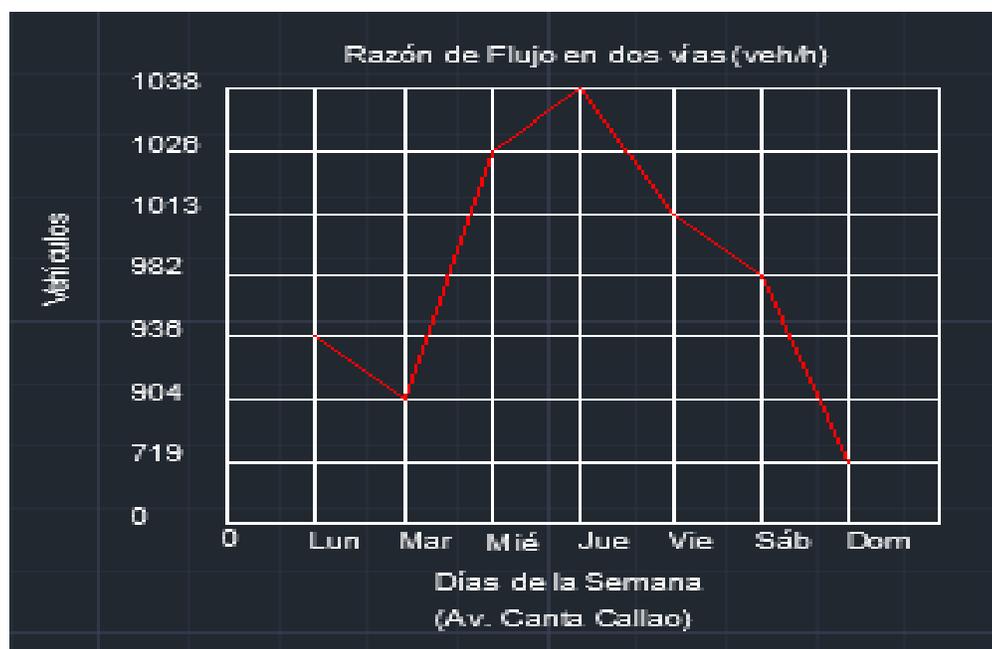


Figura 22

Vehículos / días de la semana (Av. Carlos Izaguirre)

**Figura 23**

Vehículos / días de la semana (Av. Santa Callao)



$$\text{Prom}(v)\text{Carlos Izaguirre} = \frac{936 + 904 + 1026 + 1038 + 1013 + 982 + 719}{7} = 945.91$$

$$\text{Prom}(v)\text{Canta Callao} = \frac{108+129+108+147+125+188+96}{7} = 128.79$$

Tabla 11*Densidad de vía*

Avenidas	V	S	D
Av. Carlos Izaguirre	128.79 vph	80 km/h	1.61 veh p/km/carril
Av. Canta Callao	945.91 vph	60Km/h	0.65 veh p/km/carril

Donde:

V = Razón de flujo (veh /h)

S = Velocidad promedio de viaje (km/h)

D = Densidad (veh p/km/carril)

4.1.4 Volumen o intensidad de tránsito (q)

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

Tabla 12*Volumen o intensidad de tránsito*

Avenidas	N	q	T
Av. Carlos Izaguirre	46 veh/v15	690	15
Av. Canta Callao	51 veh/v15	770	15

Donde:

q = volumen de tráfico

N = número de vehículos

T = tiempo (min).

4.2. Nivel de servicio actual

Tabla 13

Nivel de servicio actual

Tipo de terreno	Características	
	Plano	
	Av. Canta Callao hacia Av. Carlos Izaguirre	Av. Carlos Izaguirre hacia Av. Canta Callao
Velocidad de proyecto:	80Km/h	60Km/h
Factor de hora de máxima demanda:	0.80	0.91
Distancia próximo entronque:	2km	2Km
volumen carril: (tabla 8)	prom(v) = 128.79 vph	prom(v) = 945.91 vph
Volúmenes	Av. Canta Callao hacia Av. Carlos Izaguirre	Av. Carlos Izaguirre hacia Av. Canta Callao
Porcentaje camiones carril: (Tabla 16)	67%	80%
Camiones en la autopista	250	200
Vol. Hora/Sentido en la Autopista	500	550
Camiones en carril	514.895	748.200
Proporción camiones carril	0.67	0.80

Tabla 14

Ecuación general para calcular el volumen de la autopista

$$\frac{V_1}{k_1 \times V_a + k_2 \times V_e + k_3}$$

Donde:

$$k_1 = 0.345; k_2 = 500; k_3 = 136$$

$$V_{c1} = 0.345 \times (2000) - 0.115 \times (500) + 136 = 768.5 \text{ vph}$$

$$V_{c2} = 0.345 \times (2500) - 0.115 \times (550) + 136 = 935.25 \text{ vph}$$

$$\text{Camiones en la autopista: } 2500 \times 0.10 = 250 \text{ cph; } 2000 \times 0.10 = 200 \text{ cph}$$

$$\text{Camiones en carril: } 768.50 \times 0.67 = 514.895 \text{ cc; } 935.25 \times 0.80 = 748.200 \text{ cc}$$

$$\text{Proporción camiones carril: } 514.895/768.5 = 0.67 \text{ pcc; } 748.200/935.25 = 0.80 \text{ pcc}$$

Tabla 15

Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

$$\frac{f_{VP}}{1/[1+P_c(E_c-1)] \quad 1/[1+P_c(1.7-1)] \quad 1/[1+0.7P_c]}$$

Fuente: manual de capacidad vial 2000.

P_c = Proporción de camiones en el tráfico, expresado en decimal

E_c = Equivalente del número de vehículos por camiones

Tabla 16*Factor de ajuste de vehículos pesados*

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t (E_t - 1) + P_t (E_r - 1)}$$

Fuente: Manual de capacidad vial 2000.

E_r = Equivalente del número de vehículos por vehículos recreacionales

E_t = Equivalente de pasajeros por camiones

P_t = Proporción de camiones en el flujo de tráfico

Tabla 17*Volumen de la Avenida Carlos Izaguirre*

VOL	vPH	Pc	fVP	aPH
v1	768.5	0.67	0.68	1037.475
ve	340.73	0.50	0.74	422.51
va	677.51	0.87	0.62	1009.49

$$768.5 (0.67+0.68) = 1037.475$$

$$340.73 (0.5+0.74) = 422.51$$

$$677.51 (0.87+0.62) = 1009.49$$

ve = Volumen de autopista.

va = Volumen de entronque.

$$-V_{sc} = (1037.475+422.51) / 0.80 = 1824.98... \text{ NS} = D$$

$$-V_{sa} = (1009.49+422.51) / 0.80 = 1790... \text{ NS} = \text{D}$$

NS = D

Tabla 18

Volumen de la avenida Santa Callao

VOL	vPH	Pc	fVP	aPH
v1	935.25	0.80	0.64	1346.76
ve	72.64	0.87	0.62	108.23
va	1073.67	0.85	0.63	1593.47

$$935.25 (0.80+0.64) = 1346.76$$

$$72.64 (0.87+0.62) = 108.23$$

$$1073.67 (0.85+0.63) = 1593.47$$

Ve = Volumen de autopista.

Va = Volumen de entronque

$$-V_{sc} = (1346.76+108.23) / 0.91 = 1598.89... \text{ NS} = \text{D}$$

$$-V_{sa} = (1593.47+108.23) / 0.91 = 1870... \text{ NS} = \text{E}$$

$$-V_{sc} = (1037.475+422.51) / 0.80 = 1824.98... \text{ NS} = \text{D}$$

$$-V_{sa} = (1009.49+422.51) / 0.80 = 1790... \text{ NS} = \text{D}$$

$$-V_{sc} = (1346.76+108.23) / 0.91 = 1598.89... \text{ NS} = \text{D}$$

$$-V_{sa} = (1593.47+108.23) / 0.91 = 1870... \text{ NS} = \text{E}$$

Donde:

V_{sc} = Volumen de servicio de camiones

V_{sa} = Volumen de servicio de automóviles.

NS = E

NS = D

NS = E

Tabla 19*Porcentaje del tránsito principal que permanece en el carril*

Vol. Hora Principal	Carriles 8	Autopista	
		6	4
> = 5500	10	--	--
5000-5499	9	--	--
4500-4999	9	18	--
4000-4499	8	14	--
3500-3999	8	10	--
3000-3499	8	6	40
2500-2999	8	6	35
2000-2499	8	6	30
1500-1999	8	6	25
= < 1499	8	6	20

Fuente: Manual de capacidad vial 2000.

Tabla 20*Porcentaje de camiones que permanecen en el carril*

Vol. Hora/Sentido en la pista	Número de Carriles		
	4	6	8
500	88	--	--
1000	77	60	--
1500	68	55	--
2000	65	52	39
2500	67	50	34
3000	80	49	33
3500	--	49	33
4000	--	52	34
4500	--	56	38
5000	--	62	43
5500	--	71	49
6000	--	80	55
6500	--	--	62
7000	--	--	68
7500	--	--	74

Fuente: Manual de capacidad vial 2000

Tabla 21*Volúmenes máximos de servicio para entronques de enlaces con autopistas*

Nivel de Servicio	En convergencia (1)	En divergencia (2)	Ver.(110)	En Autopista (3) Proy. (90-100)	(KPH) (80)
A	600	650	700	(4)	(4)
B	1000	1050	1100	1000	(4)
C	1450	1500	1550	1400	1300
D	1750	1800	1850	1700	1600
E	2000	2000	2000	2000	1900
F	VARIABLE				

Fuente: Manual de capacidad vial 2000

Tabla 22*Rango de flujo direccional, de dos vías y tipo de terreno*

Tipo de vehículo	Rango de flujo de	Rango de flujo	Tipo de terreno	
	dos vías (veh/h)	direccional (veh/h)	Nivelado	Ondulado
Et	0-600	0-300	1.7	2.5
	> 600-1200	>300-600	1.2	1.9
	>1200	>600	1.1	1.5
Er	0-600	0-300	1.0	1.1
	> 600-1200	>300-600	1.0	1.1
	> 1200	>600	1.0	1.1

Fuente: Manual de Capacidad Vial 2000.

Tabla 23*Reducción en la velocidad promedio de viaje (km/h)*

Intensidad Horaria (Veh/h)	Reducción en la velocidad promedio de viaje (km/h)					
	Zonas de no-rebase (%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0	0	0	0	0
200	0.0	1	2.3	3.8	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.7	6.3	7.3
600	0.0	2.5	3.8	4.9	5.5	6.2
800	0.0	2.2	3.1	3.9	4.3	4.9
1000	0.0	1.8	2.5	3.2	3.6	4.2
1200	0.0	1.3	2	2.6	3	3.4
1400	0.0	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
1600	0.0	0.9	1.3	1.7	2.1	2.4
1800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2000	0.0	0.8	1	1.4	1.6	1.8
2200	0.0	0.8	1	1.4	1.5	1.7
2400	0.0	0.8	1	1.3	1.5	1.7
2600	0.0	0.8	1	1.3	1.4	1.6
2800	0.0	0.8	1	1.2	1.3	1.4
3000	0.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
3200	0.0	0.8	0.9	1	1	1.1

Fuente: Manual de Capacidad Vial 2000.

Tabla 24*Reducción en la velocidad promedio de viaje (km/h)*

Intensidad Horaria (Veh/h)	Reducción de tiempo de seguimiento (%) Zonas de no-rebase (%)					
	0	20	40	60	80	100
Reparto por sentidos = 50/50						
<=200	0.0	10.1	17.2	20.2	21.0	21.8
400	0.0	12.4	19.0	22.7	23.8	24.8
600	0.0	11.2	16.0	18.7	19.7	20.5
800	0.0	9.0	12.3	14.1	14.5	15.4
1400	0.0	3.6	5.5	6.7	7.3	7.9
2000	0.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.4
2600	0.0	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4
3200	0.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4
Reparto por sentidos = 60/40						
< =200	0.0	11.8	17.2	22.5	23.1	23.7
400	0.0	11.7	16.2	20.7	21.5	22.2
600	0.0	11.5	15.2	18.9	19.8	20.7
800	0.0	7.6	10.3	13.0	13.7	14.4
1400	0.0	3.7	5.4	7.1	7.5	8.1
2000	0.0	2.3	3.4	3.6	4.0	4.3
>=2600	0.0	0.9	1.4	1.9	2.1	2.2

Reparto por sentidos = 70/30

<=200	2.8	13.4	19.1	24.8	25.2	25.5
400	1.1	12.5	17.3	22.0	22.6	23.2
600	0.0	11.6	15.4	19.1	20.0	20.9
800	0.0	7.7	10.5	13.3	14.0	14.6
1400	0.0	3.8	5.6	7.4	7.9	8.3
>=2000	0.0	1.4	4.9	3.5	3.9	4.2

Reparto por sentidos = 80/20

< =200	5.1	17.5	24.3	31.0	31.3	31.6
400	2.5	15.8	21.5	27.1	27.6	28.0
600	0.0	14.0	18.6	23.2	23.9	24.5
800	0.0	9.3	12.7	16.0	16.5	17.0
1400	0.0	4.6	6.7	8.7	9.1	9.5
>=2000	0.0	2.4	3.4	4.5	4.7	4.9

Reparto por sentidos = 90/10

<=200	5.6	21.6	29.4	37.2	37.4	37.6
400	2.4	19.0	25.6	32.2	32.5	32.8
600	0.0	16.3	21.8	27.2	27.6	28.0
800	0.0	10.9	14.8	18.6	19.0	19.4
>=1400	0.0	5.5	7.8	10.0	10.4	10.7

Fuente: Manual de capacidad vial 2000.

4.3. Aplicación del Método HCM 2000

Entrada = (E) y Salida = (S)

Tabla 25

Diseño vial urbano

	Estación	Ruta	Zona
Datos de entrada	1	Este-Oeste	Carlos Izaguirre (S.M.P.-Callao)
	2	Oeste-Este	Canta Callao (Callao-S.M.P)
	Av. Carlos Izaguirre		Av. Canta Callao
	Berma	1.80m	Berma 1.20m
	Ancho de Carril (S)	3.60m	Ancho de Carril (S) 3.30m
	Ancho de Carril (S)	3.60m	Ancho de Carril (S) 3.30m
	Ancho de Carril (S)	3.60m	Berma 1.20m
	Ancho de Carril (S)	3.60m	Ancho de Carril (E) 3.30m
Datos Técnicos	Berma	1.80m	Ancho de Carril (E) 3.30m
	Ancho de Carril (E)	3.60m	Berma 1.20m
	Ancho de Carril (E)	3.60m	Ancho de Carril (E) 3.30m
	Ancho de Carril (E)	3.60m	Ancho de Carril (E) 3.30m
	Ancho de Carril (E)	3.60m	
	Berma	1.80	Berma 1.20m

4.3.1 Capacidad vial

Tabla 26

Análisis vehicular

Avenida	Av. Carlos Izaguirre	Av. Canta Callao
Distribución Direccional	50%	50%
% Camiones (Pc)	9.17%	11.14%
% Vehículos Recreacionales (Pr)	0%	0%
% Buses (Pb)	3.33%	2.07%
% Zonas de No Rebase (Pznr)	70%	21%
Tipo de Terreno	Plano	Ondulado

Tabla 27*Capacidad de una carretera*

$C=2800 \times f_{c_x} \times f_{a_x} \times f_{p_x} \times f_{r_x} \times (l/c)^e$				
$FFS = BFFS \cdot f_{ls} \cdot f_a$				
$f_p = 1 / [1 + P_c (E_c - 1) + P_r (E_r - 1) + P_b (E_b - 1)]$				
C	FFS	Fb	Av. Carlos Izaguirre	Av. Canta Callao
Factor de corrección por anchura de carriles (fc)			1.00	Tabla
Factor de corrección por bermas (fb)			1.00	Tabla
Factor de corrección por composición del tráfico (fp)			0.02	Tabla
Porcentaje de camiones (Pc)			9.17%	Tabla
Equivalente en autos p/camiones (Ec)			5%	Tabla
Porcentaje de Vehículos Recreacionales (Pr)			0%	Tabla
Equivalente en autos p/veh. Recreacionales (Er)			1.10	Tabla
Porcentaje de Autobuses (Pb)			2.90%	Tabla
Equivalente en autos para autobuses (Eb)			3.33	Tabla
Factor de corrección por reparto de circulación por sentidos (fr)			1	Tabla
Relación intensidad y capacidad ideal para el nivel de servicio E [(l/c)e]			0.54	Tabla
Capacidad de la vía			945.91 veh/h	22.04 autos/h

4.3.2 Tránsito sostenible

Tabla 28

Análisis de fluidez

Variables Vehiculares	Av. Carlos Izaguirre	Av. Canta Callao
Promedio Ancho de bermas	1.80	1.20
Longitud del tramo (Lt)	1km	1km
Volumen ambos sentidos (V)	768.5 Vph	935.25 Vph
Distribución direccional	50%	50%
Factor de hora pico (PHF)	0.8	0.91
% Camiones (Pc)	9.17%	13.5%
% Vehículos Recreacionales (Pr)	0.00	0.00
% Zonas de no rebase (Pznr)	70%	70%
Pendiente	4.5%	3%
Tipo de terreno	Ondulado	Ondulado

4.3.3 Velocidad media de viaje

Tabla 29

Determinación de la velocidad de flujo libre (FFS)

FFS = SFM + 0.0125 (vf/fhv)		
Medición en Campo (INSITU)	Av. Carlos Izaguirre	Av. Canta Callao
Velocidad en campo (SFM)	55Km/h	58Km/h
Volumen observado (vf)	128.79Veh/h	39.01Veh/h
Velocidad de Flujo Libre (FFS)	59.33Km/h	79.05Km/h
Vel. Flujo Libre de referencia (BFFS)	60 Km/h	80Km/h
Ajuste por ancho de carril y berma (fls)	0.00	0.70
Ajuste por cantidad de (accfa)	0.67	0.80
Velocidad de Flujo Libre (FFS)	59.33 Km/h	79.05Km/h

4.3.4. Porcentaje de tiempo perdido por seguimiento

Tabla 30

Determinación de la demanda de tasa de flujo (vp)

$f_{hv} = 1 / [1 + P_t (E_t - 1) + P_r (E_r - 1)]$	$vp = \frac{v}{PHF \times f_g \times f_{hv}}$ (Et) y (Er):	
Factores de Flujo	Av. Carlos Izaguirre	Av. Canta Callao
Factor de ajuste por pendiente (fg)	0.71	0.71
Factor de ajuste por vehículos pesados (fhv)	0.37	0.2
Equivalente en autos para camiones (Ec)	5.00	2.5
Equivalente en autos p/veh. recreacionales (Er)	1.10	1.10
Volumen equivalente (ambos sentidos) (vp)	365.67 autos/h	301.88autos/h

Tabla 31*Velocidad promedio de viaje (ATS)*

$ATS = FSS - 0.0125 v_p - f_{np}$	(f_{np})	
VARIABLES DE FLUJO	Av. Carlos Izaguirre	Av. Canta Callao
Ajuste por zonas de no rebase (f_{np})	3.8	4.2
Velocidad media de viaje (ATS)	51Km/h	71Km/h

4.3.5 Porcentaje de tiempo perdido por seguimiento**Tabla 32***Determinación del porcentaje de demora en tiempo (PTSF)*

$BPTFS = 100(1 - e^{-0.000879 v_p})$	$PTSF = BPTSF + f_{d/np}$	$(f_{d/np})$	Av. Carlos Izaguirre	Av. Canta Callao
Ajuste p/distr. Traf. y zonas no rebase ($f_{d/np}$)			20.20	21.00
% tiempo perdido de seguimiento ref. (BPTSF)			27.40	23.32
Porcentaje tiempo de seguimiento (PTSF)			47.60	44.32

4.3.6 Nivel de servicio obtenido**Tabla 33***Nivel de servicio proyectado*

Criterios de Nivel de Servicio para carreteras de dos carriles	Ver Figura 4	Ver Figura 4
Nivel de Servicio (NDS)	B (OK!)	B (OK!)

De los resultados obtenidos, se determinó que el nivel de servicio para el tramo perteneciente a la avenida Carlos Izaguirre; el cual partía de un NS =D, elevó su NS=B; lo que implicaría tomar la capacidad de la vía (C) =945.91 veh/h y dividirlo entre el volumen equivalente (ambos sentidos) = 365.67 autos/h; lo que resulta 2.59, lo que equivale a tres carriles adicionales a cada lado; lo que equivale a un diseño de una vía auxiliar de dos carriles más una berma a cada lado respectivamente y resultaría de la siguiente manera:

Tabla 34

Rediseño vial para la avenida Carlos Izaguirre

Berma	1.80m
Ancho de carril (S)	3.60m
Ancho de carril (S)	3.60m
Berma	1.80m
Ancho de carril (S)	3.60m
Berma	1.80m
Ancho de carril (E)	3.60m
Berma	1.80m
Ancho de carril (E)	3.60m
Ancho de carril (E)	3.60m
Berma	1.80m

No obstante, en la avenida Canta Callao si comparamos el volumen observado en el campo de 39.01 veh/h y el obtenido de 301.88 autos/h; notamos que se incrementa sin adicionar carriles

en su ancho de eje vial; por lo tanto, se requiere incrementar la velocidad del tramo correspondiente a la avenida Canta Callao de 58Km a 79.05Km/h; como se demostró en las tablas adjuntas del capítulo cuatro.

4.4. Verificación de Ejes Viales por el Método de Hardy Cross

Replanteando una distribución de las longitudes tomadas de los ejes viales y los desplazamientos reales tomados en campo, implementamos los datos técnicos de ancho de berma, pendiente y carga vial determinada; de los cuales hallaremos en comparación con el método de Hardy Cross aplicado para determinación de cargas hidráulicas; los valores de corrección triangular tomada por cada cuadrante del eje vial tomado y flujo vial proyectado; lo que homológamente en ésta ocasión nos guiará a determinar las velocidades de diseño.

Figura 24

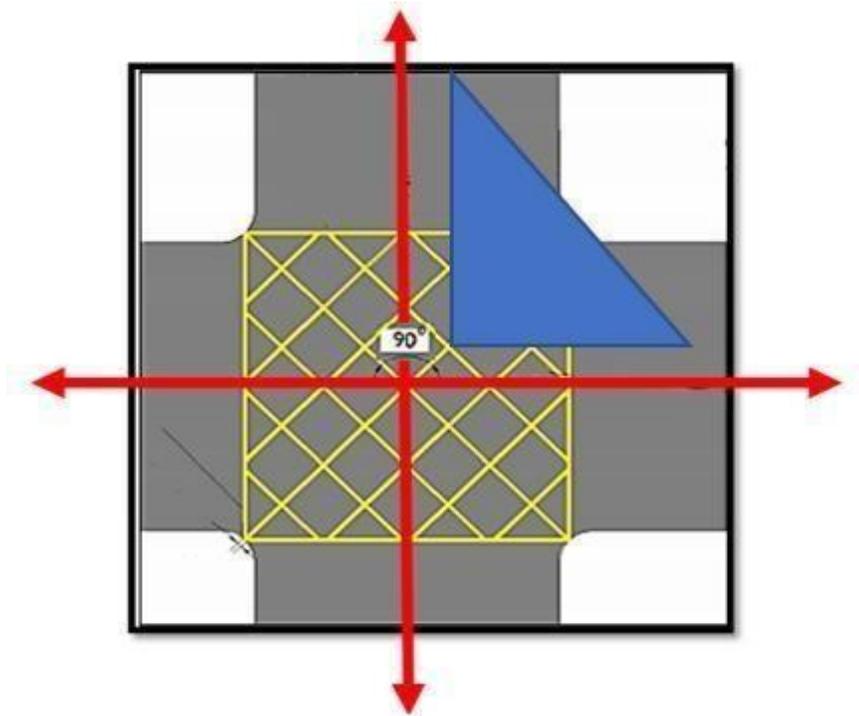
Malla Cross

Avenida	Ancho de berma	Longitud (Km)	Longitud Vial Existente	Pendiente	Desplazamiento	Desplazamiento	Corrección Triangular	Vial (Proyected)	Transición Horizontal	Vel (diseño)	
AB	0.5	2.1	90	2.20	4.6	0.0513	0.0	90.0	0.4725	190.51	
BE	0.4	0.45	70	0.50	0.2	0.0032	0.1	70.1	0.4725	148.30	
EF	0.4	2.1	-20	-1.90	-4.0	0.1995	0.0	-20.0	0.4725	-42.25	
FA	0.6	0.45	-40	-1.92	-0.9	0.0216	0.0	-40.0	0.4725	-84.62	
					0.0	0.2756	0.1	100.1	Vel(prom)	52.98	53Km/h
BC	0.5	0.65	120	1.30	0.8	0.0070	-0.1	119.9	0.455	263.62	-8.00
CD	0.4	1.4	80	1.90	2.7	0.0333	-0.1	79.9	0.455	175.71	
DE	0.3	0.65	-70	-4.30	-2.8	0.0399	-0.1	-70.1	0.455	-154.08	
EB	0.4	1.4	-30	-0.50	-0.7	0.0233	-0.1	-30.1	0.455	-66.09	
					0.0	0.1036	-0.3	99.7	Vel(prom)	54.79	55Km/h
FE	0.4	4.3	40	1.90	8.2	0.2043	0.0	40.0	0.215	185.88	0.00
EH	0.3	0.1	80	2.30	0.2	0.0029	-0.1	79.9	0.215	371.76	
HG	0.4	4.3	-90	-1.80	-7.7	0.0860	0.0	-90.0	0.215	-418.69	
GF	0.4	0.1	-70	-6.50	-0.7	0.0093	0.0	-70.0	0.215	-325.66	
					0.0	0.3024	-0.1	-40.1	Vel(prom)	-46.68	47Km/h
ED	0.3	0.1	80	4.30	0.4	0.0054	0.1	80.1	0.205	390.76	8.00
DI	0.3	4.1	40	2.00	8.2	0.2050	0.1	40.1	0.205	195.39	
IH	0.3	0.1	-90	-3.80	-0.4	0.0042	0.1	-89.9	0.205	-438.76	
HE	0.3	4.1	-80	-2.02	-8.3	0.1035	0.1	-79.9	0.205	-389.89	
					0.0	0.3181	0.3	-49.7	Vel(prom)	-60.62	61Km/h

- Ruta Noreste (Canta Callao-Carlos Izaguirre):

Figura 25

Flujo vial (Canta Callao-Carlos Izaguirre)



Corresponde al primer cuadrante; ubicado en la esquina superior derecha enmarcado por un triángulo de color azul; en donde se logra visualizar el intercepto de la avenida Canta Callao cruce con Carlos Izaguirre; en donde cada extremo al unirse representa la capacidad visual generada por la distancia de separación entre dos vehículos que se preparan para disponerse a cruzar la vía; los cuales sólo uno de ellos deberá pasar primero y el otro seguidamente; para que ambos no se colisionen en la misma área de restricción vehicular; convirtiéndose en un objeto limitante del paso de vía que obstaculice la visión y desplazamiento del flujo vial correspondiente.

Figura 26

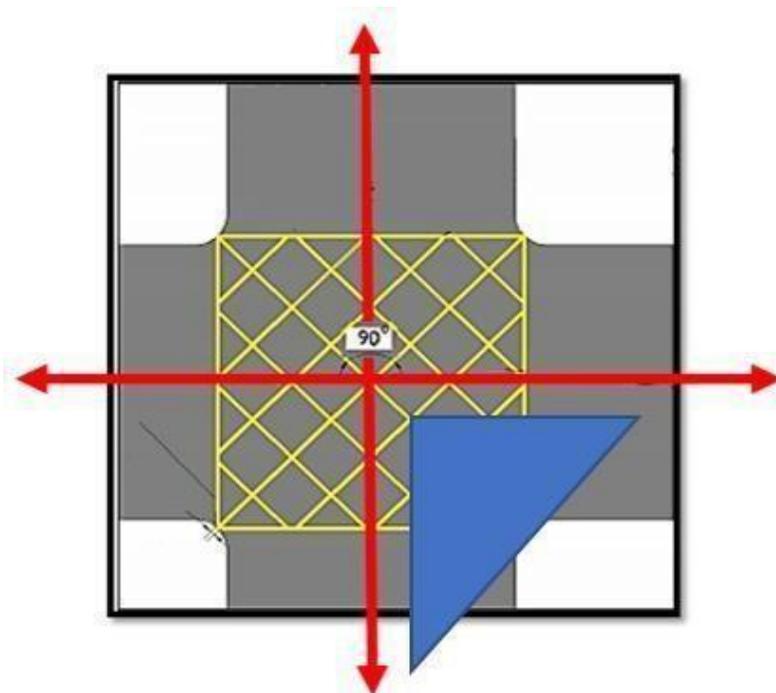
Velocidad promedio por "Hardy Cross" –tramo 1

Avenida	Ancho de berma (m)	Longitud (Km)	Carga Vial Existente	Pendiente	Desplazamiento
AB	0.5	2.1	90	2.20	4.6
BE	0.4	0.45	70	0.50	0.2
EF	0.4	2.1	-20	-1.90	-4.0
FA	0.6	0.45	-40	-1.92	-0.9
					0.0
Desplazamiento por Carga	Corrección Triangular	Flujo Vial (Proyectado)	Area Transición	Vel (diseño)	
0.0513	0.0	90.0	0.4725	190.51	
0.0032	0.1	70.1	0.4725	148.30	
0.1995	0.0	-20.0	0.4725	-42.25	
0.0216	0.0	-40.0	0.4725	-84.62	
0.2756	0.1	100.1		Vel(prom)	53Km/h

- Ruta Sureste (Carlos Izaguirre-Canta Callao):

Figura 27

Carlos Izaguirre - Canta Callao



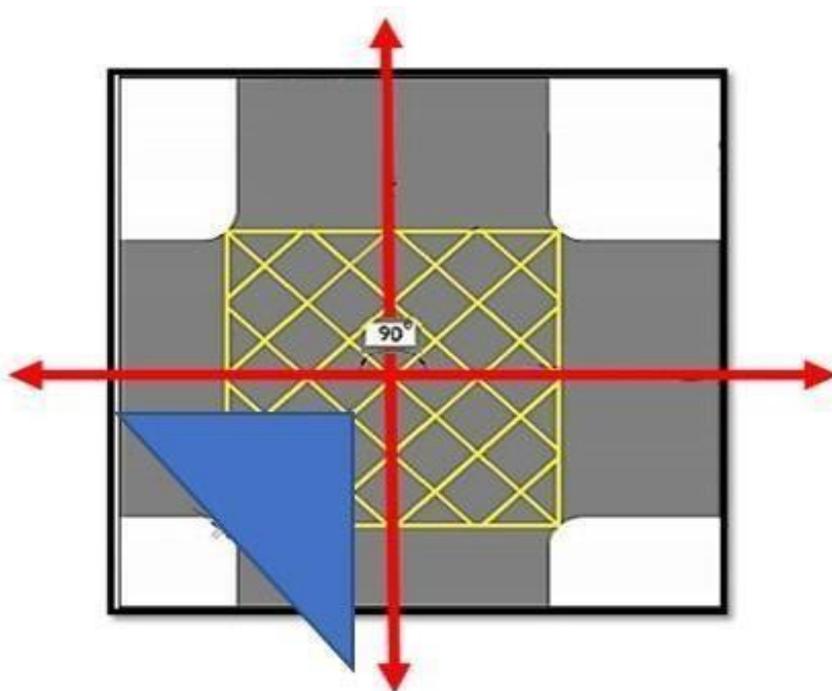
Corresponde al segundo cuadrante; ubicado en la esquina inferior derecha enmarcado por un triángulo de color azul; en donde se logra visualizar el intercepto de la avenida Carlos Izaguirre cruce con Canta Callao; en donde cada extremo al unirse representa la capacidad visual generada por la distancia de separación entre dos vehículos que se preparan para disponerse a cruzar la vía; de los cuales sólo uno de ellos deberá pasar primero y el otro seguidamente; para que ambos no se colisionen en la misma área de restricción vehicular; convirtiéndose en un objeto limitante del paso de vía que obstaculice la visión y desplazamiento del flujo vial correspondiente.

Figura 28

Velocidad promedio por "Hardy Cross"- tramo 2

Avenida	Ancho de calzada	Longitud (Km)	Carga Vial Existente	Pendiente	Desplazamiento
BC	0.5	0.65	120	1.30	0.8
CD	0.4	1.4	80	1.90	2.7
DE	0.3	0.65	-70	-4.30	-2.8
EB	0.4	1.4	-30	-0.50	-0.7
					0.0
Desplazamiento por Carga	Corrección Triangular	Flujo Vial (Proyectado)	Area de Transición Horizontal	Vel (diseño)	
0.0070	-0.1	119.9	0.455	263.62	
0.0333	-0.1	79.9	0.455	175.71	
0.0399	-0.1	-70.1	0.455	-154.08	
0.0233	-0.1	-30.1	0.455	-66.09	
0.1036	-0.3	99.7	Vel(prom)	54.79	55Km/h

- Ruta Suroeste (Carlos Izaguirre-Canta Callao).

Figura 29*Carlos Izaguirre - Canta Callao*

Corresponde al tercer cuadrante; ubicado en la esquina inferior izquierda enmarcado por un triángulo de color azul; en donde se logra visualizar el intercepto de la avenida Carlos Izaguirre cruce con Canta Callao; en donde cada extremo al unirse representa la capacidad visual generada por la distancia de separación entre dos vehículos que se preparan para disponerse a cruzar la vía; de los cuales sólo uno de ellos deberá pasar primero y el otro seguidamente; para que ambos no se colisionen en la misma área de restricción vehicular; convirtiéndose en un objeto limitante del paso de vía que obstaculice la visión y desplazamiento del flujo vial correspondiente.

Figura 30

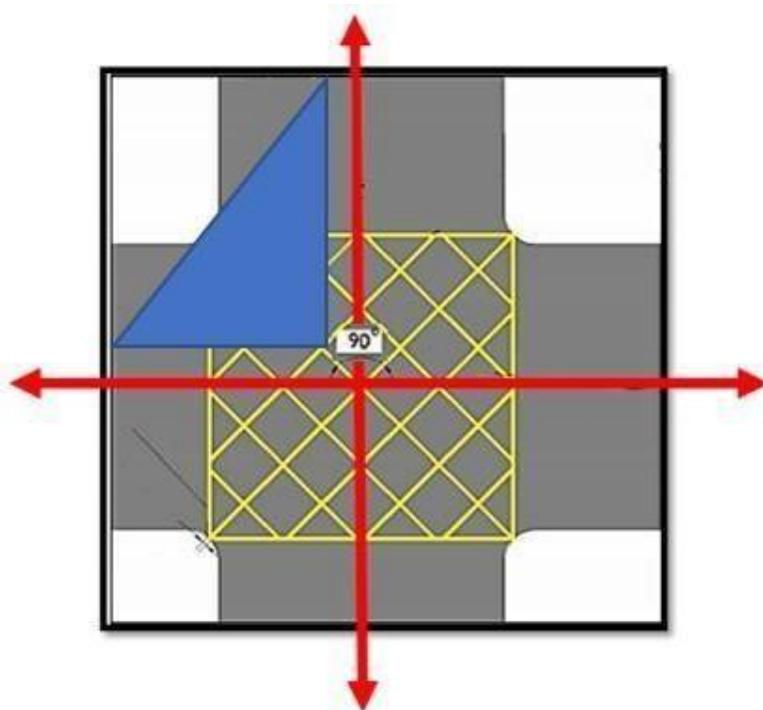
Velocidad promedio por "Hardy Cross"-tramo 3

Avenida	Ancho de calzada	Longitud (Km)	Carga Vial Existente	Pendiente	Desplazamiento
FE	0.4	4.3	40	1.90	8.2
EH	0.3	0.1	80	2.30	0.2
HG	0.4	4.3	-90	-1.80	-7.7
GF	0.4	0.1	-70	-6.50	-0.7
					0.0
Desplazamiento por Carga	Corrección Triangular	Flujo Vial (Proyectado)	Area de Transición Horizontal	Vel (diseño)	
0.2043	0.0	40.0	0.215	185.88	
0.0029	-0.1	79.9	0.215	371.76	
0.0860	0.0	-90.0	0.215	-418.69	
0.0093	0.0	-70.0	0.215	-325.66	
0.3024	-0.1	-40.1		Vel(prom)	47Km/h

- Ruta Noroeste (Canta Callao-Carlos Izaguirre):

Figura 31

Canta Callao- Carlos Izaguirre



Corresponde al tercer cuadrante; ubicado en la esquina inferior izquierda enmarcado por un triángulo de color azul; en donde se logra visualizar el intercepto de la avenida Carlos Izaguirre cruce con Canta Callao; en donde cada extremo al unirse representa la capacidad visual generada por la distancia de separación entre dos vehículos que se preparan para disponerse a cruzar la vía; de los cuales sólo uno de ellos deberá pasar primero y el otro seguidamente; para que ambos no se colisionen en la misma área de restricción vehicular; convirtiéndose en un objeto limitante del paso de vía que obstaculice la visión y desplazamiento del flujo vial correspondiente.

Figura 32

Velocidad promedio por "Hardy Cross"- tramo 4

Avenida	Ancho de calzada	Longitud (Km)	Carga Vial Existente	Pendiente	Desplazamiento
ED	0.3	0.1	80	4.30	0.4
DI	0.3	4.1	40	2.00	8.2
IH	0.3	0.1	-90	-3.80	-0.4
HE	0.3	4.1	-80	-2.02	-8.3
					0.0
Desplazamiento por Carga	Corrección Triangular	Flujo Vial (Proyectado)	Area de Transición Horizontal	Vel (diseño)	
0.0054	0.1	80.1	0.205	390.76	
0.2050	0.1	40.1	0.205	195.39	
0.0042	0.1	-89.9	0.205	-438.76	
0.1035	0.1	-79.9	0.205	-389.89	
0.3181	0.3	-49.7	Vel(prom)	-60.62	

De los cuatro cuadrantes determinados; se comprobó la existencia de caudales correctamente distribuidos; debido a la verificación que se empleó; restando las velocidades del primer cuadrante con la del segundo cuadrante; obteniendo el mismo resultado para la diferencia entre el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante; resultando un valor de (+8) y (-8); lo cuales para concluir el método de malla de Hardy Cross; procederemos a sumarlos y éste resultado final debe

de cerrar el ciclo representando un solo sentido de ida y otro de regreso; para lo cual deberá de resultar el valor de (0); como es el caso obtenido.

Por lo tanto, se comprueba que los valores otorgados a rediseñar para elevar su nivel de servicio son los correctos puesto que calzan en sus velocidades adquiridas y se comprueban cerrando los circuitos generados en los valores semifinales, como son: ocho y menos ocho; resultando un total de cero, lo que comprueba que cierra perfectamente los circuitos generados.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se planteó desarrollar un sistema vial urbano, que acople cambios en la metodología HCM 2000; la cual pretende implementar áreas hacia nuestro eje vial actual o incrementar las velocidades según sea su ancho de vía; para lo cual se adoptaría la idea de diseñar carriles paralelos hacia nuestra avenida en estudio; mediante la implementación además de sus respectivas bermas; las cuales también se sumarían como áreas nuevas a implementarse para la intersección vial; asimismo el otro planteamiento sería distribuir los vehículos que conforman la red vial actual; sin embargo comparando todo lo anterior con la propuesta de planteo de rediseño vehicular, empleando el método de Hardy Cross; la primera metodología quedaría parcialmente aceptada; puesto que la nueva metodología que se planteó implementar; optimiza los resultados obtenidos en costos, presupuestos e impacto ambiental.

Del cruce de información fusionado de ambos planteamientos se tomó como variable objetivo principal de la presente tesis; la optimización de las velocidades obtenidas para los cuatro cuadrantes que se generan de la intercepción vial; obteniendo finalmente las cuatro velocidades respectivas de cada tramo longitudinal, con diferencias muy próximas entre sí mismas; que finalmente; permiten llegar al objetivo final del presente trabajo, que es elevar el nivel de servicio del sistema vial urbano.

Tabla 35*Obras nuevas planteadas*

Eje Vial	Avenida	Longitud de tramo	Velocidad de diseño
1er Cuadrante	Canta Callao- Carlos Izaguirre	5.1Km	53Km/h
2do Cuadrante	Carlos Izaguirre- Canta Callao	4.1Km	55Km/h
3er Cuadrante	Canta Callao- Carlos Izaguirre	8.8Km	47Km/h
4to Cuadrante	Carlos Izaguirre- Canta Callao	8.4Km	61Km/h

VI. CONCLUSIONES

6.1. Se verificó las velocidades de diseño a implementarse, resultando carriles con una mayor capacidad vial respectiva por cada tipo de vehículo que forma parte de la red vial urbana de San Antonio – San Martín de Porres.

6.2. Se implementaron parámetros que influyen en la capacidad de la vía y la serviciabilidad, tales como: El ancho de carril, el ancho de bermas, el porcentaje de zonas de no rebase y la pendiente longitudinal de la vía; las cuales permitirán el acceso a la libertad de maniobras de adelantamiento y en consecuencia la velocidad promedio de viaje de los vehículos.

6.3. Se generó una nueva redistribución direccional, que permita los adelantamientos entre vehículos y realizar las maniobras de rebase en una dirección, en donde no se ocupe el carril contrario, afectando directamente el flujo vial opuesto.

6.4. Se modificó el porcentaje de desplazamiento de los vehículos pesados y livianos entre sí; puesto que ambos presentan diferentes tipos de recorridos y accesos, debido a sus diferentes dimensiones y velocidades de recorrido que cada uno aplique; lo que incrementaría el tiempo de seguimiento y maniobras de rebase limitadas.

6.5. Se conservó la composición vehicular inicial de la vía, que presenta porcentajes similares de vehículos durante una semana, compuesta por camionetas, buses y vehículos ligeros en la hora pico, además del uso de combis durante la semana, la cual es constante debido al transporte urbano e interurbano de la zona empleada.

6.6. Se elevó el nivel de servicio inicial, el cual correspondía según la tabla de porcentaje de tiempo de seguimiento a la letra D; debido a un problema común que condicionaba el flujo en las vías por el reducido espacio de una vía tanto en carriles como en bermas; debido a que entorpece el tránsito de buses y vehículos pesados en horas de mayor demanda de fluidez vial,

generando mayores tiempos de demoras y dificultades de maniobras de rebase; como sucedió en la Avenida Carlos Izaguirre, en donde se optó por tomar la solución metodológica del HCM 2000; incrementando carriles paralelos auxiliares y sus respectivas bermas; debido a que su afora vehicular, presentaba un mayor porcentaje de vehículos que sobrepasaban las dimensiones del carril planteado para dar solución tan solamente incrementando sus velocidades y es debido a ello que se optó al escoger la mejor opción a solucionar dicho problema; la implementación de vías que proporcionarían una mayor circulación de vehículos, incrementando las velocidades de recorrido, su confort y disminuyendo su tiempo de rebase a otros vehículos. Logrando finalmente potenciar su nivel de servicio elevándolo de una categoría D a una categoría B.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. En relación con los resultados obtenidos de la presente tesis, en favor de la metodología HCM 2000 y la hipótesis planteada empleando del método de Hardy Cross; aplicándolo a vías de transporte urbano, se determinó que sólo utilizaremos el primer método para la Avenida Carlos Izaguirre; mientras que para la Avenida Canta Callao; emplearemos el método de Hardy Cross; debido a que éste último no presenta mayor capacidad de áreas a distribuir para adicionarle más carriles adicionales.

7.2. Se recomienda, además, realizar estudios de volúmenes vehiculares más detallados para la intercepción vial, pues el comportamiento de estos flujos puede ser variable a lo largo de un año y para facilitar la determinación de velocidades de campo, se recomienda utilizar tecnologías como: contadores neumáticos, puesto que brindarán datos más precisos sin requerir un control humano permanente.

7.3. Se recomienda establecer anualmente un nivel de servicio, un nuevo volumen de demanda, características nuevas del tránsito y alineamientos comparativos y asimismo la ubicación próxima de los entronques a venir.

7.4. Se recomienda analizar los entronques tomándolos de forma particular y conjunta para esclarecer el comportamiento de un flujo arriba y un flujo abajo; es decir identificar el sentido vial que adoptaremos.

7.5. Se recomienda determinar finalmente el número de carriles en cada una de las vías a implementarse de ser necesarias y/o permitidas.

7.6. Para concluir se recomienda, además, realizar estudios sobre la influencia de la capacidad y serviciabilidad de vías urbanas e interurbanas, considerando tramos de longitud mayores que permita considerar áreas de distribución mayores que otorgue el empleo de una capacidad y nivel de servicio mayor al existente.

VIII. REFERENCIAS

- Ancco, T. (2020). *Análisis y Evaluación de la Capacidad y del Nivel de Servicio de la Intersección Semaforizada Fermín Arbulú y Tacna de la ciudad de Puno aplicando las Metodologías HCM 2000 y Synchro 8*. (Tesis de Pregrado, Universidad del Altiplano, Puno, Perú).
- Hurdle, V. y Datta, P. (1997). *Teoría de Flujo Vehicular* (Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2000, Universidad de California, California, Estados Unidos).
- Meza, D. y Sánchez, H. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas VCHI* (Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas). Universidad Privada Antenor Orrego.
- Pérez, M. (2003). *Análisis de accidentes de tránsito aplicando la Ingeniería de Tránsito* (Tesis de Pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala).
- Vega, C. (2018). *Análisis de la Capacidad y Niveles de Servicio de las vías de ingreso a la ciudad de Cajamarca pertenecientes a la Red Vial Nacional* (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú).

IX. ANEXOS

Anexo A: Panel fotográfico

Anexo B: Prolongación Calle 3



Anexo C: Calle 3



Anexo D: Calle 2



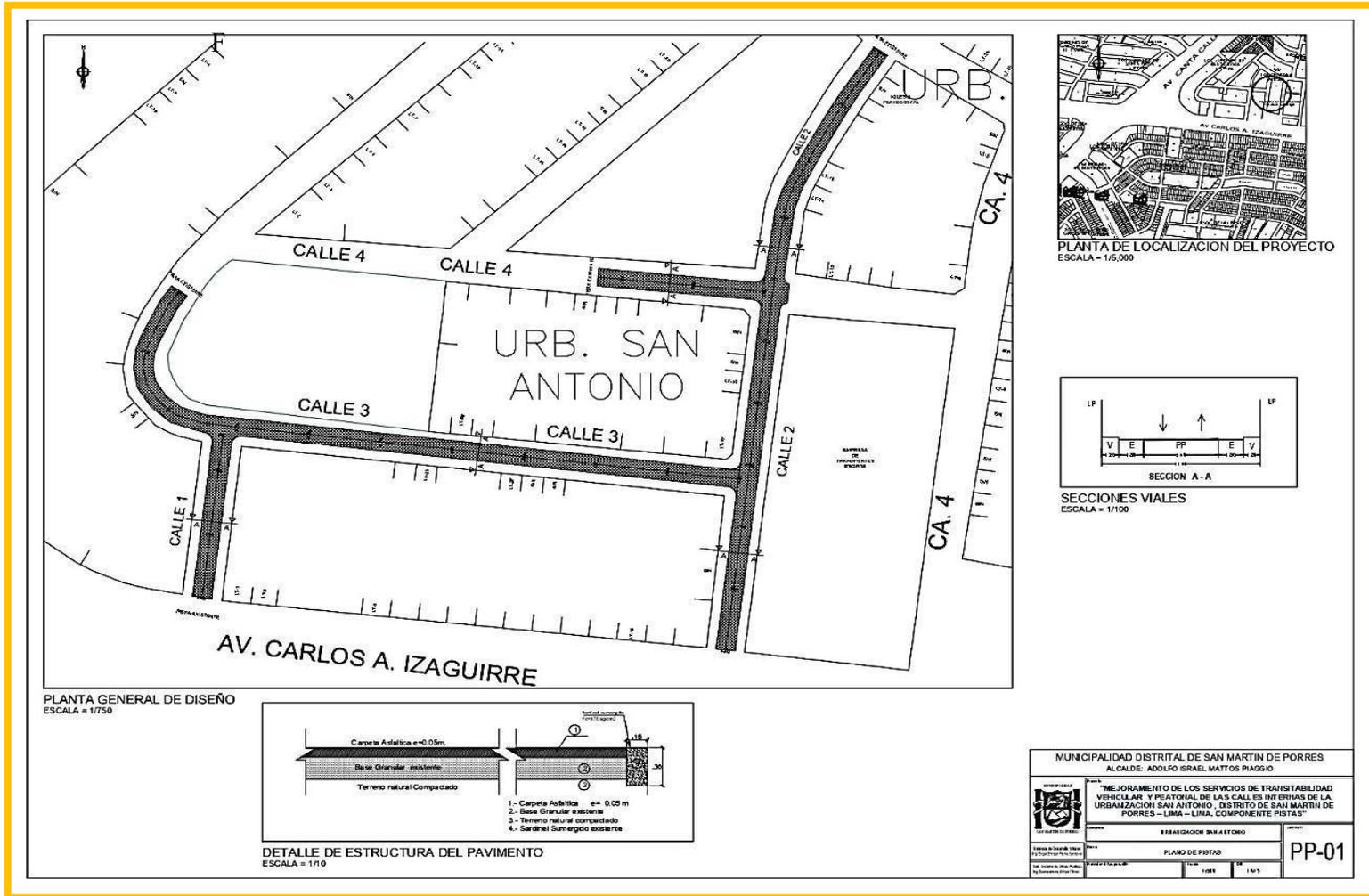
Anexo F: Calle 1



Anexo G: Calle 4



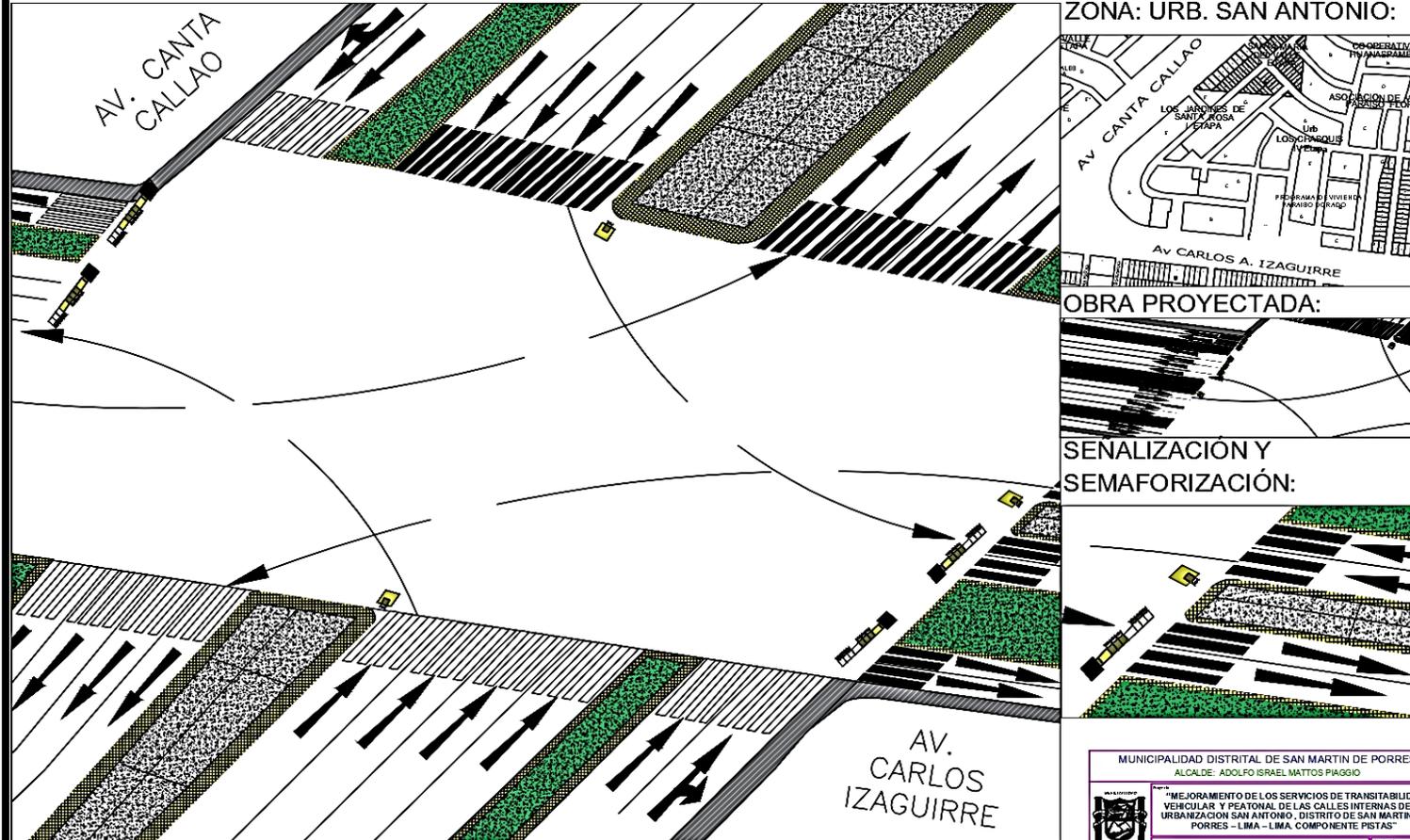
Anexo I: Plano de Pistas



Fuente: Municipalidad de San Martín de Porres.

Anexo J: Propuesta técnica vial

PROPUESTA TÉCNICA DE MARCAS EN EL PAVIMENTO:



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN MARTIN DE PORRES	
ALCALDE: ADOLFO ISRAEL MATOS PIAGGIO	
 "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LAS CALLES INTERIAS DE LA URBANIZACION SAN ANTONIO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA, COMPONENTE PISTAS"	
Organismo Ejecutor: ORGANIZACION SAN ANTONIO - OSA	Proyecto: PLANO DE PROPUESTA TÉCNICA VIAL
PT-01	