

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**PROPUESTA PARA REDUCIR EL CONGESTIONAMIENTO
VEHICULAR DEL NÚCLEO CENTRAL DE CHICLAYO UTILIZANDO
UN PROGRAMA DE SIMULACIÓN DEL TRÁFICO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR
DANME NOEL CORDOVA SAAVEDRA**

**ASESOR
JUAN IGNACIO LUNA MERA
<https://orcid.org/0000-0003-0245-3137>**

Chiclayo, 2021

**PROPUESTA PARA REDUCIR EL CONGESTIONAMIENTO
VEHICULAR DEL NÚCLEO CENTRAL DE CHICLAYO
UTILIZANDO UN PROGRAMA DE SIMULACIÓN DEL
TRÁFICO**

PRESENTADA POR:
DANME NOEL CORDOVA SAAVEDRA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Manuel Alejandro Borja Suárez
PRESIDENTE

Lino Alcibiades Gayoso Santacruz
SECRETARIO

Juan Ignacio Luna Mera
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la fortaleza para seguir mis metas;

A mis padres y a mi abuela por ser mi soporte, por su amor y confianza; motivándome a cumplir lo que me propongo y;

A mi hermano y familiares por su compañía y su ejemplo de superación.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a mi asesor de tesis Ing. Juan Ignacio Luna Mera por su constante apoyo académico. A mis padres, hermano y familiares por su apoyo y paciencia que me brindan constantemente.

ÍNDICE

RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1 Antecedentes del problema	16
2.2 Bases.....	18
2.2.1. Bases legales	18
2.2.2. Bases teórico – científicas	20
2.2.2.1. Volumen de tránsito	20
2.2.2.2. Teoría del flujo vehicular	21
2.2.2.2.1. Variables relacionadas con el flujo	22
2.2.2.2.2. Variables relacionadas con la velocidad	23
2.2.2.2.3. Variables relacionadas con la densidad.....	25
2.2.2.2.4. Relación entre flujo, velocidad, densidad, el intervalo y el espaciamiento	26
2.2.2.2.5. Velocidad de operación	27
2.2.2.2.6. Relación entre la demanda vehicular y la oferta vial	27
2.2.2.2.7. Conflictos del tráfico	29
2.2.2.2.8. Taxonomía de modelos de redes viales.....	30
2.2.2.2.9. Flujo Discontinuo en intersecciones semaforizadas.....	31
2.2.2.2.10. Tasa de flujo de saturación.....	31
2.2.2.2.11. Demoras y colas	32
2.2.2.2.12. Capacidad y nivel de servicio.....	32
2.2.2.2.13. Dispositivos de control de tránsito	34
2.2.2.2.14. Metodología del Highway Capacity Manual (HCM) – 2010.....	44

2.2.2.2.15. Software Synchro Version 8 TRAFFICWARE	59
2.2.3. Definición de términos básicos	60
III. MATERIALES Y MÉTODOS	62
3.1. Tipo y nivel de investigación	62
3.1.1. Tipo de Investigación	62
3.1.2. Nivel de Investigación.....	62
3.2. Diseño de Investigación	62
3.3. Población, muestra, muestreo.....	62
3.3.1. Población.....	62
3.3.2. Muestra.....	62
3.3.3. Muestreo.....	63
3.4. Criterios de selección	63
3.5. Operacionalización de variables.....	63
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	64
3.6.1. Método	64
3.6.2. Técnicas e instrumentos	65
3.7. Procedimientos	65
3.7.1. DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO	65
3.7.1.1. Ubicación de la red vial en estudio	65
3.7.1.2. Conteo Vehicular.....	65
3.7.1.3. Geometría vehicular: Longitud y ancho de vehículos.....	68
3.7.1.4. Velocidad de operación	68
3.7.1.5. Geometría vial: Longitudes y anchos de calles.....	68
3.7.1.6. Características de la red vial.....	69
3.7.1.7. Tiempo de semaforización: Ciclos semafóricos.....	69

3.7.2. DE LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED VIAL.....	72
3.7.2.1. Zona de estudio	72
3.7.2.2. Modelación de la red vial actual	72
3.7.3. DE LA VISUALIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED VIAL	79
3.7.3.1. De la intersección semaforizada Calle Vicente de la Vega con Avenida Luis Gonzáles	81
3.7.3.2. De la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz con Avenida Luis Gonzáles.....	82
3.7.3.3. De la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz con calle Juan Cuglievan.....	82
3.7.3.4. De la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz y la Av. José Balta.....	83
3.7.3.5. De la intersección semaforizada Calle Vicente de la Vega y la Av. José Balta.....	83
3.7.3.6. De la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz y la Av. Saénz Peña.....	83
3.7.3.7. De la intersección semaforizada calle Leoncio Prado y la Av. Saénz Peña.....	84
3.7.4. DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS EN LA RED VIAL	85
3.7.4.1. Propuesta de solución para el tiempo de semaforización en intersecciones semaforizadas	85
3.7.4.1.1. Del tiempo de desfase entre semáforos para la propuesta.....	92
3.7.4.2. Propuesta de solución para el ancho de carril	94
3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos	95
3.9. Consideraciones éticas	96
3.10. Matriz de Consistencia	97
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	98
4.1. De los ciclos semafóricos y señales de tránsito.....	98
4.2. Del Grado de saturación, demoras y nivel de servicio	99
4.3. Del modelamiento de la propuesta de solución final	101

4.4. De las propuestas de solución para las intersecciones semaforizadas	103
4.5. Del Conteo vehicular para los días y horas con mayor tráfico vehicular.....	105
4.6. De la geometría de las vías: longitud y ancho de calles	105
V. CONCLUSIONES.....	106
VI. RECOMENDACIONES	108
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
VIII. ANEXOS	111
8.1. ANEXO 1: Red vial en estudio	112
8.2. ANEXO 2: Panel fotográfico de la congestión vehicular en el centro de Chiclayo	113
8.3. ANEXO 3: Aforo vehicular, factor hora pico y % de vehículos pesados.....	122
8.4. ANEXO 4: Reglaje semafórico.....	161
8.5. ANEXO 5: Velocidad de operación.....	165
8.6. ANEXO 6: Longitud y ancho de calles.....	174
8.7. ANEXO 7: Ancho de calles reducidos debido a informalidades y estacionamientos prohibidos.....	178
8.8. ANEXO 8: Ejercicio desarrollado en excel de una intersección semaforizada para calcular las respuestas que Synchro 8 brinda.	181
8.9. ANEXO 9: Congestionamiento generado por el transporte ligero (taxis y autos) y transporte pesado (combis y camionetas).....	188

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modelos de redes viales	30
Tabla 2. Metodología HCM 2010 para intersecciones semaforizadas	45
Tabla 3. Factor de ajuste por ancho de carril fw	50
Tabla 4. Proporción de vehículos en luz verde	54
Tabla 5. Nivel de servicio	58
Tabla 6. Criterios del nivel de servicio para el análisis de ICU	59
Tabla 7. Operacionalización de variables independientes	64
Tabla 8. Operacionalización de variables dependientes.....	64
Tabla 9. Técnicas e instrumentos	65
Tabla 10. Matriz de Consistencia	97
Tablas 11. Longitud del ciclo semafórico de la propuesta de solución.....	98
Tabla 12. Mejoras en la intersección Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzáles.	99
Tabla 13. Mejoras en la intersección Av. Pedro Ruíz y Av. Luis Gonzáles.	100
Tabla 14. Mejoras en la intersección Av. Pedro Ruíz y Calle Juan Cuglievan.....	100
Tabla 15. Mejoras en la intersección Av. Pedro Ruíz y Av. José Balta.....	100
Tabla 16. Mejoras en la intersección Av. José Balta y la Calle Vicente de la Vega.....	100
Tabla 17. Mejoras en la intersección Av. Pedro Ruíz y Av. Saénz Peña.....	101
Tabla 18. Mejoras en la intersección calle Leoncio Prado y Av. Saénz Peña.	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Intervalo entre vehículos.....	23
Figura 2. Espaciamiento promedio entre vehículos	26
Figura 3. Espaciamiento entre 2 vehículos.....	26
Figura 4. Demanda vehicular y oferta vial	28
Figura 5. Gráfico Volumen (demanda vehicular/capacidad) vs Tiempo	28
Figura 6. Conflictos direccionales.....	29
Figura 7. Conflictos concurrenciales.....	29
Figura 8. Conflictos funcionales	30
Figura 9. Fases semafóricas	38
Figura 10. Características del diagrama de fases	38
Figura 11. Grafico para combinación de carriles para hora punta	40
Figura 12. Velocidad de la vía principal y población en zona urbana	41
Figura 13. Señales de prioridad.....	42
Figura 14. Grupo de movimientos en carriles	47
Figura 15. Movimiento del tráfico de vehículos y peatones	47
Figura 16. Red vial en estudio y movimientos que aportan flujo vehicular.....	67
Figura 17. Flujo vehicular de la red vial en estudio	67
Figura 18. Medidas de vehículos pesados y livianos predominantes.....	68
Figura 19. Desfase del tiempo de verde para los semáforos	72
Figura 20. Ingreso del mapa satelital de la red vial.....	73
Figura 21. Trazado de red vial	74
Figura 22. LANE SETTINGS – CONFIGURACIONES DE CARRIL	76
Figura 23. VOLUME SETTINGS – CONFIGURACIONES DE VOLUMEN	76
Figura 24. NODE SETTINGS – CONFIGURACIONES DE LA INTERSECCIÓN	77
Figura 25. TIMINGS SETTINGS – CONFIGURACIONES DEL TIEMPO DE SEMÁFORIZACIÓN.....	78
Figura 26. Demoras por intersección semaforizada.	79
Figura 27. Relación volumen/capacidad para intersecciones semaforizadas.....	80
Figura 28. Niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas	80
Figura 29. Longitud del ciclo semafórico actual.....	81
Figura 30. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Luis Gonzáles – Calle Vicente de la Vega.....	86

Figura 31. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Luis Gonzáles – Av. Pedro Ruíz	87
Figura 32. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Pedro Ruíz y la Calle Juan Cuglievan.....	88
Figura 33. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Pedro Ruíz y la Av. José Balta.....	89
Figura 34. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. José Balta y la calle Vicente de la Vega.	90
Figura 35. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Pedro Ruíz y la Av. Saénz Peña.....	91
Figura 36. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Saénz Peña y calle Leoncio Prado.	92
Figura 37. Tiempo de desfase entre semáforos de la red vial para la propuesta	92
Figura 38. Modelamiento en Synchro 8 de la situación actual.	102
Figura 39. Modelamiento en Synchro 8 de la propuesta de solución.	102
Figura 40. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de la propuesta de solución. .	103
Figura 41. Demoras en intersecciones semaforizadas para la propuesta de solución.	104
Figura 42. Grado de saturación o relación volumen/capacidad en las vías semaforizadas para la propuesta de solución final.....	104

RESUMEN

En los últimos años, la ciudad de Chiclayo ha tenido un gran crecimiento poblacional y económico, lo que conlleva a un incremento del parque automotor, esto trae consigo una mayor congestión vehicular en las principales avenidas y calles de la ciudad dado que no se ha llevado un correcto ordenamiento del tráfico vehicular. Este proyecto tiene como objetivo dar una solución vial buscando optimizar el nivel de servicio del tráfico ante el congestionamiento vehicular de la zona de estudio para ello se realizó el conteo vehicular y el correspondiente análisis de los datos; se tuvo en cuenta también el grado de saturación de las vías, demoras por acceso, flujos vehiculares, y los ciclos semafóricos. Para facilitar una adecuada solución vial al congestionamiento vehicular se usó el software Synchro 8 que nos brinda un análisis detallado del tráfico mediante los datos tomados en campo y que utiliza la metodología del automóvil Highway Capacity Manual - HCM 2010.

Palabras Clave: parque automotor, congestión vehicular, grado de saturación vehicular, flujo vehicular, ciclos semafóricos.

ABSTRACT

In recent years, the city of Chiclayo has had a great population and economic growth, which leads to an increase in the number of vehicles, this brings with it a greater traffic congestion in the main avenues and streets of the city since it has not been carried a correct ordering of vehicular traffic. This project aims to provide a road solution seeking to optimize the level of traffic service in the face of traffic congestion in the study area. For this, the vehicle count, and the corresponding data analysis were carried out; The degree of saturation of the roads, access delays, vehicle flows, and traffic light cycles were also taken into account. To facilitate an adequate road solution to traffic congestion, the Synchro 8 software was used, which provides us with a detailed analysis of the traffic through data taken in the field and which uses the methodology of the Highway Capacity Manual - HCM 2010 automobile.

Keywords: vehicle fleet, vehicle congestion, degree of vehicle saturation, vehicle flow, traffic light cycles.

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de transporte en una ciudad moderna es un tema de gran importancia en la actualidad, dado si hablamos de un sistema vial correctamente organizado este permite un mejor aprovechamiento en el tiempo para desplazarse a los diferentes sectores de la ciudad. Esto a su vez disminuye la contaminación ambiental, la contaminación auditiva, los posibles accidentes y el estrés tanto en los conductores como en los pasajeros.

El tránsito en la ciudad de Chiclayo es uno de sus principales problemas, donde se puede ver el gran congestionamiento vehicular en sus rutas debido a la ausencia de diseños e interés para reducir dicho problema, muchas veces producido por la informalidad, carencia de mantenimiento de las vías, aumento del parque automotor, centralismo, entre otras. [1]

Por otro lado, mucha de la infraestructura vial en el Perú se encuentra en mal estado requiriendo un constante mejoramiento de la pavimentación desde la carpeta de rodadura hasta sus capas inferiores, también se observa que las ciudades no cuentan con un sistema vial integrado que permita un adecuado flujo del tránsito y que se adapte a las necesidades del crecimiento urbano.

La zona y calles de estudio son vías céntricas y a su vez principales con múltiples accesos a entidades, comercios y otros lugares que son frecuentemente visitados, en dichas vías circulan un elevado número de vehículos debido al crecimiento del parque automotor en la ciudad de Chiclayo. (Ver anexo 1)

En la actualidad más de 36 mil vehículos transitan día a día en Chiclayo trayendo consigo un aumento del registro en el parque automotor, informó el presidente de la Central de Empresas y Operadores de Taxis de Lambayeque, Juan Vásquez García. [2]

La presente tesis pretende mejorar la transitabilidad en las vías congestionadas del proyecto, por lo que se brinda una propuesta de solución viable ante el congestionamiento vehicular modelando el tráfico mediante un análisis de la red vial en estudio y de su propuesta haciendo uso del Software SYNCHRO 8.0 modificando factores como los ciclos semafóricos y el uso correcto de las vías. El estudio de la presente tesis es de gran importancia por diferentes motivos:

En el ámbito social mejorará la calidad de vida tanto de los conductores como de los peatones ya que evitará el estrés provocado por la congestión vehicular, respecto al ruido de las bocinas se evitará una contaminación acústica, además se reducen los posibles accidentes, el tráfico será más ordenado por lo tanto el paisaje urbanístico mejorará y los peatones tendrán una mayor confianza al circular por las vías.

En el aspecto económico el acceso a zonas comerciales será más fácil y las personas podrán transitar sin inconvenientes, por ser zona céntrica el acceso a entidades será más rápido y en cuanto al transporte será beneficiado respecto a no perder tiempos por congestión vehicular. (Ver anexo 2).

En el contexto técnico se visualizará la aplicación de la Ingeniería de tránsito, el manual de carreteras DG 2018, norma de componentes de diseño urbano, el manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras, el manual de diseño geométrico de vías urbanas, el reglamento nacional de tránsito y el HCM 2010 más una interpretación de resultados gracias a los conocimientos adquiridos en la etapa universitaria.

Para un enfoque científico se busca ampliar la información y soluciones para mejorar el nivel de serviciabilidad de las vías, conocer el funcionamiento del programa Synchro 8 y actualizar el volumen vehicular de las vías para estudios posteriores en la zona.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

Son múltiples los trabajos e investigaciones que se han realizado buscando una solución vial ante el congestionamiento vehicular.

Tesis nacionales con la finalidad de tener el título de Ing. Civil

(Alvarado Azurin y Valle Azalde 2019): En su tesis “Propuesta de gestión del tránsito para la reducción del congestionamiento en la Av. Alfredo Benavides entre los tramos Ovalo Higuera y Av. Velasco Astete en el Distrito de Santiago de Surco utilizando el programa de simulación Synchro 8.0” tiene como objetivos la optimización y coordinación de fases semafóricas, los grados de saturación, niveles de servicio, demoras por espera y control de los ciclos semafóricos en las intersecciones haciendo uso del Software Synchro 8.0 a nivel mesoscópico. En sus propuestas de solución se hicieron reajustes en los tiempos de semaforización (ciclos semafóricos) y se han eliminado las vueltas en U, se elaboró una coordinación semafórica entre las intersecciones y se eliminaron los estacionamientos en las calzadas de las vías; todo esto ha reducido el congestionamiento vehicular y las demoras obteniendo mejores resultados en los niveles de servicio pasando de un nivel F a niveles como B y C además se redujeron el grado de saturación (volumen/capacidad) a valores menores y cercanos a 1. [3]

(Pereda Rondón y Montoya Salas 2018): En su investigación “Estudio y optimización de la red vial avenida América Sur tramo prolongación Cesar Vallejo - avenida Ricardo Palma, Trujillo” expresan que tienen como meta principal realizar un estudio del tráfico vehicular actual en el tramo mencionado anteriormente con el fin de identificar los problemas respecto al tráfico vehicular, se consideró como el mayor de los problemas actuales el crecimiento del parque automotor lo cual se tradujo al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana. Para lograr el objetivo se usó el software Synchro para modelar el tráfico actual y la solución en la que fue necesario hacer reajustes en los tiempos de semaforización para mejorar la efectividad de acorde a la demanda del flujo vehicular mejorando de tal forma los niveles de servicio en las vías evitando los atrasos y las demoras. [4]

(Del Mar Velarde y Vásquez Palomino 2019): En su investigación “Propuesta para la reducción del congestionamiento vehicular en las avenidas La Marina y Faustino Sánchez Carrión, desde la Av. Antonio José de Sucre hasta la Av. Gregorio Escobedo, mediante el uso del software Synchro 8” en Lima tiene como meta principal demostrar que la propuesta de gestión vehicular simulada a nivel mesoscópico en el software Synchro 8 permite reducir el congestionamiento vehicular en las avenidas en estudio; como propuesta se solución se hicieron cambios en la semaforización mejorando el nivel de servicio de F a niveles de A, B, C y D; los grados de saturación disminuyeron a valores menores y cercanos a 1 lo que conllevó a un mejor comportamiento de las vías en estudio reduciendo de forma considerable las demoras en las intersecciones. [5]

(Gutiérrez Zúñiga 2019): En su estudio “Aplicación del manual de capacidad de carreteras 2010 y el software Synchro 8.5 para la optimización de los semáforos en el centro de la ciudad de Juliaca” tuvo como objetivo principal aplicar el programa SYNCHRO que se basa en el Manual HCM para la simulación y así gestionar mejor el uso de los semáforos en las distintas intersecciones del centro de la ciudad de Juliaca; en cuánto a sus resultados obtenidos logró optimizar el flujo vehicular logrando mejoras en los niveles de servicio obteniendo niveles “D” y “E” y con demoras menores a los 80 segundos de lo que anteriormente eran de 100 segundos a más. Todo ello se ha logrado con la optimización de los ciclos semaforicos. [6]

(Osoreo Torres 2016): En su estudio “Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada Mariscal Castilla - Julio Sumar EL Tambo, 2015” en Huancayo menciona que su trabajo de investigación se empleó el software Synchro en la versión 8 para el análisis de la intersección semaforizada en donde se evaluaron las tasas de flujo de saturación, ajuste por anchos de vía, tiempos de semaforización y demoras por control. Se concluye que la metodología empleada por Synchro provee un análisis total de la capacidad y nivel de servicio que puede ser usada para evaluar alternativas de demanda de tráfico, planes de semaforización con la finalidad de corregir el comportamiento de la intersección. [7]

Para el análisis del impacto e influencia que tiene el presente proyecto con vías cercanas al estudio, se tiene las Investigaciones de estudiantes de la **UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO** cuyos temas son:

- Respecto a la Investigación: “EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA MITIGAR LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA AVENIDA SÁENZ PEÑA, DISTRITO DE CHICLAYO 2019” se tiene que las vías analizadas en el presente proyecto para optimizar el ciclo semafórico, uso adecuado de rutas en cada intersección y otras consideraciones beneficia a ambos proyectos, es decir se optimizan los ciclos semafóricos, cambio de rutas cuya finalidad es evitar el congestionamiento en las intersecciones. Se concluye que ninguna vía de la investigación mencionada se verá perjudicada directamente por la propuesta vial del presente proyecto.

2.2 Bases

2.2.1. Bases legales

Se consideran las normas, manuales y reglamentos nacionales del MTC para respetar los lineamientos del diseño de la infraestructura vial y las características del tránsito; además se toma en cuenta el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) que usa el programa Synchro 8.0 para el análisis.

NORMA GH-020: COMPONENTES DE DISEÑO URBANO

Señala lineamientos para los tipos de habilitaciones urbanas, sobre las zonas públicas que, a su vez, conformados por los accesos de flujo vehicular y del peatón, las superficies dedicadas a parques y plazas y; el diseño de vías y su clasificación.

MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS

El MTC crea el manual vigente desde el año 2000 con el objetivo de que el transporte se desarrolle eficientemente brindando protección para los usuarios y para el ambiente, se brindan parámetros del uso de aparatos de gestión del tránsito como son las señales, marcas en el pavimento, semáforos, entre otros. [8]

MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO DG – 2018

El DG-2018 nos brinda la información para poder realizar el análisis de la infraestructura vial, para ello hace uso de ciertos parámetros y conceptos necesarios para distintos procedimientos en la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, conforme con su categoría y grado de servicio y en concordancia con otras normas vigentes referidas al control

de la infraestructura vial, así como también establece características y procedimientos de cálculo con relación al tránsito. [9]

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: REGLAMENTO NACIONAL DE TRANSITO: DECRETO SUPREMO N° 016-2009

Este documento nos permite conocer los parámetros que regulan el uso y funcionamiento en las vías públicas y todo aquello que se permita desplazar vinculado al transporte en una determinada zona. [10]

MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS - 2005 - VCHI

Brinda lineamientos del sistema vial urbano, elementos de la viabilidad urbana, volúmenes de tránsito, capacidad vial, nivel de servicio, velocidad de diseño, intersecciones e intercambios, señalización y semáforos que será de uso para el análisis de la presente tesis. [11]

HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010 (HCM 2010)

El HCM o conocido también por su versión en español como Manual de capacidad de carreteras, brinda conceptos, parámetros y procedimientos que permiten determinar la capacidad vial y el tipo de servicio de las vías según sus condiciones y según sean intersecciones semaforizadas o no y todo aquello que afecte el rendimiento del sistema; su uso permite la simulación del tránsito a nivel mesoscópico, con el software usado en la presente tesis Synchro 8.0 tiene incorporada la metodología HCM, dicho manual cuenta con 4 capítulos:

- Volumen 1: Conceptos generales
- Volumen 2: Flujo ininterrumpido
- Volumen 3: Flujo interrumpido
- Volumen 4: Guía de aplicaciones

2.2.2. Bases teórico – científicas

2.2.2.1. Volumen de tránsito

Permite obtener la cantidad de vehículos para las intersecciones en estudio en un sistema vial definido a tratar, son cuantificados en relación con el tiempo y sirve para estimar el nivel de servicio en la zona de estudio.

El volumen de tránsito viene a ser la relación del número total de vehículos para un determinado tiempo, teniendo como ecuación:

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

Donde:

- Q= Vehículos para un determinado tiempo
- N= # veh.
- T= duración o tiempo determinado

Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Representa la cantidad de vehículos que transitan por un tiempo en específico y de acorde a su duración, se tiene: [11]

- TA = 1 año.
- TM =1 mes.
- TS=1 semana.
- TD=1 día.
- TH=1 hora.
- Tasa de flujo: T < 1 hora.

Volúmenes de tránsito promedios diarios

Es el promedio de veh. que circulan diariamente de acuerdo al periodo que se desea considerar. [11]

- Tráns. Prom. diario anual

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

-Tráns. prom. diario mensual

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

-Tráns. prom. diario semanal

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

-Tránsito total diario (TTD): conteo directo en todo un día determinado.

Volúmenes de tránsitos horarios

Expresado en veh./hr, se encuentran:

-Volumen horario máximo anual: Determinado en la hora con el máximo volumen en 1 año.

-Vol. Hor. de máx. demanda (VHMD): Máx. cantidad de veh. que transitan durante 60 minutos consecutivos.

-Volumen h. de proyecto (VHP): Sirve para verificar la viabilidad del proyecto, es el volumen horario que se puede dar más veces en 1 año. [11]

Además de obtener los volúmenes, para un análisis se requiere conocer la capacidad y niveles de servicio, tipo de flujos vehiculares, velocidades, dispositivos para el control de tránsito, zonas para estacionarse.

-Diferencia del vol. de tránsito en la hr. de máx aporte: Al tratarse de un flujo que cambia durante una hora se tienen distintas tasas de flujo para cada intervalo de tiempo de acorde al tiempo total.

El factor de máxima demanda FHMD brinda la relación entre un VHMD y el flujo máximo (q_{\max}) que se representa durante un periodo dado en dicha hora. [11]

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

N= Número de periodos durante la hora de máxima demanda (5, 10 ó 15 minutos, pudiendo ser y siendo el último el de mayor frecuencia).

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{\max_{15}})}$$

2.2.2.2. Teoría del flujo vehicular

En el flujo vehicular se busca evaluar el tránsito en horas punta o pico que circulan en las vías de estudio, pues el flujo vehicular viene dado por el número de vehículos que transitan por la calzada y si los vehículos que pasan son muchos para atender a la capacidad y serviciabilidad de la vía habría un congestionamiento vehicular. Para realizar una propuesta viable y eficiente

en cuanto a una solución vial es necesario conocer las características y comportamiento del sistema de transportes.

En un análisis de flujo se observan variables principales como: el flujo, la velocidad y densidad y otras secundarias o que sobresalen de aquellas como: volumen, intervalo, espaciamiento, distancia y tiempo y tiene como ecuación fundamental la siguiente expresión: [11]

$$q = V * k$$

Donde:

- k= Concentración o densidad
- q= Tasa de flujo
- V= velocidad

2.2.2.2.1. Variables relacionadas con el flujo

Entre ellas se encuentran:

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

Es la frecuencia a la que transitan los vehículos por un carril para un tiempo determinado inferior a una 1 hr. y en minutos o segundos, es decir (veh/min) o (veh/seg). Si se quiere expresar en horas vendría ser denominado como volumen horario expresado como (veh/hora). [11]

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

Donde:

- q= Tasa de flujo
- N= # vehículos
- T= periodo (unidad de t.)

Intervalo simple (hi)

Representado por el espacio de tiempo entre el paso de 2 vehículos seguidos teniendo como dato puntos homólogos de los mismos y generalmente se expresa en segundos.

Intervalo promedio entre varios vehículos (\bar{h})

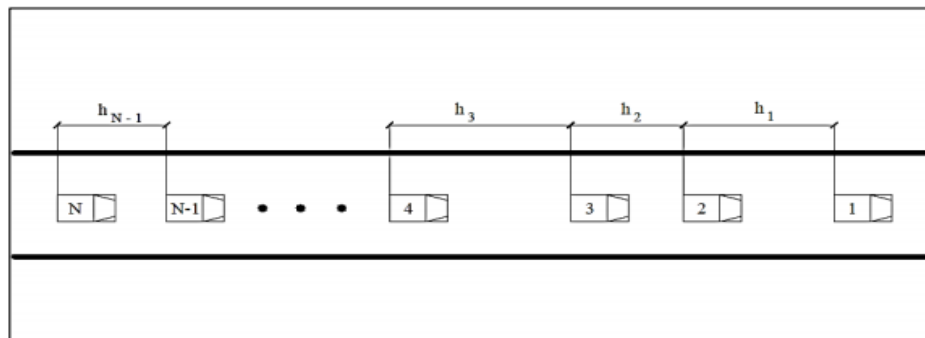
Es aquel promedio de todos los intervalos simples para los distintos vehículos que circulan, expresado en (s/veh) y tiene la siguiente expresión:

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

Donde:

- \bar{h} = interv. prom. (s/v.)
- N = cantidad de autos
- N-1 = # interv.
- h_i = interv. simple entre el veh (i) y el veh (i+1)

Figura 1. Intervalo entre vehículos



Fuente: Ingeniería de tránsito de Cal y Mayor R y Cárdenas

Se puede interpretar que (\bar{h}) (s/veh) se asocian como con (q) =veh/s, teniendo como expresión:

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

2.2.2.2.2. Variables relacionadas con la velocidad

Entre ellas se encuentran las vel: instantánea, media temporal, media espacial, de recorrido, de marcha y la distancia recorrida en un tiempo. [11]

Velocidad de un vehículo

Relaciona la distancia entre el tiempo que se empleó, expresado como:

$$V = d/t$$

Donde:

- V = Vel. Constante (km/h)
- d = Recorrido (km)
- t = duración del recorrido (h)

Velocidad de marcha

Es la velocidad medida que excluye las paradas y demoras.

Velocidad instantánea o velocidad de punto

Aquella velocidad medida en un punto específico para tramo muy corto por lo que es difícil de leerla.

Velocidad de recorrido

Aquella cuyo recorrido es el total o de viaje para tramos largos dividido entre el tiempo que demora en recorrer dicha distancia. Se excluyen las demoras por el tránsito y demoras fuera de vía como recreación o servicios. Se obtiene como el promedio de velocidades desarrolladas por un conjunto de vehículos.

Distancia de recorrido

Medida en unidades de longitud y es la longitud total recorrida por un vehículo.

Tiempo de recorrido

Medido en unidades de tiempo y se determina al ser medido entre 2 puntos (uno de partida y otro final).

Velocidad media espacial (Vme)

Calculada como la media aritmética de las vel. de los veh. para un instante determinado en la que ocupan una longitud de la vía.

$$Vme = \frac{d}{(\sum_{i=1}^N f_i * t_j) / n}$$

Donde:

- Vme= (km/h)
- d= medida del tramo (km)
- ti= Tiempo de recorrido para el vehículo fi.
- fi= Cantidad de vehículos para un tiempo tj.
- N= número de tiempos de recorrido observados
- n= cantidad o muestra tomada de vehículos

Velocidad media temporal

Denominada también como vel. media-tiempo siendo la media aritmética de la vel. de los vehículos que transitan(n) por un determinado punto durante un espacio de tiempo. Su unidad es (km/h).

$$V_{mt} = \frac{1}{n} \sum_i v_i$$

Donde:

- $N = \#$ veh.
- $V_i =$ velocidad del i-ésimo vehículo

2.2.2.2.3. Variables relacionadas con la densidad

Densidad o concentración (k)

Representada por el número de veh. que ocupan una distancia, expresado en veh/km. [11]

$$k = N/d$$

Espaciamiento simple (S_i)

Es la longitud o distancia recorrida entre 2 vehículos seguidos, sus unidades son metros y la medida es entre las partes traseras del vehículo.

Espaciamiento promedio (s^-)

Aquel promedio de todos los espaciamentos simples, expresado en (m/veh) y calculado por la siguiente expresión:

$$s^- = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} S_i}{N-1}$$

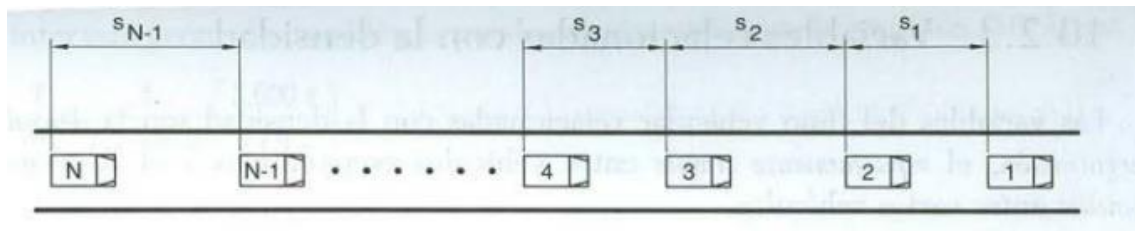
Donde:

- $N = \#$ veh.
- $N-1 = \#$ espacios
- $S_i =$ espaciamiento simple entre el vehículo (i) y el vehículo (i+1).

También puede expresarse como la inversa de la densidad si realizamos el análisis de sus unidades:

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

Figura 2. Espaciamiento promedio entre vehículos

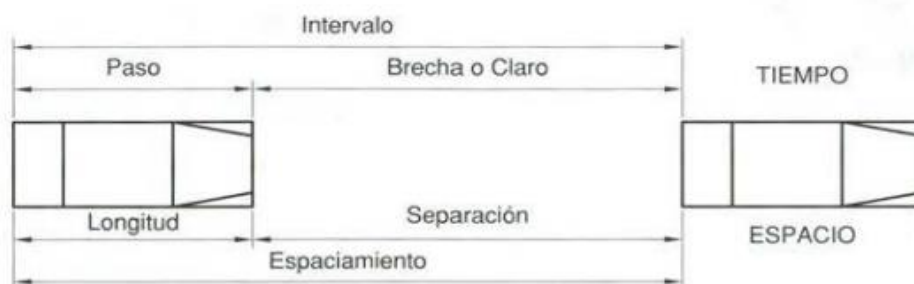


Fuente: Ingeniería de tránsito de Cal y Mayor R y Cárdenas.

2.2.2.2.4. Relación entre flujo, velocidad, densidad, el intervalo y el espaciamiento

Entiéndase como, el paso, al lapso que un veh. necesita para recorrer su propia longitud, el claro o brecha es el intervalo resultante entre la parte delantera del vehículo que se encuentra detrás y la parte trasera del vehículo que se encuentra por delante entre la velocidad (la del 2do veh. o la del grupo de veh. que viajen a una misma velocidad).

Figura 3. Espaciamiento entre 2 vehículos



Fuente: Ingeniería de tránsito de Cal y Mayor R y Cárdenas

Para un grupo vehicular moviéndose a una velocidad (V_e) aprox. invariable en el tiempo, el intervalo promedio \bar{h} y espaciamiento promedio s^- .

$$s^- = V_e * \bar{h}$$

Además, el flujo del tránsito puede expresarse en términos de tasa de flujo (q), velocidad (v) y densidad (k):

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

Donde:

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

$$q = Ve * k \dots \text{Ecuación fundamental del flujo vehicular}$$

2.2.2.2.5. Velocidad de operación

Se refiere a la máx. velocidad que puede llegar los vehicular sin superar la velocidad del diseño. Para el presente trabajo es la velocidad que se va a considerar para identificar los problemas de transitabilidad en la vía. La velocidad de operación es el percentil 85 de la distribución de velocidades que desarrollan los conductores en condiciones favorables, es decir posee un flujo libre en su circulación. [12]

2.2.2.2.6. Relación entre la demanda vehicular y la oferta vial

Para entender los problemas del tránsito es necesario interpretar aquellos elementos que lo originan siendo estos:

La demanda vehicular es el número de vehículos que necesitan desplazarse por un sistema y oferta viales. En la demanda vehicular se encuentran aquellos vehículos que se encuentran en cola vehicular dado por el congestionamiento existente, los que deciden tomar rutas alternas y los que transitan sin ninguna dificultad debido al buen sistema de serviciabilidad de las vías. La oferta vial se define como el lugar físico (calles y carreteras) para que una cierta cantidad máxima de vehículos puedan transitar. [11]

Patrón Urbano

La demanda vehicular es consecuencia por los vehículos que circulan por la necesidad de acceder a sus lugares de destino mientras que la oferta vial es el espacio que se puede brindar para que transite un máximo número de autos para dicha zona según la cantidad de carriles y su importancia.

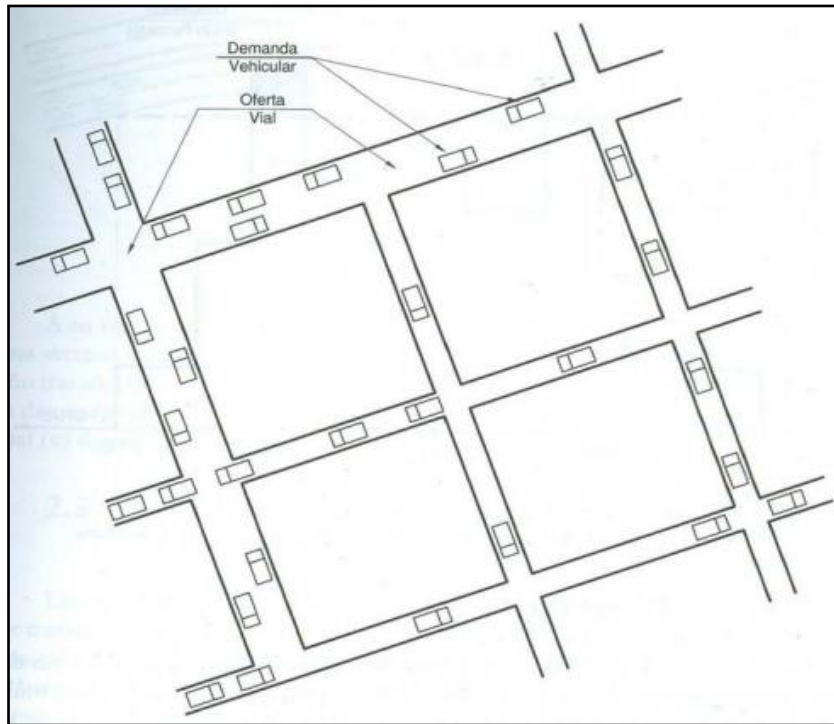
Se tiene que:

Sí Demanda veh. < Oferta Vial, el tránsito es fluido y no será saturado y el grado de operación varían de excelentes a aceptables. Es lo deseable

Sí son iguales, se llega a la capacidad de la que fue diseñada, tránsito inestable y se podría llegar a la congestión.

Sí la demanda es mayor, el flujo será forzado, muchas demoras y es lo indeseable.

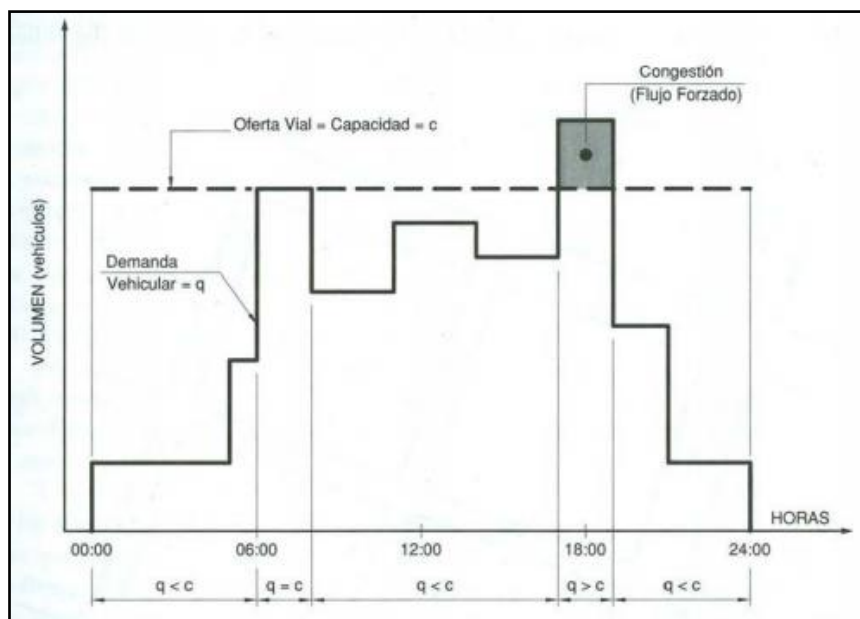
Figura 4. Demanda vehicular y oferta vial



Fuente: Ingeniería de tránsito de Cal y Mayor R y Cárdenas

A continuación, se representa gráficamente lo mencionado anteriormente para una determinada cantidad de veh. y su oferta vial.

Figura 5. Gráfico Volumen (demanda vehicular/capacidad) vs Tiempo



Fuente: Ingeniería de tránsito de Cal y Mayor R y Cárdenas

2.2.2.2.7. Conflictos del tráfico

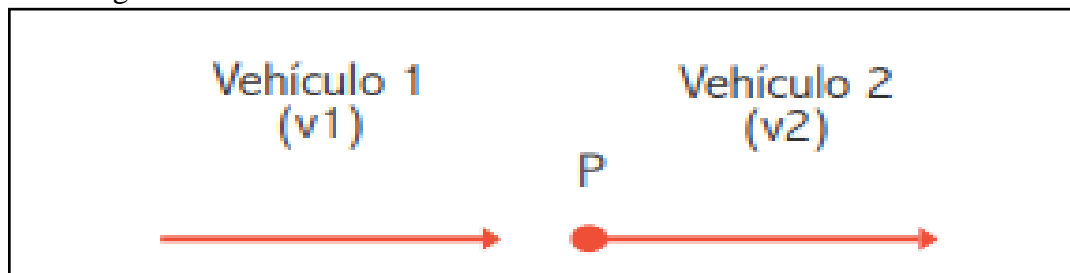
Los conceptos de conflicto del tráfico permitirán tener un enfoque de los tipos de causas del congestionamiento vehicular. Entre ellos se encuentran: [13]

Conflictos Direccionales

Se ocasionan ante la presencia de cambios de dirección en la vía en la que dichas rutas alternas son tomadas por los conductores. Las respuestas de solución pueden ser:

- El vehículo 2 siempre le cede el paso al vehículo 1 (señal de prioridad).
- El derecho en el paso se alterna en el tiempo. (semáforo)
- Accidente: los vehículos colisionan

Figura 6. Conflictos direccionales



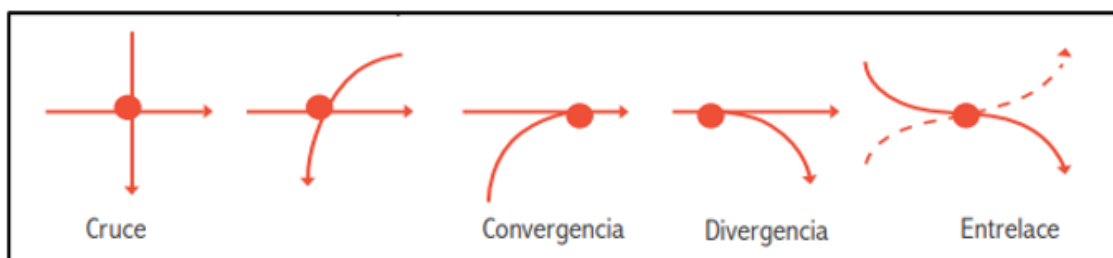
Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular de Rodrigo Fernández – 2008

Conflictos Concurrenciales

Se produce cuando 2 vehículos van en una misma dirección ambos con distintas velocidades donde la velocidad del $v1 > v2$, velocidad del Vehículo 2 abarcando la posibilidad de que ambos de encuentren en el punto “P” algún momento. Las respuestas de solución pueden ser:

- El vehículo 1 adelanta al vehículo 2
- El vehículo 1 ajusta su velocidad a la del vehículo 2
- Accidente: el vehículo 1 colisiona con el vehículo 2.

Figura 7. Conflictos concurrenciales



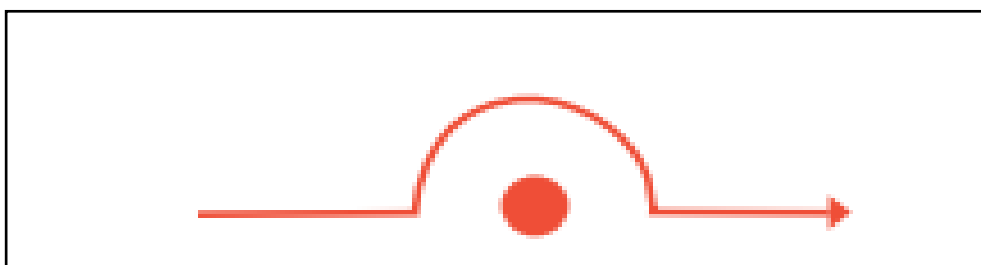
Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular de Rodrigo Fernández – 2008

Conflictos Funcionales

Aquellos que se producen en un mismo lugar por ejemplo cuando existen obstáculos en el camino para un vehículo como que otro se detenga a recoger pasajeros o carga. Las respuestas de solución pueden ser:

- El vehículo 1 adelanta al vehículo 2.
- El vehículo 1 se detiene tras el vehículo, mientras éste carga y descarga.
- Accidente: el vehículo 1 colisiona con el vehículo 2.

Figura 8. Conflictos funcionales



Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular de Rodrigo Fernández – 2008

2.2.2.2.8. Taxonomía de modelos de redes viales

Para analizar el flujo vehicular se pueden considerar distintos modelos los cuales se basan en características del movimiento vehicular desde distintos puntos de análisis. Se encuentra el modelo Macroscópico, los modelos Mesoscópicos y los modelos microscópicos. [5]

Tabla 1. Modelos de redes viales

Categoría de modelo	Cómo trata vehículos y cómo modela tráfico	Ejemplos de software	Aplicaciones típicas
Macroscópico	Como fluido continuo Modelo fluidodinámico Relación flujo-demora	TRIPS EMME/2 ESTRAUS	Asignación tráfico, evaluación de proyectos estratégicos (eg, metro)
Mesoscópico	En grupos vehículos Histogramas cíclicos flujo Dispersión tráfico en arcos	SATURN TRANSYT SCOOT	Coordinación semáforos, prioridad a buses, gestión de tráfico urbano
Microscópico	Vehículos individuales Modelos de seguimiento vehicular y cambio de pista	PARAMICS GETRAM SIGSIM, etc. ⁽¹⁾	Diseño y operación detallada de elementos viales (eg, intersecciones)

Fuente: Elementos de la teoría del tráfico vehicular – Rodrigo Fernández A.

a) Modelación Macroscópica

Es el modelo que usa las representaciones del flujo de tránsito en forma continúa relacionando el flujo y todos sus parámetros correspondientes. Para su simulación no se toma en cuenta el seguimiento de vehículos sino más bien como un modelo de tráfico continuo analizando una conducta colectiva del flujo en forma dinámica.

b) Modelación Mesoscópica

Modelación usada para la coordinación de semáforos y la gestión del tráfico urbano.

En esta modelación considera un grupo de veh. como una unidad, los giros, tiempos de arribo y salidas son determinados por la simulación. Requiere de probabilidades para detallar que un vehículo se ubique en cierto tiempo en una posición determinada.

c) Modelación Microscópica

Se basa en la característica por cada vehículo dentro del flujo vehicular lo que hace que sirva para simular el tránsito a mayor detalle haciendo que los datos de ingreso sean múltiples y tiene un mayor tiempo de modelación, se incorpora el análisis de colas de espera y otros parámetros.

2.2.2.2.9. Flujo Discontinuo en intersecciones semaforizadas

El flujo discontinuo tiene que ver con el control en el ciclo del semáforo ya que, en cada ciclo, la luz roja interrumpe el flujo haciendo que ya no sea continuo, además de ello se puede presentar la necesidad de rotondas, señales de prioridad y vías principales o secundarias. [3]

2.2.2.2.10. Tasa de flujo de saturación

Es la cantidad de carros por hora y por carril que pueden circular por una intersección semaforizada si la luz verde este habilitado permanentemente, los vehículos no se detienen y se eliminan headways demasiado largos. [13]

El cálculo de la tasa de flujo de saturación “S” se realiza mediante la Metodología del HCM 2010, la cual multiplica el flujo saturación base por los factores de corrección.

En la Ingeniería de tránsito, el “headways de entrada” surge en una intersección semaforizada durante el periodo de cambio del intervalo semaforico de rojo a verde, cuando los vehículos cruzan la línea de parada al ingresar a la intersección. [9]

2.2.2.2.11. Demoras y colas

Se presentan ante un problema de congestión de vehículos, se da el fenómeno de espera el cual es a causa de un mal diseño en el tráfico de la red vial al no considerar adecuadamente los tiempos semafóricos, estacionamientos, accesos principales o carriles de uso especial. [11]

Las demoras pueden darse de 2 maneras: La primera causada por dispositivos de control (Alto o Ceda el paso) ocasionan demoras y la segunda es consecuencia de una gran demanda de flujo vehicular en situaciones de flujo continuo por lo que se tienen demoras cada cierto tiempo que se dan durante las mismas horas del día, y las demoras no periódicas producto de incidentes (accidentes o vehículos descompuestos) o cierres eventuales de una parte o totalidad de la vía.

2.2.2.2.12. Capacidad y nivel de servicio

El término “capacidad” dado por el Highway Capacity Manual – HCM como el número máximo de veh. o personas que transitan por una vía durante un lapso determinado y bajo condiciones predominantes de la infraestructura vial, de los dispositivos de control y del tráfico. Sobre esta base, la capacidad de la vía se define como la tasa máxima de flujo vehicular que puede soportar una carretera o calle. [14]

Las condiciones prevalecientes de la vía se basan en sus características geométricas, las cuales son, el número, uso y configuración de carriles, el ancho del arcén y el alineamiento horizontal y vertical. Además, existe la circulación continua que se da cuando no existen dispositivos externos al flujo de tránsito, por ejemplo, semáforos y señales de alto que suelen producir interrupciones; y es discontinua cuando cuenta con elementos fijos que generan demoras cada cierto tiempo en el flujo de tránsito tales como los semáforos, zonas de prioridad con señales, entre otras regulaciones.

a) Capacidad en Intersecciones Semaforizadas

Tratándose de intersecciones semaforizadas se mide la capacidad por conjunto de carriles con el máximo flujo de unidades móviles que circulen en las intersecciones durante un periodo de 15 minutos. La capacidad vial tiene como unidad de medida vehículos/hora y se basa en el concepto de flujo de saturación. [9]

Es importante conocer el concepto de la tasa de flujo de saturación ya que indica el flujo máximo que puede circular por las vías con el tráfico y las condiciones de las vías existentes

asumiendo que el grupo tiene el semáforo todo el tiempo en verde; se expresa como la razón del flujo de demanda actual o proyectada del grupo de vías entre la tasa de flujo de saturación representada como v/c “.

El flujo de saturación es aquella capacidad de un grupo de vehículos para acceder a una intersección ya sea o no semaforizada. [11]

En la presente investigación se calculará la capacidad de un grupo de vehículos por sus respectivos carriles e intersecciones y el grado de saturación, el cual representa la relación entre el volumen y la capacidad (v/c).

b) Nivel de Servicio en intersecciones semaforizadas

El concepto de Niveles de Servicio dado por el Highway Capacity Manual (HCM) del 2010 menciona que para un flujo discontinuo, el nivel de servicio se basa en las demoras por control causado por el paso impedido de las señales semaforicas en las intersecciones de las vías a circular.

La demora como elemento de control define el nivel de servicio de las intersecciones señalizadas e indica la cantidad de tiempo de viaje perdido y el consumo de combustible, además es también una medida de la frustración y de la incomodidad de los conductores. [9]

Las demoras que surgen en intersecciones semaforizadas tienen que ver con la geometría de las vías, el tráfico, medidas de control, imprevistos, ciclos semaforicos, entre otros motivos para impedir momentáneamente el pase o acceso a una vía. Los niveles de servicio que el HCM 2010 considera serán definidos a continuación. [15]

❖ Nivel de servicio A.-

Las demoras por control van desde 10 segundo/vehículo o menos y una relación de v/c menor a 1. Se suele asignar este nivel cuando la relación v/c (volumen-capacidad) es baja o duración del ciclo es muy corta.

❖ Nivel de servicio B.-

Las demoras por control se ubican 10-20 seg/veh y de v/c menor a 1. Se suele asignar este nivel cuando la relación v/c (volumen-capacidad) es baja y la duración del ciclo es corta, se observa para este nivel un mayor número de vehículos varados en comparación con el nivel A.

❖ Nivel de servicio C.-

Las demoras por control se ubican entre 20-35 segundos/vehículo y una relación de v/c menor a 1. Se suele asignar este nivel cuando la duración del ciclo es moderada y se observan

demoras en cola haciendo que los vehículos no puedan circular por el mal control del ciclo semafórico.

❖ **Nivel de servicio D.-**

Las demoras por control se ubican entre 35-55 seg. /veh. y de v/c menor a 1. Se suele asignar este nivel cuando la relación v/c (volumen/capacidad) es alta con una duración de ciclo larga causando que muchos vehículos paren y existen fallas del ciclo individual.

❖ **Nivel de servicio E.-**

Las demoras por control se ubican entre 55-80 seg. /veh. y de v/c menor a 1. Se suele asignar este nivel cuando la relación v/c (volumen/capacidad) es alta con una duración de ciclo larga y se observa constantemente fallas en los ciclos individuales.

❖ **Nivel de servicio F.-**

Las demoras por control son superiores a 80 seg. /veh. y v/c mayor a 1. Se suele asignar este nivel cuando la relación v/c (volumen/capacidad) es elevada con una duración de ciclo larga y en la mayoría de los ciclos no permiten eliminar las colas.

2.2.2.2.13. Dispositivos de control de tránsito

Son los semáforos, marcas, señales, y cualquier otro dispositivo, que se colocan para el control del tránsito en las calles y carreteras para mejorar el nivel de servicio de las vías y así evitar los accidentes y las demoras innecesarias. [8]

❖ **La efectividad de un aparato de control debe cumplir con lo siguiente:** [8]

- a) Realmente exista una necesidad de su implementación
- b) Que el conductor o peatón pueda verlo fácilmente.
- c) Que brinde el mensaje de forma clara.
- d) Tenga una correcta ubicación para poder reaccionar a tiempo.
- e) Uniformidad.
- f) Demostrar autoridad

❖ **Ubicación y requisitos:** [8]

La correcta ubicación para estos elementos debe ser tal que llame la atención del usuario de manera inmediata y que su lectura sea clara y rápida teniendo en consideración el tipo de vía y la velocidad para la misma, además estos deben complementarse con otros dispositivos para que la red vial funcione de acorde a un diseño que evite tanto accidentes como demoras

innecesarias, estos deben colocarse de manera uniforme en las vías que lo requieran según reglamento.

a) Semáforos

Son dispositivos eléctricos que sirven para ordenar y regular el tránsito de los vehículos motorizados y no motorizados y de peatones en las vías a través de la visualización de luces de colores rojo, amarillo y verde caracterizados por un sistema de colores que cambian gradualmente e indican una función según el color.

A través de unidades de control de diversos tipos es como se regula y gestiona la operación de los distintos tipos de semáforos, por ejemplo, un conjunto de semáforos que trabajan entre sí cuenta con otros aparatos para su gestión para que tengan acceso a las funciones básicas en una Estación Central o Control Maestro. [8]

Entre ellos se encuentran: [8]

1) Semáforos para el control de tránsito de vehículos:

La función principal de estos es gestionar el tráfico de acorde a las necesidades de la vía, entre estos se encuentran:

❖ *Semáforos fijos o pre sincronizados:* Son del tipo programables con lapsos y serie de fases adecuados con anterioridad por lo que no se accionan con el tráfico, los parámetros que se preestablecen son duración de los ciclos para el semáforo y las fases pueden llegar a ser reprogramados de acorde a la necesidad.

❖ *Semáforos sincronizados por el tránsito:* Para su funcionamiento se utilizan detectores tanto para vehículos como peatones para contabilizarlos en todos los accesos a un cruce de calles (sincronizados) por lo que el semáforo acciona ante el volumen captado tanto de carros como de personas con ciertos parámetros definidos y considerando un sistema vial.

❖ *Semáforos adaptados al tránsito:* Son los llamados semáforos inteligentes, cuya programación es regulada continuamente y de manera automática en todos los accesos a una intersección, para esto se hace uso de detectores para captar el volumen por acceso en las intersecciones enviando así la información sobre fases y ciclos semafóricos a una estación de control.

2) Semáforos usados en pasos peatonales

Brindan el tiempo necesario para que los peatones puedan cruzar una vía haciendo uso del cruce peatonal, es por ello que es importante tanto los semáforos, así como la demarcación en el pavimento que indique por donde cruzar.

a.1). Luces de los semáforos

-Rojo fijo: Exige a los conductores que deben parar al inicio de un cruce peatonal, y para el cruce de los peatones de ser necesario instalar un semáforo peatonal que les indique el paso o cruzar cuando se encuentra en rojo el semáforo para los carros.

-Amarillo fijo: Es un lapso breve de tiempo para cambiar de luz verde a luz roja indicando que los carros deberán detenerse, así mismo advierte a los peatones que no tienen el tiempo necesario para cruzar salvo que exista algún semáforo para peatones que indique lo contrario, es importante la implementación de este intervalo breve de tiempo ya que permite despejar el tránsito en cruces evitando que los coches frenen bruscamente. [11]

-Verde fijo: Sirve para que los conductores sigan de frente o dar vuelta a la derecha o izquierda según su ruta salvo que existan señales que se lo prohíba, para el caso del peatón deberán esperar el paso de los vehículos a menos que algún otro semáforo les indique que pueden pasar.

-Rojo intermitente: Los conductores se detienen obligatoriamente antes de la raya de parada, es usada en vías que sean de mayor uso.

-Amarillo intermitente: Los conductores realizan el cruce con precaución.

-Verde intermitente: Avisa a los conductores que el tiempo de la luz verde está por terminar.

-Máximo Verde:

Ante una gran cantidad de carros en forma simultánea. Los datos numéricos típicos de máx. verdes, para las fases de giro a la izquierda, varían entre 15 y 30 segundos, para la calle menor van de 20 a 40 segundos; mientras que la calle mayor, el rango oscila entre 30 y 60 s. [9]

-Mínimo Verde: Su valor nos muestra el tiempo mín. que una luz verde puede desplegarse cuando se activa una fase semafórica, considera en su duración un tiempo para que el conductor pueda reaccionar, visualizar el escenario y la longitud de la cola. El mínimo verde normalmente varía desde 4 hasta 15 segundos; además, los valores más cortos de este rango se utilizan para las fases que sirven movimientos de giro y movimientos directos de menor volumen. [9]

-Cambio de Luz ámbar y duración de luz roja: El cambio de luz ámbar y la configuración de la extensión del color rojo se incluyen en cada fase del semáforo. Por un lado, el intervalo de cambio ámbar alerta al conductor sobre la presentación inminente de una indicación roja; así mismo, tiene un rango de 3 a 6 segundos, con valores más largos para aquellos movimientos que requieran una mayor velocidad. Por otro lado, el intervalo de despeje rojo se puede emplear para permitir que transcurra un breve tiempo después de la indicación ámbar, lapso durante el cual el semáforo asociado con la fase final y todas las fases en conflicto muestran una indicación roja; adicionalmente, este intervalo suele ser de 1 o 2 segundos. [9]

Finalmente se tiene que un semáforo esta compuesto por lente, lámpara, reflector y la portalámpara, todo lo menciona se encuentra orientado en la misma dirección, el número mínimo en cada intersección es de 2 caras, cada una maneja un acceso y a su vez un grupo de vehículos y si se requiere se implementa el semáforo para las personas, dichos semáforos se ubican en el inicio y final de cada paso peatonal. [9]

a.2.) Cálculo de los tiempos de semáforo

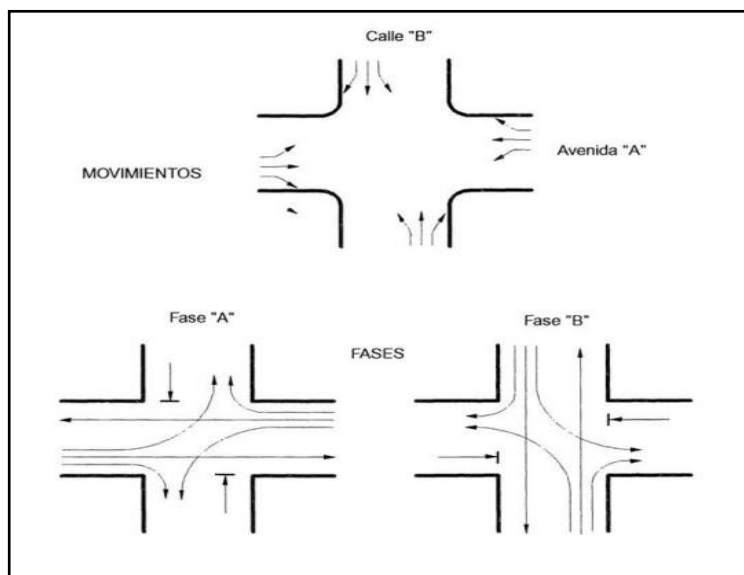
Para reducir el problema vehicular es necesario llegar al mínimo de las demoras y por ello se debe tener en cuenta que en cada fase se considere la mayor cantidad de movimientos posibles en simultáneo con el objetivo de que se pueda disipar una mayor cantidad de carros en un cruce de calles, es por ello que la cantidad de fases distintas debe ser la mínima salvaguardando la seguridad y una correcta viabilidad en la serie de fases.

Cada fase empieza con la restricción del pase, es decir el final de la luz verde, de los distintos movimientos de acorde a los accesos con los que ganan el paso. En conclusión, toda fase consta de los 3 intervalos de colores.

Una correcta distribución para el tiempo de cada fase debe guardar relación directa con la cantidad de tráfico para los accesos correspondientes de igual manera el ciclo completo. [11]

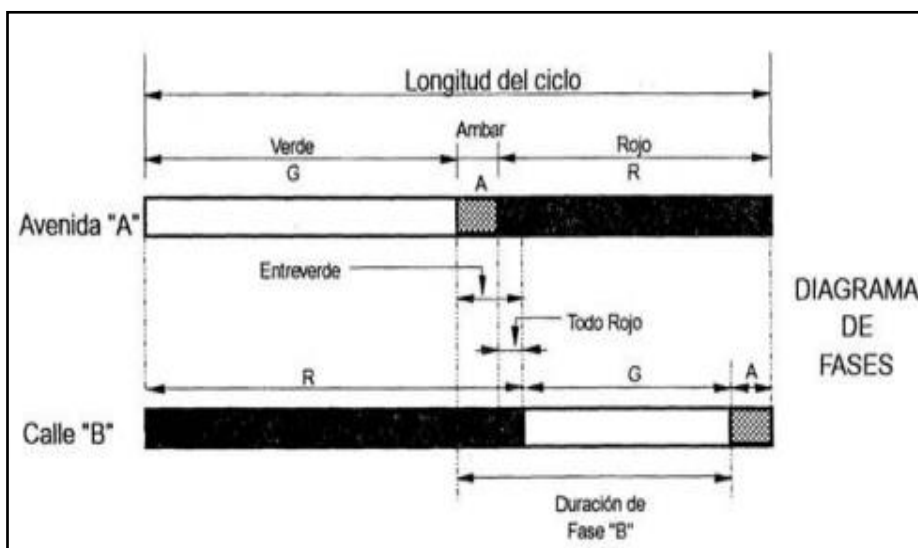
Existe también una etapa de todo rojo que se interpreta como que las luces en todos los semáforos serán rojo mientras que el intervalo denominado entreverde es aquel lapso de tiempo que inicia desde que termina el verde hasta el inicio de verde para aquel otro acceso que inicia su tiempo de verde siendo así la suma de todo rojo con ámbar. En la figura se observa un sistema de 2 fases en una intersección.

Figura 9. Fases semafóricas



Fuente: Ingeniería de tránsito de Cal y Mayor R y Cárdenas

Figura 10. Características del diagrama de fases



Fuente: Ingeniería de tránsito de Cal y Mayor R y Cárdenas

a.3.) Unidad de Control

Se refiere a un sistema electrónico que puede ser a su vez mecánico cuyo objetivo es controlar el cambio de fases y luces de un semáforo, para ello se rige de una programación diseñada para evitar las demoras en exceso, su clasificación es de la siguiente forma: [8]

- a) *Tiempo fijo*: programación preestablecida y ninguna fase puede activarse por el tráfico.
- b) *Semi-accionado*: Algunas de sus fases son activadas con el tránsito.

c) *Totalmente accionado*: Se activa totalmente por el tránsito.

a.4.) Estación central o control maestro

Es donde se realizan los cambios y se reparten de manera automática señales hacia los mecanismos de las unidades de control que estén interconectados, cuya finalidad es optimizar los accesos del tráfico para reducir las demoras provocadas por un mal manejo en la disipación de grandes masas vehiculares, cuando se tienen intersecciones muy cercanas en una red vial perteneciente a áreas urbanas, la gestión de cada cruce en cuanto al manejo de tiempos del semáforo influye en las demás por lo que es más conveniente trabajar en la coordinación entre semáforos que en los tiempos de fases de cada uno de estos. [8]

Los sistemas más utilizados en las en las Estaciones Centrales y Control Maestro son: [8]

-Sistema coordinado simultáneo: El pase o restricción a lo largo de una vía se da al mismo tiempo para todos los semáforos para cada intersección se tienen los mismos periodos y las indicaciones están sincronizadas, se puede dar que en la vía principal todos los semáforos den luz verde y en las secundarias debe estar en rojo o viceversa.

-Sistema coordinado alternado: Contrario al caso anterior se tiene que las indicaciones cambian a lo largo de una vía, se puede dar como un sistema simple (desfase de medio ciclo), doble y triple (desfase cero para los semáforos simultáneos y medio ciclo para los demás).

-Sistema coordinado progresivo: Se puede presentar de 2 formas, limitado (se da un tiempo común a los ciclos y al tiempo de verde que no dependan de las exigencias en cada cruce y se establece una programación de tiempos para que la circulación sea continua en las masas vehiculares) y flexible (se dan las mismas condiciones que el primer caso pero se pueden adicionar ciertas características de acorde al tipo de control maestro u otros dispositivos que se disponga).

a.5.) Requisitos generales para la instalación de semáforos

Condiciones del tránsito para verificar la necesidad de implementación semafórica: [8]

❖ Volumen vehicular para horas punta

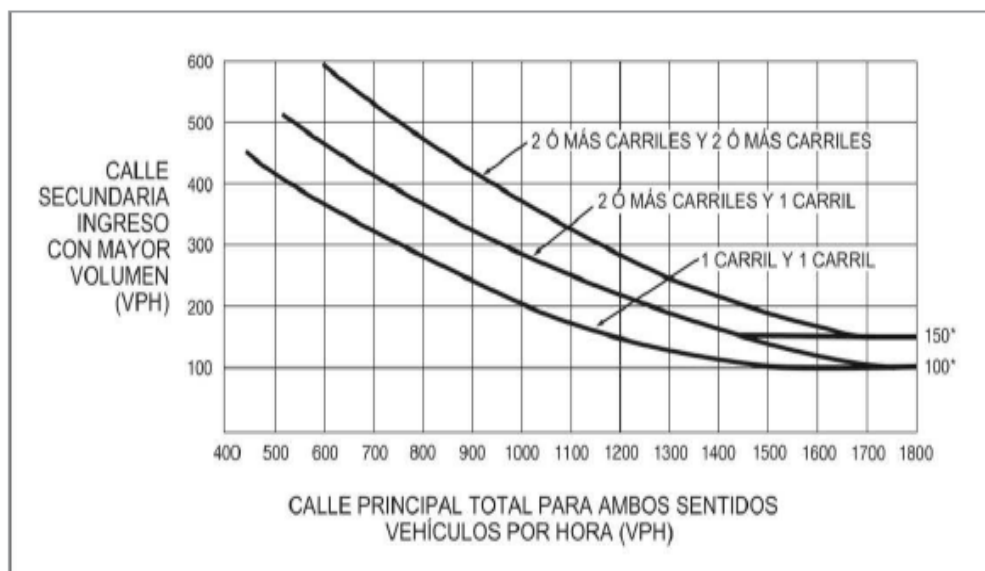
Se presenta en aquellas intersecciones donde el flujo para una vía secundaria hacia una principal tiene dificultad para entrar a la vía o cruzarla durante cierta hora punta en 1 día, para ellos se debe tener en cuenta los siguientes 2 criterios en la implementación de semáforos:

a) Sí en cualquiera de los periodos de consecutivos de 15 minutos que se dan en una misma hora, se presenta lo siguiente:

- ✓ El tiempo de demora por parada de los carros en un acceso de una vía secundaria (una sola dirección) restringida por una señal de PARE es: para 1 carril ≥ 4 veh/hr o para 2 carriles ≥ 5 veh/hr.
- ✓ La cantidad de vehículos para una vía secundaria de una sola dirección es: para 1 carril ≥ 100 veh/hr. o para 2 carriles ≥ 150 veh/hr.
 - ✓ Si el volumen que transita durante una hora es igual o superior a 800 veh. para intersecciones con 4 o más accesos o igual o superior a 650 veh. para aquellas intersecciones con 3 accesos.

b) Si en el siguiente gráfico de la figura en la cual se muestran veh. /hr. para una vía principal de ambos sentidos y la calle secundaria en la cual ingresan una mayor cantidad de carros de 1 sentido por hora de, si se da que durante una hora en cualquiera de sus intervalos de 15 min los puntos graficados caen por encima de la curva, para cada combinación de carriles correspondiente.

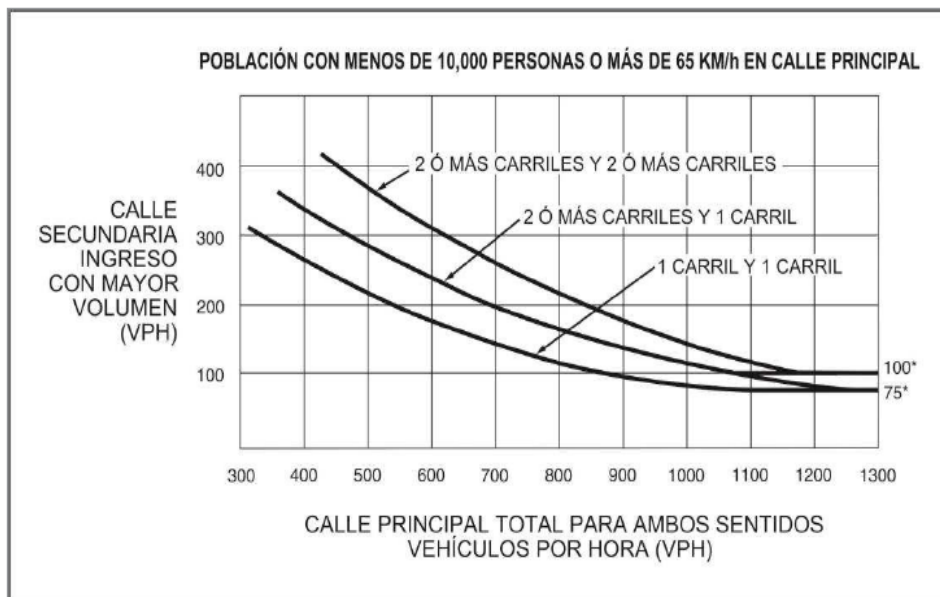
Figura 11. Grafico para combinación de carriles para hora punta



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito para calles y carreteras

Si el límite de velocidad para una vía principal supera 60 km/h o si en la población hay menos de 10 000 habitantes se puede emplear el siguiente gráfico en lugar del anterior.

Figura 12. Velocidad de la vía principal y población en zona urbana



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito para calles y carreteras

a.6.) Accidentes Frecuentes

Uno de los motivos más importantes del empleo de semáforos es minimizar los accidentes ya que a través del uso de estos elementos se brinda un orden del flujo vehicular para el caso de cruces con varios accesos, vías cortas, de mayor concurrencia las cuales necesitan un control de las masas vehiculares que ingresan, así como de las que salen.

A continuación, se presentan los diversos accidentes de tránsito que deben tener en cuenta en una implementación semaforica: [8]

- En las cruces con ángulo recto donde los vehículos se intersectan.
- En los vehículos que van directo y se da el cruce con peatones.
- Vehículos que se mueven en línea recta y que cruzan a la izquierda viniendo en direcciones opuestas.
- Aquellos que muestren exceso de velocidad y esta no sea controlada.

a.7.) Red Vial

La función de una red vial es concentrar y gestionar a través del uso de semáforos flujos vehiculares para organizar los accesos en las intersecciones de manera que trabajen en conjunto como una red vial.

b) Señales Verticales

Son aquellos dispositivos que sirven para reflejar una regla de tránsito que informe o previene mediante palabras o símbolos, por lo general se colocan al costado de una vía o sobre la misma. Su clasificación depende al mensaje que quieren hacer respetar y dentro de esto se encuentran 3 grupos: [8]

b.1.) Señales Regulatoras o de Reglamentación:

Son primordiales considerando como delito a su incumplimiento, su finalidad es informar las restricciones y autorizaciones en las vías.

▪ Se clasifican en:

- 1) **Prioridad:** Brindan preferencia dando el paso a la vía principal.

(R-1) SEÑAL DE PARE : Informa que los vehículos se deben detener antes del cruce en una intersección y la ubicación dependerá de un estudio vial ya que es una señal de mucha influencia en la circulación de vehículos por lo que si no es colocado con criterio y de acorde a la necesidad puede ser perjudicial y en lugar de brindar seguridad puede provocar lo contrario.

Son colocadas en el borde del camino a 2 m del inicio de la intersección y por lo general se deben complementar con las marcas en el pavimento correspondiente al cruce de peatones que servirá también de línea de parada para los carros. En el caso de que la señal no sea visible para los demás carriles, la señal instalada debe ser de mayor tamaño o puede instalarse en ambos bordes de la vía.

(R-2) SEÑAL DE CEDA EL PASO: Son colocadas en las vías secundarias o de menor prioridad al borde del camino y a una distancia considerable para que el vehículo pueda visualizarla y ceder el paso a una vía principal, de ser el caso que dicha señal no pueda colocarse de forma correcta de acorde a la distancia que deben detenerse los vehículos se deberá colocar la señal anterior R-1 PARE.

Figura 13. Señales de prioridad



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito para calles y carreteras

- 2) **Prohibición:** Su función primordial es limitar el tráfico para ciertas clases de vehículos o restringir ciertas maniobras y giros; y su gráfico es un círculo blanco con orla roja cruzada por una diagonal del mismo color descendiendo desde la izquierda cuyo ángulo es de 45 grados sexagesimales con la horizontal.

La señal (R-28) que indica que los carros no podrán detenerse ni estacionarse tienen la excepción en la cual hay dos diagonales.

- ❖ Entre otras señales se dan: prohibido el paso, estacionar, paradero, no bloquear cruce, no detenerse.
- 3) **Restricción:** De acorde a ciertas características de una vía se restringe o limita el paso de los vehículos con este tipo de señales.
- 4) **Obligación:** Obligan a los conductores a respetar ciertos parámetros necesarios para circular en una vía.
- 5) **Autorización:** Su representación tiene como fondo un círculo blanco y orla verde en el que se inscribe el símbolo que representa la autorización.

b.2.) Señales de Prevención:

Advierte a los conductores de ciertos riesgos que se presentan a lo largo de la vía ya sean naturales o situaciones que se dan como construcciones o daños en el pavimento, dichas señales pueden ser permanentes pero por lo general son temporales, aquellas señales de construcción tienen una forma de rombo, un cuadrado con la diagonal en posición vertical, la excepción es en la delineación de las curvas “CHEVRON” que es un rectángulo cuyo lado mayor es el vertical, para la señal que indica no adelantar tiene forma de triángulo y las escolares son pentagonales.

b.3.) Señales de Información:

Informan a los conductores todo lo necesario para llegar a su destino de manera directa y simple.

➤ **Ubicación**

El lugar de su colocación debe ser tal que considere lo siguiente:

1. Correcta ubicación longitudinal entre la señal y aquella situación a la que la señal hace referencia.
2. Buena ubicación lateral entre la calzada y la señal.

c) **Marcas en el pavimento o demarcaciones**

Usadas para ajustar o reglar el tránsito advirtiendo y guiando a los usuarios de la vía siendo de tal forma indispensables para la seguridad vial permitiendo una correcta circulación, entre ellas se encuentra: [8]

1. Línea de cruce peatonal

Son dibujadas en todo lo ancho de una calzada de las vías, son líneas paralelas que enseñan el lugar por donde se debe cruzar y donde los vehículos no deben detenerse.

Ancho: 0.30-0.50 m.

Tipo de línea: Paralelas y continuas en todo lo ancho de la calzada.

Separación: igual a la del ancho de las líneas

Longitud mín.: 2 m.

Ubicación: Perpendicular a las masas vehiculares y pueden ser de forma diagonal, deben estar después de la línea de pare la cual esta a una distancia mín. de 1 m y se complementan con otras demarcaciones en el pavimento o señalizaciones.

2. Línea de pare

Su ubicación es contraria a la dirección de la calzada cuya función es informar al conductor que debe parar el carro de tal forma que no sobrepase el inicio de dicha demarcación.

Es de color blanco y continua de medio metro de ancho, en todos los casos a excepción del paso peatonal (a 1 metro) debe ubicarse a una distancia mín. de 1.50 m antes del cruce.

2.2.2.2.14. Metodología del Highway Capacity Manual (HCM) – 2010

La demanda de los vehículos debido al crecimiento poblacional exige que surja la ingeniería de tránsito de manera que se determinen los diseños correctos de las vías, así como el nivel de serviciabilidad de éstas en las que el factor importante es la capacidad de las carreteras para las que son diseñadas vías con la finalidad de evitar la congestión vehicular. En los Estados Unidos, dichas medidas fueron establecidas por el “Bureau of Public Roads” (que hoy se llama “Federal Highway Administration”) y fue dirigida por el ingeniero Olav Koch Norman dando como fruto la elaboración del primer Manual de capacidad vial norteamericano denominado como “Highway Capacity Manual” o “HCM”. Con la finalidad de aprovechar el manual se han ido creando programas informáticos como Synchro que trabajan con el manual HCM a nivel mesoscópico.

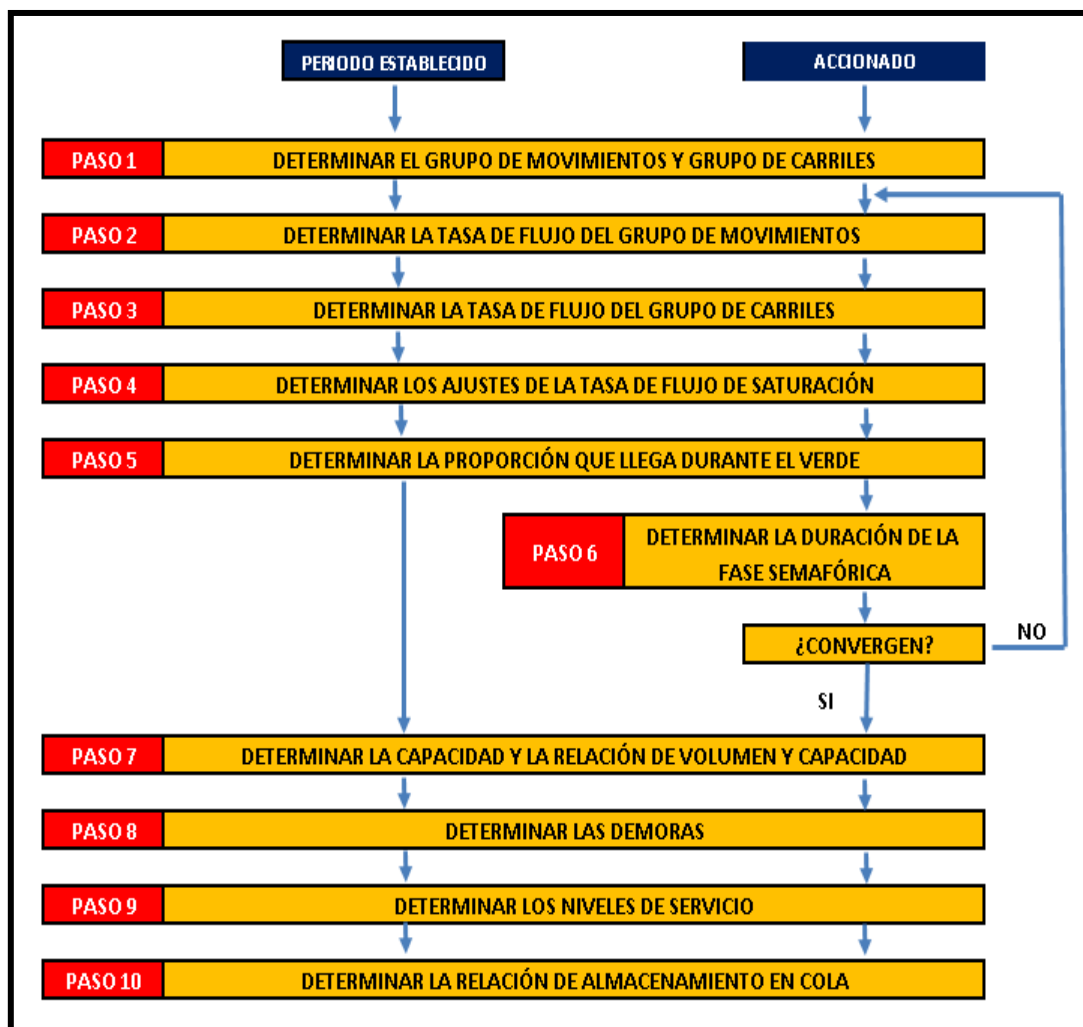
El manual HCM 2010 en su traducción Manual de Capacidad de Carreteras es la 5ta ed. y es una publicación del National Research Council en Estados Unidos - Transportation Research Board (TRB) en el cual brinda parámetros para calcular estimaciones de capacidad vial y cuantificar los grados de servicio en intersecciones y caminos.

El manual presenta 3 metodologías para medir la eficiencia en una intersección que cuenta con semaforización, señales de pare y rotondas. [5]

Para la presente tesis se llevará a cabo la metodología de automóvil en la que se tiene en cuenta los análisis para un tráfico constante en intersecciones semaforizadas.

El HCM 2,000 (Highway Capacity Manual) presenta 2 situaciones de tránsito que pueden darse: el primero es el flujo ininterrumpido y el segundo es el flujo interrumpido; para este proyecto se tiene como base al flujo interrumpido que es uso urbano. La metodología del HCM considera individual tanto los accesos en un cruce y los grupos de carriles por acceso. [15]

Tabla 2. Metodología HCM 2010 para intersecciones semaforizadas



Fuente: TRB - HCM 2010: Vol. 3, Cap. 18: 32 (Adaptación propia)

El HCM trabaja inicialmente con eficiencias de elementos individuales y luego las agrupa de manera ponderada para trabajar en un sistema como un todo.

➤ **Metodología HCM 2010 para intersecciones semaforizadas:** [15]

1. Paso N°01: Determinar el grupo de movimientos y grupo de carriles

Para los grupos de circulación en un cruce se debe tener en cuenta las siguientes reglas que van a permitir establecer de 1-3 movimientos grupales por acceso.

- ❖ Un movimiento de giro que es servido por uno o más carriles exclusivos y ningún carril compartido, deben ser asignados como un grupo de movimiento.
- ❖ Cualquier carril no asignado a un grupo, por la regla anterior, debe de mezclarse dentro de un grupo de movimiento.

Se denomina grupo de carriles cuando existe un carril que es compartido en un acceso y tiene 2 o más carriles y a través de procedimientos en la metodología del HCM se indica si el carril sirve a una combinación de vehículos o funcionará como un carril exclusivo para el giro, este problema se resuelve cuando se calcula la proporción de giros en el carril compartido de tal forma que si la proporción es 1 se tiene que el 100% del carril compartido funcionará como un carril de giro exclusivo.

Para determinar el grupo de carriles en el ingreso a un cruce se utilizan las reglas.

- ❖ 1 o más carriles cuyo giro es exclusivo a la izq. serán un grupo aislado de carriles, aplicándose de la misma manera para aquellos que giren hacia la derecha.
- ❖ Se debe considerar como grupo de carriles separados a algunos carriles que estén compartidos.
- ❖ Aquellos carriles que no son de giro exclusivo o compartido deben ser combinados en un solo grupo.

Son diversas las posibilidades para el grupo de carriles que ingresa al cruce, tales como:

- Solo giros a la izquierda
- Exclusivamente directos
- Solo giros a la derecha

- Compartido de forma directa y giro a la izquierda
- Compartido de giro tanto a la derecha como izquierda
- Compartido de forma directa y hacia la derecha
- Compartido de las 3 formas, directo, a la derecha y hacia la izquierda.

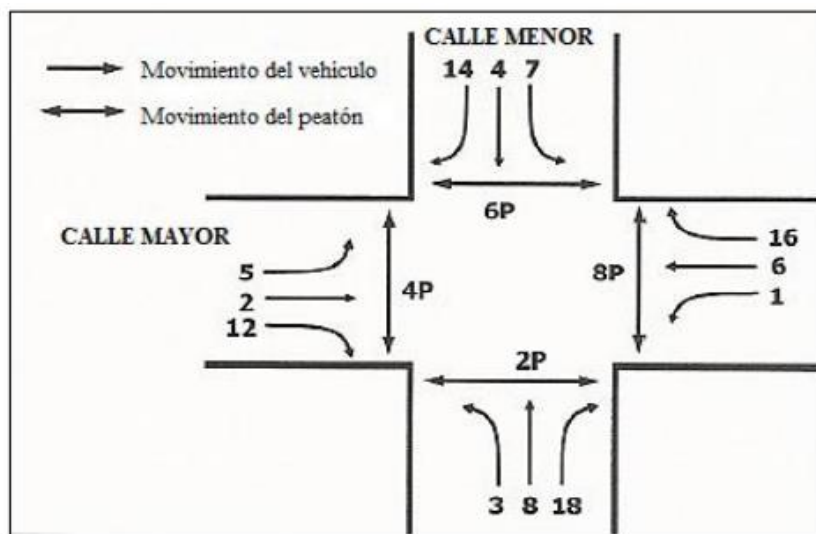
En la siguiente figura se detallan algunos grupos de carriles y movimientos comunes

Figura 14. Grupo de movimientos en carriles

NÚMERO DE CARRILES	MOVIMIENTOS POR CARRILES	GRUPO DE MOVIMIENTOS (GM)	GRUPO DE CARRILES (GC)
1	Izquierda Directo Derecha	GM 1	GC 1
2	Exclusiva Izquierda	GM 1	GC 1
	Directo & Derecha	GM 2	GC 2
2	Izquierda & Directo	GM 1	GC 1
	Directo & Derecha		GC 2
3	Izquierda	GM 1	GC 1
	Izquierda		
	Directo	GM 2	GC 2
	Directo		
	Directo & Derecha	GC 3	

Fuente: TRB - HCM 2010: Vol. 3, Cap. 18

Figura 15. Movimiento del tráfico de vehículos y peatones



Fuente: TRB - HCM 2010: Vol. 3, Cap. 18

2. Paso N°02: Determinar la tasa de flujo del grupo de movimientos

En la tasa de flujo del grupo de movimientos, menciona que si un giro es usado para uno o más carriles exclusivos y no compartidos, la tasa de flujo de ese movimiento se asigna a un grupo de movimiento. Cualquier flujo de acceso que no ha sido asignado a un grupo de movimientos, se le asignará a un grupo de movimientos. El valor del flujo (RTOR) se obtiene del giro a la derecha, separado de si este giro se presenta en un carril compartido o a un carril exclusivo. El número RTOR (veh. que giran hacia la derecha) deberá ser determinado mediante observaciones de campo para intersecciones existentes.

Se debe tener en cuenta que la obtención del valor de la tasa de flujo en los grupos de movimiento proviene de conteos realizados en un periodo de un ¼ de hora durante el aforo vehicular.

❖ Factor de hora pico

De acuerdo con Transportation Research Board (TRB) en el HCM 2010, para toda la intersección, el factor de hora pico se calcula mediante:

$$PHF = \frac{n_{60}}{4n_{15}}$$

Donde:

n_{60} = Cantidad de veh. para 1 hr y n_{15} para 15 min.

En la fórmula, ambas variables constituyen el número total de vehículos que ingresan a la intersección durante sus respectivos períodos de tiempo dando un factor de hora punta para la intersección.

El valor obtenido suele encontrarse entre 0.80 y 0.95, se aplica individualmente a cada movimiento del tráfico; si se usa un solo factor de hora pico para toda la intersección podría crear escenarios de demanda con volúmenes conflictivos que no son proporcionales a los volúmenes reales durante el período de análisis de 15 minutos, algo que tal vez ocurriría si se utilizan los factores de hora pico para cada enfoque o movimiento individual.

3. Paso N°03: Determinar la tasa de flujo del grupo de carriles

Para este paso se tiene en cuenta que, si no existen carriles compartidos en ingreso a una intersección, o si la vía solo presenta un solo carril, la correspondencia será de uno a uno entre grupos de carriles y grupos de movimiento, siendo ambos iguales en cuanto a su tasa de flujo.

4. Paso N°04: Determinar los ajustes de la tasa de flujo de saturación

El flujo de saturación representa la máxima descarga de una cola compuesta por todo tipo de vehículos que realizan diversos movimientos en la intersección, este cálculo es para cada carril de cada grupo de carriles, teniendo en cuenta lo siguiente:

La tasa de flujo de saturación base se emplea como una variable de entrada y el cálculo del flujo de saturación se conoce como el “ajuste” de la tasa de flujo ya que usa varios factores que modifican la tasa de flujo de saturación base, además se realiza teniendo en cuenta las condiciones específicas presentes en la entrada de la intersección.

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

El significado para cada factor se explicará a continuación:

❖ Flujo de saturación base S_0

Representa un flujo promedio esperado donde los carriles tienen parámetros de tráfico y geométricos correspondientes al valor 1 para cada factor de ajuste.

Por lo general se selecciona una tasa de saturación base para personificar a todas las intersecciones semaforizadas. Así pues, en condiciones ideales, tales como carriles con un ancho de 3.66 metros, pendiente 0%, sin bloqueo de autobuses parados en la intersección, sin vehículos pesados ni estacionamientos y libre de giros vehiculares, el HCM 2010 recomienda un valor de saturación base (S_0) de 1900 vehículos por hora por carril (veh/h/carril).

❖ Factor de ajuste por ancho de carril f_w

En este caso, se toma en cuenta que los carriles angostos tienen un impacto negativo como lo es la congestión permitiendo un mayor flujo en carriles anchos, se considera además que el tamaño estándar del carril es de 3.66 m, en su implementación se debe tener cuidado en carriles que sobrepasen los 4.88m o se puede evaluar como dos carriles estrechos.

El empleo de dos carriles angostos siempre dará en una tasa de flujo de saturación más alta que en el caso de un solo carril ancho. Por ningún motivo, este factor debe usarse para estimar la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles con un ancho de carril promedio menor a 2.44 metros.

Tabla 3. Factor de ajuste por ancho de carril fw

Average Lane Width (ft)	Adjustment Factor (f_w)
<10.0 ^a	0.96
≥10.0–12.9	1.00
>12.9	1.04

Fuente: TRB - HCM 2010: Vol. 3, Cap. 18

❖ Factor de ajuste por vehículos pesados f_{HV}

Se usa para brindar un espacio adicional, el cual es ocupado por los vehículos pesados y las diferencias de su capacidad operativa al compararlo con vehículos de pasajeros. En este factor no menciona a la parada de buses locales en el área de intersección; dicho factor se calcula como:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{hv}(Et - 1)}$$

Donde:

- P_{hv} : % veh. pesados para el grupo de mov.
- Et : Cantidad equivalente de veh. directos por cada veh. pesado; $ET = 2.0$

❖ Ajuste por pendiente de acceso f_g

Se contemplan los efectos de las rampas y pendientes de aproximación en el rendimiento del vehículo. Este factor aplica para pendientes que van desde -6.0% hasta +10.0%. La cuesta arriba tiene un valor positivo y la cuesta abajo un valor negativo calculándose como:

$$f_g = \frac{Pg}{200}$$

Donde:

- ✓ Pg = Pendiente de aprox. para el grupo cierto grupo de movimiento (%)

❖ Ajuste por estacionamiento f_p

En el ajuste por estacionamiento se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

Es un factor de corrección que toma en cuenta el rozamiento que 1 carril de estacionamiento influye sobre el flujo de los grupos de carriles aledaños a dicho estacionamiento, además considera el bloqueo ocasional de 1 carril colindante por aquellos veh. que salen e ingresan de dicho aparcamiento.

- Sin estacionamiento: El factor =1.00.
- Con estacionamiento: El factor =1.12.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3600}}{N}$$

Donde:

- ✓ Nm= # maniobras/hr
- ✓ N = # de carriles

La tasa de maniobras de estacionamiento corresponde a las áreas de aparcamiento directamente adyacente al grupo de carriles y dentro de 76.2 metros antes de la línea de parada. Se debe mantener un límite superior funcional de 180 maniobras/hora y un valor mínimo de $f_p=0.050$. Se supone que cada maniobra, dentro o fuera, bloquea el tráfico en el carril adyacente a la maniobra de estacionamiento por un promedio de 18 segundos.

Además, este factor de corrección sólo se aplica al grupo de carriles que es adyacente al estacionamiento. En una calle de sentido único con un solo carril en el grupo de carriles, el número de maniobras utilizadas es el total para ambos lados de la pista. En una vía de un 1 sentido con 2 o más grupos de carriles, el factor debe ser calculado de manera separada para cada grupo de carriles y se basa en el número de maniobras adyacente al grupo.

❖ Ajuste por bloqueo de buses f_{bb}

Se calcula mediante la expresión:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4Nb}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

- ✓ N = # carriles
- ✓ Nb = buses/h

Se considera el impacto de los buses al subir o bajar pasajeros en un paradero que se encuentre lejano o cercano ubicado entre 76.2 metros de la línea de parada y solo se usa cuando las paradas dadas por los autobuses bloqueen el flujo vehicular en el grupo de carriles. Se debe tener en cuenta un límite superior funcional donde el valor de 250 buses/hora y un mínimo de 0.050 buses/hora. El factor que se emplea se asume para un tiempo promedio de bloqueo de 14.4 segundo antes durante el tiempo que dura la luz verde.

❖ **Ajuste por tipo de área f_a**

Para este tipo de ajuste se considera la falta de eficiencia de las intersecciones para zonas comerciales. Cuando es usada tiene un valor de 0.90, sin embargo, el uso de este factor debe determinarse sobre una base de caso por casos. También es importante mencionar que este factor no se limita a las jurisdicciones designadas del CDB (distrito central de negocios o punto focal de una ciudad), así como tampoco es necesario emplearse para todas las áreas del centro de la ciudad. Se debe utilizar en zonas donde el diseño geométrico y tráfico o flujo peatonal, o ambos, sean tales que los intervalos entre vehículos aumenten significativamente.

❖ **Ajuste por utilización del carril f_{LU}**

Se emplea para la estimación de la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles con más de un carril exclusivo, pero, si el grupo de carriles tiene un carril compartido o uno exclusivo, entonces este factor será 1.0; es decir, proporciona un ajuste al flujo de saturación base para explicar el uso desigual de los carriles y no debe usarse a menos que un grupo de movimiento tenga más de un carril exclusivo. Para calcular el flujo del carril medido en las vías se tiene la siguiente expresión:

$$f_{LU} = \frac{Vg}{Ne * Vg1}$$

Donde:

- ✓ $Vg = \text{veh/h}$
- ✓ $Ne = \text{veh/h/carril}$
- ✓ $Vg1 = \# \text{ carriles exclusivos en el grupo de movimiento.}$

Como conclusión se tiene que para una distribución uniforme del tráfico en todos los carriles exclusivos dentro del grupo de movimiento o cuando dicho grupo tiene un solo carril el factor de utilización del carril será de 1, de lo contrario el valor será menor a 1. Como se conclusión se tiene que a medida que la demanda se acerca a la capacidad, el factor de utilización de carril

suele estar más cerca de 1.0 porque los conductores tienen menor oportunidad de seleccionar su carril.

❖ **Ajuste por giros a la derecha f_{RT}**

Para este tipo de ajuste se tiene como finalidad situar el efecto de la geometría para la trayectoria del giro a la derecha sobre el flujo de saturación y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$f_{RT} = \frac{1}{ER}$$

Donde:

- ✓ ER=Número equivalente de vehículos que evitan el giro a la izquierda; ER = 1.18

Se presentan espacios conflictivos debido al tránsito de peatones y ciclistas al tratarse de los giros hacia la derecha. Además, dicho movimiento puede realizarse de forma protegida o permitida. Si el giro es protegido para un carril exclusivo o compartido, el HCM 2010 plantea el uso directo del factor de ajuste con un valor de 0.85; y 0.75 si se trata de carriles dobles o más.

❖ **Ajuste por giros a la izquierda f_{LT}**

Para este tipo de ajuste se tiene como finalidad situar el efecto de la geometría para la trayectoria del giro a la izquierda sobre el flujo de saturación y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$f_{RT} = \frac{1}{EL}$$

Donde:

- ✓ EL = Número equivalente de coches de paso para un vehículo que gira a la izquierda en modo protegido; EL = 1.05

El movimiento de giro hacia la izquierda supone una reducción de la velocidad del vehículo, lo cual incide directamente en la duración de las fases semafórica y disminuye la capacidad de la intersección produciendo embotellamientos generando congestión vehicular y con eso demoras. Dicho movimiento de giro, establece el factor de corrección de 0.95 para un carril exclusivo o compartido y 0.92 para dos o más carriles. Si la intersección tiene forma de T, el factor será de 0.85 para un carril exclusivo o compartido y 0.75 para carriles dobles o más.

❖ Ajuste por peatones y ciclistas

El “flpb” se refiere a aquel factor de ajuste por giro hacia la izquierda de los peatones y el “frpb” hacia la derecha tanto de ciclistas como peatones, el concepto que se aplica es de ocupación de estos considerando el giro de peatones, ciclistas y vehículos, además considera si el flujo opuesto también se encuentra en conflicto con el mov. de giro a la izquierda. La proporción de tiempo en verde en que se ocupa la zona de conflicto se determina en función de la permanencia máxima y del número de carriles de recepción para los vehículos que giran.

5. Paso N°05: Determinar la proporción de vehículos que llegan durante la luz verde

Cuando la luz indica el color verde tanto el tamaño de cola como las demoras de los vehículos son menores, para calcular la porción de vehículos que llegan en verde “P”, se quiere el conocimiento del tiempo efectivo en verde “g” y también de la duración del ciclo “c” calculándose de la siguiente manera:

$$P = Rp * \frac{g}{C}$$

Donde:

- ✓ RP = Relación en pelotón
- ✓ P = Cantidad de veh. que llegan en luz verde
- ✓ C = Ciclo semafórico (s)
- ✓ g = T. de verde efectivo para el grupo de carriles (s)

Para los valores de Relación de pelotón se tiene la siguiente tabla:

Tabla 4. Proporción de vehículos en luz verde

Platoon Ratio	Arrival Type	Progression Quality
0.33	1	Very poor
0.67	2	Unfavorable
1.00	3	Random arrivals
1.33	4	Favorable
1.67	5	Highly favorable
2.00	6	Exceptionally favorable

Fuente: TRB - HCM 2010: Vol. 3, Cap. 18

6. Paso N°06: Determinar la duración de las fases semafóricas

En la duración de la fase del semáforo se tiene en cuenta el tipo de control utilizado en las intersecciones, por un lado, si el semáforo es de periodos establecidos, la duración de la fase será un dato conocido que puede ser cambiado por lo que pasamos al siguiente punto, en la que nos dice si el semáforo es activado, la duración de la fase estará compuesta por cinco períodos de tiempo teniendo:

La duración de una fase activada en segundos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D_p = l_1 + g_s + g_e + Y + R_c$$

Donde:

- ✓ l_1 = Tiempo perdido al inicio de la fase debido al arranque; duración de 2.0 (s)
- ✓ g_s = Tiempo necesario para despejar la cola (s)
- ✓ g_e = Tiempo de extensión por veh. que ingresan al azar durante la indicación verde hasta el máx. verde (s)
- ✓ Y = cambio de luz ámbar (s)
- ✓ R_c = intervalo de separación de color rojo (s)

La duración del tiempo verde efectivo se calcula como:

$$g = D_p - l_1 - l_2 = g_s + g_e + e$$

Donde:

l_2 = Tiempo perdido de despeje

$l_2 = [Y + R_c - e]$ (s)

e = Extensión del tiempo de verde efectivo; $e = 2.0$ (s)

7. Paso N°07: Determinar la capacidad y la relación volumen/capacidad (v/c)

Una intersección semaforizada repercute directamente en la capacidad de la vía, la cual para este paso es la siguiente:

$$c = N * s * \frac{g}{C}$$

Donde:

- ✓ c = veh/h
- ✓ N = # carriles en una vía.
- ✓ s = Tasa de saturación con ajuste.
- ✓ g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s)
- ✓ C = Ciclo semafórico o duración del ciclo semafórico (s)

Sin embargo, la ecuación propuesta no puede usarse para calcular la capacidad de un carril compartido en un grupo de carriles, ni de un grupo de carriles con operación de giro permitido a la izquierda, pues estos grupos de carriles tienen otros factores que afectan a su capacidad.

La relación volumen-capacidad para un grupo de carriles se define como el volumen del grupo de carriles sobre su capacidad, teniendo como ecuación:

$$X = \frac{v}{c}$$

Donde:

- ✓ X = Relación vol./c para el grupo de carriles
- ✓ v = veh/hora/acceso
- ✓ c = veh/hora/acceso

8. Paso N°08: Determinar las demoras

La demora representa el promedio de las demoras por control que experimentan los vehículos, incluye también cualquier demora en la que incurran estos vehículos que, una vez finalizado el período de análisis, aún permanecen en la cola. Se tiene que la demora por control para un grupo de vehículos se calcula con la siguiente fórmula:

$$d = d1 + d2 + d3$$

Donde:

- ✓ d = Demora total del sistema en s/veh.
- ✓ $d1$ = se asume que las llegadas son uniformes (s/veh).
- ✓ $d2$ = considera los efectos de colas sobresaturadas y llegadas aleatorias (s/veh).
- ✓ $d3$ = por cola inicial (s/veh).

❖ Demora uniforme D1

La demora uniforme es aquella que ocurre cuando los vehículos llegan uniformemente distribuidos por lo que no existe saturación durante ningún ciclo.

La siguiente expresión nos ayuda a calcular la demora cuando se asume que las llegadas son aleatorias a lo largo de todo el ciclo.

$$d1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min(1, x) * \frac{g}{C}\right)}$$

Donde:

- ✓ C es el ciclo semafórico en segundos.
- ✓ g = duración de verde efectivo para grupo de carriles en seg.

- ✓ $X =$ proporción de v/c para el grupo de carriles.

❖ Demora incremental D2

La demora incremental d_2 toma en consideración las llegadas aleatorias, que ocasiona que algunos ciclos se sobresaturen, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$d_2 = 900 * T * \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X_A}{c_A * T}} \right]$$

$$X_A = \frac{v}{c_A}$$

Donde:

- ✓ $X_A =$ Relación volumen-capacidad promedio.
- ✓ $T =$ período de análisis (h).
- ✓ $c_A =$ Capacidad, en exceso de demanda, del grupo de carriles (veh/h).
- ✓ $k =$ Factor de demora incremental que depende del tipo de semáforo instalado en la intersección.
- ✓ $I =$ Factor de ajuste por ingresos a la intersección corriente vehicular arriba.

$$I = 1 - 0.91X^{2.68} \geq 0.09$$

$I =$ Factor de ajuste por presencia de intersecciones aguas arriba.

Los valores de “ I ” varían entre 0.09 - 1.00 siendo este último valor el ideal para una intersección aislada. Se considera intersección aislada aquella que presenta una distancia de 965 metros.

❖ Demora por cola inicial D3

Cuando una cola residual o remanente existe antes del período de análisis T , los vehículos experimentan (los que llegan durante T) una demora adicional, debido a que la cola inicial deberá primero desalojar la intersección. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$d_3 = \frac{3600}{v * T} \left(t_A + \frac{Q_b + Q_e + Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2 * c_A} - \frac{Q_b^2}{2 * c_A} \right)$$

Condiciones:

$$Q_e = Q_b + t_A(v - c_A)$$

Sí $v \geq c_A$

$$Q_{eo} = T(v - c_A)$$

$$t_A = T$$

Sí $v < c_A$

$$Q_{eo} = 0.0 \text{ veh}$$

$$t_A = \frac{Q_b}{(c_A - v)} \leq T$$

Donde:

- ✓ $d_3 = s/\text{veh}$
- ✓ $c = \text{veh/hora/acceso}$
- ✓ $T = h$, tiempo de análisis
- ✓ $Q_e = \text{Cola contabilizada para el final del análisis (veh)}$,
- ✓ $Q_b = \text{Cola cuantificada al comienzo del análisis. (veh)}$
- ✓ $t_A = \text{Duración ajustada de la demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h)}$
- ✓ $Q_{eo} = \text{Cola al final del análisis cuando } v \geq c_A \text{ y } Q_b = 0.0 \text{ (veh)}$
- ✓ $c_A = \text{Capacidad, en exceso de demanda, del grupo de carriles (veh/h)}$

9. Paso N°09: Determinar los niveles de servicio

Los niveles de servicio son indicadores de la calidad de servicio de transitabilidad que posee la vía, se utilizan diversos factores para su caracterización entre ellos la velocidad, el tiempo de recorrido, comodidad, libertad de maniobras, seguridad vial y conveniencia.

En el presente trabajo de investigación no se realizará el paso N°10 que concierne a determinar la relación de almacenamiento en cola.

Tabla 5. Nivel de servicio

DEMORA POR CONTROL (s/veh)	NIVEL DE SERVICIO (NS) - RELACIÓN V/C	
	≤ 1.0	> 1.0
≤ 10	A	F
> 10 - 20	B	F
> 20 - 35	C	F
> 35 - 55	D	F
> 55 - 80	E	F
> 80	F	F

Fuente: TRB - HCM 2010: Vol. 3, Cap. 18

2.2.2.2.15. Software Synchro Version 8 TRAFFICWARE

Synchro es un software desarrollado por TRAFFICWARE, que a través de sus múltiples herramientas permite el modelado, mejoramiento y análisis del tráfico con la finalidad de mejorar el nivel de servicio de las vías siendo un programa compatible con el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), 2010 y 2000 para intersecciones señalizadas, intersecciones no señalizadas y rotondas, además Synchro incorpora su propia metodología denominada el Método de Utilización de la Capacidad de intersección (ICU Method) el cual es usado en el cálculo de las demoras a través del Método de las demoras percentil y adicionalmente estima de forma directa el factor de progresión (PF) para tomar en cuenta las demoras por colas.

En conclusión, Synchro ofrece tres métodos independientes para analizar intersecciones semaforizadas: Demora Percentil de Synchro, Método Semaforizado de HCM y Método ICU. [5]

Características del programa: [5]

- ✓ Tiempos de demora: Son las demoras por control
- ✓ Flujo de Saturación ideal y real
- ✓ Volumen - Capacidad y grado de servicio

Tabla 6. Criterios del nivel de servicio para el análisis de ICU

UCI	Nivel de Servicio
0 a 55%	La
> 55% a 64%	B
> 64% a 73%	C
> 73% a 82%	D
> 82% a 91%	E
> 91% a 100%	F
> 100% a 109%	G
> 109%	H

Fuente: Synchro Estudio 8 Guía del usuario

Synchro V8 incluye:

- ✓ SimTraffic que es un programa fácil de manejar para simulación del tráfico.
- ✓ 3D Viewer representa tridimensionalmente los modelos elaborados en SimTraffic.
- ✓ Synchro un programa para la optimización del tráfico.

Funciones de Synchro v8: [5]

- ❖ Gestiona la capacidad vial para intersecciones semaforizadas y para aquellas que no cuentan con un semáforo, de manera que optimiza los tiempos en el semáforo (ciclo, fases, sincronización, simultaneidad vial y coordinación de grupos de semáforos de ser necesario) en base a la capacidad y la oferta de la vía.
- ❖ Analiza los cruces controlados por paradas.
- ❖ Simula modelos macroscópicos y mesoscópicos.
- ❖ Permite la importación de archivos de bit map o jpeg para ser utilizados como fondo de mapa.
- ❖ Los resultados se actualizan de manera inmediata al cambiar datos de entrada.
- ❖ Presenta mensajes de error para guiar al usuario que no el uso empleado no es compatible con el HCM 2010.
- ❖ Brinda diagramas de tiempo-espacio para ser usados como planes de operación.

2.2.3. Definición de términos básicos

-Accesos: Superficie de la vía que atiende el flujo peatonal y vehicular, son también los ingresos y salidas.

-Área Urbana: Contiene lo político y administrativo, el área en donde se encuentran las zonas residenciales, comercios, empresas e industrias, rodeada por múltiples edificios y gran variedad de servicios públicos.

-Avenida: Vía de gran anchura y por lo general es de doble sentido cuyas calzadas están separadas por una berma central. [11]

-Berma Lateral: Forma parte de la calzada y se encuentra adyacente a esta permitiendo eventualmente el tránsito y el aparcamiento de vehículos.

-Capacidad de vía: Representa la máxima cantidad de carros que pueden circular en una ruta de acorde a criterios de tiempos, red vial y tipo de vía. [11]

-Calle: es un camino en una zona urbana para el tránsito de peatones y el flujo vehicular, puede tener 1 o más sentidos, generalmente pavimentada.

-Carril de la Derecha: Es el lado derecho de una vía usada generalmente en el acceso o salida de una ruta.

-Carril de la Izquierda: Es el lado izquierdo de una vía usada con frecuencia para el tránsito de dirección contraria o para adelantamientos.

-Ciclo: tiempo que se mide desde aquel cambio de un grupo de semáforos hasta su repetición.

-Duración de ciclo: medido en segundos aquel tiempo de un ciclo semafórico.

-Demora: Es aquel tiempo de demora en una vía y su grado de tardanza se define con el nivel de servicio, medido en porcentaje. [15]

-Embotellamiento: se da cuando un grupo de vehículos se encuentran estancados debido al congestionamiento en la vía donde la velocidad del grupo estancado es cero.

-Fase: Son las posibilidades de movimientos o número de fases del tráfico en el ciclo semafórico.

-Hora pico: se refiere a la hora en la que circulan la mayor cantidad de vehículos.

-Intervalo: tiempo en el que las indicaciones del semáforo se mantienen constantes

-Ingeniería de tráfico: Es parte de la ingeniería civil pero esta referida a la gestión y operación de las carreteras, calles y vías públicas y a la configuración con las zonas aledañas para un correcto transporte brindando seguridad y reduciendo las demoras en los accesos.

-Intersección: Se refiere al cruce de vías en donde se ubican los dispositivos como semáforos, señales de circulación, puede darse en forma de “X”, “Y” o “T” y ser de ángulo recto o agudo. [11]

-Levantamiento de Tráfico: Es el proceso por el cual se obtienen datos en una circulación de grupo de vehículos y peatones, así como las señalizaciones y dispositivos instalados.

-Línea Central: es la demarcación de una línea que divide una vía separando de esta forma los sentidos y por lo general se encuentra en el centro geométrico de la sección de forma longitudinal a la vía.

-Línea Carril: Aquella línea que delimita a 2 carriles juntos del mismo sentido.

-Separador o Berma: Es aquella franja que puede ser también un dispositivo colocado de forma longitudinal entre 2 calzadas para separar por lo general sentidos opuestos e impide el paso de una calzada a otra.

-Secuencia de fases: es el orden preestablecido en que ocurren las fases para un ciclo semafórico.

-Tramo: Elemento de la red vial, que conecta dos puntos determinados.

-Tráfico Actual: Es el valor del volumen de tráfico base tanto vehicular como peatonal fijado para ciertas finalidades, los cuales pueden ser afectados por factores que irá de acorde al análisis empleado.

-Vía de calzadas separadas: Vía que posee 2 sentidos con un separador, puede tener de 2 o más carriles por calzada.

-Vía con sentido en 2 direcciones: vía en la cual el tránsito esta permitido por ambos sentidos.

-Vía con única calzada: Aquella que no posee separador pero que puede ser de 1 o más sentidos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación a desarrollar en el presente proyecto denominado **“Propuesta para reducir el congestionamiento vehicular del núcleo central de Chiclayo utilizando un programa de simulación del tráfico”** es Investigación descriptiva porque se va a analizar la congestión vehicular presente en el centro de Chiclayo observado mediante visitas para la recolección de datos cuantitativos y, a su vez es propositiva porque se va a modelar en Synchro 8 propuestas de solución vial para definir la opción más viable y así optimizar el tráfico mejorando el nivel de serviciabilidad vial, además se describen los problemas que conllevan a una congestión vehicular y los factores a tratar para la reducción de dicha congestión.

3.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es perceptual, porque se describirá el problema del congestionamiento vehicular y los factores que abarca, es comprensivo también porque con la recolección de datos se analizarán propuestas de solución viables para mejorar el nivel de serviciabilidad de las vías e integrativo porque se busca evaluar la propuesta más viable para la solución al problema para mitigar el congestionamiento vehicular.

3.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es No Experimental, ya que la variable independiente no tendrá manipulaciones, por lo que el análisis del problema será observando los hechos tal y como ocurren en su ambiente natural.

3.3. Población, muestra, muestreo

3.3.1. Población

La población son los vehículos motorizados que transitan por las vías del centro de Chiclayo.

3.3.2. Muestra

La muestra de estudio son un grupo vehículos motorizados escogidos para la hora punta del conteo vehicular del día con mayor tráfico que transitan por las vías del centro de Chiclayo, las cuales son:

Se tienen las avenidas y vías dentro de los límites: Av. Luis Gonzales, Av. Pedro Ruiz, Av. Saénz Peña y Calle Vicente de la Vega incluyendo dichos límites en el presente estudio.

3.3.3. Muestreo

El muestreo es no probabilístico ya que, se elegirá el grupo de vehículos motorizados que transitan en la hora de máxima demanda medido por intersección considerada; para ellos se realizará el conteo para el día con mayor demanda vehicular en determinadas horas punta con el objetivo de establecer el máximo volumen vehicular en una hora determinada con intervalos de 15 min.

3.4. Criterios de selección

Las calles y avenidas seleccionadas cuyo límite son el marco de la calle Vicente de la Vega y las Avenidas: Av. Pedro Ruiz, Av. Luis Gonzáles, Av. Saénz Peña han sido elegidas para la presente tesis debido a su gran importancia ya que es una zona céntrica con flujo vehicular continuo, dando acceso a múltiples entidades, servicios y negocios, por lo que es de vital importancia que el congestionamiento vehicular percibido en dicha zona sea optimizado con un nivel de serviciabilidad positivo cuya finalidad es mejorar el flujo vehicular evitando demoras, inconvenientes e incluso accidentes.

3.5. Operacionalización de variables

Variables Independientes:

- ❖ Flujo vehicular
- ❖ Control de tránsito

Variables Dependientes:

- ❖ Congestionamiento vehicular
- ❖ Propuesta de solución al congestionamiento vehicular

Tabla 7. Operacionalización de variables independientes

VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	MEDICIÓN
FLUJO VEHICULAR	Estudio de tráfico de vehículos pesados y livianos	Aforo vehicular	Esquema para aforo vehicular (Ver anexo 3)	vehículos/hora/carril en intervalos de 15 min.
		Clasificación vehicular		vehículos ligeros y pesados
		Velocidad de operación	Distancia medida en campo y Google Maps / tiempo que demora un vehículo en cruzar la vía (Cronómetro).	distancia/tiempo: medición en campo para el grupo de vehículos en la hora de máx. demanda
CONTROL DE TRÁNSITO	Estudio de los ciclos semafóricos Estudio de señales de tránsito	Conteo de ciclos semafóricos	Cronómetro	tiempo (segundos)
		Conteo de señales de tránsito	Observación directa	adimensional
		Geometría vial	Google Maps y wincha en campo	longitud (metros)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Operacionalización de variables dependientes

VARIABLES DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	MEDICIÓN
CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR	Nivel de congestión vehicular	Indicadores negativos del software Synchro 8.0 en la modelación del estado actual.	Nivel de servicio al acceso	niveles del HCM
			Nivel de servicio por intersección	niveles del HCM
			Demoras en la intersección	segundos
			Grado de saturación	volumen/capacidad
PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR	Optimización del tráfico	Indicadores optimizados del software Synchro 8.0 en la modelación de la propuesta de solución viable.	Nivel de servicio al acceso	niveles del HCM
			Nivel de servicio por intersección	niveles del HCM
			Demoras en la intersección	segundos
			Grado de saturación	volumen/capacidad

Fuente: Elaboración propia

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Método

El método empleado en la presente tesis es la cuantificación directa en campo de toda la información que se requiere como: el aforo vehicular, geometría vial, conteo de ciclos semafóricos y señales de tránsito, con la información obtenida se hace un procesamiento de datos ingresando al programa los datos en la medida que se requieren y con el análisis de resultados de la modelación actual en Synchro 8.0 que demostrará que las vías si se encuentran con un bajo nivel de serviciabilidad se van a modelar propuestas de solución con el fin de

brindar una propuesta de solución viable al problema del congestionamiento vehicular en el núcleo central de Chiclayo.

3.6.2. Técnicas e instrumentos

Tabla 9. Técnicas e instrumentos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Recopilación de información	Medición con wincha para la geometría vial y uso de Google Maps
	Esquema para el aforo vehicular (observación in situ) para el conteo vehicular por direccionamiento en intervalos de 15 min (ver Anexo 3)
	Conteo de ciclo semafóricos en campo (ver Anexo 4)
	Multiple personal
Análisis de información	Uso de: manual de Synchro 8.0, manual del HCM 2010; reglamento, normas, guías y manuales nacionales; tesis, páginas, artículos, Excel, Word y todo lo concerniente para el análisis del tránsito actual y de la propuesta de solución viable.
Asesoramiento	Juicio de mi asesor de sus conocimientos y experiencias en la ingeniería de tránsito

Fuente: Elaboración propia

3.7. Procedimientos

En esta sección se procede a detallar los pasos a seguir para realizar para la simulación del escenario actual la red vial en estudio en el software Synchro 8 y detallar las propuestas para la solución al problema de congestión vehicular.

3.7.1. DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

3.7.1.1. Ubicación de la red vial en estudio

La zona de estudio se encuentra en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Chiclayo y la red vial tiene por límites a la Av. Luis Gonzáles, Av. Saéñz Peña, Av. Pedro Ruiz y la calle Vicente de la Vega. VER ANEXO 1

3.7.1.2. Conteo Vehicular

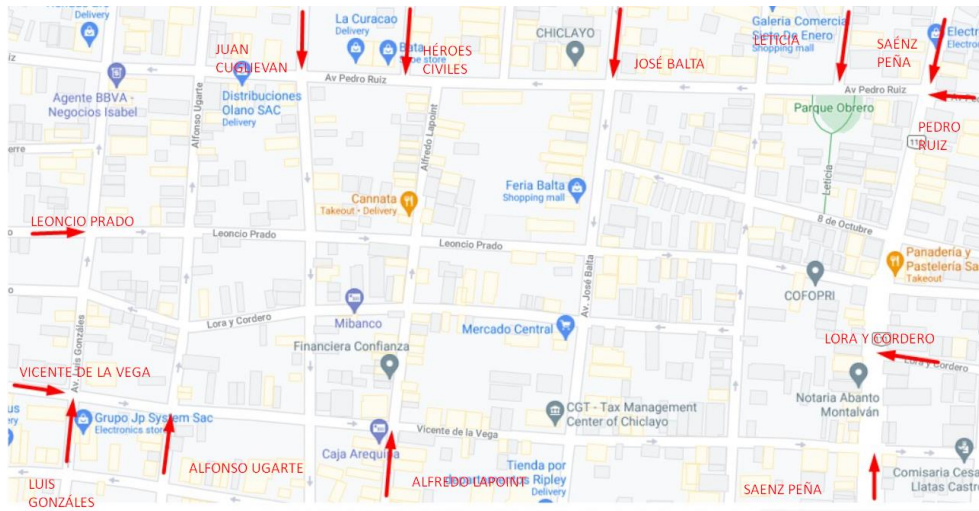
Para el conteo vehicular se ha establecido de 1 persona por cada 2 tipos de movimientos (defrente y giro a la izquierda o giro a la derecha) de tal forma que en una intersección de 2 vías y de 2 movimientos por vía, es decir 4 movimientos totales y 2 por lado (la primera de NORTE A SUR (defrente) y de NORTE AL OESTE (giro a la derecha) y la segunda de ESTE A OESTE (defrente) y de ESTE A SUR (giro a la izquierda)) por lo que en dicha intersección se emplearon 2 personas para el conteo; teniendo ya la cantidad de movimientos controlados por 1 persona

se procedió a contabilizar el número de vehículos livianos (taxis y autos) y vehículos pesados (microbús o combis y camionetas) por intersección durante 1 hora continua haciendo el registro del conteo por cada 15 minutos (4 registros por hora); el conteo vehicular realizado se elaboró para los 6 horarios con mayor demanda vehicular (7:30 am – 8:30 am, 8:30 am – 9:30 am, 11:30 am- 12:30 m, 12:30 m – 13:30 pm, 17:30 pm – 18:30 pm, 18:30pm – 19:30 pm) del día Viernes, el día (Viernes) y los horarios máximos mencionados anteriormente fueron detectados durante 2 semanas antes para el posterior conteo vehicular, dicho análisis del día y horarios con mayor demanda vehicular se realizó mediante observación directa y conteo total de vehículos por horas entre las 7.00 am hasta las 8.00 pm (horario fijado por motivo de pandemia COVID-19), el conteo realizado para detectar dicha horas y día de máxima demanda fue realizado en cada intersección que aporta flujo vehicular a lo largo de 1 semana (22-28 Febrero 2021) verificando de tal forma que en todas las intersecciones aportantes se da una mayor demanda vehicular el día Viernes en los 6 respectivos horarios mencionados anteriormente, ver la Figura 16 donde se muestra la red vial en estudio y las vías que aportan flujo vehicular.

Son 13 los movimientos que aportan flujo vehicular:

- Calle Vicente la Vega y Av. Luis Gonzáles – Aquellos que vienen desde Vicente de la Vega
- Calle Vicente la Vega y Av. Luis Gonzáles – Aquellos que vienen desde Av. Luis Gonzáles
- Calle Leoncio Prado y Av. Luis Gonzáles – Aquellos que vienen desde Leoncio Prado
- Calle Alfonso Ugarte y Calle Vicente de la Vega – Aquellos que vienen desde Alfonso Ugarte
- Calle Alfredo Lapoint y Calle Vicente de la Vega – Aquellos que vienen desde Alfredo Lapoint
- Calle Juan Cuglievan y Av. Pedro Ruíz – Aquellos que vienen desde Juan Cuglievan
- Calle Héroes Civiles y Av. Pedro Ruíz – Aquellos que vienen desde Héroes Civiles
- Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz – Aquellos que vienen desde Av. José Balta
- Calle Leticia y Av. Pedro Ruíz – Aquellos que vienen desde Leticia
- Av. Saénz Peña y Av. Pedro Ruíz – Aquellos que vienen desde Av. Saénz Peña
- Av. Saénz Peña y Av. Pedro Ruíz – Aquellos que vienen desde Av. Pedro Ruíz
- Av. Saénz Peña y Calle Lora y Cordero – Aquellos que vienen desde la Calle Lora y Cordero
- Av. Saénz Peña y Calle Vicente de la Vega – Aquellos que vienen desde Av. Saénz Peña

Figura 16. Red vial en estudio y movimientos que aportan flujo vehicular



Fuente: Elaboración propia usando el Mapa de Google Maps.

Una vez obtenido el día y los horarios con mayor demanda vehicular se procedió a realizar el conteo vehicular de la forma mencionada anteriormente por registros de intervalos de 15 minutos, 1 persona por cada 2 movimientos, 8-10 personas por viernes (4 intersecciones y 16 movimientos) desde el 05 de marzo al 07 de mayo donde se observó que el volumen vehicular tiende a ser constante la hora y volviéndose más congestionado a medida que se va atardeciendo, el conteo realizado para las 34 intersecciones de la red vial. Ver ANEXO 3 para visualizar el conteo vehicular por intersecciones y ver la siguiente figura para visualizar el flujo vehicular en dicha red vial que corresponden al horario 6:30-7:30, siendo esta la hora punta.

Figura 17. Flujo vehicular de la red vial en estudio



Fuente: Uso de Synchro 8.

3.7.1.3. Geometría vehicular: Longitud y ancho de vehículos

La longitud y ancho de los vehículos que circulan en la red vial en estudio fueron medidas in situ e ingresadas en Vehicle Parameters en Synchro 8, debido a que en campo se observaron 2 tipos de vehículos de medidas predominantes siendo estas las medidas máximas consideradas para cada tipo de vehículo: vehículos livianos (taxis y autos) y vehículos pesados (microbús o combis y camionetas), las medidas máximas registradas se observan en la siguiente figura.

Figura 18. Medidas de vehículos pesados y livianos predominantes.

Vehículo/ Medidas	Longitud (m)	Ancho (m)
Vehículo pesado	5.50	1.80
Vehículo liviano	4.50	1.60

Fuente: Elaboración propia con el uso de wincha.

3.7.1.4. Velocidad de operación

La velocidad de operación es aquella que se mide in situ para un grupo de vehículos que siguen a través del tramo recto de toda la calle o avenida, esta ha sido medida en los horarios que se determinaron como mayor tráfico vehicular en donde la velocidad elegida para cada tramo recto en su totalidad es la del horario de mayor demanda vehicular (depende de la hora de mayor demanda vehicular según el conteo ANEXO 3); por horario (1 hora) se han tomado 2 medidas y se ha calculado el promedio para determinar la velocidad que será ingresada al Software, debido a las horas más representativas se han establecido 6 horarios. El método empleado ha sido mediante el uso de un cronómetro, calculando así el tiempo necesario para recorrer la distancia en donde será calculada la velocidad para posteriormente ser ingresada en la interfaz de Synchro 8 en Lane Setting (Configuración del carril). Ver el ANEXO 5 para visualizar el registro de velocidades.

3.7.1.5. Geometría vial: Longitudes y anchos de calles

La longitud y ancho de las calles al igual que la velocidad fueron ingresadas en la interfaz de Synchro 8 en Lane Setting (Configuración del carril). La longitud y ancho fueron medidas in situ y por tramos tomando 3 medidas y sacando un promedio de ellas para una mayor precisión. Para visualizar la longitud y ancho de las calles ver el ANEXO 6. La velocidad fue medida a lo largo del tramo de la vía en la red vial, desde que inicia su recorrido hasta donde termina determinándose el tiempo de recorrido de los vehículos y con la distancia se determinó la velocidad.

3.7.1.6. Características de la red vial

En cuanto a las características de la red vial se visualizaron si existen señales de PARE o CEDA EL PASO para los cuál no existen en ninguna intersección, se tuvo en cuenta que para modelar la red vial actual es necesario reducir el ancho de las vías que son afectadas por informalidades (estacionamientos no permitidos y puestos de negocios); es por ello que se ha obtenido el espacio ocupado por las informalidades y vehículos que se estacionan en la vía y se ha reducido al ancho total de la misma, para ver las vías y medidas que fueron colocadas en la situación actual (medidas reducidas para las vías que se encuentren obstaculizadas) ver el ANEXO 7.

Otra consideración que se realizó fue la de modelar el sistema vial actual sin 3 de las calles externas a la red vial (1 de entrada de flujo vehicular: 8 de octubre entre Saéñz Peña y Manco Capac y las otras 2 de salida de flujo vehicular: Calle Tnte. Cesar F. Pinglo entre Av. Pedro Ruíz con Arica y; Av. José Balta entre Vicente de la Vega con San José) ya que se encontraban cerradas por motivo de la pandemia COVID-19 por lo que el análisis en la presente tesis está basado en un flujo vehicular que transita actualmente en dichas circunstancias.

3.7.1.7. Tiempo de semaforización: Ciclos semafóricos

Otro de los datos necesarios para modelar el funcionamiento de la red vial y medir el nivel de servicio en cuanto a congestión vehicular y control del mismo es medir el tiempo de semaforización que dan acceso a ciertos movimientos para las intersecciones de la red vial en estudio, además se tuvo en cuenta la coordinación de los semáforos que dan luz verde en cada intersección, es decir que al ser 7 intersecciones semaforizadas se tomaron 7 registros del inicio de verde en el mismo tiempo calculando de tal forma el desfase entre estos para el inicio del verde, teniendo dicho desfase se procedió a medir (cronómetro en mano y con 3 medidas para mayor precisión) el tiempo de verde, ámbar o amarillo y rojo de todos los semáforos que existen en cada intersección para las 7 intersecciones, para visualizar las intersecciones semaforizadas, el número de semáforos, número de fases, duración de cada fase, tiempos de verde, ambar, rojo y la duración del ciclo semafórico ver el ANEXO 4.

El número de semáforos por intersección es el siguiente:

- Intersección Av. Luis Gonzáles con calle Vicente de la Vega: 2
- Intersección Av. Luis Gonzáles con Av. Pedro Ruíz: 2
- Intersección Av. Pedro Ruíz con calle Juan Cuglievan: 2
- Intersección Av. José Balta con Av. Pedro Ruíz: 2

-Intersección Av. José Balta con Calle Vicente de la Vega: 2

-Intersección Av. Saénz Peña con Av. Pedro Ruíz: 3

-Intersección Av. Saénz Peña con calle Leoncio Prado: 4

a) De la coordinación actual de inicio de verde en los semáforos de la red vial

Synchro nos permite ingresar el tiempo de inicio de verde de un semáforo respecto al otro de acorde al desfase presentado, lo cual es necesario para el análisis de los semáforos ya que interactúan en una red vial. El tiempo de desfase fue medido para el inicio de verde para 1 semáforo en cada intersección, luego de ello por intersección se trabajó el tiempo de verde, ámbar y rojo de los semáforos que se encuentren, mencionados anteriormente.

- Avenida Luis Gonzáles y Calle Vicente de la Vega con Av. Luis G. y Av. Pedro Ruíz

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la avenida Luis Gonzáles se encontraron 2 semáforos distantes a 290m, uno ubicado en la Intersección de la Av. Luis G. con la Calle Vicente de la Vega y el otro en la intersección de la Av. Luis G. con la Av. Pedro Ruíz en dónde se observó en campo que en un determinado momento ambos semáforos inician en luz verde, es decir su tiempo de desfase de verde es 0.

-Calle Juan Cuglievan y Av. Pedro Ruíz con Av. Luis G. y Av. Pedro Ruíz

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la avenida Pedro Ruíz se midió el tiempo de inicio de verde para 2 semáforos distantes a 173.4 m, uno ubicado en la Intersección de la Calle Juan Cuglievan con la Av. Pedro Ruíz y el otro en la intersección de la Av. Luis G. con la Av. Pedro Ruíz en dónde se observó en campo que en un determinado momento el semáforo de la Av. Luis G. con Av. Pedro Ruíz da luz verde 37.5 segundos después que la indicación de verde del semáforo en Calle Juan C. con Av. Pedro Ruíz.

-Calle Juan Cuglievan y Av. Pedro Ruíz con Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la avenida Pedro Ruíz se midió el tiempo de inicio de verde para 2 semáforos distantes a 264.8 m, uno ubicado en la Intersección de la Calle Juan Cuglievan con la Av. Pedro Ruíz y el otro en la intersección de la Av. José Balta con la Av. Pedro Ruíz en dónde se observó en campo que en un determinado momento el semáforo de la Av. José Balta con Av. Pedro Ruíz da luz verde 19.5 segundos después que la indicación de verde del semáforo en Calle Juan C. con Av. Pedro Ruíz.

-Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzáles con Calle Vicente de la Vega y Av. José Balta

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la Calle Vicente de la Vega se midió el tiempo de inicio de verde para 2 semáforos distantes a 455.3 m, uno ubicado en la Intersección de la Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzáles y el otro en la intersección de la Calle Vicente de la Vega y Av. José Balta en dónde se observó en campo que en un determinado momento el semáforo de Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzáles da luz verde 6 segundos después que la indicación de verde del semáforo en Calle Vicente de la Vega y Av. José Balta.

-Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz con Av. Saénz Peña y Av. Pedro R.

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la Av. Pedro Ruíz se midió el tiempo de inicio de verde para 2 semáforos distantes a 277.9 m, uno ubicado en la Intersección de la Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz y el otro en la intersección de la Av. Saénz Peña y Av. Pedro R. en dónde se observó en campo que en un determinado momento el semáforo de Av. Saénz Peña y Av. Pedro R. da luz verde 27.5 segundos después que la indicación de verde del semáforo en Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz.

-Av. Saénz Peña y Av. Pedro R con Av. Saénz Peña y Av. Leoncio Prado

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la avenida Saénz Peña se encontraron 2 semáforos distantes a 166m, uno ubicado en la Intersección de la Av. Saénz Peña y Av. Pedro R y el otro en la intersección de la Av. Saénz Peña y Av. Leoncio Prado en dónde se observó en campo que en un determinado momento ambos semáforos inician en luz verde teniendo un tiempo de desfase de 0.

Al tener la coordinación del inicio de verde de los semáforos de la red vial en estudios se pueden agregar al Synchron los datos por intersección del número de fases (movimientos permitidos para cada fase) , longitud de fase; tiempos de todo rojo, tiempos de ámbar y tiempos de ambar + verde para cada fase y; de acorde a ello en el programa se puede visualizar el tiempo de rojo que es comparado con el medido en campo y viene a ser el mismo, además de ello en la simulación nos brinda los resultados del nivel de servicio, demoras, relación volumen/capacidad en la intersección para intersecciones semaforizadas, lo cual de acorde al nivel de congestamiento deben ser solucionados para un mejor servicio vial.

Para un mayor entendimiento, observe la siguiente figura donde se muestra el tiempo que tarda en iniciar el verde explicado anteriormente con la duración del ciclo semafórico por intersección.

Figura 19. Desfase del tiempo de verde para los semáforos



Fuente: Interfaz de Synchro 8 al ingresar el desfase de verde entre semáforos.

3.7.2. DE LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED VIAL

3.7.2.1. Zona de estudio

La zona en estudio de la presente tesis se encuentra delimitada por la calle Vicente de la Vega y las Avenidas: Luis Gonzáles, Pedro Ruíz y Saénz Peña en donde se ha realizado el conteo vehicular para cada intersección con un total de 34 intersecciones contabilizadas para el día con mayor congestión vehicular (Viernes) durante los horarios más representativos mencionados anteriormente, cabe resaltar que es una zona céntrica y por tanto comercial en donde existe gran congestionamiento vehicular cuyo análisis está basado durante la pandemia del COVID-19. Para apreciar la red en estudio ver el ANEXO 1.

3.7.2.2. Modelación de la red vial actual

Se modeló la red vial en estudio ingresando datos medidos in situ como longitudes y anchos de calles así como su direccionamiento de rutas y cantidad de carriles, medición de velocidad, reglaje semafórico, conteo vehicular para vehículos livianos y pesados, condición actual en la que los vehículos transitan por la pandemia del COVID-19, verificación de reducción de espacio de calzada por estacionamientos y de que algunas calles se encontraron cerradas como la Av. José Balta entre la Calle Vicente de la Vega y San José, la calle 8 de Octubre entre la

Av. Saénz Peña y la calle Manco Capac y la calle Tnte. Cesar F. Pinglo entre Arica y Av. Pedro R. explicadas anteriormente. Con la recolección de datos de la situación actual se siguieron los siguientes pasos para modelar la red vial en el Software Synchro 8:

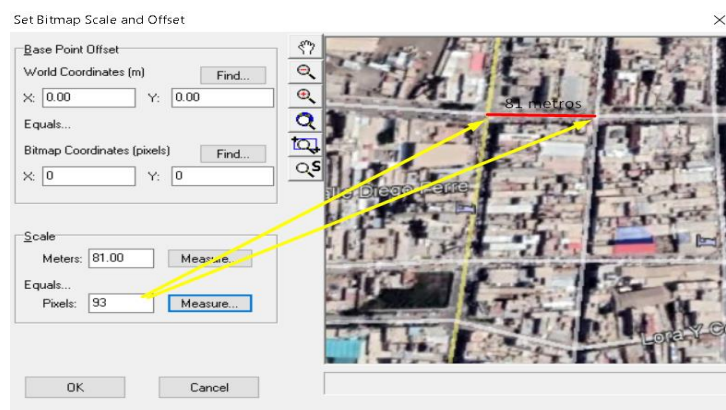
a) Ingreso del mapa satelital

Para iniciar el ingreso de datos a Synchro es necesario realizar el trazado de las calles, esto puede realizarse sobre la pantalla verde por defecto de Synchro 8, sin embargo, para una correcta precisión en cuánto a la ruta a seguir, su orientación y longitud se procedió a utilizar una imagen satelital de Google Earth Pro de la red vial y así se colocó de fondo dicha red vial que posteriormente cuando ya se colocaron las vías con sus longitudes correspondientes dicho fondo fue eliminado (dentro de Select Background en remove) ya que no permite la visualización correcta de los parámetros de entrada y respuestas de Synchro en la pantalla, es decir solo fue empleada para definir las rutas y sus respectivas longitudes para posteriormente ingresar los demás datos, los pasos fueron los siguientes:

a) Sacar una imagen de Google Earth Pro de la red vial y guardarla como JPEG.

b) Abrir Synchro y en la opción File seleccionamos Select Backgrounds en donde se añadirá el archivo JPEG en donde Synchro nos mostrará una pantalla del mapa y las opciones Scale (meters) donde se ingresará una medida recta del Google Earth Pro de la imagen guardada y en la siguiente opción Equals (Pixels) se procederá a seleccionar los puntos en el mapa en pantalla de la distancia medida para que se encargue de escalar dicha distancia de metros a píxeles, la distancia medida fue la recta de referencia del tramo Pedro Ruíz entre la Av. Luis Gonzáles y la calle Alfonso Ugarte que mide 81 m y luego en el mapa que muestra se procedió a escalar dando click en el punto de partida y punto final de la medida, ver la siguiente figura para entender lo mencionado anteriormente.

Figura 20. Ingreso del mapa satelital de la red vial



Fuente: Uso de la Interfaz de Synchro 8.

b) Trazado de red vial

Una vez insertado el fondo se procedió a dibujar las rutas verificando que cuenten con las longitudes, intersecciones, carriles y orientaciones correspondientes, se dibujó la red vial en estudio, así como sus brazos por los que salen e ingresan el volumen vehicular exceptuando de aquellas calles que se encuentran cerradas por motivo de pandemia COVID-19; además se colocó el nombre de las vías (en LANE SETTINGS para cada vía), así como lo muestra la siguiente figura:

Figura 21. Trazado de red vial



Fuente: Uso del programa Synchro 8.

c) Ingreso de datos para la configuración del carril – LANE SETTINGS

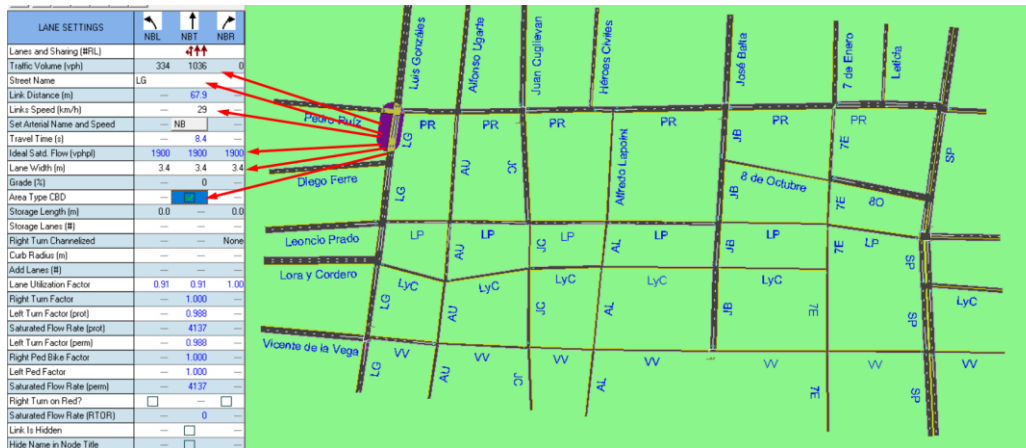
A partir de haber realizado el dibujo de las vías de la red en estudio en la imagen de fondo del mapa satelital de la red vial ya no es necesario continuar usándola ya que no facilita la visión para el dibujo y visualización de resultados por lo que se procedió a removerla, una vez

removido el fondo y las vías ya dibujadas se procedió a modificar en LANE SETTINGS (configuración de carril) para cada vía.

Como primer paso se ha definido el tipo de vía (número de carriles que están compartidos para aquellos que siguen defrente y voltean a la derecha, número de carriles que están compartidos para aquellos que siguen defrente y voltean a la izquierda, carriles que solo voltean a la izquierda, carriles que solo voltean a la derecha y carriles que van defrente), luego se procede a colocar la cantidad de vehículos totales (livianos y pesados) en la hora punta para cada direccionamiento o ruta del carril en Traffic Volume, en Street Name es el nombre de la calle colocado anteriormente, la distancia ya ha sido colocada en un inicio al dibujar las vías en el mapa satelital escalado y verificando que mientras se dibuja se mantengan las medidas realizadas en campo, luego se coloca la velocidad (en Links Speed en km/h) con la que los vehículos transitan por dicha vía en la hora punta, seguido de ello en Lane Width (m) se ha colocado la medida de cada tipo de carril para la vía (si se tiene que para carriles compartidos por vehículos que van defrente y giran a la derecha o compartidos que van defrente y giran a la izquierda al colocar la medida para carriles que siguen defrente ya no es necesario colocarlo en aquellos que giran a la derecha o izquierda debido a su compartimiento, si fueran solo giro o solo defrente esta medida debe ser colocada para cada uno) de tal forma que la suma de la medida de los carriles sea el total de la calzada (para la modelación actual aquella medida que fue determinada en campo y que de acorde a los estacionamientos e informalidades existentes por tramo fue modificada por el espacio ocupado) y finalmente en Area Type CBD se debe marcar la casilla si se trata de una vía céntrica con múltiple presencia peatonal y maniobras de parqueo, esto reducirá el flujo de saturación en un 90%, dicho flujo de saturación tiene el valor de 1900 vehículos por hora por carril siendo el mayor volumen de tránsito que pudiera entrar en una intersección semaforizada, por un carril o carriles del mismo, si el semáforo exhibiese siempre su indicación verde, siendo este un valor según el manual HCM 2010 para velocidades entre 25-35 km/h en su última edición (Manual de capacidad de carreteras 2010) el cual es una publicación del National Research Council en Estados Unidos, por medio de Transportation Research Board (TRB) en el cual se brinda técnicas para la estimación de capacidad de vía y determinar niveles de servicio en carreteras e intersecciones de una red vial, es el manual con el que el software Synchro 8 trabaja, ver la siguiente figura que indica lo mencionado anteriormente.

Ver el ANEXO 8 en donde se ha desarrollado un excel calculando y definiendo cada parámetro para una intersección semaforizada y visualizar como trabaja el software, así como los resultados que brinda.

Figura 22. LANE SETTINGS – CONFIGURACIONES DE CARRIL



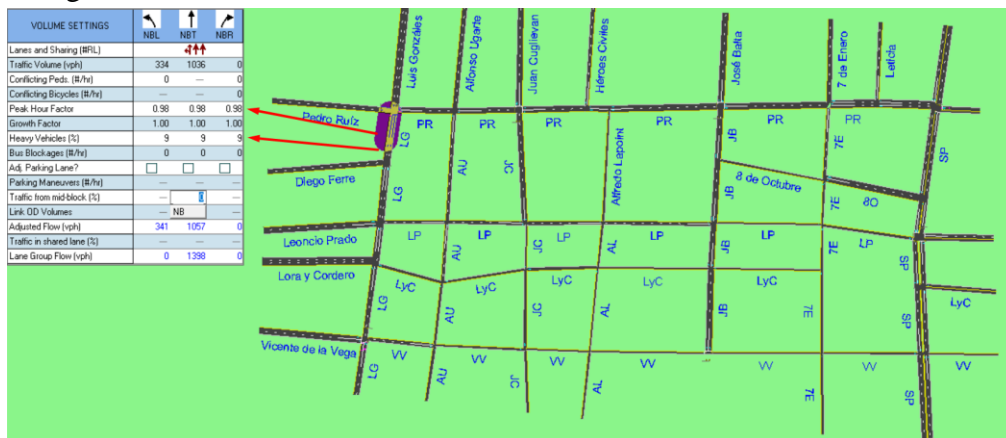
Fuente: Uso del programa Synchro 8.

En SIMULATION SETTINGS muestra los parámetros colocados en los siguientes pasos y además permite colocar la longitud de la berma central para el caso de la Av. Saénz Pena entre la calle San José y la calle Leoncio Prado fue de 1.40 m.

d) Ingreso de datos para la configuración del volumen vehicular – VOLUME SETTINGS

Una vez colocados ya la cantidad de vehículos total de vehículos pesados y livianos por carril en su debido direccionamiento se procede a colocar el factor de hora pico para cada tramo según los cálculos del conteo vehicular siendo este valor el volumen de la hora de máxima demanda horaria, dividido entre el flujo de 15.0 min. de la hora de máxima demanda y también se ha colocado el porcentaje de vehículos pesados por vía proveniente de vehículos, así como se muestra en la siguiente figura. En el ANEXO 3 se muestra el cálculo del factor de hora pico y el porcentaje de vehículos pesados. Ver el ANEXO 8 en donde se ha desarrollado un excel calculando y definiendo cada parámetro para una intersección semaforzada y visualizar como trabaja el software, así como los resultados que brinda.

Figura 23. VOLUME SETTINGS – CONFIGURACIONES DE VOLUMEN

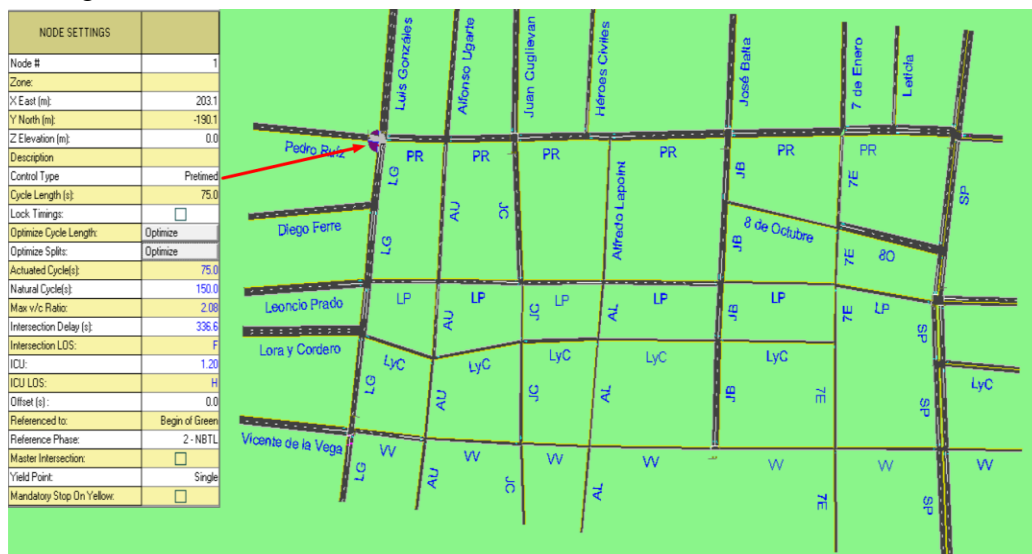


Fuente: Uso del programa Synchro 8.

e) Ingreso de datos para la configuración de la intersección – NODE SETTINGS

En este paso se ha colocado el tipo de semaforización existente en cada intersección, al ser semáforos de tiempo fijo corresponde al tipo Pretimed (Predefinido), luego se modifica la configuración del tiempo en TIME SETTINGS (tiempos de semaforización) explicado en el siguiente apartado para posteriormente regresar a NODE SETTINGS en donde se ha colocado los OFFSET (tiempo de desfase en segundos) para controlar el inicio de verde de todos los semáforos y su desfase explicado anteriormente en donde en la presente opción se indica el color de referencia (Reference to, en este caso tiempo verde), la fase o ruta de referencia (Reference Phase que indica para que dirección se va a controlar dicho desfase), que intersección va a referenciar el desfase a la siguiente intersección semaforizada a lo largo del tramo (Master Intersection), ver la siguiente figura donde se muestra el uso de la opción de NODE SETTINGS y ver la figura 19 que muestra el desfase entre semáforos para el inicio de verde. Ver el ANEXO 8 en donde se ha desarrollado un excel calculando y definiendo cada parámetro para una intersección semaforizada y visualizar como trabaja el software, así como los resultados que brinda.

Figura 24. NODE SETTINGS – CONFIGURACIONES DE LA INTERSECCIÓN



Fuente: Uso del programa Synchro 8.

f) Ingreso de datos para la configuración del tiempo - TIMING SETTINGS

Esta opción de Synchro permite definir los tiempos de semaforización para el tipo de semáforo existente en cada intersección el cuál se ha colocado en el paso anterior, en este paso se colocan los tiempos de ámbar (Yellow time), Total Split (ámbar más verde), Minimum Initial (valor mínimo de ámbar más verde), así como el tipo de semáforo (Turn Type: tipo SPLIT)

que se usa si un carril se comparte entre el tráfico de izquierda y el de paso. La fase dividida asegura que los carriles compartidos para girar a la izquierda estén protegidos y ofrezcan un mayor nivel de protección en comparación con los giros a la izquierda permitidos. Si no hay un acceso directo, como en una intersección en T, entonces el tratamiento de giro a la izquierda siempre debe dividirse; en Protected Phase se indica la numeración para el cual se darán las indicaciones del semáforo siendo los números pares aquellos que van defrente y giran a la derecha pero al estar en modo SPLIT el giro a la izquierda se comparte con la fase que va defrente y los números impares aquellos que únicamente van hacia la izquierda, en Detector Phase se coloca aquella fase de movimientos que detecta las señales indicada por el semáforo que da paso a ciertos movimientos , en All red (Todo rojo) va el valor del tiempo en el cual todos los semáforos de la intersección permanecen en rojo pero al ser semáforos donde el tiempo de verde inicia cuando termina la duración del rojo del otro semáforo este valor es cero, ver la siguiente figura que muestra la semaforización de la intersección Av. Luis Gonzáles y calle Vicente de la Vega donde se observa que hay 2 fases controladas cada una por un semáforo y complementar con el Anexo 4 que muestra la longitud de ciclo semafórico y la cantidad de fases para cada intersección y ver el ANEXO 8 en donde se ha desarrollado un excel calculando y definiendo cada parámetro para una intersección semaforizada y visualizar como trabaja el software, así como los resultados que brinda.

Figura 25. TIMINGS SETTINGS – CONFIGURACIONES DEL TIEMPO DE SEMÁFORIZACIÓN.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS													
		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	11	Lanes and Sharing (HRL)													
Zone		Traffic Volume (vph)													
X East (m)	166.6	385	517	0	0	0	0	0	1329	476	0	0	0		
Y North (m)	-477.6	Turn Type													
Z Elevation (m)	0.0	Protected Phases													
Description		4	4						2						
Control Type	Pretimed	Permitted Phases													
Cycle Length (s)	84.0	Detector Phases													
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	4	4						2						
Optimize Cycle Length:	Optimize	Switch Phase													
Optimize Split:	Optimize	0	0						0						
Actuated Cycle(s)	84.0	Leading Detector (m)													
Natural Cycle(s)	90.0		0.0						10.0						
Max v/c Ratio:	1.16	Trailing Detector (m)													
Intersection Delay (s)	77.2		0.0						0.0						
Intersection LOS:	E	Minimum Initial (s)													
ICU:	0.93	1.0	1.0						1.0						
ICU LOS:	F	Minimum Split (s)													
Offset (s)	0.0	20.0	20.0						20.0						
Referenced to:	Begin of Green	Total Split (s)													
Reference Phase:	2 - NBT	35.5	35.5						48.5						
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	Yellow Time (s)													
Yield Point:	Single	3.5	3.5						3.5						
Mandatory Stop On Yellow:	<input type="checkbox"/>	All-Red Time (s)													
		0.0	0.0						0.0						
		Lost Time Adjust (s)													
			0.0						0.0						
		Lagging Phase?													
		Allow Lead/Lag Optimize?													
		Recall Mode													
		Max	Max						Max						
		Actuated Effort: Green (s)													
			32.0						45.0						
		Actuated g/C Ratio													
			0.38						0.54						
		Volume to Capacity Ratio													
			0.78						1.16						
		Control Delay (s)													
			28.5						102.5						
		Queue Delay (s)													
			0.0						0.0						
		Total Delay (s)													
			28.5						102.5						
		Level of Service													
			C						F						
		Approach Delay (s)													
			28.5						102.5						
		Approach LOS													
			C						F						
		Queue Length 50th (m)													
			53.4						142.5						
		Queue Length 95th (m)													
			71.3						174.0						
		Stops (vph)													
			770						1480						
		Equal Load (vph)													
			40						170						

Fuente: Uso del programa Synchro 8.

3.7.3. DE LA VISUALIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED VIAL

Teniendo la red vial definida con todos sus parámetros colocados se procedió a realizar la visualización de resultados los cuales indicarán el comportamiento de la vía expresado en demoras (Delays – tiempos de demora para dar pase a los movimientos así como las demoras originada en las intersecciones para intersecciones semaforizadas) , relación volumen/capacidad siendo un valor menor a 1 si el flujo vehicular en relación a la capacidad de la via no se encuentra saturado, igual a 1 si se llega a la capacidad para la que fue diseñada pudiendo haber congestión y mayor a 1 si el flujo vehicular es excesivo en cuando a la oferta vial y; nivel de servicio del acceso así como de la intersección (en función a la demora y a la relación volumen/ capacidad de cada intersección semaforizada, el cual se indica como un mejor comportamiento vehicular y fluido en el Nivel A y un comportamiento congestionado en el Nivel F (el valor de U representa que la intersección no está semaforizada), y el ciclo semafórico actual que define el comportamiento; ver la siguientes figuras que detallan lo mencionado anteriormente para las intersecciones semaforizadas.

Figura 26. Demoras por intersección semaforizada.



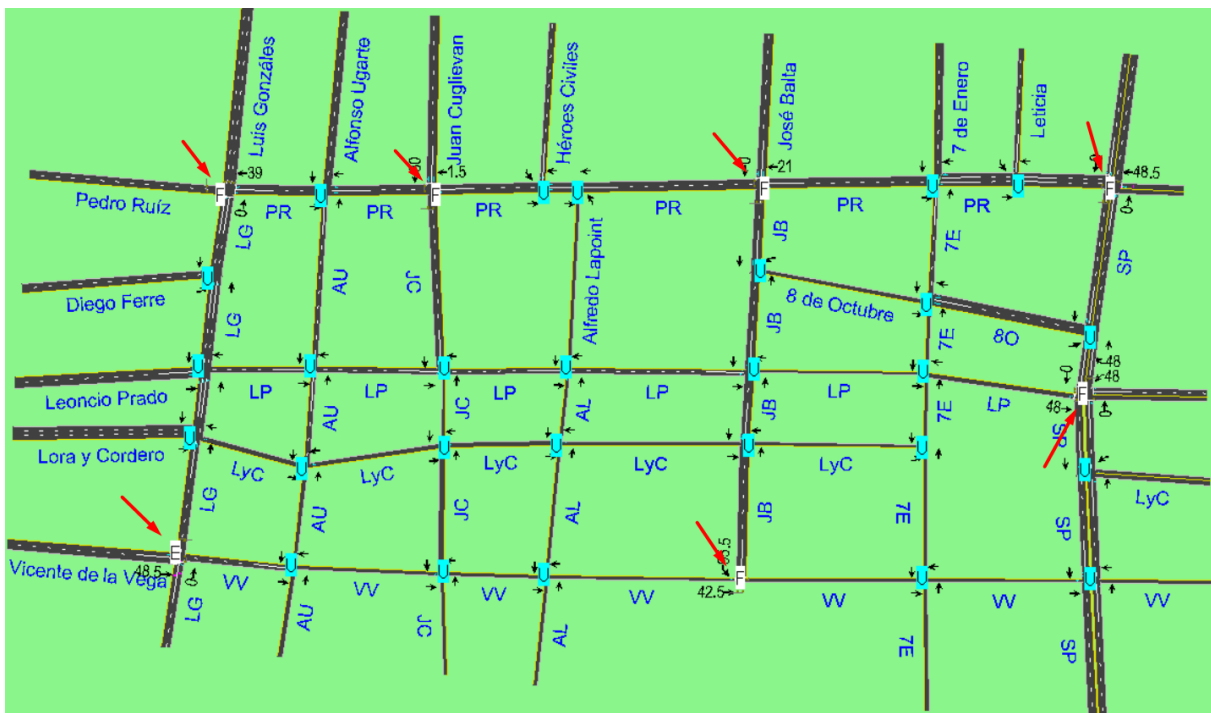
Fuente: Uso del programa Synchro 8.

Figura 27. Relación volumen/capacidad para intersecciones semaforizadas.



Fuente: Uso del programa Synchro 8.

Figura 28. Niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas



Fuente: Uso del programa Synchro 8.

Figura 29. Longitud del ciclo semafórico actual



Fuente: Uso del programa Synchro 8.

3.7.3.1. De la intersección semaforizada Calle Vicente de la Vega con Avenida Luis Gonzáles

La intersección semaforizada Calle Vicente de la Vega con Avenida Luis Gonzáles muestra una demora de 29 segundos para los vehículos que se van a través de Vicente de la Vega (defrente – EBT, EAST BY THROUGH) y para los vehículos que giran hacia la izquierda desde Vicente de la Vega (EBL - EAST BY LEFT) hacia Luis Gonzáles siendo el carril compartido para ambos movimientos y muestra una demora de 102 segundos para aquellos vehículos que se van a través de la Av. Luis Gonzáles (defrente – NBT NORTH BY THROUGH) y para los vehículos que giran hacia la derecha desde la Av. Luis Gonzáles (NBR – NORTH BY RIGHT) y; la demora en la intersección para ambos accesos de 77.2 segundos, de igual manera muestra la relación de volumen/capacidad para cada acceso 0.78 y 1.16 respectivamente de los accesos explicados anteriormente así como sus niveles de servicio en relación a la demora y relación volumen capacidad tanto de los accesos C y F respectivamente y para la intersección E, definido en letras desde la A hasta la F (ver la tabla 5 y ver el anexo 8 donde se ha desarrollado un ejemplo en excel de una intersección semaforizada para un mayor entendimiento del funcionamiento de Synchro).

3.7.3.2. De la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz con Avenida Luis Gonzáles

La intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz con Avenida Luis Gonzáles muestra una demora de 509 segundos para los vehículos que se van a través de Av. Pedro Ruíz (defrente – WBT, WEST BY THROUGH) y para los vehículos que giran hacia la derecha desde Av. Pedro Ruíz (WBR - WEST BY RIGHT) hacia Luis Gonzáles siendo el carril compartido para ambos movimientos y; muestra una demora de 19 segundos para aquellos vehículos que se van a través de la Av. Luis Gonzáles (defrente – NBT NORTH BY THROUGH) y para los vehículos que giran hacia la izquierda desde la Av. Luis Gonzáles (NBL – NORTH BY LEFT) y; la demora en la intersección para ambos accesos de 336.6 segundos , de igual manera muestra la relación de volumen/capacidad para cada acceso 2.63 y 0.72 respectivamente de los accesos explicados anteriormente así como sus niveles de servicio en relación a la demora y relación volumen capacidad tanto de los accesos F y B respectivamente así como de la intersección F, definido en letras desde la A hasta la F. (ver la tabla 5 y ver el anexo 8 donde se ha desarrollado un ejemplo en excel de una intersección semaforizada para un mayor entendimiento del funcionamiento de Synchro).

3.7.3.3. De la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz con calle Juan Cuglievan

La intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz con calle Juan Cuglievan muestra una demora de 344 segundos para los vehículos que se van a través de Av. Pedro Ruíz (defrente – WBT, WEST BY THROUGH) y para los vehículos que giran hacia la izquierda desde Av. Pedro Ruíz (WBL - WEST BY LEFT) hacia Juan Cuglievan siendo el carril compartido para ambos movimientos y muestra una demora de 52 segundos para aquellos vehículos que se van a través de la calle Juan Cuglievan (defrente – SBT SOUTH BY THROUGH) y para los vehículos que giran hacia la derecha desde la calle Juan Cuglievan (SBR – SOUTH BY RIGHT) y la demora en la intersección para ambos accesos de 287.3 segundos , de igual manera muestra la relación de volumen/capacidad para cada acceso 1.72 y 1 respectivamente de los accesos explicados anteriormente así como sus niveles de servicio en relación a la demora y relación volumen capacidad tanto de los accesos F y D respectivamente así como de la intersección F, definido en letras desde la A hasta la F. (ver la tabla 5 y ver el anexo 8 donde se ha desarrollado un ejemplo en excel de una intersección semaforizada para un mayor entendimiento del funcionamiento de Synchro).

3.7.3.4. De la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz y la Av. José Balta

La intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz y la Av. José Balta muestra una demora de 56 segundos para los vehículos que se van a través de Av. Pedro Ruíz (defrente – WBT, WEST BY THROUGH) y para los vehículos que giran hacia la izquierda desde Av. Pedro Ruíz (WBL - WEST BY LEFT) hacia Av. José Balta siendo el carril compartido para ambos movimientos y muestra una demora de 475 segundos para aquellos vehículos que se van a través de la Av. José Balta (defrente – SBT SOUTH BY THROUGH) y para los vehículos que giran hacia la derecha desde la Av. José Balta (SBR – SOUTH BY RIGHT) y la demora en la intersección para ambos accesos de 270.1 segundos , de igual manera muestra la relación de volumen/capacidad para cada acceso 1.06 y 2 respectivamente de los accesos explicados anteriormente así como sus niveles en relación a la demora y relación volumen capacidad tanto de los accesos E y F respectivamente así como de la intersección F, definido en letras desde la A hasta la F. (ver la tabla 5 y ver el anexo 8 donde se ha desarrollado un ejemplo en excel de una intersección semaforizada para un mayor entendimiento del funcionamiento de Synchro).

3.7.3.5. De la intersección semaforizada Calle Vicente de la Vega y la Av. José Balta

La intersección semaforizada Calle Vicente de la Vega y la Av. José Balta muestra una demora de 25 segundos para los vehículos que se van a través de Calle Vicente de la Vega (defrente – EBT, EAST BY THROUGH) y muestra una demora de 134 segundos para aquellos vehículos que giran hacia la izquierda desde la Av. José Balta (SBL – SOUTH BY LEFT) y la demora en la intersección para ambos accesos es de 104.2 segundos , de igual manera muestra la relación de volumen/capacidad para cada acceso 0.76 y 1.22 respectivamente de los accesos explicados anteriormente así como sus niveles de servicio en relación a la demora y relación volumen capacidad tanto de los accesos C y F respectivamente así como de la intersección F, definido en letras desde la A hasta la F. (ver la tabla 5 y ver el anexo 8 donde se ha desarrollado un ejemplo en excel de una intersección semaforizada para un mayor entendimiento del funcionamiento de Synchro).

3.7.3.6. De la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz y la Av. Saénz Peña

La intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz y la Av. José Balta muestra una demora de 122 segundos para los vehículos que se van a través de Av. Pedro Ruíz (defrente – WBT, WEST BY THROUGH), para los vehículos van hacia Saénz Peña (que giran hacia la izquierda desde Av. Pedro Ruíz (WBL - WEST BY LEFT) y para los vehículos que giran hacia la derecha desde Av. Pedro Ruíz (WBR - WEST BY RIGHT)) siendo el carril compartido para todos los

movimientos, también muestra una demora de 25 segundos para aquellos vehículos que se van a través de la Av. Saénz Peña por el SUR (defrente – SBT SOUTH BY THROUGH), para los vehículos van hacia Av. Pedro Ruíz (que giran hacia la izquierda desde Av. Saénz Peña (SBL – SOUTH BY LEFT) y para los vehículos que giran hacia la derecha desde Av. Saénz Peña (SBR - SOUTH BY RIGHT)) siendo el carril compartido para todos los movimientos y una demora de 115 segundos para aquellos vehículos que se van a través de la Av. Saénz Peña por el NORTE (defrente – NBT NORTH BY THROUGH), para los vehículos van hacia Av. Pedro Ruíz (que giran hacia la izquierda desde Av. Saénz Peña (NBL – NORTH BY LEFT) y para los vehículos que giran hacia la derecha desde Av. Saénz Peña (NBR - NORTH BY RIGHT)) siendo el carril compartido para todos los movimientos y la demora en la intersección para todos los accesos es de 84.6 segundos , de igual manera muestra la relación de volumen/capacidad para cada acceso 1.18, 0.86 y 2.11 respectivamente de los accesos explicados anteriormente así como sus niveles de servicio en relación a la demora y relación volumen capacidad tanto de los accesos F, C y F respectivamente así como de la intersección F, definido en letras desde la A hasta la F. (ver la tabla 5 y ver el anexo 8 donde se ha desarrollado un ejemplo en excel de una intersección semaforizada para un mayor entendimiento del funcionamiento de Synchron).

3.7.3.7. De la intersección semaforizada calle Leoncio Prado y la Av. Saénz Peña

La intersección semaforizada calle Leoncio Prado y la Av. Saénz Peña muestra una demora de 16 segundos para los vehículos que se van a través de Av. Saénz Peña (defrente – NBT, NORTH BY THROUGH), para los vehículos van hacia Leoncio Prado que giran hacia la derecha desde Av. Saénz Peña (NBR – NORTH BY RIGHT) siendo el carril compartido para ambos movimientos, también muestra una demora de 27 segundos para aquellos vehículos que se van hacia Saénz Peña desde Leoncio Prado girando a la izquierda (WBL WEST BY LEFT), una demora de 30 segundos para los vehículos que van hacia Saénz Peña desde Leoncio prado girando hacia la derecha (WBR WEST BY RIGHT), una demora de 434 segundos para los vehículos través de la calle Leoncio Prado (defrente – EBT EAST BY THROUGH) y una demora de 12 segundos para aquellos vehículos que se van a través de la Av. Saénz Peña por el SUR (defrente – SBT SOUTH BY THROUGH), para los vehículos van hacia calle Leoncio Prado (que giran hacia la izquierda desde Av. Saénz Peña (SBL – SOUTH BY LEFT) siendo el carril compartido ambos movimientos y la demora en la intersección para todos los movimientos es de 154.6 segundos , de igual manera muestra la relación de volumen/capacidad para cada acceso 0.71, 0.62, 0.69, 1.90 y 0.41 respectivamente de los accesos explicados

anteriormente así como sus niveles de servicio en relación a la demora y relación volumen capacidad tanto de los accesos B, C, C, F y B respectivamente así como de la intersección F, definido en letras desde la A hasta la F. (ver la tabla 5 y ver el anexo 8 donde se ha desarrollado un ejemplo en excel de una intersección semaforizada para un mayor entendimiento del funcionamiento de Synchro).

3.7.4. DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS EN LA RED VIAL

Como se ha visto en el apartado anterior todas las intersecciones semaforizadas cuentan con un mal nivel de servicio (F) el cual se ha calculado en base a sus demoras por accesos e intersecciones debido a la baja capacidad vial en función al flujo vehicular (relación volumen/capacidad igual y superior a 1) provocado por la informalidad al no respetar la orden que prohíbe el estacionamiento y paraderos de vehículos en el centro de la ciudad de Chiclayo así como los puestos de venta existentes, además se tiene un mal control de los dispositivos de tránsito (tiempos de semaforización no vinculados al tránsito en las intersecciones) para el aforo vehicular correspondiente. A continuación, se detalla la propuesta de solución realizada por cada intersección.

3.7.4.1. Propuesta de solución para el tiempo de semaforización en intersecciones semaforizadas

Para la propuesta de solución de las intersecciones semaforizadas se ha cambiado tanto la longitud del tiempo de verde y ámbar para cada semáforo de acorde al flujo vehicular con la finalidad de obtener menores demoras y mejores niveles de servicios; en cuanto a la relación volumen capacidad será mejorada con mayor énfasis en el punto 3.7.4.2.

a) Propuesta en la intersección semaforizada Calle Vicente de la Vega con Avenida Luis Gonzáles

Para definir los nuevos tiempos de los semáforos en la intersección tanto para el semáforo que controla el flujo vehicular que proviene del Este de la Calle Vicente de la Vega y para la demanda vehicular que va a través del Norte de la Av. Luis Gonzáles se tuvo en cuenta aquel flujo vehicular mayor al cuál se le brindará mayor tiempo de verde, es decir el tiempo de verde será tal tiempo ajustado que reduzca las demoras al mínimo y mejore el nivel de servicio en la intersección al máximo posible ya que se observó que los valores de tiempo de verde eran muy elevados lo que generaría colas por espera y mayor tiempo de despeje vehicular en la

intersección; asimismo se redujo el valor de ámbar en 0.5 segundos para cada semáforo, en la siguiente figura se detalla lo mencionado anteriormente sobre los nuevos tiempos y longitud de ciclo de semaforización, el ANEXO 4 detalla los tiempos de semaforización encontrada para la comparación correspondiente.

Figura 30. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Luis Gonzáles – Calle Vicente de la Vega.



Fuente: Elaboración propia.

b) Propuesta en la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz con Avenida Luis Gonzáles

Para definir los nuevos tiempos de los semáforos en la intersección tanto para el semáforo que controla el flujo vehicular que proviene del Oeste de la Av. Pedro Ruíz y para la demanda vehicular que va a través del Norte de la Av. Luis Gonzáles se tuvo en cuenta aquel flujo vehicular mayor al cuál se le brindará mayor tiempo de verde, es decir el tiempo de verde será tal tiempo ajustado que reduzca las demoras al mínimo y mejore el nivel de servicio en la intersección al máximo posible ya que se observó que el tiempo de verde para los vehículos de Av. Luis Gonzáles era muy elevado y el tiempo de verde de los vehículos de Av. Pedro Ruíz debe incrementarse, ya que en un inicio se observaron colas por espera y mayor tiempo de despeje vehicular en la intersección, asimismo se redujo el valor de ámbar en 1 segundo para cada semáforo, en la siguiente figura se detalla lo mencionado anteriormente sobre los nuevos tiempos y longitud de ciclo de semaforización, el ANEXO 4 detalla los tiempos de semaforización encontrada para la comparación correspondiente.

Figura 31. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Luis Gonzáles – Av. Pedro Ruíz

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°2 - PROPUESTA					
Avenida Luis Gonzáles - Avenida Pedro Ruíz					
FASE 1			FASE 2		
MOVIMIENTOS A y C			MOVIMIENTOS B y D		
DURACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO					
75			segundos		
FASE 1			FASE 2		
DURACIÓN:	28	s	DURACIÓN:	47	s
VERDE=	25	s	VERDE=	44	s
AMBAR=	3	s	AMBAR=	3	s
ROJO=	47	s	ROJO=	28	s

Fuente: Elaboración propia.

c) Propuesta en la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz con calle Juan Cuglievan

Para definir los nuevos tiempos de los semáforos en la intersección tanto para el semáforo que controla el flujo vehicular que proviene del Oeste de la Av. Pedro Ruíz y para la demanda vehicular que viene del sur de la Calle Juan Cuglievan se tuvo en cuenta aquel flujo vehicular mayor al cuál se le brindará mayor tiempo de verde, es decir el tiempo de verde será tal tiempo ajustado que reduzca las demoras al mínimo y mejore el nivel de servicio en la intersección al máximo posible ya que se observó que el tiempo de verde para los vehículos de Av. Pedro Ruíz debe incrementarse observándose en un inicio colas por espera y mayor tiempo de despeje vehicular en la intersección, asimismo se redujo el valor de ámbar en 0.5 segundo para cada semáforo, en la siguiente figura se detalla lo mencionado anteriormente sobre los nuevos tiempos y longitud de ciclo de semaforización, el ANEXO 4 detalla los tiempos de semaforización encontrada para la comparación correspondiente.

Figura 32. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Pedro Ruíz y la Calle Juan Cuglievan.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°3 - PROPUESTA					
Avenida Pedro Ruíz - Calle Juan Cuglievan					
FASE 1			FASE 2		
MOVIMIENTOS A y C			MOVIMIENTOS B y D		
					
DURACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO					
60			segundos		
FASE 1			FASE 2		
DURACIÓN:	15	s	DURACIÓN:	45	s
VERDE=	12	s	VERDE=	42	s
AMBAR=	3	s	AMBAR=	3	s
ROJO=	45	s	ROJO=	15	s



Fuente: Elaboración propia.

d) Propuesta en la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz y la Av. José Balta

Para definir los nuevos tiempos de los semáforos en la intersección tanto para el semáforo que controla el flujo vehicular que proviene del Oeste de la Av. Pedro Ruíz y para la demanda vehicular que viene del sur de la Av. José Balta se tuvo en cuenta aquel flujo vehicular mayor al cuál se le brindará mayor tiempo de verde, es decir el tiempo de verde será tal tiempo ajustado que reduzca las demoras al mínimo y mejore el nivel de servicio en la intersección al máximo posible reduciendo de tal forma el tiempo de verde de los vehículos que provienen desde Av. José Balta y también reduciendo el tiempo de verde para los vehículos que vienen desde la Av. Pedro Ruíz ya que en un inicio se generaban colas por espera y mayor tiempo de despeje vehicular en la intersección, asimismo se redujo el valor de ámbar en 1 segundo para cada semáforo, en la siguiente figura se detalla lo mencionado anteriormente sobre los nuevos tiempos y longitud de ciclo de semaforización, el ANEXO 4 detalla los tiempos de semaforización encontrada para la comparación correspondiente.

Figura 33. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Pedro Ruíz y la Av. José Balta.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°4 - PROPUESTA					
Avenida Pedro Ruíz - Avenida José Balta					
FASE 1			FASE 2		
MOVIMIENTOS A y C			MOVIMIENTOS B y D		
DURACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO					
40			segundos		
FASE 1			FASE 2		
DURACIÓN:	19	s	DURACIÓN:	21	s
VERDE=	16	s	VERDE=	18	s
AMBAR=	3	s	AMBAR=	3	s
ROJO=	21	s	ROJO=	19	s

Fuente: Elaboración propia

e) Propuesta en la intersección semaforizada Calle Vicente de la Vega y la Av. José Balta

Para definir los nuevos tiempos de los semáforos en la intersección tanto para el semáforo que controla el flujo vehicular que proviene del este de la Calle Vicente de la Vega y para la demanda vehicular que viene del sur de la Av. José Balta se tuvo en cuenta aquel flujo vehicular mayor al cuál se le brindará mayor tiempo de verde, es decir el tiempo de verde será tal tiempo ajustado que reduzca las demoras al mínimo y mejore el nivel de servicio en la intersección al máximo posible reduciendo de tal forma ambos tiempo de verde para cada semáforo ya que se observó en la modelación del software que se generaban colas por espera y mayor tiempo de despeje vehicular en la intersección, en la siguiente figura se detalla lo mencionado anteriormente sobre los nuevos tiempos y longitud de ciclo de semaforización, el ANEXO 4 detalla los tiempos de semaforización encontrada para la comparación correspondiente.

Figura 34. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. José Balta y la calle Vicente de la Vega.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°5 - PROPUESTA					
Avenida José Balta - Calle Vicente de la Vega					
FASE 1			FASE 2		
MOVIMIENTOS C			MOVIMIENTOS B		
DURACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO					
40			segundos		
FASE 1			FASE 2		
DURACIÓN:	20	s	DURACIÓN:	20	s
VERDE=	17	s	VERDE=	17	s
AMBAR=	3	s	AMBAR=	3	s
ROJO=	20	s	ROJO=	20	s



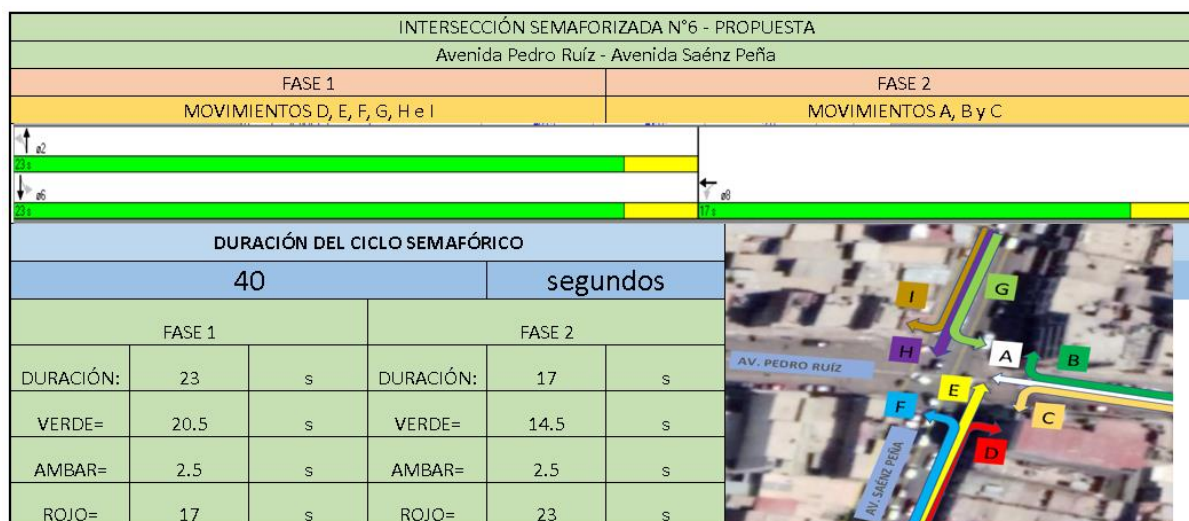
Fuente: Elaboración propia

f) Propuesta en la intersección semaforizada Av. Pedro Ruíz y la Av. Saénz Peña

Para entrar a la propuesta de solución de esta intersección se debe tener en cuenta que se mantuvo la coordinación de los semáforos que controlan el flujo vehicular proveniente de Saénz Peña desde el SUR y desde el norte, es decir es una misma fase y la otra fase corresponde a los vehículos que provienen de la Av. Pedro Ruíz desde el este. La razón de mantener la fase es porque los direccionamientos de los vehículos no generan conflicto entre ellos de tal forma que se evita aumentar 1 fase lo que provocaría mayores demoras en la intersección.

Para definir los nuevos tiempos de los semáforos en la intersección tanto para la primera fase como para la segunda explicada anteriormente se tuvo en cuenta aquel flujo vehicular mayor al cuál se le brindará mayor tiempo de verde, es decir el tiempo de verde será tal tiempo ajustado que reduzca las demoras al mínimo y mejore el nivel de servicio en la intersección al máximo posible por lo que se ha reducido ambos tiempo de verde para cada fase semafórica (3 semáforos , 2 sincronizados para Saénz Peña desde el norte y desde el sur y el otro para Pedro Ruíz) ya que se observó en la modelación del software que se generaban colas por espera y mayor tiempo de despeje vehicular en la intersección, en la siguiente figura se detalla lo mencionado anteriormente sobre los nuevos tiempos y longitud de ciclo de semaforización, el ANEXO 4 detalla los tiempos de semaforización encontrada para la comparación correspondiente.

Figura 35. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Pedro Ruíz y la Av. Saénz Peña.



Fuente: Elaboración propia

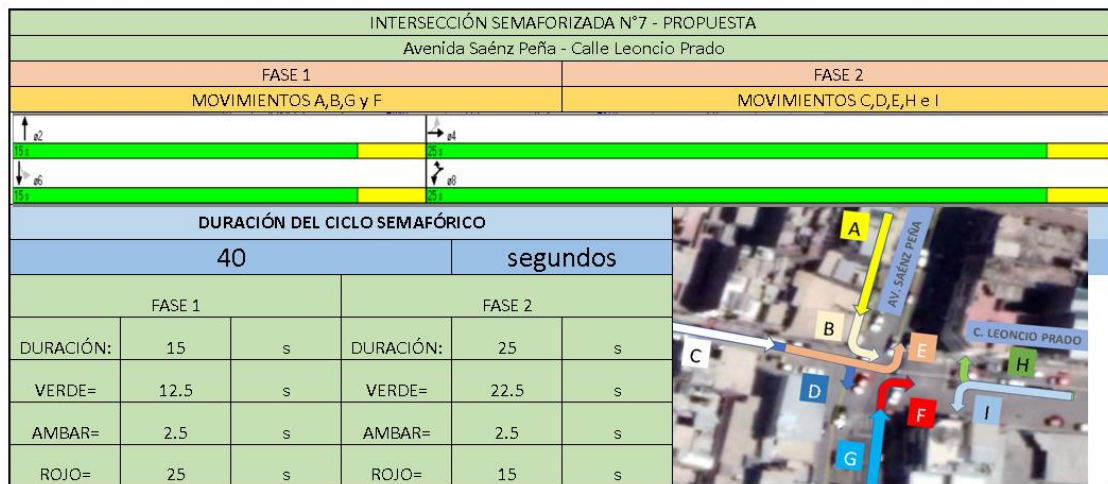
g) Propuesta en la intersección semaforizada calle Leoncio Prado y la Av. Saénz Peña

Para entrar a la propuesta de solución de esta intersección se debe tener en cuenta que se mantuvo la coordinación de los semáforos que controlan el flujo vehicular proveniente de Saénz Peña desde el SUR y desde el norte, es decir es una misma fase (fase 1), de igual forma se mantuvo la coordinación siendo otra misma fase (fase 2) para aquellos vehículos que provienen del este y del oeste de Leoncio Prado.

La razón de mantener la fase es porque los direccionamientos de los vehículos no generan conflicto entre ellos de tal forma que se evita aumentar 1 fase lo que provocaría mayores demoras en la intersección.

Para definir los nuevos tiempos de los semáforos en la intersección tanto para la primera fase como para la segunda explicada anteriormente se tuvo en cuenta aquel flujo vehicular mayor al cuál se le brindará mayor tiempo de verde, es decir el tiempo de verde será tal tiempo ajustado que reduzca las demoras al mínimo y mejore el nivel de servicio en la intersección al máximo posible por lo que se ha reducido ambos tiempo de verde para cada semáforo (4 semáforos, 2 sincronizados para Saénz Peña y 2 sincronizados para Leoncio Prado) ya que se observó en la modelación del software que se generaban colas por espera y mayor tiempo de despeje vehicular en la intersección, en la siguiente figura se detalla lo mencionado anteriormente sobre los nuevos tiempos y longitud de ciclo de semaforización, el ANEXO 4 detalla los tiempos de semaforización encontrada para la comparación correspondiente.

Figura 36. Tiempo de semaforización optimizado para la intersección Av. Saénz Peña y calle Leoncio Prado.



Fuente: Elaboración propia

3.7.4.1.1. Del tiempo de desfase entre semáforos para la propuesta

Se detalla el tiempo para iniciar el verde en todos los semáforos uno respecto de acorde a los nuevos tiempos de semaforización vehicular de la propuesta, para visualizar tiempos de inicio de verde en las vías para la propuesta de solución ver la siguiente figura y complementar con la explicación posterior en el presente apartado.

Figura 37. Tiempo de desfase entre semáforos de la red vial para la propuesta



Fuente: Uso de Synchro 8 .

a) Avenida Luis Gonzáles y Calle Vicente de la Vega con Av. Luis G. y Av. Pedro Ruíz

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la avenida Luis Gonzáles se tienen 2 semáforos distantes a 290 m, uno ubicado en la Intersección de la Av. Luis G. con la Calle Vicente de la Vega y el otro en la intersección de la Av. Luis G. con la Av. Pedro Ruíz en dónde ambos semáforos iniciarán en luz verde al mismo tiempo.

b) Calle Juan Cuglievan y Av. Pedro Ruíz con Av. Luis G. y Av. Pedro Ruíz

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la avenida Pedro Ruíz se tienen 2 semáforos distantes a 173.4 m, uno ubicado en la Intersección de la Calle Juan Cuglievan con la Av. Pedro Ruíz y el otro en la intersección de la Av. Luis G. con la Av. Pedro Ruíz cuyo desfase en el semáforo de la Av. Luis G. con Av. Pedro Ruíz dará luz verde 28 segundos después que la indicación de verde del semáforo en Calle Juan C. con Av. Pedro Ruíz.

c) Calle Juan Cuglievan y Av. Pedro Ruíz con Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la avenida Pedro Ruíz se tienen 2 semáforos distantes a 264.8 m, uno ubicado en Intersección de la Calle Juan Cuglievan con la Av. Pedro Ruíz y el otro en la intersección de la Av. José Balta con la Av. Pedro Ruíz por lo que el semáforo de la Av. José Balta con Av. Pedro Ruíz debe dar luz verde 3 segundos después que la indicación de verde del semáforo en Calle Juan C. con Av. Pedro Ruíz.

d) Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzáles con Calle Vicente de la Vega y Av. José Balta

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la Calle Vicente de la Vega se tienen 2 semáforos distantes a 455.3 m, uno ubicado en la Intersección de la Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzáles y el en la intersección de la Calle Vicente de la Vega y Av. José Balta en dónde en un determinado el semáforo de Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzáles dará luz verde 5 segundos antes que la indicación de verde del semáforo en Calle Vicente de la Vega y Av. José Balta.

e) Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz con Av. Saénz Peña y Av. Pedro R.

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la Av. Pedro Ruíz, uno ubicado en la Intersección de la Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz y el otro ubicado a 277.9 m de este en la intersección de la Av. Saénz Peña y Av. Pedro R. en dónde el semáforo de Av.

Saénez Peña y Av. Pedro R. dará luz verde 20 segundos después que la indicación de verde del semáforo en Av. José Balta y Av. Pedro Ruíz.

f) Av. Saénez Peña y Av. Pedro R con Av. Saénez Peña y Av. Leoncio Prado

Para los semáforos que permiten el paso de los vehículos a través de la avenida Saénez Peña se tienen 2 semáforos distantes a 166m, uno ubicado en la Intersección de la Av. Saénez Peña y Av. Pedro R y el otro en la intersección de la Av. Saénez Peña y Av. Leoncio Prado en dónde el semáforo de la Av. Saénez Peña y Av. Leoncio Prado da luz verde 38 segundos después que el semáforo ubicado en la Av. Saénez Peña y Av. Pedro R.

3.7.4.2. Propuesta de solución para el ancho de carril

Es una propuesta que permitirá mejorar la relación volumen/capacidad, es decir será favorable tendiendo a ser menor a 1, además también se reducen las demoras y por ende mejora el nivel de servicio tanto de los accesos como de las intersecciones.

Es una propuesta de solución viable que se centra en hacer cumplir la ordenanza municipal respecto a la prohibición de estacionamientos y paraderos y los puestos informales en el centro de Chiclayo, se decir se requiere volver a realizar la demarcación amarilla en el pavimento ya que en algunas zonas esta ya no se visualiza correctamente e implementar señales de prohibición de estacionamientos como la R-27 y R-28 del Manual de dispositivos de control de tránsito, ya que al no cumplir dicha ordenanza municipal, se provoca una reducción de la calzada de las vías reduciendo de tal forma el número de carriles por donde transitan los vehículos, es decir si en un flujo vehicular transita por una vía de 1 calzada con 4 carriles , 4 vehículos tienen el espacio para dirigirse al movimiento que le corresponde sin embargo al tener obstaculizado parte de la calzada en algunos casos por estacionamientos a ambos lados y en otros en un lado de la calzada así como las informalidades se reduce la cantidad de carriles de 4 a 2 si a ambos lados esta obstaculizado y de 4 a 3 si es en un solo lado por lo que ahora en lugar de poder pasar 4 vehículos pasaran 2 y 3 respectivamente. Por lo mencionado anteriormente en el ANEXO 6 se puede observar el ancho de cada tramo en la red actual para la propuesta de solución cuyos ancho de carriles y calzadas son los mismos que fueron medidos in situ que a diferencia del modelo inicial esa medida fue reducida por los obstáculos y en el ANEXO 7 se observa el ancho de las vías afectadas por dichas informalidades para el modelo actual de la red vial.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

1. Recopilación de información acerca del análisis de la ingeniería del tránsito en cuando al tráfico vehicular.
2. Análisis de la información obtenida.
3. Revisión de Manual de Carreteras HCM, Manual de Carreteras DG-2018, libros acerca de ingeniería de tránsito, Manual de diseño geométrico de vías urbanas y Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras.
4. Revisión del manual de la guía de usuario del software Synchro 8.
5. Recopilación de información in situ para los direccionamientos de las rutas, velocidad de una muestra de vehículos, medir los ciclos semafóricos, realizar el aforo vehicular, medir la geometría de las vías usando Google Maps y wincha y visualizar las condiciones actuales de la vía.
6. Modelamiento Actual del tráfico en Synchro 8 ingresando datos como: longitudes, número de carriles y anchos de vía, velocidad de operación y volúmenes de vehículos, factor de hora pico, direccionamiento de vías, ciclos semafóricos, entre otros.
7. Determinar el nivel de servicio, demoras y grado de saturación de las intersecciones semaforizadas del estado actual en la red vial.
8. Resumir y Analizar los resultados.
9. Plantear propuestas de solución mediante los conceptos de la ingeniería de tránsito y revisión de libros, normas, manuales y criterio ingenieril.
10. Modelar propuestas de solución en Synchro8 al hacer cambios en fases y ciclo semafórico, verificar el correcto uso de las vías para determinar una propuesta de solución final que sea viable y brinde buenos resultados de niveles de servicio, demoras y grado de saturación haciendo de la vía transitable sin ningún tipo de congestionamiento.
11. Brindar la propuesta final de solución al congestionamiento vehicular, cuyos niveles de serviciabilidad en las vías sean los adecuados.
12. Definir las conclusiones y recomendaciones de la tesis.
13. Presentación final del proyecto.

3.9. Consideraciones éticas

Como trabajo de tesis profesional y responsable se toman en cuenta consideraciones éticas en la presente tesis, las cuales son:

- ✓ La muestra de la tesis es un estudio auténtico cuyas vías no se encuentran actualmente analizadas por otro autor o entidad.
- ✓ Los resultados a obtener con la propuesta de solución viable, no perjudicará a la población ni a otras zonas aledañas.
- ✓ La información en la presente tesis y el procedimiento es un análisis auténtico
- ✓ La información requerida y obtenida en campo será medida in situ.
- ✓ Se busca el beneficio común para mejorar el nivel de serviciabilidad de las vías en estudio de la presente tesis.

3.10. Matriz de Consistencia

Tabla 10. Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>¿Es posible reducir el congestionamiento vehicular mediante el análisis de las vías en estudio y su simulación a nivel mesoscópico con el Software Synchro 8?</p>	<p>Objetivo General : Brindar una propuesta de solución viable ante el congestionamiento vehicular modelando el tráfico mediante un análisis de la red vial a nivel mesoscópico usando el Software SYNCHRO 8.0.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar el conteo vehicular para los días y horas con mayor tráfico. - Determinar los ciclos semafóricos, movimientos direccionales, velocidad de operación para un grupo de vehículos y señales de tránsito. - Realizar un levantamiento topográfico de geometría de las vías. - Identificar los problemas de la red vial actual a través de los conceptos de grado de saturación, demoras y niveles de servicio en Synchro 8. - Plantear propuestas de solución ante los problemas actuales encontrados para cada intersección. - Modelar en Synchro 8 y determinar una propuesta de solución viable final para las vías en estudio. 	<p>La simulación del tráfico a nivel mesoscópico con el software Synchro 8 permitirá brindar una alternativa solución válida para poder reducir el congestionamiento vehicular y el grado de saturación en las vías de estudio mejorando su nivel servicio al reducir las demoras.</p>	<p>Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> _ Flujo Vehicular _ Control de tránsito <p>Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Congestionamiento vehicular - Propuesta de solución al congestionamiento vehicular 	<ul style="list-style-type: none"> _Aforo vehicular. _Clasificación vehicular. _Velocidad de operación. _Conteo de ciclos semafóricos. _Conteo de señales de tránsito. _Geometría vial -Indicadores negativos del software Synchro 8.0 en la modelación del estado actual. -Indicadores optimizados del software Synchro 8.0 en la modelación de la propuesta de solución viable. 	<p>Tipo de Investigación: Descriptiva, porque se va a observar y cuantificar el congestionamiento vehicular en su ambiente natural para luego ser analizado.</p>

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La propuesta de solución está planteada para la situación actual en la que se encuentran los accesos disponibles en la red vial en estudio así como para el flujo vehicular correspondientes al tiempo en el que fue realizado el conteo durante la pandemia del COVID-19, sin embargo las soluciones adoptadas como optimización de tiempos de semaforización y disposición del ancho total de la calzada evitando las informalidades (estacionamientos prohibidos y puestos informales) son válidas en cualquier situación.

4.1. De los ciclos semafóricos y señales de tránsito

Si bien es cierto las vías se encuentran con una demarcación amarilla que prohíbe el estacionamiento esta no se ha visto respetado por lo que será necesario colocar señales de prohibido el estacionamiento (R-27 y R-28) del Manual de dispositivos de control de tránsito para todas las vías del centro de Chiclayo al ser una zona muy congestionada a causa del estacionamiento por reducción de calzada, de igual forma se debe prohibir la venta informal, además se debe advertir de una multa significativa para un mayor control de dicha prohibición.

Para los ciclos semafóricos se han adecuados al flujo vehicular de la situación actual ya que sus tiempos no eran los óptimos de manera que generaba demoras innecesarias provocando colas de vehículos haciendo que la vía tenga un mal nivel de serviciabilidad. En el siguiente cuadro se muestra los cambios que se dieron para la longitud de los ciclos semafóricos por intersección.

Tablas 11. Longitud del ciclo semafórico de la propuesta de solución.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	LONGITUD DEL CICLO SEMAFÓRICO (segundos)	
	ACTUAL	PROPUESTA
C. VICENTE DE LA VEGA Y AV. LUIS GONZÁLES	84	50
AV. PEDRO RUÍZ Y AV. LUIS GONZÁLES	75	75
AV. PEDRO RUÍZ Y C. JUAN CUGLIEVAN	43	60
AV. PEDRO RUÍZ Y AV. JOSÉ BALTA	55	40
C. VICENTE DE LA VEGA Y AV. JOSÉ BALTA	96	42
AV. PEDRO RUÍZ Y AV. SAÉNZ PEÑA	81.5	40
C. LEONCIO PRADO Y AV. SAÉNZ PEÑA	81	40

Fuente: Elaboración propia

Los ciclos semafóricos representan la suma del tiempo de las fases semafóricas existentes, en donde el tiempo de verde, ámbar y rojo debe ajustarse al flujo vehicular de tal forma que para un mayor volumen vehicular en una fase se debe tener en cuenta que requiere de un tiempo de verde mayor con relación a un menor flujo vehicular que proviene de otra fase para la misma intersección semaforizada, si ambas fases duran poco se aumenta el valor de verde para ambas o caso contrario si ambas resultan ser muy elevadas se reducirá el verde de cada fase. En el punto 3.7.4. de la presente tesis, se detallaron la duración de cada fase para cada intersección semaforizada para la propuesta de solución.

4.2. Del Grado de saturación, demoras y nivel de servicio

En cuanto a los resultados modelando la propuesta de solución con los cambios establecidos explicados anteriormente se obtuvieron reducciones de tiempos de demora que indica que a un menor tiempo de demora en la intersección el flujo será más fluido debido a un rápido despeje vehicular, mejoró la relación volumen/capacidad o grado de saturación, es decir tiende a ser menor que 1 ya la vía en cada grupo de carril debe ser capaz de permitir el flujo de los vehículos y evitar la congestión (cualquier relación v / c mayor o igual a 1 indica que se está operando por encima de la capacidad), se mejoraron los niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas ya que dependen tanto de las demoras y de la relación volumen/capacidad por intersección.

En su conjunto los cambios de tiempo de semaforización, así como el uso de la calzada completa evitando los estacionamientos prohibidos por la ordenanza municipal fueron positivos en la modelación de la propuesta de solución para la red vial; los siguientes cuadros son comparaciones de las mejoras que se obtuvieron en cada intersección semaforizada.

Tabla 12. Mejoras en la intersección Calle Vicente de la Vega y Av. Luis Gonzáles.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	C. VICENTE DE LA VEGA Y AV. LUIS GONZÁLES			
	SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE SOLUCIÓN	
	C. VICENTE DE LA VEGA	AV. LUIS GONZÁLES	C. VICENTE DE LA VEGA	AV. LUIS GONZÁLES
RELACIÓN V/C	0.78	1.16	0.83	0.84
DEMORA	77.2 segundos		18 segundos	
NIVEL DE SERVICIO	E		B	
LONG. CICLO SEMAFÓRICO	84 segundos		50 segundos	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Mejoras en la intersección Av. Pedro Ruíz y Av. Luis Gonzáles.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	AV. PEDRO RUÍZ Y AV. LUIS GONZÁLES			
	SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE SOLUCIÓN	
	AV. PEDRO RUÍZ	AV. LUIS GONZÁLES	AV. PEDRO RUÍZ	AV. LUIS GONZÁLES
RELACIÓN V/C	2.63	0.72	2.19	0.95
DEMORA	336.6 segundos		30.4 segundos	
NIVEL DE SERVICIO	F		C	
LONG. CICLO SEMAFÓRICO	75 segundos		75 segundos	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Mejoras en la intersección Av. Pedro Ruíz y Calle Juan Cuglievan.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	AV. PEDRO RUÍZ Y C. JUAN CUGLIEVAN			
	SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE SOLUCIÓN	
	AV. PEDRO RUÍZ	C. JUAN CUGLIEVAN	AV. PEDRO RUÍZ	C. JUAN CUGLIEVAN
RELACIÓN V/C	1	1.72	0.9	1.12
DEMORA	287.3 segundos		18.1 segundos	
NIVEL DE SERVICIO	F		B	
LONG. CICLO SEMAFÓRICO	43 segundos		60 segundos	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Mejoras en la intersección Av. Pedro Ruíz y Av. José Balta.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	AV. PEDRO RUÍZ Y AV. JOSÉ BALTA			
	SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE SOLUCIÓN	
	AV. PEDRO RUÍZ	AV. JOSÉ BALTA	AV. PEDRO RUÍZ	AV. JOSÉ BALTA
RELACIÓN V/C	1.06	2	1.34	1.29
DEMORA	270.1 segundos		21.8 segundos	
NIVEL DE SERVICIO	F		C	
LONG. CICLO SEMAFÓRICO	55 segundos		40 segundos	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Mejoras en la intersección Av. José Balta y la Calle Vicente de la Vega.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	C. VICENTE DE LA VEGA Y AV. JOSÉ BALTA			
	SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE SOLUCIÓN	
	C. VICENTE DE LA VEGA	AV. JOSÉ BALTA	C. VICENTE DE LA VEGA	AV. JOSÉ BALTA
RELACIÓN V/C	0.76	1.22	0.43	0.94
DEMORA	104.2 segundos		21.5 segundos	
NIVEL DE SERVICIO	F		C	
LONG. CICLO SEMAFÓRICO	96 segundos		42 segundos	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Mejoras en la intersección Av. Pedro Ruíz y Av. Saéñz Peña.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	AV. PEDRO RUÍZ Y AV. SAÉNZ PEÑA			
	SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE SOLUCIÓN	
	AV. PEDRO RUÍZ	AV. SAÉNZ PEÑA	AV. PEDRO RUÍZ	AV. SAÉNZ PEÑA
RELACIÓN V/C	1.18	0.86 desde el norte y 2.11 desde el sur	1.07	0.73 desde el norte y 2.14 desde el sur
DEMORA	84.6 segundos		54 segundos	
NIVEL DE SERVICIO	F		D	
LONG. CICLO SEMAFÓRICO	81.5 segundos		40 segundos	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Mejoras en la intersección calle Leoncio Prado y Av. Saéñz Peña.

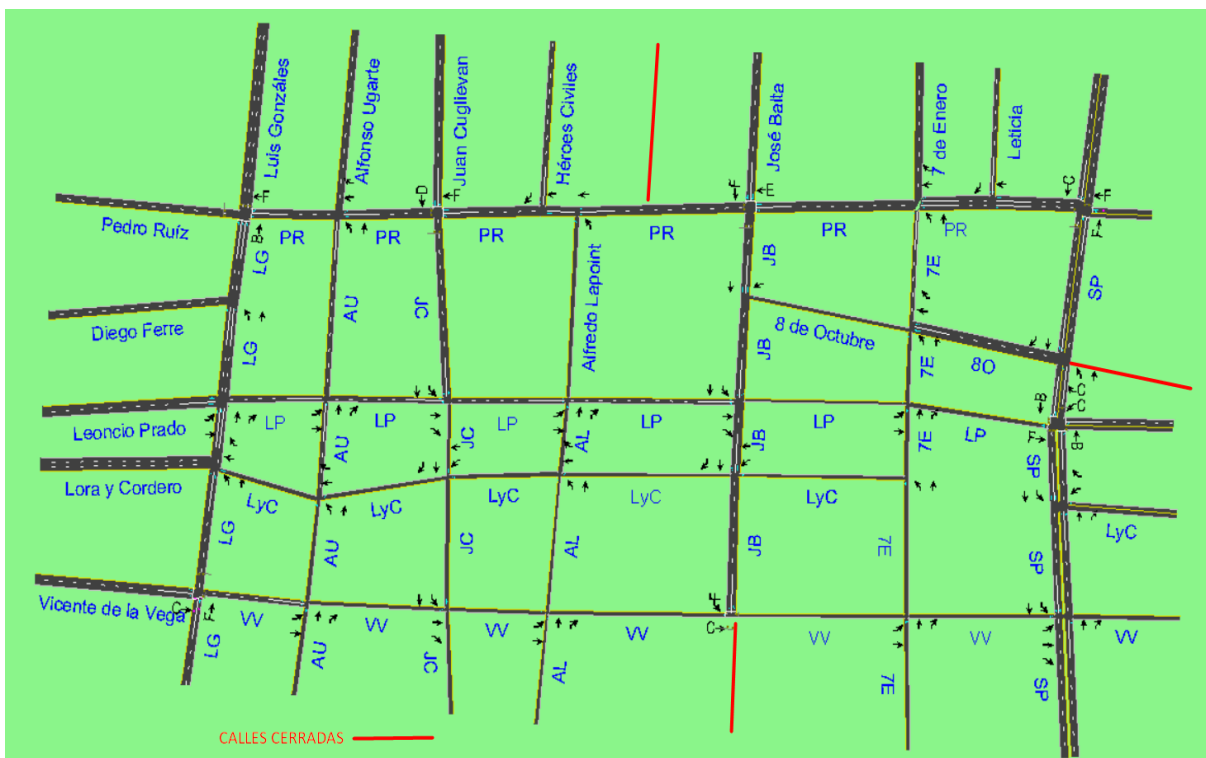
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	C. LEONCIO PRADO Y AV. SAÉNZ PEÑA			
	SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA DE SOLUCIÓN	
	C. LEONCIO PRADO	AV. SAÉNZ PEÑA	C. LEONCIO PRADO	AV. SAÉNZ PEÑA
RELACIÓN V/C	1.90 desde el oeste y; 0.62 y 0.69 desde el este	0.41 desde el norte y 0.71 desde el sur	1.17 desde el oeste y ;0.41 y 0.44 desde el este	0.80 desde el norte y 0.95 desde el sur
DEMORA	154.6 segundos		47.2 segundos	
NIVEL DE SERVICIO	F		D	
LONG. CICLO SEMAFÓRICO	81 segundos		40 segundos	

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Del modelamiento de la propuesta de solución final

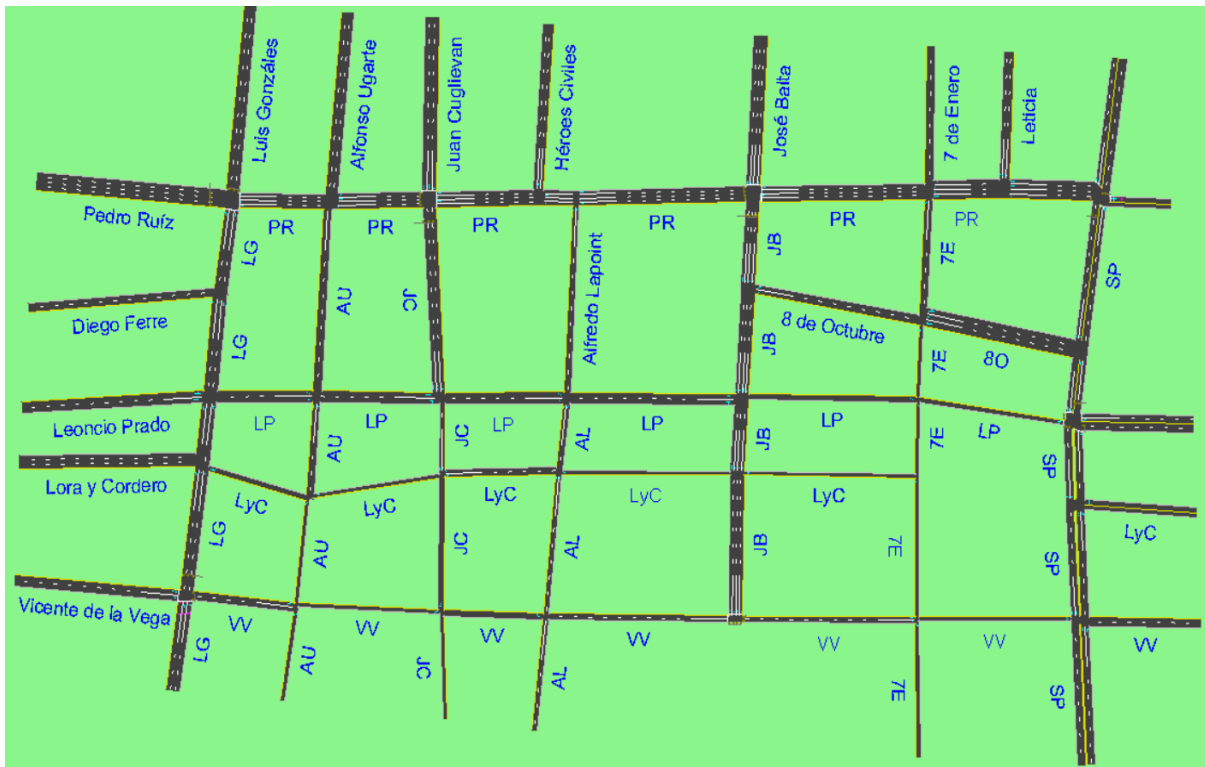
La propuesta de solución final adoptada y modelada es aquella que cuenta con el ancho de calzadas en su totalidad, es decir tal y como fueron medidas in situ sin la reducción del espacio ocupado por la informalidad existente como estacionamientos e informalidades, además se tuvo en cuenta el funcionamiento de la red vial en el estado actual debido a que 3 vías se externas se encontraban cerradas (1 de entrada de flujo vehicular: 8 de octubre entre Saéñz Peña y Manco Capac y las otras 2 de salida de flujo vehicular: Calle Tnte. Cesar F. Pinglo entre Av. Pedro Ruíz con Arica y; Av. José Balta entre Vicente de la Vega con San José) por motivo de la pandemia COVID-19 por lo que el análisis en la presente tesis está basado en un flujo vehicular que transita actualmente en dichas circunstancias, la figura 38 muestra la situación actual con la reducción de calzadas y la figura 39 muestra el modelo de la propuesta de solución con la longitud de las calzadas completas.

Figura 38. Modelamiento en Synchro 8 de la situación actual.



Fuente: Uso de Synchro 8.

Figura 39. Modelamiento en Synchro 8 de la propuesta de solución.

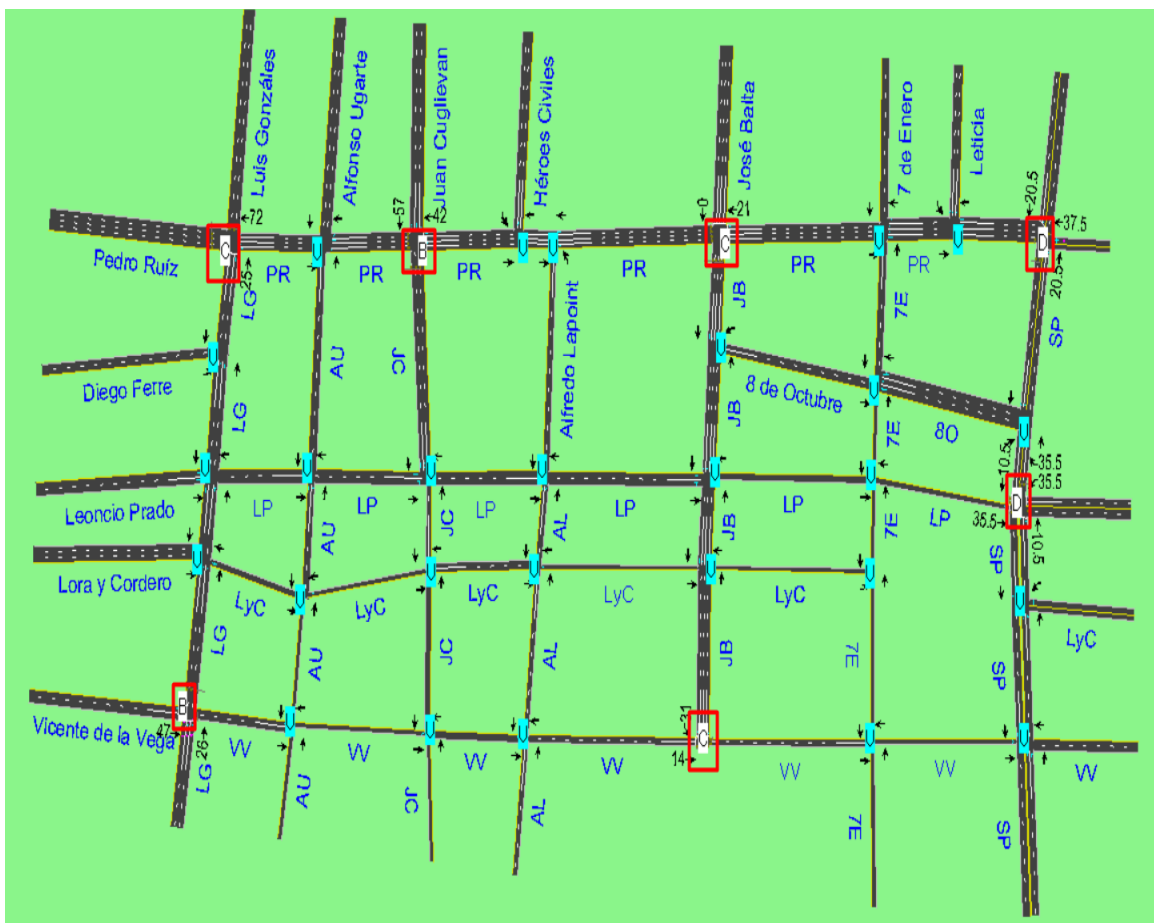


Fuente: Uso de Synchro 8.

4.4. De las propuestas de solución para las intersecciones semaforizadas

Las propuestas de solución tanto de los cambios de tiempo de semaforización, así como el uso de la calzada completa evitando los estacionamientos prohibidos por la ordenanza municipal y los puestos informales permitieron mejorar el grado de saturación es decir se redujo la relación volumen capacidad , se redujeron las demoras y se mejoró el nivel de servicio por intersección, la figura 28 muestra el nivel de servicio de las vías de la situación actual, la siguiente figura 40 muestra el nivel de servicio de la propuesta de solución, la figura 26 muestra las demoras de la situación actual y la figura 41 de la propuesta de solución, la figura 27 muestra la relación volumen/capacidad de la situación actual y la figura 42 de la propuesta de solución.

Figura 40. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de la propuesta de solución.



Fuente: Uso de Synchro 8.

4.5. Del Conteo vehicular para los días y horas con mayor tráfico vehicular

El flujo vehicular requerido para la simulación es aquel máximo durante 1 hora, cuyo volumen vehicular es registrado en intervalos de 15 min. para tener en cuenta el factor de hora pico usado por Synchro 8 el cual es el volumen para la hora de máxima demanda horaria, dividido entre el flujo de 15.0 min. de la hora de máxima demanda, dicho conteo fue realizado los días Viernes que es el día con mayor congestión vehicular detectado durante un conteo vehicular previo, por lo que se midió durante 1 semana entre las 7.00 am hasta las 8.00 pm (horario fijado por motivo de pandemia COVID-19) de lunes a domingo para detectar el día con mayor congestión vehicular (Viernes) así como los horarios en los cuales se incorporan y transitan más vehículos en la red vial (7:30 am – 8:30 am, 8:30 am – 9:30 am, 11:30 am- 12:30 m, 12:30 m – 13:30 pm, 17:30 pm – 18:30 pm, 18:30pm – 19:30 pm), en el anexo 3 se encuentra el aforo vehicular para los días y horas con mayor tráfico junto con los factores de hora pico para cada intersección semaforizada, el volumen vehicular para modelar la situación actual fue de 18:30pm – 19:30 pm siendo la hora de mayor congestión vehicular del día viernes.

4.6. De la geometría de las vías: longitud y ancho de calles

Las longitud y ancho de calles fueron cuantificadas in situ mediante el uso de una wincha de 30 metros siendo medidas 3 veces para una mayor precisión sacando un promedio de las medidas y se realizó por tramos debido a que es una zona urbana con tramos no muy largos, dichas medidas fueron utilizadas en el modelamiento de la red vial usando el software Synchro 8 cuya imagen de fondo para el trazado de la red vial fue sacada de Google Earth Pro debidamente escalada explicado anteriormente.

V. CONCLUSIONES

- Debido al conteo vehicular realizado se determinó que el día viernes es el más congestionado en el centro de Chiclayo cuya hora pico es de 6:30 – 7:30, día y hora que sirvieron para modelar la situación actual de congestionamiento vehicular, precisar que el conteo se realizó cada 15 minutos para determinar el factor de hora pico que el software Synchro 8 utiliza para el análisis del grado de saturación, demoras y niveles de servicio.

- La optimización de los tiempos de semaforización y ciclos semafóricos (tiempos de verde y ámbar) al realizarse de acorde al flujo vehicular circulante se redujeron las demoras (desde mayores a 80 segundos a menores a 55 segundos) por ende mejoraron el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas (del nivel F y E al nivel B, C y D).

- En cuanto a los movimientos direccionales (ruta) de los vehículos se ha visto que en la modelación del Software no detecta conflictos entre dichos movimientos, sin embargo, eso no quiere decir que no haya demoras ni congestionamiento vehicular ya que dependen de otros factores como la capacidad de la vía y la optimización correcta de los tiempos de los semáforos.

- La velocidad de operación de los vehículos determinada en campo para el horario de máxima demanda se encuentran entre 26-33 km/h en dónde según el manual del HCM con el que el Software Synchro 8 trabaja para dicha velocidad corresponde un flujo de saturación de 1900 vehículos por hora por carril, que es un parámetro que Synchro 8 utiliza para el cálculo del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas.

- La demarcación amarilla en el pavimento que prohíbe el estacionamiento se ha visto desteñida y no son respetadas por ende al estacionarse reducen la capacidad vial, además es necesario la incorporación de señales verticales de tránsito para la prohibición del estacionamiento (R-27 y R-28) del Manual de dispositivos de control de tránsito y aplicar sanciones estrictas para quien no cumpla con dichas ordenanzas municipales, todo lo mencionado mejorará el nivel de servicio de las vías al tener el uso de la calzada en su totalidad para la circulación de vehículos.

- Al medir, con el uso de una wincha de 30 metros, 3 veces la longitud y ancho de las calles obteniendo un promedio de la medida y al ser realizado por tramos se logra una correcta precisión de las medidas, las cuales fueron empleadas en la modelación de la red vial mediante

el software Synchro 8 usando una imagen de Google Earth Pro de la red vial escalada como fondo del trazado.

-El análisis de la situación actual indica el peor nivel de servicio (F para más de 80 segundos de demora) en 6 de las 7 intersecciones y un nivel de E entre 55-80 s de demora para la otra intersección siendo muy elevadas las demoras en las intersecciones semaforizadas, además el grado de saturación se encontrada elevado (tiende a ser mayor a 1) en los accesos de las vías de las intersecciones semaforizadas debido a la obstaculización presentada (informalidad por estacionamiento prohibidos) en la situación actual de la red vial y al mal control de los tiempos de los semáforos (fases semafóricas no van de acorde al flujo vehicular que transita).

- Se determinó que las propuestas de solución adoptadas de prohibir el estacionamiento y trabajos informales en las calles para poder hacer uso de la calzada en su totalidad consiguiendo una mayor capacidad vial para los vehículos, así como optimizar los tiempos de semaforización de acorde al flujo vehicular que transita son viables y aplicables en cualquier tipo de situación de las vías donde existan dichos problemas ya que siempre se debe tener un control de los dispositivos de tránsito y con el adecuado uso de las vías tener buenos niveles de servicio. El ancho de calzada en las vías del centro de Chiclayo al ser utilizado en su totalidad evitando las informalidades aumenta la capacidad vial por ende reduce el grado de saturación (volumen/capacidad, tiende a ser menor a 1), reduce las demoras (desde mayores a 80 segundos a menores a 55 segundos) al tener mayor espacio para la circulación vehicular logrando mejorar el nivel de servicio (del nivel F y E al nivel B, C y D) para las intersecciones semaforizadas en estudio.

- El modelamiento en Synchro 8 de la propuesta de solución mostró buenos resultados favorables de niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas, se ha visto que se redujeron las demoras en las intersecciones semaforizadas (de ser mayores a 80 s a ser menores a 50 s), para los accesos semaforizados se redujo el grado de saturación (tiende a ser menor a 1) y por ende se mejoró el nivel de servicio de F y E a B, C y D, todo lo mencionado se detalla en el punto “ 4.2. Del grado de saturación demoras y nivel de servicio”.

- Respecto al congestionamiento vehicular generado por el transporte ligero y transporte pesado se tiene que el 91.51 % del total de los vehículos que circulan por la red vial pertenecen a vehículos ligeros (taxis y autos) y el 8.49 % restante son vehículos pesados (combis y camionetas), lo mencionado anteriormente se detalla en el ANEXO 9 , lo cual esta expresado

en porcentajes de congestamiento generado por vehículos ligeros y pesados para cada una de las calles en estudio pertenecientes a la red vial.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda remarcar las demarcaciones en el pavimento que prohíben el estacionamiento debido a que en la mayoría de las vías su visibilidad es reducida por lo que puede pasar desapercibido, además es importante implementar señalizaciones verticales que prohíban el estacionamiento y que sean colocadas de tal forma que brinden una visualización adecuada.

- Para el estudio de tráfico se recomienda realizarlo con varias personas ya que si el personal es poco tomaría de mucho tiempo para realizar en conteo más aún si se trata de redes viales, también se les debe brindar un asesoramiento adecuado de lo que se debe contabilizar.

- Para estudios posteriores que utilicen la presente tesis en cuanto al aforo vehicular se recomienda realizar el cambio correspondiente debido a que el tráfico actual fue medido en circunstancias de pandemia por el COVID – 19.

- Para estudios posteriores en donde desarrollen la aplicación del software Synchro 8 se recomienda revisar el ANEXO 8 en donde se ha explicado el procedimiento que Synchro 8 realiza para intersecciones semaforizadas.

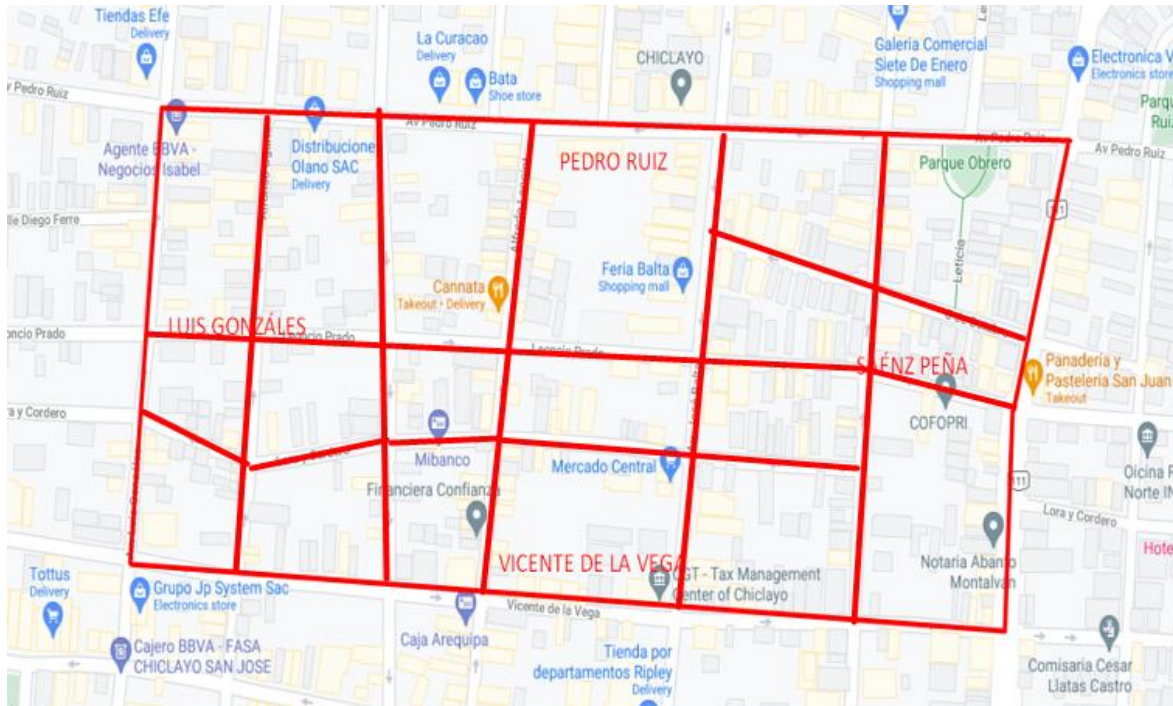
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. E. Incio Zapata , «Evaluación del congestionamiento vehicular en la ciudad de Chiclayo y propuestas de mejora,» Tesis, Dpto Ingeniería Civil, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Chiclayo, Perú, 2014.
- [2] J. Velásquez Garcia, «Parque automotor de Chiclayo completamente hacinado, RPP Noticias,» [En línea]. Available: <https://rpp.pe/peru/lambayeque/parque-automotor-de-chiclayo-completamente-hacinado-noticia-1102915>. [Último acceso: Junio 2019].
- [3] V. A. Alvarado Azurin y E. I. Valle Azalde, «Propuesta de gestión del tránsito para la reducción del congestionamiento en la Av. Alfredo Benavides entre los tramos Ovalo Higuiereta y Av. Velasco Astete en el Distrito de Santiago de Surco utilizando el programa de simulación Synchro 8.0,» Tesis, Programa académico de Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, 2019.
- [4] C. P. Pereda Rondon y M. A. Montoya Salas, «Estudio y optimización de la red vial avenida América Sur tramo prolongación Cesar Vallejo - avenida Ricardo Palma, Trujillo,» Tesis, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú, 2018.
- [5] A. M. Del Mar Velarde y I. E. Vásquez Palomino, «Propuesta para la reducción del congestionamiento vehicular en las avenidas La Marina y Faustino Sánchez Carrión, desde la Av. Antonio José de Sucre hasta la Av. Gregorio Escobedo, mediante el uso del software Synchro 8,» Tesis, Programa académico de Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, 2019.
- [6] D. Gutierrez Zuñiga, «Aplicación del manual de capacidad de carreteras 2010 y el software Synchro 8.5 para la optimización de los semáforos en el centro de la ciudad de Juliaca,» Tesis, Escuela profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional del Antiplano, Puno-Perú, 2019.
- [7] V. O. Osoreo Torres, «Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada Mariscal Castilla - Julio Sumar EL Tambo, 2015,» Tesis, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, 2016.

- [8] Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras, Ministerio de transportes y Comunicaciones, Mayo-2016.
- [9] Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Ministerio de transportes y comunicaciones, Enero-2018.
- [10] Reglamento Nacional de tránsito: Decreto Supremo N°016-2009 - MTC , SUTRAN, Julio-2020.
- [11] Manual de diseño geométrico de vías urbanas-VCHI, ICG, 2005.
- [12] A. García García , F. J. Camacho Torregrosa, A. M. Pérez Zuriaga y M. López Porta, «Nuevo proceso de diseño geométrico seguro de carreteras convencionales, CARRETERAS, Número especial 17° Congreso mundial de la federación internacional de carreteras (IRF), 4, 14».
- [13] R. Fernández A., Elementos de la teoría del tráfico vehicular, Lima-Perú: Fondo Editorial 3M, 2010.
- [14] R. Cal y Mayor R. y J. Cárdenas G., Ingeniería de tránsito-Fundamentos y aplicaciones, México D.F - México: 8a. Edición, Alfaomega, 2007.
- [15] Highway Capacity Manual- HCM 2010 , Transportation Research Board of the National Academies, Diciembre, 2010.

VIII. ANEXOS

8.1. ANEXO 1: Red vial en estudio



Fuente: Propia usando el mapa de Google Maps

8.2. ANEXO 2: Panel fotográfico de la congestión vehicular en el centro de Chiclayo

Congestionamiento vehicular de la Av. Balta

Entre la Calle Lora y Cordero y Vicente de la Vega: 99m



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre la Calle Leoncio Prado y Lora y Cordero



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre la Calle 8 de Octubre y Leoncio Prado



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre la Av. Pedro Ruiz y la Calle 8 de Octubre



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Congestionamiento vehicular de la Av. Pedro Ruiz

Entre la Av. José Balta y la Calle Tnte Pinglo



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre la Calles Tnte Pinglo y Alfredo Lapoint



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calles Alfredo Lapoint y Héroes Civiles



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calles Héroes Civiles y Juan Cuglievan



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calles Juan Cuglievan y Alfonso Ugarte



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calles Alfonso Ugarte y la Av. Luis Gonzáles



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Congestionamiento vehicular de la Calle Leoncio Prado

Entre la Av. Luis Gonzales y la Calle Alfonso Ugarte



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calles Alfonso Ugarte y Juan Cuglievan



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calles Juan Cuglievan y Alfredo Lapoint



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calle Alfredo Lapoint y la Av. José Balta



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Congestionamiento vehicular de la Calle Vicente de la Vega

Entre la Av. Luis Gonzáles y la Calle Alfonso Ugarte



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calles Alfonso Ugarte y Juan Cuglievan



Fuente: Propia – fotografías en campo.

Entre las Calles Juan Cuglievan y Alfredo Lapoint



Fuente: Propia – fotografías en campo.

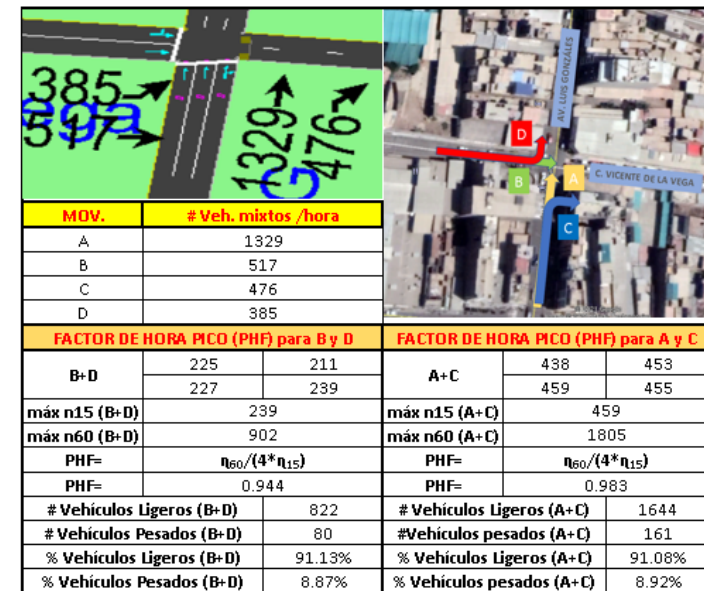
Entre la Calle Alfredo Lapoint y la Av. José Balta



Fuente: Propia – fotografías en campo.

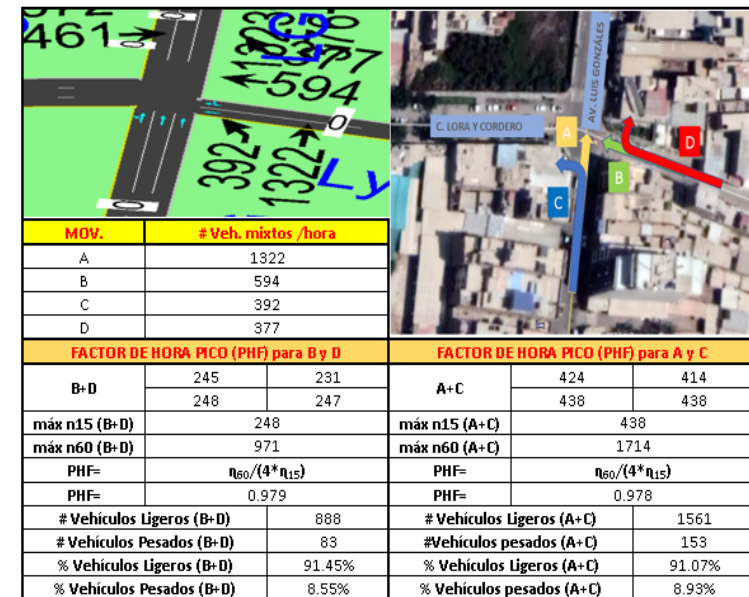
8.3. ANEXO 3: Aforo vehicular, factor hora pico y % de vehículos pesados.

Intersección:	N° 1				Nombre:	Av. Luis Gonzáles - Calle Vicente de la Vega			
Fecha:	05-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	MIXTOS/15 min
07:30-07:45	243	52	43	36	23	5	4	4	410
7:45-08:00	222	54	44	39	20	5	4	4	392
08:00-08:15	240	58	49	21	23	6	5	3	405
08:15-08:30	238	51	40	40	22	5	4	3	403
TOTAL 1	943	215	176	136	88	21	17	14	1610
08:30-08:45	230	61	53	48	22	6	5	5	430
08:45-09:00	249	63	58	51	25	6	6	4	462
09:00-09:15	234	68	55	43	23	7	5	5	440
09:15-09:30	239	69	57	50	21	7	5	5	453
TOTAL 2	952	261	223	192	91	26	21	19	1785
11:30-11:45	256	71	63	46	24	7	6	4	477
11:45-12:00	250	73	68	54	25	7	7	5	489
12:00-12:15	259	76	69	62	27	6	6	6	511
12:15-12:30	261	77	66	61	24	8	7	6	510
TOTAL 3	1026	297	266	223	100	28	26	21	1987
12:30-12:45	252	80	77	50	25	8	7	5	504
12:45-13:00	276	88	79	57	27	9	8	5	549
13:00-13:15	278	93	85	66	27	7	8	6	570
13:15-13:30	277	96	89	54	26	9	8	5	564
TOTAL 4	1083	357	330	227	105	33	31	21	2187
17:30-17:45	274	101	96	67	27	9	9	7	590
17:45-18:00	263	109	97	81	26	10	9	8	603
18:00-18:15	288	108	99	81	27	9	8	8	628
18:15-18:30	278	110	105	71	27	11	10	7	619
TOTAL 5	1103	428	397	300	107	39	36	30	2440
18:30-18:45	294	112	106	93	28	11	10	9	663
18:45-19:00	310	117	108	89	30	12	11	9	686
19:00-19:15	300	117	111	76	31	11	11	7	664
19:15-19:30	306	125	109	93	30	12	10	9	694
TOTAL 6	1210	471	434	351	119	46	42	34	2707
η60	1210	471	434	351	119	46	42	34	2707



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 2				Nombre	Av. Luis Gonzáles - Calle Lora y Cordero				
Fecha:	05-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos				
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL	
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min	
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D		
07:30-07:45	240	84	39	37	24	8	3	3	438	
7:45-08:00	220	86	41	35	21	8	3	3	417	
08:00-08:15	239	88	22	24	23	8	3	3	410	
08:15-08:30	236	89	42	40	23	9	2	4	445	
TOTAL 1	935	347	144	136	91	33	11	13	1710	
08:30-08:45	232	95	46	41	23	9	4	4	454	
08:45-09:00	251	99	49	36	25	10	4	3	477	
09:00-09:15	237	95	40	38	23	9	5	3	450	
09:15-09:30	243	96	46	43	22	9	4	4	467	
TOTAL 2	963	385	181	158	93	37	17	14	1848	
11:30-11:45	254	107	48	44	25	10	3	4	495	
11:45-12:00	248	103	56	48	25	11	5	5	501	
12:00-12:15	260	102	61	53	26	10	7	4	523	
12:15-12:30	262	107	60	57	26	10	4	5	531	
TOTAL 3	1024	419	225	202	102	41	19	18	2050	
12:30-12:45	250	115	52	50	24	11	6	5	513	
12:45-13:00	275	117	58	53	29	12	3	5	552	
13:00-13:15	276	116	68	59	26	11	7	5	568	
13:15-13:30	279	119	52	60	27	11	4	6	558	
TOTAL 4	1080	467	230	222	106	45	20	21	2191	
17:30-17:45	275	126	66	61	30	12	4	6	580	
17:45-18:00	265	127	79	69	28	13	6	6	593	
18:00-18:15	289	123	80	77	27	12	8	7	623	
18:15-18:30	280	127	69	65	25	12	9	6	593	
TOTAL 5	1109	503	294	272	110	49	27	25	2389	
18:30-18:45	292	137	95	86	30	13	7	9	669	
18:45-19:00	312	131	87	96	28	13	11	8	686	
19:00-19:15	298	135	78	77	27	13	11	6	645	
19:15-19:30	304	138	95	88	31	14	8	7	685	
TOTAL 6	1206	541	355	347	116	53	37	30	2685	
η60	1206	541	355	347	116	53	37	30	2685	



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 3				Nombre:				Av. Luis Gonzáles - Calle Leoncio Prado	
Fecha:	05-Marzo-2021				Intervalo:				15 minutos	
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL	
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas					
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min	
07:30-07:45	238	51	39	30	23	5	4	3	393	
7:45-08:00	227	53	28	28	20	4	4	3	367	
08:00-08:15	237	57	26	26	22	5	4	3	380	
08:15-08:30	243	50	33	31	24	6	3	2	392	
TOTAL 1	945	211	126	115	89	20	15	11	1532	
08:30-08:45	236	59	37	34	24	6	3	4	403	
08:45-09:00	248	63	39	31	24	5	4	3	417	
09:00-09:15	240	67	35	33	20	6	6	3	410	
09:15-09:30	245	68	41	43	23	5	3	4	432	
TOTAL 2	969	257	152	141	91	22	16	14	1662	
11:30-11:45	253	70	45	47	24	7	5	4	455	
11:45-12:00	250	77	46	41	26	6	4	5	455	
12:00-12:15	261	72	52	46	27	6	3	4	471	
12:15-12:30	263	75	56	58	27	7	4	6	496	
TOTAL 3	1027	294	199	192	104	26	16	19	1877	
12:30-12:45	252	79	48	53	26	8	3	4	473	
12:45-13:00	272	83	56	57	24	7	10	5	514	
13:00-13:15	280	88	55	56	25	6	6	6	522	
13:15-13:30	276	86	63	51	28	9	5	5	523	
TOTAL 4	1080	336	222	217	103	30	24	20	2032	
17:30-17:45	271	92	65	69	26	9	10	7	549	
17:45-18:00	264	96	70	64	25	8	9	5	541	
18:00-18:15	289	94	77	75	28	10	6	6	585	
18:15-18:30	277	99	68	66	23	7	8	6	554	
TOTAL 5	1101	381	280	274	102	34	33	24	2229	
18:30-18:45	294	101	84	88	33	10	6	8	624	
18:45-19:00	313	108	95	86	28	11	8	9	658	
19:00-19:15	301	103	74	83	25	9	8	7	610	
19:15-19:30	299	109	93	84	30	10	8	7	640	
TOTAL 6	1207	421	346	341	116	40	30	31	2532	
η_{60}	1207	421	346	341	116	40	30	31	2532	

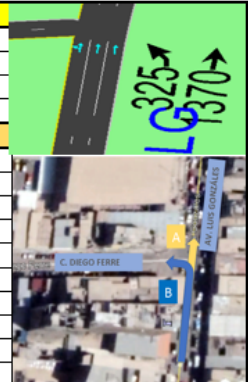


Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

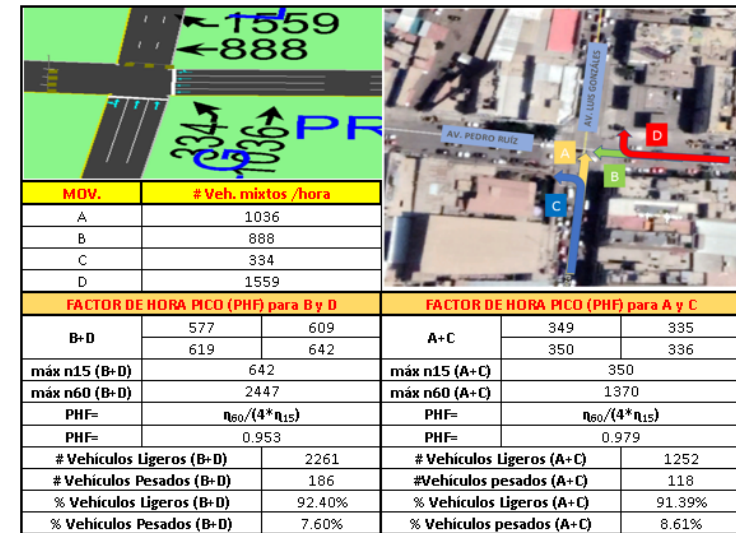
Intersección:	N° 4				Nombre	Av. Luis Gonzáles - Calle Diego Ferre			
Fecha:	05-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45	246	22			24	2			294
7:45-08:00	233	22			21	2			278
08:00-08:15	243	20			23	2			288
08:15-08:30	250	24			25	1			300
TOTAL 1	972	88	0	0	93	7	0	0	1160
08:30-08:45	244	26			24	4			298
08:45-09:00	250	29			23	4			306
09:00-09:15	248	25			20	3			296
09:15-09:30	255	33			24	3			315
TOTAL 2	997	113	0	0	91	14	0	0	1215
11:30-11:45	262	38			25	3			328
11:45-12:00	258	33			24	7			322
12:00-12:15	272	35			26	5			338
12:15-12:30	280	41			28	5			354
TOTAL 3	1072	147	0	0	103	20	0	0	1342
12:30-12:45	265	40			25	5			335
12:45-13:00	280	49			23	6			358
13:00-13:15	291	45			26	5			367
13:15-13:30	283	44			28	5			360
TOTAL 4	1119	178	0	0	102	21	0	0	1420
17:30-17:45	288	52			27	6			373
17:45-18:00	279	49			26	4			358
18:00-18:15	305	59			27	7			398
18:15-18:30	286	57			24	5			372
TOTAL 5	1158	217	0	0	104	22	0	0	1501
18:30-18:45	315	67			34	7			423
18:45-19:00	321	78			29	8			436
19:00-19:15	309	75			26	6			416
19:15-19:30	307	76			29	8			420
TOTAL 6	1252	296	0	0	118	29	0	0	1695
η_{60}	1252	296	0	0	118	29	0	0	1695

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

MOV.	# Veh. mixtos /hora	
A	1370	
B	325	
C	0	
D	0	
FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A y B		
A+B	423	416
	436	420
máx n15 (A+B)	436	
máx n60 (A+B)	1695	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$	
PHF=	0.972	
# Vehículos Ligeros (A+B)	1548	
# Vehículos Pesados (A+B)	147	
% Vehículos Ligeros (A+B)	91.33%	
% Vehículos Pesados (A+B)	8.67%	



Intersección:	N° 5				Nombre:	Av. Luis Gonzáles - Av. Pedro Ruíz				
Fecha:	12-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos				
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL	
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas					
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min	
07:30-07:45	185	142	61	70	21	13	3	8	503	
7:45-08:00	188	146	45	73	19	12	2	10	495	
08:00-08:15	186	139	57	97	21	15	2	7	524	
08:15-08:30	182	156	68	89	20	11	5	12	543	
TOTAL 1	741	583	231	329	81	51	12	37	2065	
08:30-08:45	192	163	52	83	19	15	5	9	538	
08:45-09:00	198	178	52	105	20	17	3	9	582	
09:00-09:15	199	163	49	117	19	12	1	14	574	
09:15-09:30	195	173	60	179	20	16	4	10	657	
TOTAL 2	784	677	213	484	78	60	13	42	2351	
11:30-11:45	203	171	59	151	20	17	5	12	638	
11:45-12:00	209	184	49	174	20	18	4	14	672	
12:00-12:15	201	178	71	198	21	19	5	9	702	
12:15-12:30	204	180	76	196	22	17	6	15	716	
TOTAL 3	817	713	255	719	83	71	20	50	2728	
12:30-12:45	219	171	46	220	20	21	5	15	717	
12:45-13:00	212	194	68	172	20	19	3	14	702	
13:00-13:15	218	193	73	224	19	18	7	14	766	
13:15-13:30	216	207	67	198	23	19	5	17	752	
TOTAL 4	865	765	254	814	82	77	20	60	2937	
17:30-17:45	229	197	59	280	21	20	6	21	833	
17:45-18:00	223	213	56	272	22	19	4	20	829	
18:00-18:15	228	216	77	250	20	22	7	20	840	
18:15-18:30	225	206	61	285	19	20	5	21	842	
TOTAL 5	905	832	253	1087	82	81	22	82	3344	
18:30-18:45	238	221	77	309	24	20	10	27	926	
18:45-19:00	239	213	82	360	23	18	6	28	969	
19:00-19:15	233	182	76	379	22	20	4	28	944	
19:15-19:30	237	196	70	401	20	18	9	27	978	
TOTAL 6	947	812	305	1449	89	76	29	110	3817	
η_{60}	947	812	305	1449	89	76	29	110	3817	



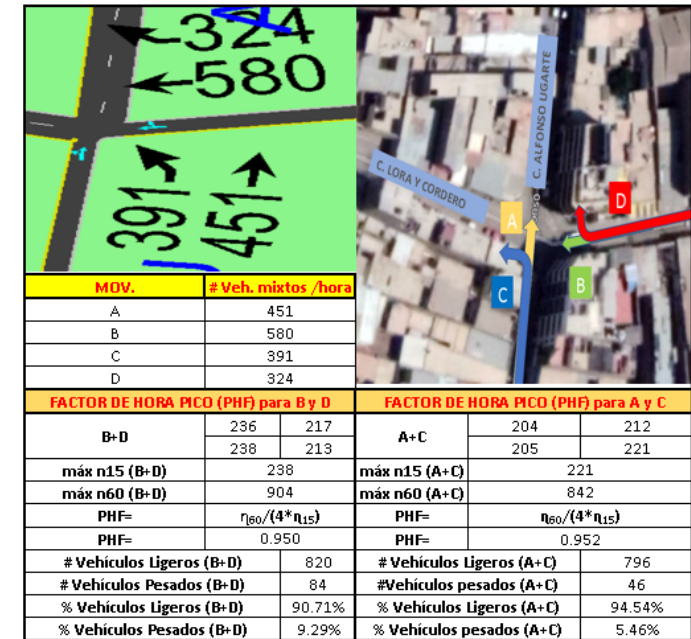
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 6				Nombre:	Calle Alfonso Ugarte - Calle Vicente de la Vega			
Fecha:	12-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45	55	71	9	24	5	7	1	2	174
7:45-08:00	57	75	12	23	6	6	1	3	183
08:00-08:15	59	78	10	29	6	8	1	3	194
08:15-08:30	52	66	9	25	4	7	1	2	166
TOTAL 1	223	290	40	101	21	28	4	10	717
08:30-08:45	67	84	9	30	3	8	1	3	205
08:45-09:00	69	86	12	35	4	7	2	5	220
09:00-09:15	61	87	10	36	5	6	1	6	212
09:15-09:30	60	88	9	38	5	7	2	5	214
TOTAL 2	257	345	40	139	17	28	6	19	851
11:30-11:45	73	91	15	43	5	8	1	5	241
11:45-12:00	78	97	14	44	5	9	2	5	254
12:00-12:15	77	98	15	47	6	8	1	4	256
12:15-12:30	76	99	13	44	7	10	1	5	255
TOTAL 3	304	385	57	178	23	35	5	19	1006
12:30-12:45	80	108	15	49	8	10	2	5	277
12:45-13:00	88	112	14	55	5	9	1	8	292
13:00-13:15	83	119	16	59	5	9	1	6	298
13:15-13:30	87	121	15	64	4	11	2	6	310
TOTAL 4	338	460	60	227	22	39	6	25	1177
17:30-17:45	93	124	18	73	9	11	1	7	336
17:45-18:00	99	127	17	79	7	13	1	6	349
18:00-18:15	97	129	18	78	6	10	1	7	346
18:15-18:30	96	128	19	87	6	13	2	8	359
TOTAL 5	385	508	72	317	28	47	5	28	1390
18:30-18:45	106	131	22	87	3	13	2	8	372
18:45-19:00	104	136	23	89	3	14	2	9	380
19:00-19:15	108	136	25	92	4	14	2	8	389
19:15-19:30	110	134	25	100	4	15	2	7	397
TOTAL 6	428	537	95	368	14	56	8	32	1538
η60	428	537	95	368	14	56	8	32	1538



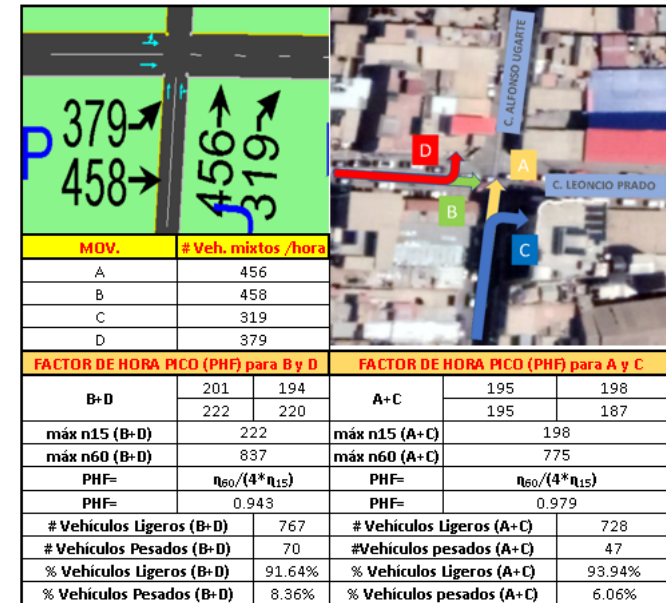
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 7				Nombre:	Calle Alfonso Ugarte - Calle Lora y Cordero			
Fecha:	12-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45	53	95	26	25	4	8	3	1	215
7:45-08:00	59	100	21	28	5	7	4	1	225
08:00-08:15	50	74	38	30	6	8	3	1	210
08:15-08:30	51	103	26	49	3	10	3	2	247
TOTAL 1	213	372	111	132	18	33	13	5	897
08:30-08:45	63	102	34	42	3	10	3	3	260
08:45-09:00	68	99	36	35	5	9	4	3	259
09:00-09:15	69	105	28	31	7	8	4	1	253
09:15-09:30	66	107	32	48	5	8	5	2	273
TOTAL 2	266	413	130	156	26	35	16	9	1045
11:30-11:45	77	112	39	43	6	10	4	3	294
11:45-12:00	77	106	45	41	4	10	6	2	291
12:00-12:15	73	104	51	54	7	11	3	3	306
12:15-12:30	75	119	45	57	6	9	6	3	320
TOTAL 3	302	441	180	195	23	40	19	11	1211
12:30-12:45	82	118	47	60	7	10	6	5	335
12:45-13:00	86	113	57	55	8	12	5	6	342
13:00-13:15	85	118	57	70	7	12	4	4	357
13:15-13:30	89	117	62	57	5	12	5	3	350
TOTAL 4	342	466	223	242	27	46	20	18	1384
17:30-17:45	92	113	74	67	8	10	8	6	378
17:45-18:00	97	115	81	58	9	15	4	6	385
18:00-18:15	103	128	72	63	7	13	6	4	396
18:15-18:30	91	100	92	60	7	11	7	5	373
TOTAL 5	383	456	319	248	31	49	25	21	1532
18:30-18:45	110	140	83	72	6	17	5	7	440
18:45-19:00	101	135	92	83	6	15	6	5	443
19:00-19:15	109	121	91	77	7	14	5	5	429
19:15-19:30	107	123	103	69	5	15	6	6	434
TOTAL 6	427	519	369	301	24	61	22	23	1746
η_{60}	427	519	369	301	24	61	22	23	1746



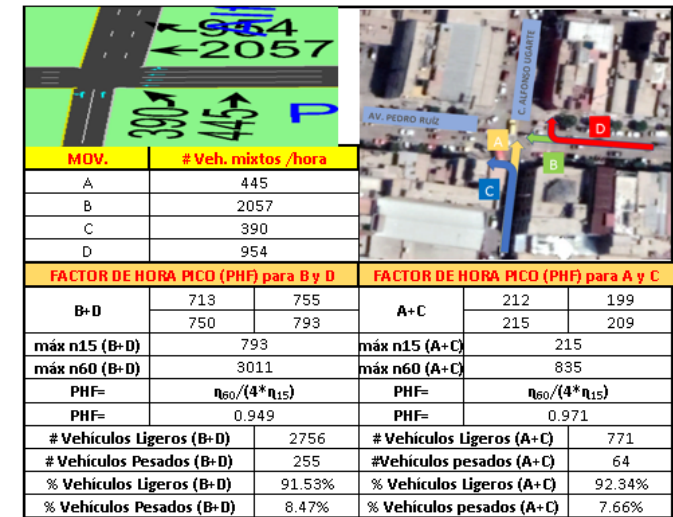
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 8				Nombre:	Calle Alfonso Ugarte - Calle Leoncio Prado			
Fecha:	12-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	40	55	38	35	4	5	1	4	182
7:45-08:00	58	53	29	28	5	4	1	4	182
08:00-08:15	53	56	27	27	6	5	1	4	179
08:15-08:30	54	48	46	35	3	4	2	5	197
TOTAL 1	205	212	140	125	18	18	5	17	740
08:30-08:45	60	53	45	43	3	3	3	6	216
08:45-09:00	71	56	32	46	5	5	3	4	222
09:00-09:15	66	61	34	41	7	6	1	6	222
09:15-09:30	68	63	46	46	5	5	2	3	238
TOTAL 2	265	233	157	176	20	19	9	19	898
11:30-11:45	75	67	45	48	6	6	3	6	256
11:45-12:00	78	66	40	57	4	5	2	5	257
12:00-12:15	72	63	55	61	7	5	3	4	270
12:15-12:30	76	70	56	61	6	6	3	5	283
TOTAL 3	301	266	196	227	23	22	11	20	1066
12:30-12:45	83	72	59	55	7	6	5	5	292
12:45-13:00	90	73	51	66	8	6	6	11	311
13:00-13:15	88	75	67	68	7	5	4	7	321
13:15-13:30	90	77	56	72	5	5	3	9	317
TOTAL 4	351	297	233	261	27	22	18	32	1241
17:30-17:45	90	86	69	71	8	6	6	13	349
17:45-18:00	95	85	60	81	9	6	6	11	353
18:00-18:15	105	88	61	83	7	6	4	10	364
18:15-18:30	93	92	58	75	7	7	5	8	345
TOTAL 5	383	351	248	310	31	25	21	42	1411
18:30-18:45	112	99	70	86	6	8	7	8	396
18:45-19:00	104	110	80	93	6	7	5	12	417
19:00-19:15	111	106	75	71	7	7	5	10	392
19:15-19:30	105	113	71	89	5	8	6	10	407
TOTAL 6	432	428	296	339	24	30	23	40	1612
n60	432	428	296	339	24	30	23	40	1612



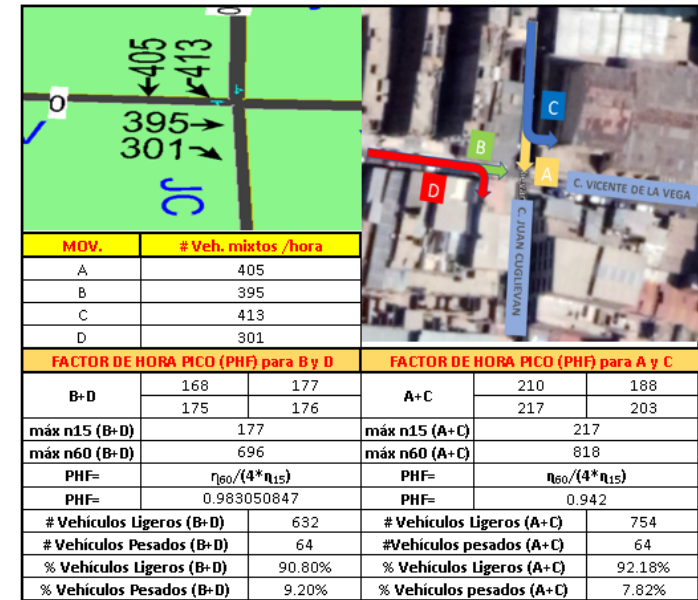
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 9				Nombre:	Calle Alfonso Ugarte - Av. Pedro Ruiz			
Fecha:	19-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	43	180	32	155	5	18	3	12	448
7:45-08:00	52	185	34	160	5	18	4	8	466
08:00-08:15	58	214	22	164	7	19	3	11	498
08:15-08:30	57	213	32	164	5	20	3	10	504
TOTAL 1	210	792	120	643	22	75	13	41	1916
08:30-08:45	60	203	43	169	6	21	3	13	518
08:45-09:00	59	225	58	172	5	22	4	10	555
09:00-09:15	63	236	44	175	9	22	4	14	567
09:15-09:30	61	299	53	177	3	21	5	13	632
TOTAL 2	243	963	198	693	23	86	16	50	2272
11:30-11:45	70	269	53	182	8	25	4	16	627
11:45-12:00	69	292	66	186	3	26	6	15	663
12:00-12:15	73	316	60	184	8	25	3	9	678
12:15-12:30	78	317	59	179	5	26	6	17	687
TOTAL 3	290	1194	238	731	24	102	19	57	2655
12:30-12:45	80	333	58	190	6	30	6	13	716
12:45-13:00	79	289	77	192	14	28	5	24	708
13:00-13:15	82	343	74	197	10	28	4	19	757
13:15-13:30	86	329	76	199	9	31	5	12	747
TOTAL 4	327	1294	285	778	39	117	20	68	2928
17:30-17:45	79	395	82	203	13	33	8	16	829
17:45-18:00	79	388	97	205	16	35	4	20	844
18:00-18:15	86	364	102	208	11	36	6	17	830
18:15-18:30	85	408	83	210	8	34	7	19	854
TOTAL 5	329	1555	364	826	48	138	25	72	3357
18:30-18:45	98	430	100	220	9	42	5	21	925
18:45-19:00	96	472	101	215	12	40	6	23	965
19:00-19:15	102	481	80	212	12	43	5	19	954
19:15-19:30	107	510	87	216	9	39	6	28	1002
TOTAL 6	403	1893	368	863	42	164	22	91	3846
η60	403	1893	368	863	42	164	22	91	3846



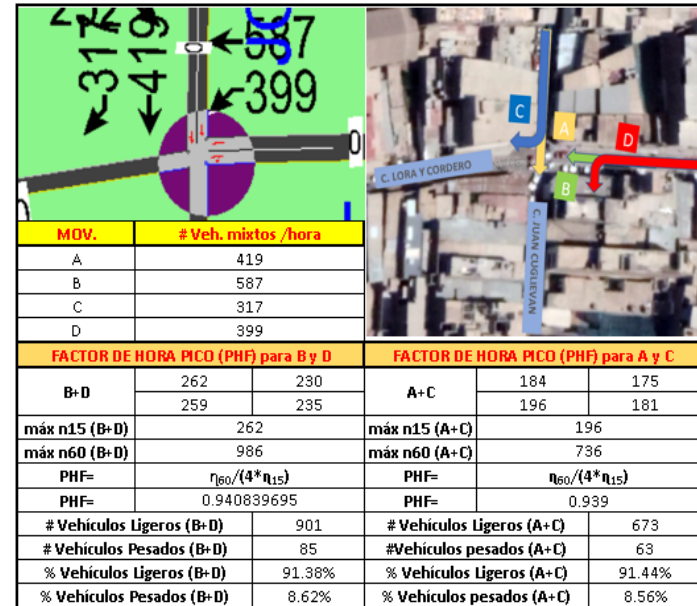
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 10				Nombre:	Calle Juan Cuglievan - Calle Vicente de la Vega			
Fecha:	19-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	44	56	55	24	4	7	4	1	195
7:45-08:00	46	62	35	25	3	7	4	0	182
08:00-08:15	47	54	36	34	4	5	4	4	188
08:15-08:30	49	65	34	10	4	5	5	3	175
TOTAL 1	186	237	160	93	15	24	17	8	740
08:30-08:45	51	58	52	35	5	8	4	1	214
08:45-09:00	56	59	49	39	4	7	8	2	224
09:00-09:15	57	54	43	43	5	4	5	3	214
09:15-09:30	59	65	34	32	5	7	4	2	208
TOTAL 2	223	236	178	149	19	26	21	8	860
11:30-11:45	60	71	67	35	5	4	6	5	253
11:45-12:00	65	73	56	38	5	10	4	1	252
12:00-12:15	67	76	56	37	4	9	7	0	256
12:15-12:30	69	69	65	43	4	6	7	5	268
TOTAL 3	261	289	244	153	18	29	24	11	1029
12:30-12:45	73	75	58	48	6	10	7	2	279
12:45-13:00	72	80	68	46	5	7	8	3	289
13:00-13:15	77	81	68	54	5	9	5	1	300
13:15-13:30	75	74	59	62	6	8	2	5	291
TOTAL 4	297	310	253	210	22	34	22	11	1159
17:30-17:45	86	88	57	54	7	9	6	3	310
17:45-18:00	83	92	74	52	6	9	8	5	329
18:00-18:15	81	82	69	65	5	7	5	4	318
18:15-18:30	88	91	74	56	6	9	8	6	338
TOTAL 5	338	353	274	227	24	34	27	18	1295
18:30-18:45	98	80	95	73	8	9	9	6	378
18:45-19:00	90	97	114	62	7	11	6	5	392
19:00-19:15	91	91	80	70	6	12	11	4	365
19:15-19:30	98	85	88	74	7	10	10	7	379
TOTAL 6	377	353	377	279	28	42	36	22	1514
η_{60}	377	353	377	279	28	42	36	22	1514



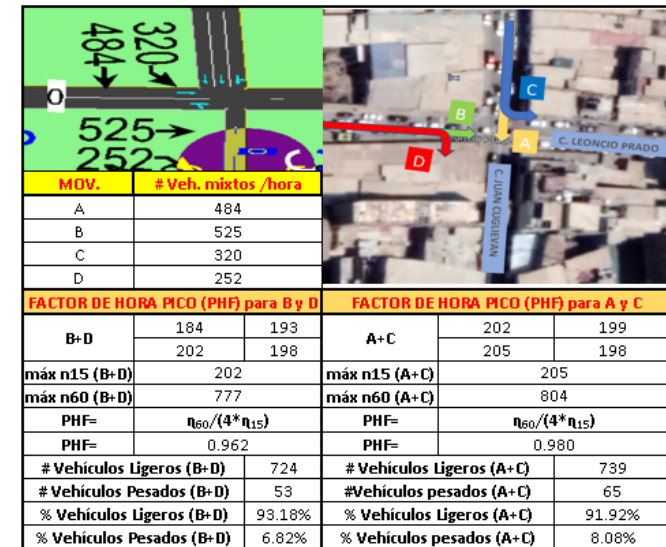
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	Nº 11				Nombre:	Calle Juan Cuglievan - Calle Lora y Cordero			
Fecha:	19-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45	55	87	33	44	4	6	3	4	236
7:45-08:00	36	93	35	45	3	4	4	4	224
08:00-08:15	39	65	39	44	4	6	3	4	204
08:15-08:30	53	121	31	30	6	9	3	3	256
TOTAL 1	183	366	138	163	17	25	13	15	920
08:30-08:45	58	102	42	45	4	9	4	5	269
08:45-09:00	46	87	47	59	8	9	3	4	263
09:00-09:15	47	87	49	53	5	5	4	5	255
09:15-09:30	41	107	48	52	5	6	4	4	267
TOTAL 2	192	383	186	209	22	29	15	18	1054
11:30-11:45	72	104	51	55	6	8	5	5	306
11:45-12:00	53	94	53	68	4	7	5	5	289
12:00-12:15	56	102	56	67	5	10	4	6	306
12:15-12:30	71	119	57	63	7	8	4	4	333
TOTAL 3	252	419	217	253	22	33	18	20	1234
12:30-12:45	62	115	63	69	7	9	6	6	337
12:45-13:00	64	106	62	76	7	12	6	6	339
13:00-13:15	71	122	66	74	5	11	5	5	359
13:15-13:30	62	106	68	72	3	10	5	5	331
TOTAL 4	259	449	259	291	22	42	22	22	1366
17:30-17:45	64	104	76	79	7	10	6	6	352
17:45-18:00	75	100	73	82	7	16	5	7	365
18:00-18:15	65	119	72	85	3	10	7	7	368
18:15-18:30	76	92	68	86	8	10	6	6	352
TOTAL 5	280	415	289	332	25	46	24	26	1437
18:30-18:45	98	143	69	95	10	17	7	7	446
18:45-19:00	110	145	73	94	6	13	7	7	455
19:00-19:15	84	123	75	87	10	13	6	7	405
19:15-19:30	90	118	74	96	11	15	6	6	416
TOTAL 6	382	529	291	372	37	58	26	27	1722
η60	382	529	291	372	37	58	26	27	1722



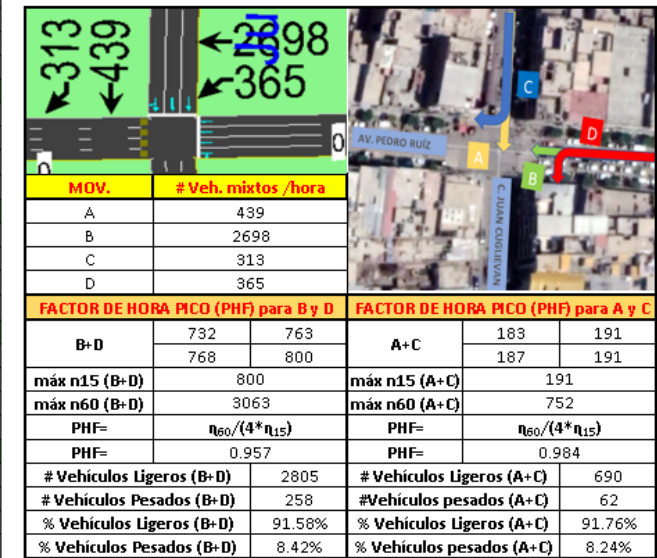
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	Nº 12				Nombre:	Calle Juan Cuglievan - Calle Leoncio Prado				
Fecha:	19-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos				
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL	
	taxi y autos				microbús o combis y camionetas					
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min	
07:30-07:45	59	64	29	29	5	4	4	2	196	
7:45-08:00	55	66	36	16	4	2	4	3	186	
08:00-08:15	57	62	24	21	4	3	3	3	177	
08:15-08:30	59	69	28	25	5	2	4	4	196	
TOTAL 1	230	261	117	91	18	11	15	12	755	
08:30-08:45	73	71	33	27	5	3	5	3	220	
08:45-09:00	79	74	36	14	6	3	3	5	220	
09:00-09:15	74	73	37	22	6	4	3	3	222	
09:15-09:30	59	79	39	30	5	3	5	4	224	
TOTAL 2	285	297	145	93	22	13	16	15	886	
11:30-11:45	92	81	42	31	6	4	7	5	268	
11:45-12:00	88	88	45	18	5	3	5	4	256	
12:00-12:15	83	89	47	29	5	4	5	4	266	
12:15-12:30	81	79	44	47	6	4	3	5	269	
TOTAL 3	344	337	178	125	22	15	20	18	1059	
12:30-12:45	85	91	55	40	7	5	5	6	294	
12:45-13:00	101	99	54	25	6	5	6	7	303	
13:00-13:15	91	96	58	46	7	6	4	3	311	
13:15-13:30	92	95	59	38	6	6	7	2	305	
TOTAL 4	369	381	226	149	26	22	22	18	1213	
17:30-17:45	98	113	67	42	7	6	8	6	347	
17:45-18:00	112	109	64	36	7	7	5	5	345	
18:00-18:15	103	115	66	34	8	8	6	2	342	
18:15-18:30	108	114	65	36	8	6	6	6	349	
TOTAL 5	421	451	262	148	30	27	25	19	1383	
18:30-18:45	117	119	69	50	10	8	6	7	386	
18:45-19:00	116	123	73	67	9	8	7	4	407	
19:00-19:15	106	128	77	53	11	7	5	5	392	
19:15-19:30	105	125	76	59	10	7	7	7	396	
TOTAL 6	444	495	295	229	40	30	25	23	1581	
η_{60}	444	495	295	229	40	30	25	23	1581	




Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 13				Nombre:	Calle Juan Cuglievan - Av. Pedro Ruiz			
Fecha:	26-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	54	297	38	34	5	27	3	4	462
7:45-08:00	56	309	36	35	5	23	3	3	470
08:00-08:15	50	341	37	31	4	28	2	3	496
08:15-08:30	58	338	39	29	4	26	4	5	503
TOTAL 1	218	1285	150	129	18	104	12	15	1931
08:30-08:45	61	331	41	45	5	29	5	5	522
08:45-09:00	66	351	46	49	4	29	3	5	553
09:00-09:15	68	364	47	43	6	34	2	3	567
09:15-09:30	66	427	49	32	5	29	5	5	618
TOTAL 2	261	1473	183	169	20	121	15	18	2260
11:30-11:45	79	401	50	55	6	35	6	7	639
11:45-12:00	75	423	55	58	6	37	4	4	662
12:00-12:15	73	443	57	57	5	29	5	5	674
12:15-12:30	77	437	59	48	5	40	3	4	673
TOTAL 3	304	1704	221	218	22	141	18	20	2648
12:30-12:45	82	470	53	58	6	38	5	6	718
12:45-13:00	89	429	52	66	7	47	5	5	700
13:00-13:15	85	483	57	64	7	43	4	4	747
13:15-13:30	88	473	55	63	6	37	6	7	735
TOTAL 4	344	1855	217	251	26	165	20	22	2900
17:30-17:45	98	532	66	67	7	42	7	8	827
17:45-18:00	99	530	63	77	7	50	5	5	836
18:00-18:15	95	511	61	74	8	47	6	6	808
18:15-18:30	97	550	68	76	8	49	4	6	858
TOTAL 5	389	2123	258	294	30	188	22	25	3329
18:30-18:45	99	582	68	87	8	55	8	8	915
18:45-19:00	103	617	70	86	9	58	5	7	955
19:00-19:15	104	622	71	79	9	55	7	7	954
19:15-19:30	97	648	78	84	10	61	6	7	991
TOTAL 6	403	2469	287	336	36	229	26	29	3815
η60	403	2469	287	336	36	229	26	29	3815



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 14				Nombre:	Calle Héroes Civiles - Av. Pedro Ruiz			
Fecha:	26-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH.
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	MIXTOS/15min
07:30-07:45	311	20			27	4			362
7:45-08:00	314	30			25	1			370
08:00-08:15	322	50			25	6			403
08:15-08:30	327	40			27	4			398
TOTAL 1	1274	140	0	0	104	15	0	0	1533
08:30-08:45	341	35			29	5			410
08:45-09:00	358	42			27	7			434
09:00-09:15	363	44			28	9			444
09:15-09:30	389	70			30	4			493
TOTAL 2	1451	191	0	0	114	25	0	0	1781
11:30-11:45	396	60			32	10			498
11:45-12:00	421	60			36	5			522
12:00-12:15	430	70			30	4			534
12:15-12:30	415	70			38	6			529
TOTAL 3	1662	260	0	0	136	25	0	0	2083
12:30-12:45	448	80			37	7			572
12:45-13:00	442	53			40	12			547
13:00-13:15	461	86			40	7			594
13:15-13:30	450	86			39	5			580
TOTAL 4	1801	305	0	0	156	31	0	0	2293
17:30-17:45	499	100			45	5			649
17:45-18:00	517	90			44	11			662
18:00-18:15	491	94			44	9			638
18:15-18:30	520	106			44	11			681
TOTAL 5	2027	390	0	0	177	36	0	0	2630
18:30-18:45	545	124			53	10			732
18:45-19:00	578	125			53	12			768
19:00-19:15	573	128			52	10			763
19:15-19:30	583	149			52	16			800
TOTAL 6	2279	526	0	0	210	48	0	0	3063
η_{60}	2279	526	0	0	210	48	0	0	3063



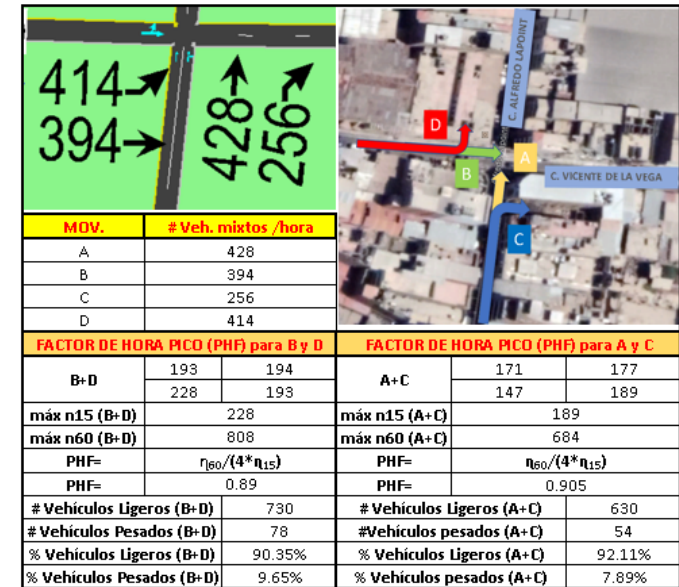
MOV.	# Veh. mixtos /hora
A	2489
B	574
C	0
D	0

FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A		FACTOR DE HORA PICO (PHF) para B		
A	598	625	B	
	631	635	134	
			137	
			138	
máx n15 A	635		máx n15 B	165
máx n60 A	2489		máx n60 B	574
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$
PHF=	0.980		PHF=	0.870
# Vehiculos Ligeros A	2279	# Vehiculos Ligeros B	526	
# Vehiculos Pesados A	210	# Vehiculos pesados B	48	
% Vehiculos Ligeros A	91.56%	% Vehiculos Ligeros B	91.64%	
% Vehiculos Pesados A	8.44%	% Vehiculos pesados B	8.36%	

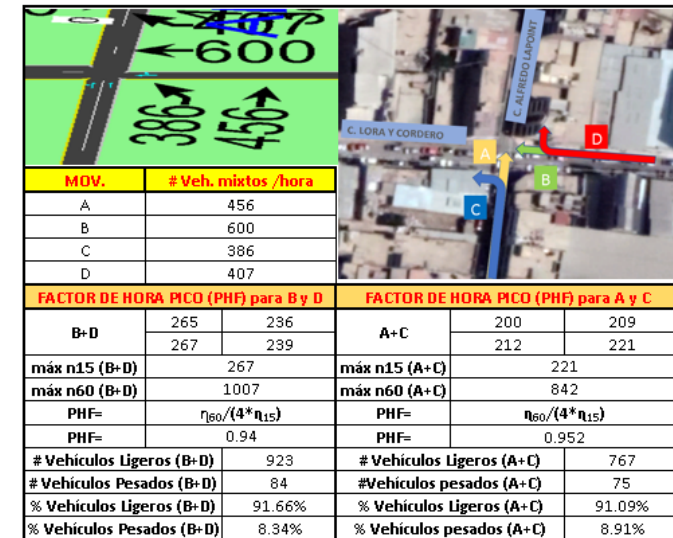
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 15				Nombre:	Calle Alfredo Lapoint - Calle Vicente de la Vega			
Fecha:	26-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45	65	67	28	44	4	4	5	7	224
7:45-08:00	58	54	40	43	5	6	3	5	214
08:00-08:15	72	45	54	45	6	0	9	9	240
08:15-08:30	73	51	45	48	6	3	7	7	240
TOTAL 1	268	217	167	180	21	13	24	28	918
08:30-08:45	78	55	52	55	6	7	3	5	261
08:45-09:00	66	56	50	52	7	4	6	11	252
09:00-09:15	65	46	62	51	6	2	9	7	248
09:15-09:30	86	38	71	61	6	1	9	10	282
TOTAL 2	295	195	235	219	25	14	27	33	1043
11:30-11:45	75	70	45	68	8	2	9	8	285
11:45-12:00	88	66	52	63	7	6	5	8	295
12:00-12:15	92	65	54	67	7	5	6	11	307
12:15-12:30	96	65	51	69	7	6	6	7	307
TOTAL 3	351	266	202	267	29	19	26	34	1194
12:30-12:45	88	61	66	72	6	7	5	10	315
12:45-13:00	79	75	51	73	8	6	6	9	307
13:00-13:15	96	73	54	76	6	5	8	9	327
13:15-13:30	99	53	76	80	8	5	7	5	333
TOTAL 4	362	262	247	301	28	23	26	33	1282
17:30-17:45	92	63	75	82	9	5	8	10	344
17:45-18:00	94	82	57	84	5	5	8	12	347
18:00-18:15	93	65	71	86	9	3	11	9	347
18:15-18:30	90	86	47	79	6	7	6	10	331
TOTAL 5	369	296	250	331	29	20	33	41	1369
18:30-18:45	93	86	64	89	8	8	6	10	364
18:45-19:00	101	118	31	93	8	7	7	10	375
19:00-19:15	99	79	69	92	7	12	2	11	371
19:15-19:30	104	77	69	96	8	7	8	13	382
TOTAL 6	397	360	233	370	31	34	23	44	1492
η60	397	360	233	370	31	34	23	44	1492

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.



Intersección:	N° 16				Nombre	Calle Alfredo Lapoint - Calle Lora y Cordero			
Fecha:	26-Marzo-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	64	86	45	45	7	6	4	4	261
7:45-08:00	54	91	47	47	5	3	5	4	256
08:00-08:15	68	60	49	48	10	5	5	5	250
08:15-08:30	78	108	43	48	9	8	4	4	302
TOTAL 1	264	345	184	188	31	22	18	17	1069
08:30-08:45	78	92	55	49	6	9	5	6	300
08:45-09:00	60	88	58	53	13	8	5	5	290
09:00-09:15	59	83	57	57	10	4	6	5	281
09:15-09:30	84	96	63	58	10	4	6	5	326
TOTAL 2	281	359	233	217	39	25	22	21	1197
11:30-11:45	75	91	68	55	10	7	6	6	318
11:45-12:00	82	93	69	65	10	7	5	8	339
12:00-12:15	94	104	65	68	12	10	6	6	365
12:15-12:30	98	115	67	69	8	6	6	4	373
TOTAL 3	349	403	269	257	40	30	23	24	1395
12:30-12:45	83	107	77	75	9	8	7	8	374
12:45-13:00	74	104	78	77	11	12	6	6	368
13:00-13:15	103	127	69	76	8	9	7	8	407
13:15-13:30	102	101	77	78	7	9	6	6	386
TOTAL 4	362	439	301	306	35	38	26	28	1535
17:30-17:45	88	97	86	89	12	9	7	6	394
17:45-18:00	93	97	85	85	9	15	8	7	399
18:00-18:15	95	120	84	79	11	10	7	6	412
18:15-18:30	90	99	79	88	9	9	7	6	387
TOTAL 5	366	413	334	341	41	43	29	25	1592
18:30-18:45	96	152	86	89	10	16	8	8	465
18:45-19:00	107	152	87	96	10	12	8	7	479
19:00-19:15	101	120	90	95	11	13	7	8	445
19:15-19:30	108	122	92	97	13	13	8	7	460
TOTAL 6	412	546	355	377	44	54	31	30	1849
η_{60}	412	546	355	377	44	54	31	30	1849



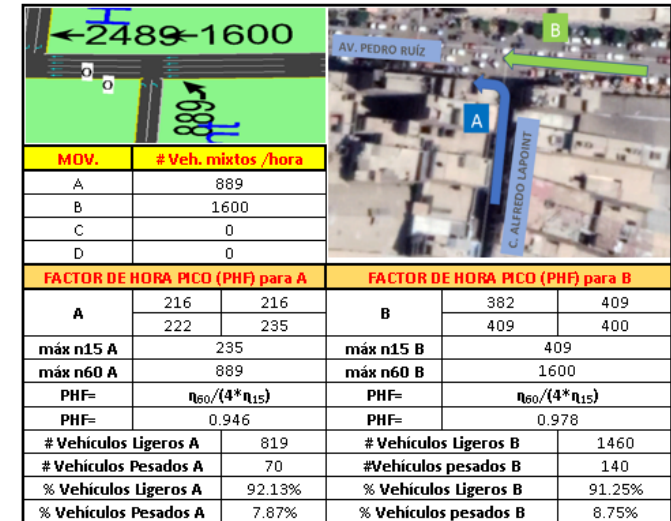
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 17				Nombre	Calle Alfredo Lapoint - Calle Leoncio Prado			
Fecha:	02-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	54	49	55	44	5	4	6	4	221
7:45-08:00	53	57	48	45	4	3	5	3	218
08:00-08:15	59	39	57	47	5	3	10	3	223
08:15-08:30	63	48	63	49	5	2	8	4	242
TOTAL 1	229	193	223	185	19	12	29	14	904
08:30-08:45	60	59	67	45	6	3	6	5	251
08:45-09:00	61	57	52	53	5	2	13	4	247
09:00-09:15	58	52	58	58	5	3	10	4	248
09:15-09:30	64	52	78	66	6	4	9	4	283
TOTAL 2	243	220	255	222	22	12	38	17	1029
11:30-11:45	66	58	64	65	7	6	9	5	280
11:45-12:00	71	63	76	70	6	3	12	5	306
12:00-12:15	78	68	84	68	6	5	12	4	325
12:15-12:30	73	56	94	67	7	3	5	4	309
TOTAL 3	288	245	318	270	26	17	38	18	1220
12:30-12:45	82	74	76	72	8	5	9	5	331
12:45-13:00	75	80	76	73	8	5	9	6	332
13:00-13:15	83	79	96	75	8	5	8	5	359
13:15-13:30	86	77	94	77	7	8	6	5	360
TOTAL 4	326	310	342	297	31	23	32	21	1382
17:30-17:45	92	101	85	79	9	8	9	6	389
17:45-18:00	95	87	83	86	8	5	8	7	379
18:00-18:15	89	98	85	83	9	7	8	7	386
18:15-18:30	96	92	82	87	9	6	6	6	384
TOTAL 5	372	378	335	335	35	26	31	26	1538
18:30-18:45	104	93	81	95	10	7	8	7	405
18:45-19:00	108	100	95	96	10	7	7	8	431
19:00-19:15	111	116	85	89	9	5	10	7	432
19:15-19:30	117	102	88	99	11	6	9	8	440
TOTAL 6	440	411	349	379	40	25	34	30	1708
η60	440	411	349	379	40	25	34	30	1708



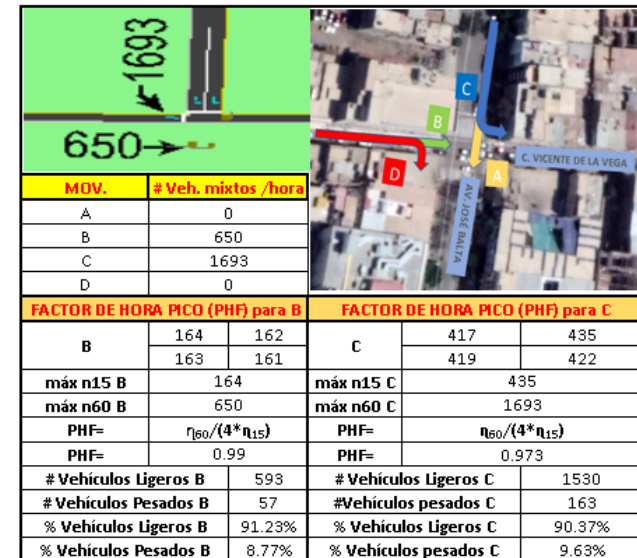
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 18				Nombre	Calle Alfredo Lapoint - Av. Pedro Ruíz			
Fecha:	02-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	98	213			9	18			338
7:45-08:00	98	216			7	18			339
08:00-08:15	106	216			8	17			347
08:15-08:30	112	215			9	18			354
TOTAL 1	414	860	0	0	33	71	0	0	1378
08:30-08:45	105	236			11	18			370
08:45-09:00	114	244			9	18			385
09:00-09:15	116	247			9	19			391
09:15-09:30	130	259			10	20			419
TOTAL 2	465	986	0	0	39	75	0	0	1565
11:30-11:45	131	265			12	20			428
11:45-12:00	141	280			11	25			457
12:00-12:15	146	284			10	20			460
12:15-12:30	140	275			11	27			453
TOTAL 3	558	1104	0	0	44	92	0	0	1798
12:30-12:45	154	294			13	24			485
12:45-13:00	148	294			14	26			482
13:00-13:15	158	303			13	27			501
13:15-13:30	163	287			12	27			489
TOTAL 4	623	1178	0	0	52	104	0	0	1957
17:30-17:45	171	328			15	30			544
17:45-18:00	181	336			15	29			561
18:00-18:15	172	319			16	28			535
18:15-18:30	183	337			15	29			564
TOTAL 5	707	1320	0	0	61	116	0	0	2204
18:30-18:45	199	346			17	36			598
18:45-19:00	204	374			18	35			631
19:00-19:15	200	373			16	36			625
19:15-19:30	216	367			19	33			635
TOTAL 6	819	1460	0	0	70	140	0	0	2489
η60	819	1460	0	0	70	140	0	0	2489



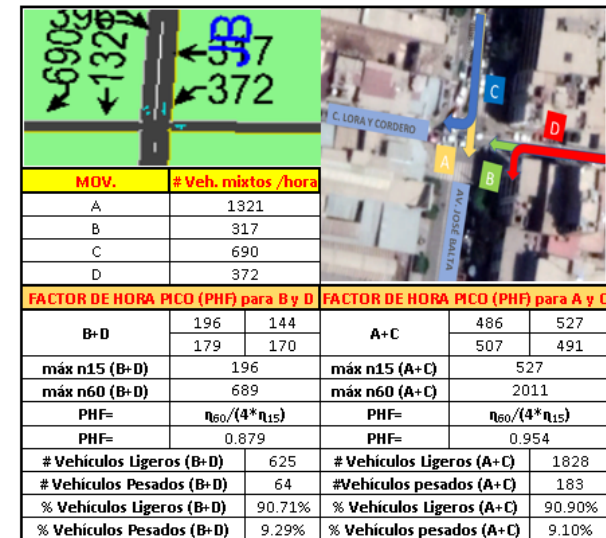
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 19				Nombre	Av. Balta - Calle Vicente de la Vega			
Fecha:	02-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45		95	271			9	25		400
7:45-08:00		94	272			9	26		401
08:00-08:15		99	273			9	26		407
08:15-08:30		96	262			10	26		394
TOTAL 1	0	384	1078	0	0	37	103	0	1602
08:30-08:45		107	291			10	27		435
08:45-09:00		106	282			10	32		430
09:00-09:15		108	289			11	36		444
09:15-09:30		109	292			10	39		450
TOTAL 2	0	430	1154	0	0	41	134	0	1759
11:30-11:45		115	311			11	35		472
11:45-12:00		118	306			11	36		471
12:00-12:15		119	303			11	36		469
12:15-12:30		116	320			12	30		478
TOTAL 3	0	468	1240	0	0	45	137	0	1890
12:30-12:45		127	332			12	34		505
12:45-13:00		126	355			12	33		526
13:00-13:15		127	362			13	35		537
13:15-13:30		129	345			12	37		523
TOTAL 4	0	509	1394	0	0	49	139	0	2091
17:30-17:45		138	353			13	35		539
17:45-18:00		139	338			13	39		529
18:00-18:15		136	360			14	40		550
18:15-18:30		133	359			13	42		547
TOTAL 5	0	546	1410	0	0	53	156	0	2165
18:30-18:45		150	379			14	38		581
18:45-19:00		149	381			14	38		582
19:00-19:15		148	389			14	46		597
19:15-19:30		146	381			15	41		583
TOTAL 6	0	593	1530	0	0	57	163	0	2343
η_{60}	0	593	1530	0	0	57	163	0	2343



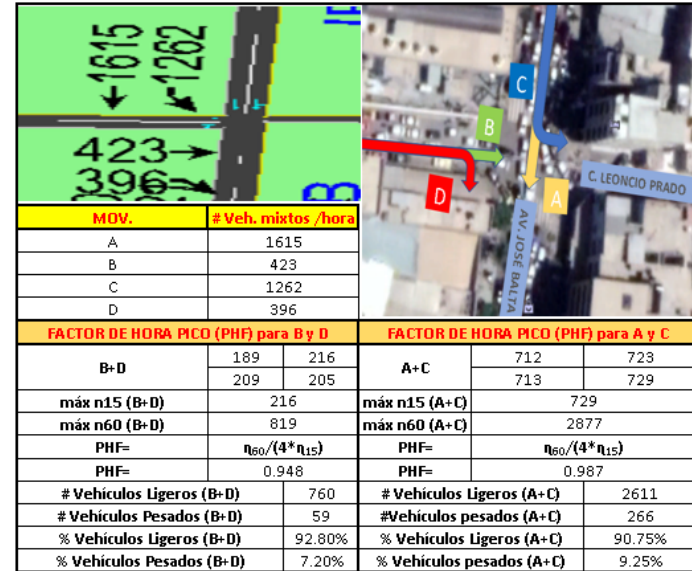
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 20				Nombre	Av. Balta - Calle Lora y Cordero			
Fecha:	02-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	226	21	110	45	24	1	9	1	437
7:45-08:00	234	33	105	38	24	1	6	2	443
08:00-08:15	246	12	94	27	24	2	8	2	415
08:15-08:30	249	52	104	13	25	6	6	1	456
TOTAL 1	955	118	413	123	97	10	29	6	1751
08:30-08:45	252	25	116	39	24	4	11	3	474
08:45-09:00	237	27	114	45	29	0	13	3	468
09:00-09:15	235	25	115	54	32	1	8	4	474
09:15-09:30	264	45	109	28	35	4	5	4	494
TOTAL 2	988	122	454	166	120	9	37	14	1910
11:30-11:45	241	17	129	70	32	3	10	3	505
11:45-12:00	265	33	125	41	31	4	11	5	515
12:00-12:15	269	44	128	34	33	5	11	3	527
12:15-12:30	278	60	124	42	24	0	10	6	544
TOTAL 3	1053	154	506	187	120	12	42	17	2091
12:30-12:45	273	47	135	59	29	4	12	5	564
12:45-13:00	284	48	133	71	30	5	13	3	587
13:00-13:15	320	74	129	42	27	4	13	8	617
13:15-13:30	291	41	138	54	31	3	12	6	576
TOTAL 4	1168	210	535	226	117	16	50	22	2344
17:30-17:45	291	41	145	62	32	2	13	3	589
17:45-18:00	281	40	142	57	29	8	14	10	581
18:00-18:15	288	41	158	72	33	6	10	7	615
18:15-18:30	285	38	149	74	31	2	13	11	603
TOTAL 5	1145	160	594	265	125	18	50	31	2388
18:30-18:45	286	85	156	93	29	9	15	9	682
18:45-19:00	304	90	158	77	31	5	14	7	686
19:00-19:15	316	52	163	73	34	7	14	12	671
19:15-19:30	288	62	157	93	33	7	13	8	661
TOTAL 6	1194	289	634	336	127	28	56	36	2700
η60	1194	289	634	336	127	28	56	36	2700




Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 21				Nombre:	Av. Balta - Calle Leoncio Prado			
Fecha:	09-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45	281	49	165	55	27	4	13	6	600
7:45-08:00	282	48	169	57	26	4	13	4	603
08:00-08:15	289	45	159	51	24	5	15	8	596
08:15-08:30	285	43	166	68	26	5	16	5	614
TOTAL 1	1137	185	659	231	103	18	57	23	2413
08:30-08:45	299	57	185	69	31	5	16	4	666
08:45-09:00	291	49	192	60	31	4	18	11	656
09:00-09:15	296	56	197	54	32	5	17	8	665
09:15-09:30	301	58	182	72	31	4	15	9	672
TOTAL 2	1187	220	756	255	125	18	66	32	2659
11:30-11:45	312	64	201	58	32	5	20	10	702
11:45-12:00	310	59	222	80	32	5	20	10	738
12:00-12:15	311	66	212	86	33	6	19	11	744
12:15-12:30	319	67	197	83	32	6	18	2	724
TOTAL 3	1252	256	832	307	129	22	77	33	2908
12:30-12:45	327	69	236	81	33	6	23	8	783
12:45-13:00	336	75	241	81	34	5	22	9	803
13:00-13:15	352	78	226	97	33	6	20	7	819
13:15-13:30	335	77	240	94	36	7	20	7	816
TOTAL 4	1350	299	943	353	136	24	85	31	3221
17:30-17:45	336	86	263	100	35	7	21	10	858
17:45-18:00	332	79	270	91	36	6	22	7	843
18:00-18:15	348	85	264	98	34	6	26	9	870
18:15-18:30	346	86	262	88	39	7	21	5	854
TOTAL 5	1362	336	1059	377	144	26	90	31	3425
18:30-18:45	363	95	285	79	38	9	26	6	901
18:45-19:00	366	99	283	96	39	8	25	6	922
19:00-19:15	375	97	279	104	42	9	27	6	939
19:15-19:30	353	98	307	92	39	8	30	7	934
TOTAL 6	1457	389	1154	371	158	34	108	25	3696
η60	1457	389	1154	371	158	34	108	25	3696



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 22				Nombre	Av. Balta - Calle 8 de Octubre				
Fecha:	09-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos				
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL	
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min	
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D		
07:30-07:45	313	133			29	11			486	
7:45-08:00	316	135			27	12			490	
08:00-08:15	312	136			27	12			487	
08:15-08:30	312	139			29	13			493	
TOTAL 1	1253	543	0	0	112	48	0	0	1956	
08:30-08:45	341	143			33	14			531	
08:45-09:00	335	148			34	15			532	
09:00-09:15	341	152			34	15			542	
09:15-09:30	334	149			32	14			529	
TOTAL 2	1351	592	0	0	133	58	0	0	2134	
11:30-11:45	364	149			36	16			565	
11:45-12:00	374	158			35	17			584	
12:00-12:15	368	155			35	17			575	
12:15-12:30	368	148			34	16			566	
TOTAL 3	1474	610	0	0	140	66	0	0	2290	
12:30-12:45	395	168			38	18			619	
12:45-13:00	412	165			38	18			633	
13:00-13:15	411	167			36	17			631	
13:15-13:30	402	173			39	17			631	
TOTAL 4	1620	673	0	0	151	70	0	0	2514	
17:30-17:45	421	178			37	19			655	
17:45-18:00	425	177			39	19			660	
18:00-18:15	437	175			39	21			672	
18:15-18:30	432	176			40	20			668	
TOTAL 5	1715	706	0	0	155	79	0	0	2655	
18:30-18:45	462	186			46	18			712	
18:45-19:00	464	185			44	20			713	
19:00-19:15	464	190			48	21			723	
19:15-19:30	464	196			48	21			729	
TOTAL 6	1854	757	0	0	186	80	0	0	2877	
η_{60}	1854	757	0	0	186	80	0	0	2877	



MOV.	# Veh. mixtos /hora
A	2040
B	837
C	0
D	0

FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A			FACTOR DE HORA PICO (PHF) para B		
A	508	512	B	204	211
	508	512		205	217
máx n15 A	512		máx n15 B	217	
máx n60 A	2040		máx n60 B	837	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$	
PHF=	0.996		PHF=	0.964	
# Vehículos Ligeros A	1854		# Vehículos Ligeros B	757	
# Vehículos Pesados A	186		# Vehículos pesados B	80	
% Vehículos Ligeros A	90.88%		% Vehículos Ligeros B	90.44%	
% Vehículos Pesados A	9.12%		% Vehículos pesados B	9.56%	

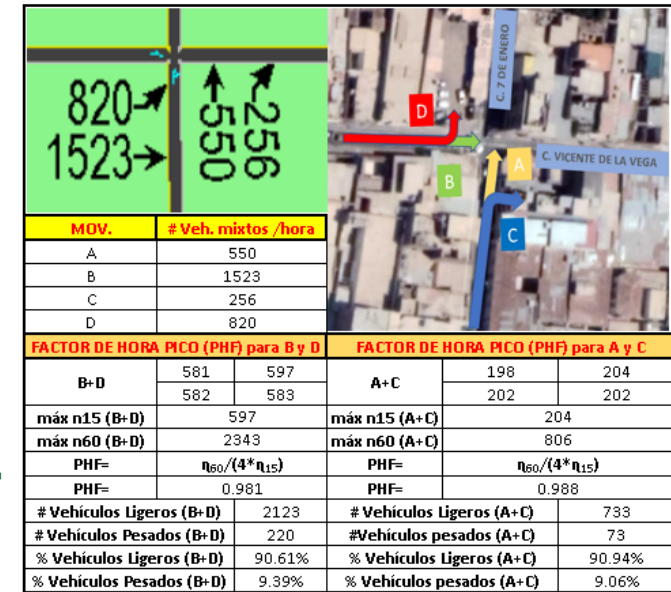
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 23				Nombre:	Av. Balta - Av. Pedro Ruiz			
Fecha:	09-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45	215	117	96	98	20	10	8	9	573
7:45-08:00	218	121	95	98	18	9	9	9	577
08:00-08:15	216	122	94	96	17	9	8	10	572
08:15-08:30	213	122	93	99	19	9	9	10	574
TOTAL 1	862	482	378	391	74	37	34	38	2296
08:30-08:45	226	131	105	115	21	8	10	12	628
08:45-09:00	227	137	107	108	22	9	9	12	631
09:00-09:15	229	137	110	112	23	9	10	11	641
09:15-09:30	220	147	112	114	22	11	9	10	645
TOTAL 2	902	552	434	449	88	37	38	45	2545
11:30-11:45	236	151	114	128	23	9	11	13	685
11:45-12:00	239	164	116	135	22	12	13	13	714
12:00-12:15	231	167	117	137	23	10	10	12	707
12:15-12:30	230	155	120	138	22	13	14	12	704
TOTAL 3	936	637	467	538	90	44	48	50	2810
12:30-12:45	249	168	126	146	24	13	11	14	751
12:45-13:00	254	170	124	158	23	14	12	15	770
13:00-13:15	256	175	128	155	22	15	12	14	777
13:15-13:30	248	164	123	154	25	15	12	14	755
TOTAL 4	1007	677	501	613	94	57	47	57	3053
17:30-17:45	256	199	129	165	22	17	13	15	816
17:45-18:00	259	201	135	166	25	16	13	14	829
18:00-18:15	268	185	134	169	24	16	12	15	823
18:15-18:30	265	204	133	167	26	17	12	14	838
TOTAL 5	1048	789	531	667	97	66	50	58	3306
18:30-18:45	268	201	145	194	27	22	14	19	890
18:45-19:00	279	226	148	185	26	20	15	18	917
19:00-19:15	278	220	153	186	27	21	15	21	921
19:15-19:30	277	219	148	187	28	19	14	20	912
TOTAL 6	1102	866	594	752	108	82	58	78	3640
η_{60}	1102	866	594	752	108	82	58	78	3640



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.


Intersección:	N° 24				Nombre:	Calle 7 de Enero - Calle Vicente de la Vega			
Fecha:	09-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	78	229	9	137	7	21	1	13	495
7:45-08:00	75	228	11	138	6	22	1	13	494
08:00-08:15	76	239	10	133	7	21	1	14	501
08:15-08:30	73	223	9	135	7	23	1	13	484
TOTAL 1	302	919	39	543	27	87	4	53	1974
08:30-08:45	86	249	16	149	8	23	2	14	547
08:45-09:00	89	243	19	145	7	27	1	15	546
09:00-09:15	83	251	14	146	8	33	2	14	551
09:15-09:30	84	254	15	147	8	35	1	14	558
TOTAL 2	342	997	64	587	31	118	6	57	2202
11:30-11:45	96	273	26	153	9	31	2	15	605
11:45-12:00	92	265	27	159	8	31	1	16	599
12:00-12:15	94	267	28	155	9	32	2	15	602
12:15-12:30	99	278	26	158	9	27	2	15	614
TOTAL 3	381	1083	107	625	35	121	7	61	2420
12:30-12:45	106	290	39	169	10	30	3	16	663
12:45-13:00	108	314	34	167	10	29	4	16	682
13:00-13:15	107	321	38	168	9	31	3	17	694
13:15-13:30	104	307	36	167	10	33	3	16	676
TOTAL 4	425	1232	147	671	39	123	13	65	2715
17:30-17:45	115	313	49	178	11	31	4	17	718
17:45-18:00	119	304	46	173	10	34	5	18	709
18:00-18:15	117	324	45	172	11	37	4	17	727
18:15-18:30	115	316	49	176	11	38	4	17	726
TOTAL 5	466	1257	189	699	43	140	17	69	2880
18:30-18:45	124	343	57	186	12	34	5	18	779
18:45-19:00	125	342	58	188	13	34	6	18	784
19:00-19:15	127	352	59	185	13	41	5	19	801
19:15-19:30	122	339	61	188	14	38	5	18	785
TOTAL 6	498	1376	235	747	52	147	21	73	3149
η_{60}	498	1376	235	747	52	147	21	73	3149



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

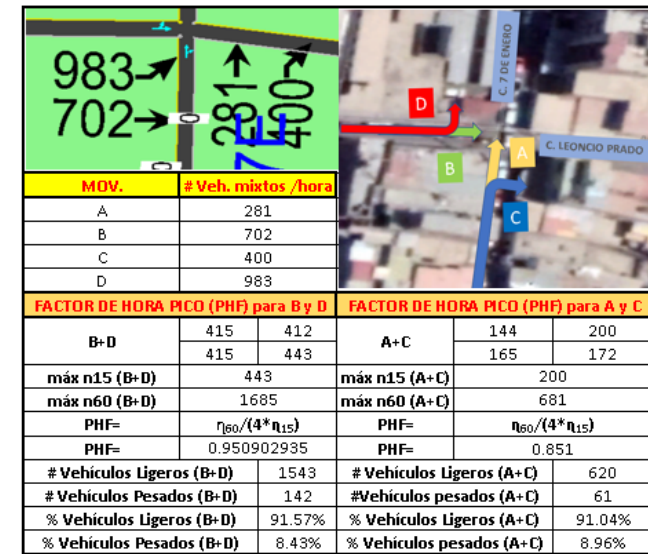
Intersección:	N° 25				Nombre	Calle 7 de Enero - Calle Lora y Cordero			
Fecha:	16-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxi y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	149	66			18	2			235
7:45-08:00	142	71			16	3			232
08:00-08:15	170	39			17	4			230
08:15-08:30	143	65			13	7			228
TOTAL 1	604	241	0	0	64	16	0	0	925
08:30-08:45	171	64			15	7			257
08:45-09:00	162	72			19	3			256
09:00-09:15	150	79			17	5			251
09:15-09:30	158	73			14	8			253
TOTAL 2	641	288	0	0	65	23	0	0	1017
11:30-11:45	162	87			18	6			273
11:45-12:00	177	74			15	9			275
12:00-12:15	171	78			16	8			273
12:15-12:30	155	102			18	6			281
TOTAL 3	665	341	0	0	67	29	0	0	1102
12:30-12:45	169	106			17	9			301
12:45-13:00	156	119			18	8			301
13:00-13:15	159	116			14	12			301
13:15-13:30	176	95			17	9			297
TOTAL 4	660	436	0	0	66	38	0	0	1200
17:30-17:45	190	103			23	5			321
17:45-18:00	195	97			10	18			320
18:00-18:15	176	113			15	13			317
18:15-18:30	179	112			15	13			319
TOTAL 5	740	425	0	0	63	49	0	0	1277
18:30-18:45	132	178			12	18			340
18:45-19:00	146	167			19	12			344
19:00-19:15	187	125			13	19			344
19:15-19:30	155	155			17	15			342
TOTAL 6	620	625	0	0	61	64	0	0	1370
η_{60}	620	625	0	0	61	64	0	0	1370

MOV.	# Veh. mixtos /hora	
A	681	
B	689	
C	0	
D	0	
FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A y B		
A+B	340	344
máx n15 (A+B)	344	
máx n60 (A+B)	1370	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$	
PHF=	0.996	
# Vehículos Ligeros (A+B)	1245	
# Vehículos Pesados (A+B)	125	
% Vehículos Ligeros (A+B)	90.88%	
% Vehículos Pesados (A+B)	9.12%	



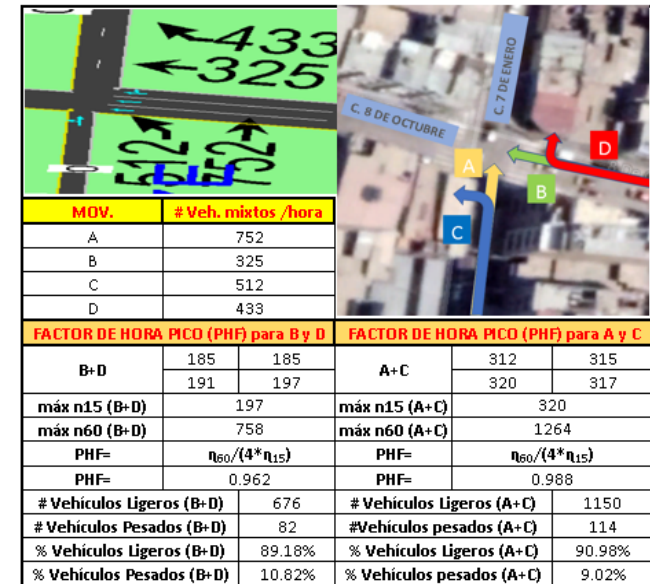
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 26				Nombre:	Calle 7 de Enero - Calle Leoncio Prado			
Fecha:	16-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	VEH. MIXTOS/15min
07:30-07:45	17	98	132	116	1	8	17	9	398
7:45-08:00	18	105	124	112	2	9	14	8	392
08:00-08:15	19	109	151	95	1	9	16	11	411
08:15-08:30	19	107	124	102	2	11	11	10	386
TOTAL 1	73	419	531	425	6	37	58	38	1587
08:30-08:45	29	112	142	130	2	11	13	10	449
08:45-09:00	28	115	134	126	2	11	17	11	444
09:00-09:15	28	123	122	130	2	12	15	10	442
09:15-09:30	29	119	129	121	1	11	13	8	431
TOTAL 2	114	469	527	507	7	45	58	39	1766
11:30-11:45	33	124	129	141	2	13	16	12	470
11:45-12:00	38	129	139	152	3	12	12	13	498
12:00-12:15	39	128	132	150	3	12	13	13	490
12:15-12:30	37	132	118	132	3	13	15	11	461
TOTAL 3	147	513	518	575	11	50	56	49	1919
12:30-12:45	46	138	123	167	3	14	14	15	520
12:45-13:00	45	137	111	179	4	15	14	12	517
13:00-13:15	44	139	115	165	4	15	10	11	503
13:15-13:30	46	143	130	174	4	14	13	13	537
TOTAL 4	181	557	479	685	15	58	51	51	2077
17:30-17:45	53	145	137	204	4	15	19	13	590
17:45-18:00	55	149	140	200	5	15	5	13	582
18:00-18:15	54	147	122	202	5	16	10	16	572
18:15-18:30	53	156	126	192	5	15	10	13	570
TOTAL 5	215	597	525	798	19	61	44	55	2314
18:30-18:45	65	163	67	217	7	16	5	19	559
18:45-19:00	61	159	85	223	7	17	12	16	580
19:00-19:15	65	155	122	221	6	17	7	19	612
19:15-19:30	63	157	92	248	7	18	10	20	615
TOTAL 6	254	634	366	909	27	68	34	74	2366
η60	254	634	366	909	27	68	34	74	2366



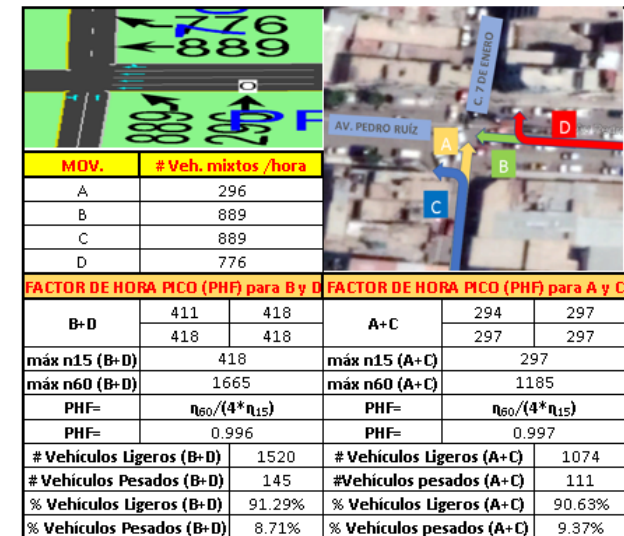
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 27				Nombre:	Calle 7 de Enero - Calle 8 de Octubre			
Fecha:	16-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	128	38	62	48	12	6	7	4	305
7:45-08:00	129	30	65	52	12	5	6	4	303
08:00-08:15	125	50	68	49	13	4	6	5	320
08:15-08:30	124	50	69	48	12	5	7	5	320
TOTAL 1	506	168	264	197	49	20	26	18	1248
08:30-08:45	139	52	72	55	13	6	7	5	349
08:45-09:00	137	53	78	56	13	7	7	5	356
09:00-09:15	138	56	75	57	14	6	7	4	357
09:15-09:30	134	53	77	59	13	7	6	5	354
TOTAL 2	548	214	302	227	53	26	27	19	1416
11:30-11:45	148	61	86	67	14	6	7	6	395
11:45-12:00	144	67	88	63	14	7	7	5	395
12:00-12:15	147	65	85	66	15	7	6	6	397
12:15-12:30	149	50	84	69	14	7	7	6	386
TOTAL 3	588	243	343	265	57	27	27	23	1573
12:30-12:45	157	73	96	77	15	6	9	7	440
12:45-13:00	159	65	95	76	15	8	9	6	433
13:00-13:15	152	74	96	75	14	9	8	6	434
13:15-13:30	158	78	99	78	15	8	9	6	451
TOTAL 4	626	290	386	306	59	31	35	25	1758
17:30-17:45	168	79	105	85	16	9	10	7	479
17:45-18:00	167	81	106	87	16	7	10	8	482
18:00-18:15	166	85	104	86	17	9	11	8	486
18:15-18:30	165	87	107	85	16	8	10	7	485
TOTAL 5	666	332	422	343	65	33	41	30	1932
18:30-18:45	169	67	115	97	17	10	11	11	497
18:45-19:00	174	75	116	95	18	11	12	10	511
19:00-19:15	168	64	119	101	17	9	11	11	500
19:15-19:30	172	79	117	98	17	10	11	10	514
TOTAL 6	683	285	467	391	69	40	45	42	2022
η_{60}	683	285	467	391	69	40	45	42	2022



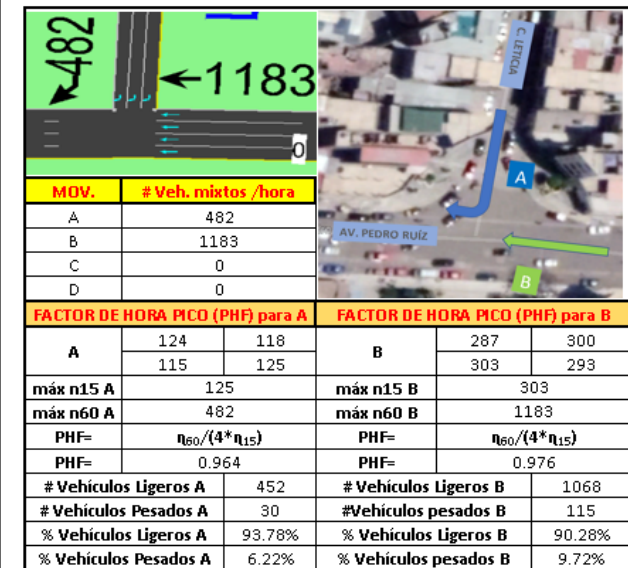
Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 28				Nombre	Calle 7 de Enero - Av. Pedro Ruíz			
Fecha:	16-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	70	109	106	125	6	9	10	12	447
7:45-08:00	67	105	114	126	8	10	8	12	450
08:00-08:15	63	107	111	129	8	9	10	13	450
08:15-08:30	63	112	109	127	8	10	9	12	450
TOTAL 1	263	433	440	507	30	38	37	49	1797
08:30-08:45	69	121	125	135	8	10	10	13	491
08:45-09:00	71	123	122	136	8	11	10	12	493
09:00-09:15	68	122	127	137	9	11	9	13	496
09:15-09:30	61	129	132	139	7	10	11	13	502
TOTAL 2	269	495	506	547	32	42	40	51	1982
11:30-11:45	74	138	141	145	9	11	11	14	543
11:45-12:00	56	148	151	146	6	12	13	14	546
12:00-12:15	62	153	151	149	10	11	11	14	561
12:15-12:30	73	148	145	147	7	12	13	13	558
TOTAL 3	265	587	588	587	32	46	48	55	2208
12:30-12:45	75	155	159	154	8	13	14	15	593
12:45-13:00	70	163	165	159	6	14	15	15	607
13:00-13:15	63	166	164	157	5	14	15	14	598
13:15-13:30	78	160	158	158	6	14	15	14	603
TOTAL 4	286	644	646	628	25	55	59	58	2401
17:30-17:45	70	181	183	164	6	15	17	16	652
17:45-18:00	70	183	184	168	9	15	15	15	659
18:00-18:15	76	178	176	169	10	16	15	16	656
18:15-18:30	66	187	184	167	8	16	15	16	659
TOTAL 5	282	729	727	668	33	62	62	63	2626
18:30-18:45	70	199	196	175	7	20	21	17	705
18:45-19:00	63	205	206	178	8	18	20	17	715
19:00-19:15	65	202	204	179	7	21	21	16	715
19:15-19:30	69	205	201	177	7	19	20	17	715
TOTAL 6	267	811	807	709	29	78	82	67	2850
η_{60}	267	811	807	709	29	78	82	67	2850



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 29				Nombre:	Calle Leticia - Av. Pedro Ruíz			
Fecha:	23-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos			
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS				TOTAL
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D	
07:30-07:45	65	169			5	16			255
7:45-08:00	68	163			6	16			253
08:00-08:15	73	163			5	17			258
08:15-08:30	61	178			6	16			261
TOTAL 1	267	673	0	0	22	65	0	0	1027
08:30-08:45	66	190			7	16			279
08:45-09:00	79	180			7	16			282
09:00-09:15	69	190			6	18			283
09:15-09:30	75	193			6	17			291
TOTAL 2	289	753	0	0	26	67	0	0	1135
11:30-11:45	77	206			6	19			308
11:45-12:00	82	212			7	19			320
12:00-12:15	69	233			8	17			327
12:15-12:30	88	207			6	19			320
TOTAL 3	316	858	0	0	27	74	0	0	1275
12:30-12:45	95	214			8	20			337
12:45-13:00	89	233			6	23			351
13:00-13:15	99	224			8	20			351
13:15-13:30	96	222			6	22			346
TOTAL 4	379	893	0	0	28	85	0	0	1385
17:30-17:45	106	239			8	23			376
17:45-18:00	105	246			8	22			381
18:00-18:15	98	249			7	25			379
18:15-18:30	107	247			7	25			386
TOTAL 5	416	981	0	0	30	95	0	0	1522
18:30-18:45	115	259			9	28			411
18:45-19:00	109	274			6	29			418
19:00-19:15	111	270			7	30			418
19:15-19:30	117	265			8	28			418
TOTAL 6	452	1068	0	0	30	115	0	0	1665
η_{60}	452	1068	0	0	30	115	0	0	1665



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 30							Nombre:	Av. Saénz Peña - Calle Vicente de la Vega						
Fecha:	23-Abril-2021							Intervalo:	15 minutos						
TIPO DE VEH.	VEHICULOS LIGEROS							VEHICULOS PESADOS							TOTAL
	taxis y autos							microbús o combis y camionetas							VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	
07:30-07:45	46	36	39	194	5	9	126	4	5	3	18	1	1	12	499
7:45-08:00	45	33	38	192	9	8	125	4	4	4	19	0	1	12	494
08:00-08:15	49	33	34	211	4	9	129	4	6	3	19	0	1	11	513
08:15-08:30	48	30	36	188	8	10	128	5	3	3	20	1	1	12	493
TOTAL 1	188	132	147	785	26	36	508	17	18	13	76	2	4	47	1999
08:30-08:45	55	40	47	206	12	15	138	5	5	4	21	0	1	13	562
08:45-09:00	58	43	44	203	15	11	137	6	3	4	21	3	2	12	562
09:00-09:15	59	48	46	200	19	13	135	5	4	5	24	6	1	12	577
09:15-09:30	53	49	48	202	19	19	136	5	4	4	30	2	1	13	585
TOTAL 2	225	180	185	811	65	58	546	21	16	17	96	11	5	50	2286
11:30-11:45	65	60	56	218	25	28	149	6	6	5	27	1	2	14	662
11:45-12:00	68	51	55	213	24	27	148	6	6	5	24	3	1	14	645
12:00-12:15	66	57	54	213	28	26	146	5	5	6	23	5	2	13	649
12:15-12:30	68	57	58	220	26	22	147	6	5	5	23	1	2	14	654
TOTAL 3	267	225	223	864	103	103	590	23	22	21	97	10	7	55	2610
12:30-12:45	78	65	68	226	35	31	156	7	7	6	24	3	3	15	724
12:45-13:00	75	68	67	245	36	33	155	6	7	6	25	2	2	15	742
13:00-13:15	79	69	69	253	37	35	156	7	6	7	23	4	3	16	764
13:15-13:30	73	66	68	236	39	37	159	6	7	6	27	3	3	15	745
TOTAL 4	305	268	272	960	147	136	626	26	27	25	99	12	11	61	2975
17:30-17:45	85	73	75	242	45	47	165	8	8	7	25	3	4	16	803
17:45-18:00	86	75	76	235	39	43	166	7	8	7	26	6	4	16	794
18:00-18:15	88	78	75	247	47	45	168	7	8	8	26	7	3	17	824
18:15-18:30	82	76	73	245	47	42	169	6	9	7	28	7	4	16	811
TOTAL 5	341	302	299	969	178	177	668	28	33	29	105	23	15	65	3232
18:30-18:45	97	83	88	260	52	58	180	7	11	8	26	5	6	17	898
18:45-19:00	91	89	89	257	54	56	179	6	11	8	27	5	5	17	894
19:00-19:15	92	91	92	257	62	59	178	7	11	9	28	9	6	16	917
19:15-19:30	94	87	90	258	52	55	178	8	10	8	28	7	5	17	897
TOTAL 6	374	350	359	1032	220	228	715	28	43	33	109	26	22	67	3606
η60	374	350	359	1032	220	228	715	28	43	33	109	26	22	67	3606

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.


FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A y B			FACTOR DE HORA PICO (PHF) para G y F		
A+B	198	201	G+F	261	259
	197	199		257	255
máx n15 (A+B)	201		máx n15 (G+F)	261	
máx n60 (A+B)	795		máx n60 (G+F)	1032	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$	
PHF=	0.989		PHF=	0.989	
# Vehículos Ligeros (A+B)	724		# Vehículos Ligeros (G+F)	943	
# Vehículos Pesados (A+B)	71		# Vehículos pesados (G+F)	89	
% Vehículos Ligeros (A+B)	91.07%		% Vehículos Ligeros (G+F)	91.38%	
% Vehículos Pesados (A+B)	8.93%		% Vehículos pesados (G+F)	8.62%	
FACTOR DE HORA PICO (PHF) para C, D y E			MOV.	# Veh. mixtos /hora	
C+D+E	439	457	A	402	
	440	443	B	393	
máx n15 (C+D+E)	457		C	392	
máx n60 (C+D+E)	1779		D	1141	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		E	246	
PHF=	0.973		F	250	
# Vehículos Ligeros (C+D+E)	1611		G	782	
# Vehículos Pesados (C+D+E)	168				
% Vehículos Ligeros (C+D+E)	90.56%				
% Vehículos Pesados (C+D+E)	9.44%				

393	402	246	392	1141	782	250
-----	-----	-----	-----	------	-----	-----

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 31						Nombre:	Av. Saénz Peña - Calle Lora y Cordero						
Fecha:	23-Abril-2021						Intervalo:	15 minutos						
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS						TOTAL	
	taxis y autos						microbús o combis y camionetas						VEH. MIXTOS/15min	
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F		
07:30-07:45	68	43	14	54	117	14	8	3	1	5	12	1	340	
7:45-08:00	65	45	13	56	121	13	7	7	1	5	11	1	345	
08:00-08:15	63	52	19	59	114	19	8	1	2	4	9	2	352	
08:15-08:30	67	40	11	53	119	17	7	5	1	5	12	1	338	
TOTAL 1	263	180	57	222	471	63	30	16	5	19	44	5	1375	
08:30-08:45	73	62	22	65	125	25	8	9	2	6	11	2	410	
08:45-09:00	76	78	25	68	126	26	8	6	1	5	13	2	434	
09:00-09:15	78	65	29	69	127	27	7	10	2	6	15	3	438	
09:15-09:30	79	70	23	67	126	29	7	7	2	6	13	2	431	
TOTAL 2	306	275	99	269	504	107	30	32	7	23	52	9	1713	
11:30-11:45	86	73	39	73	136	38	9	11	3	7	12	3	490	
11:45-12:00	88	88	31	75	136	36	9	8	3	6	14	3	497	
12:00-12:15	85	84	38	79	135	39	8	10	2	7	14	4	505	
12:15-12:30	89	77	36	78	137	36	8	9	3	7	12	3	495	
TOTAL 3	348	322	144	305	544	149	34	38	11	27	52	13	1987	
12:30-12:45	95	81	48	86	145	46	10	10	4	8	14	4	551	
12:45-13:00	96	96	47	87	143	48	10	9	3	7	13	4	563	
13:00-13:15	99	103	49	88	149	44	9	12	4	8	15	5	585	
13:15-13:30	94	100	45	85	152	46	9	9	4	8	14	4	570	
TOTAL 4	384	380	189	346	589	184	38	40	15	31	56	17	2269	
17:30-17:45	106	121	52	95	152	58	11	11	5	9	14	5	639	
17:45-18:00	105	122	56	94	152	53	11	10	4	10	17	5	639	
18:00-18:15	107	110	59	99	156	59	10	11	5	9	18	6	649	
18:15-18:30	104	135	54	98	161	55	10	11	5	9	17	6	665	
TOTAL 5	422	488	221	386	621	225	42	43	19	37	66	22	2592	
18:30-18:45	115	159	65	105	167	65	12	11	6	10	16	6	737	
18:45-19:00	116	146	64	104	169	64	11	14	6	11	16	6	727	
19:00-19:15	117	155	66	105	173	67	12	12	6	10	18	7	748	
19:15-19:30	119	144	62	103	165	65	11	13	7	10	18	6	723	
TOTAL 6	467	604	257	417	674	261	46	50	25	41	68	25	2935	
η60	467	604	257	417	674	261	46	50	25	41	68	25	2935	

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A y B			FACTOR DE HORA PICO (PHF) para E y F		
A+B	297	296	E+F	254	265
	287	287		255	254
máx n15 (A+B)	297		máx n15 (E+F)	265	
máx n60 (A+B)	1167		máx n60 (E+F)	1028	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$	
PHF=	0.982		PHF=	0.97	
# Vehículos Ligeros (A+B)	1071		# Vehículos Ligeros (E+F)	935	
# Vehículos Pesados (A+B)	96		# Vehículos pesados (E+F)	93	
% Vehículos Ligeros (A+B)	91.77%		% Vehículos Ligeros (E+F)	90.95%	
% Vehículos Pesados (A+B)	8.23%		% Vehículos pesados (E+F)	9.05%	
FACTOR DE HORA PICO (PHF) para C y D			MOV.	# Veh. mixtos /hora	
C+D	186	187	A	513	
	185	182	B	654	
máx n15 (C+D)	187		C	282	
máx n60 (C+D)	740		D	458	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		E	742	
PHF=	0.989		F	286	
# Vehículos Ligeros (C+D)	674				
# Vehículos Pesados (C+D)	66				
% Vehículos Ligeros (C+D)	91.08%				
% Vehículos Pesados (C+D)	8.92%				
					

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

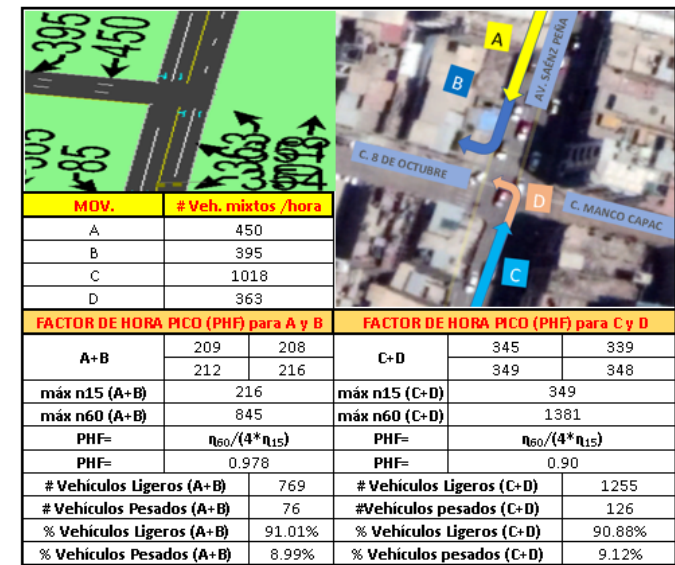
Intersección: N 32										Nombre: Av. Saénz Peña - Calle Leoncio Prado										
Fecha: 30-Abril-2021										Intervalo: 15 minutos										
TIPO DE VEH. VEHICULOS LIGEROS										TIPO DE VEH. VEHICULOS PESADOS										TOTAL
taxis y autos										microbús o combis y camionetas										VEH. MIXTOS/15min
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
07:30-07:45	33	26	48	65	25	69	106	18	13	2	1	8	6	2	6	10	4	3	445	
7:45-08:00	32	26	41	62	23	65	102	15	16	3	1	8	8	2	6	10	4	3	427	
08:00-08:15	33	20	40	63	28	66	107	17	19	2	1	7	6	3	6	10	3	1	432	
08:15-08:30	30	24	42	61	21	67	109	21	16	2	1	10	8	2	7	11	3	2	437	
TOTAL 1	128	96	171	251	97	267	424	71	64	9	4	33	28	9	25	41	14	9	1741	
08:30-08:45	45	16	39	68	32	75	116	29	22	4	1	5	9	3	7	11	5	4	491	
08:45-09:00	47	12	41	69	34	79	115	22	38	3	1	7	8	3	6	10	4	3	502	
09:00-09:15	48	15	46	67	33	76	113	25	28	4	1	5	9	2	7	10	5	4	498	
09:15-09:30	49	16	54	71	35	74	119	36	29	2	1	7	9	3	6	11	3	3	528	
TOTAL 2	189	59	180	275	134	304	463	112	117	13	4	24	35	11	26	42	17	14	2019	
11:30-11:45	57	10	64	70	44	85	128	32	32	5	0	10	10	4	7	12	5	5	580	
11:45-12:00	54	10	77	76	43	86	125	39	46	4	1	6	10	3	8	12	5	3	608	
12:00-12:15	59	10	75	73	44	88	127	43	37	3	1	7	11	4	8	11	4	4	609	
12:15-12:30	56	23	60	71	45	89	126	35	39	2	1	6	10	4	7	12	5	5	596	
TOTAL 3	226	53	276	290	176	348	506	149	154	14	3	29	41	15	30	47	19	17	2393	
12:30-12:45	61	15	74	83	52	95	136	42	32	6	0	7	11	5	9	13	7	3	651	
12:45-13:00	62	15	58	82	54	94	136	38	48	4	1	11	10	5	8	12	6	5	649	
13:00-13:15	68	15	47	85	55	99	138	47	49	4	1	7	12	4	8	13	6	5	663	
13:15-13:30	67	12	65	84	51	96	131	43	43	4	1	12	10	5	9	13	5	4	655	
TOTAL 4	258	57	244	334	212	384	541	170	172	18	3	37	43	19	34	51	24	17	2618	
17:30-17:45	71	12	57	94	61	106	144	68	62	4	2	13	12	6	10	14	8	6	750	
17:45-18:00	75	10	77	93	63	106	142	45	59	4	2	7	12	5	10	15	7	5	737	
18:00-18:15	78	8	61	92	65	104	147	67	47	5	1	11	11	6	9	14	6	5	737	
18:15-18:30	75	14	62	95	64	109	149	68	69	4	2	8	11	6	10	14	7	6	773	
TOTAL 5	299	44	257	374	253	425	582	248	237	17	7	39	46	23	39	57	28	22	2997	
18:30-18:45	87	22	54	102	76	115	158	73	85	4	2	12	12	8	10	15	8	7	850	
18:45-19:00	84	23	77	99	75	112	161	86	79	5	1	12	12	7	11	16	5	8	873	
19:00-19:15	88	16	88	98	74	117	159	79	86	6	1	11	12	7	10	16	9	6	883	
19:15-19:30	86	17	58	100	75	114	160	85	77	5	3	12	13	8	11	15	6	6	851	
TOTAL 6	345	78	277	399	300	458	638	323	327	20	7	47	49	30	42	62	28	27	3457	
n60	345	78	277	399	300	458	638	323	327	20	7	47	49	30	42	62	28	27	3457	

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A y B			FACTOR DE HORA PICO (PHF) para G y F		
A+B	115	111	G+F	298	302
	113	111		300	300
máx n15 (A+B)	115		máx n15 (G+F)	302	
máx n60 (A+B)	450		máx n60 (G+F)	1200	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$	
PHF=	0.978		PHF=	0.993	
# Vehículos Ligeros (A+B)	423		# Vehículos Ligeros (G+F)	1096	
# Vehículos Pesados (A+B)	27		# Vehículos pesados (G+F)	104	
% Vehículos Ligeros (A+B)	94.00%		% Vehículos Ligeros (G+F)	91.33%	
% Vehículos Pesados (A+B)	6.00%		% Vehículos pesados (G+F)	8.67%	
FACTOR DE HORA PICO (PHF) para I y H			FACTOR DE HORA PICO (PHF) para C, D y E		
H+I	173	180	C+D+E	264	290
	178	174		282	266
máx n15 (H+I)	180		máx n15 (C+D+E)	290	
máx n60 (H+I)	705		máx n60 (C+D+E)	1102	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$	
PHF=	0.979		PHF=	0.950	
# Vehículos Ligeros (H+I)	650		# Vehículos Ligeros (C+D+E)	976	
# Vehículos Pesados (H+I)	55		# Vehículos Pesados (C+D+E)	126	
% Vehículos Ligeros (H+I)	92.20%		% Vehículos Ligeros (C+D+E)	88.57%	
% Vehículos Pesados (H+I)	7.80%		% Vehículos Pesados (C+D+E)	11.43%	
MOV.	# Veh. mixtos /hora				
A	365				
B	85				
C	324				
D	448				
E	330				
F	500				
G	700				
H	351				
I	354				

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:	N° 33				Nombre:	Av. Saénz Peña - Calle 8 de Octubre - Calle Manco Capac				
Fecha:	30-Abril-2021				Intervalo:	15 minutos				
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIGEROS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL	
	taxis y autos				microbús o combis y camionetas				VEH. MIXTOS/15min	
DIRECCIÓN/ TIEMPO	A	B	C	D	A	B	C	D		
07:30-07:45	59	50	197	36	3	7	13	3	368	
7:45-08:00	58	48	193	34	4	5	13	4	359	
08:00-08:15	53	60	190	39	3	6	11	3	365	
08:15-08:30	54	60	195	38	3	7	12	3	372	
TOTAL 1	224	218	775	147	13	25	49	13	1464	
08:30-08:45	61	61	203	46	5	7	13	4	400	
08:45-09:00	59	62	199	47	4	8	14	4	397	
09:00-09:15	63	65	200	48	5	7	14	3	405	
09:15-09:30	65	63	204	49	3	8	15	4	411	
TOTAL 2	248	251	806	190	17	30	56	15	1613	
11:30-11:45	67	75	214	53	5	7	15	5	441	
11:45-12:00	64	76	216	54	5	8	15	4	442	
12:00-12:15	69	73	218	58	4	8	15	5	450	
12:15-12:30	79	60	219	59	3	9	16	4	449	
TOTAL 3	279	284	867	224	17	32	61	18	1782	
12:30-12:45	76	85	223	65	6	8	20	5	488	
12:45-13:00	77	75	224	66	5	8	20	6	481	
13:00-13:15	83	82	226	67	5	9	21	6	499	
13:15-13:30	79	88	225	68	5	8	20	6	499	
TOTAL 4	315	330	898	266	21	33	81	23	1967	
17:30-17:45	83	87	229	77	6	9	22	7	520	
17:45-18:00	85	95	232	73	6	9	23	6	529	
18:00-18:15	86	96	228	75	6	10	22	7	530	
18:15-18:30	89	96	231	76	6	8	23	7	536	
TOTAL 5	343	374	920	301	24	36	90	27	2115	
18:30-18:45	109	81	230	83	6	13	24	8	554	
18:45-19:00	107	86	235	84	6	13	22	8	561	
19:00-19:15	104	85	228	80	7	12	23	8	547	
19:15-19:30	103	94	232	83	8	11	24	9	564	
TOTAL 6	423	346	925	330	27	49	93	33	2226	
η60	423	346	925	330	27	49	93	33	2226	



Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

Intersección:		N° 34								Nombre		Av. Saénz Peña - Av. Pedro Ruiz								
Fecha:		07-Mayo-2021								Intervalo:		15 minutos								
TIPO DEVEH.		VEHICULOS LIGEROS								VEHICULOS PESADOS								TOTAL		
		taxis y autos								microbús o combis y camionetas								VEH.		
DIRECCIÓN/TEMPO		A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I	MIXTOS/15min
07:30-07:45		23	13	53	10	75	112	12	56	66	2	1	5	1	9	3	1	5	6	453
7:45-08:00		24	14	49	12	76	105	12	57	68	2	1	4	2	3	8	1	5	6	449
08:00-08:15		26	12	58	12	77	101	13	55	65	3	2	5	1	3	7	1	4	7	452
08:15-08:30		27	13	55	13	78	104	13	59	69	2	1	5	1	3	8	1	5	6	463
TOTAL 1		100	52	215	47	306	422	50	227	268	9	5	19	5	18	26	4	19	25	1817
08:30-08:45		36	14	55	13	89	101	13	67	76	3	2	6	1	5	7	2	6	7	503
08:45-09:00		35	14	58	13	90	96	12	63	75	3	1	5	1	9	4	1	7	6	493
09:00-09:15		38	14	59	13	93	94	12	69	78	2	1	5	2	12	0	2	7	7	508
09:15-09:30		39	13	69	12	98	94	14	59	76	3	1	5	2	3	10	1	6	7	512
TOTAL 2		148	55	241	51	370	385	51	258	305	11	5	21	6	29	21	6	26	27	2016
11:30-11:45		43	14	63	15	104	95	16	79	85	3	2	6	1	4	10	2	6	8	556
11:45-12:00		45	15	66	13	103	100	14	74	86	4	2	6	1	11	3	2	7	8	560
12:00-12:15		46	15	69	13	107	98	14	73	84	4	1	5	1	6	8	1	7	7	559
12:15-12:30		48	14	64	14	105	100	16	75	89	3	1	5	2	5	9	1	7	8	566
TOTAL 3		182	58	262	55	419	393	60	301	344	14	6	22	5	26	30	6	27	31	2241
12:30-12:45		56	15	75	14	109	100	15	86	95	4	2	6	2	12	6	1	8	8	614
12:45-13:00		57	14	70	14	110	100	16	82	96	4	2	6	2	8	10	2	7	8	608
13:00-13:15		59	15	78	15	114	97	16	87	97	5	2	6	1	10	10	2	8	8	630
13:15-13:30		54	14	79	14	115	96	16	88	94	4	1	5	1	5	14	2	8	7	617
TOTAL 4		226	58	302	57	448	393	63	343	382	17	7	23	6	35	40	7	31	31	2469
17:30-17:45		68	15	80	15	118	96	16	90	105	5	1	7	1	10	11	2	8	9	657
17:45-18:00		65	14	85	14	123	95	16	95	106	5	2	6	1	13	9	2	9	8	668
18:00-18:15		69	15	86	16	119	93	17	96	108	4	1	7	2	9	11	2	9	8	672
18:15-18:30		63	15	87	15	124	92	18	98	107	5	2	6	1	9	13	1	8	9	673
TOTAL 5		265	59	338	60	484	376	67	379	426	19	6	26	5	41	44	7	34	34	2670
18:30-18:45		75	18	92	17	126	87	18	98	109	5	2	9	2	10	12	1	10	8	699
18:45-19:00		78	17	90	16	130	89	20	103	106	6	2	9	2	9	11	2	10	8	708
19:00-19:15		79	17	87	17	128	83	18	102	107	6	1	8	2	7	14	2	11	8	697
19:15-19:30		76	16	91	19	132	81	19	106	108	5	2	9	2	8	14	2	10	8	708
TOTAL 6		308	68	360	69	516	340	75	409	430	22	7	35	8	34	51	7	41	32	2812
η60		308	68	360	69	516	340	75	409	430	22	7	35	8	34	51	7	41	32	2812

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A, B y C			FACTOR DE HORA PICO (PHF) para D, E y F		
I	201	198	D+E+F	254	251
	202	199		257	256
máx n15 (A+B+C)	202		máx n15 (D+E+F)	257	
máx n60 (A+B+C)	800		máx n60 (D+E+F)	1018	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$	
PHF=	0.990		PHF=	0.990	
# Vehículos Ligeros (A+B+C)	736		# Vehículos Ligeros (D+E+F)	925	
# Vehículos Pesados (A+B+C)	64		# Vehículos pesados (D+E+F)	93	
% Vehículos Ligeros (A+B+C)	92.00%		% Vehículos Ligeros (D+E+F)	90.86%	
% Vehículos Pesados (A+B+C)	8.00%		% Vehículos pesados (D+E+F)	9.14%	
FACTOR DE HORA PICO (PHF) para G, H e I			MOV.	# Veh. mixtos /hora	
G+H+I	244	248	A	330	
	249	253	B	75	
máx n15 (G+H+I)	253		C	395	
máx n60 (G+H+I)	994		D	77	
PHF=	$\eta_{60}/(4*\eta_{15})$		E	550	
PHF=	0.982		F	391	
# Vehículos Ligeros (G+H+I)	914		G	82	
# Vehículos Pesados (G+H+I)	80		H	450	
% Vehículos Ligeros (G+H+I)	91.95%		I	462	
% Vehículos Pesados (G+H+I)	8.05%				




Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al conteo vehicular.

8.4. ANEXO 4: Reglaje semafórico

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°1					
Avenida Luis Gonzáles - Calle Vicente de la Vega					
FASE 1			FASE 2		
MOVIMIENTOS A y C			MOVIMIENTOS B y D		
DURACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO					
84 segundos					
FASE 1			FASE 2		
DURACIÓN:	48.5	s	DURACIÓN:	35.5	s
VERDE=	45	s	VERDE=	32	s
AMBAR=	3.5	s	AMBAR=	3.5	s
ROJO=	35.5	s	ROJO=	48.5	s

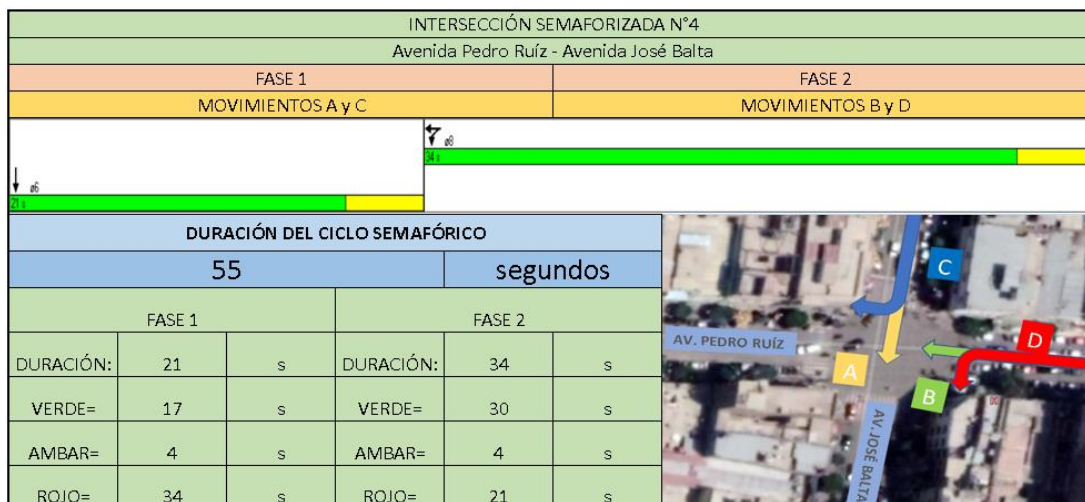
Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al reglaje semafórico.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°2					
Avenida Luis Gonzáles - Avenida Pedro Ruíz					
FASE 1			FASE 2		
MOVIMIENTOS A y C			MOVIMIENTOS B y D		
DURACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO					
75 segundos					
FASE 1			FASE 2		
DURACIÓN:	39	s	DURACIÓN:	36	s
VERDE=	35	s	VERDE=	32	s
AMBAR=	4	s	AMBAR=	4	s
ROJO=	36	s	ROJO=	39	s

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al reglaje semafórico.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°3					
Avenida Pedro Ruíz - Calle Juan Cuglievan					
FASE 1			FASE 2		
MOVIMIENTOS A y C			MOVIMIENTOS B y D		
DURACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO					
43 segundos					
FASE 1			FASE 2		
DURACIÓN:	14.5	s	DURACIÓN:	28.5	s
VERDE=	11	s	VERDE=	25	s
AMBAR=	3.5	s	AMBAR=	3.5	s
ROJO=	28.5	s	ROJO=	14.5	s

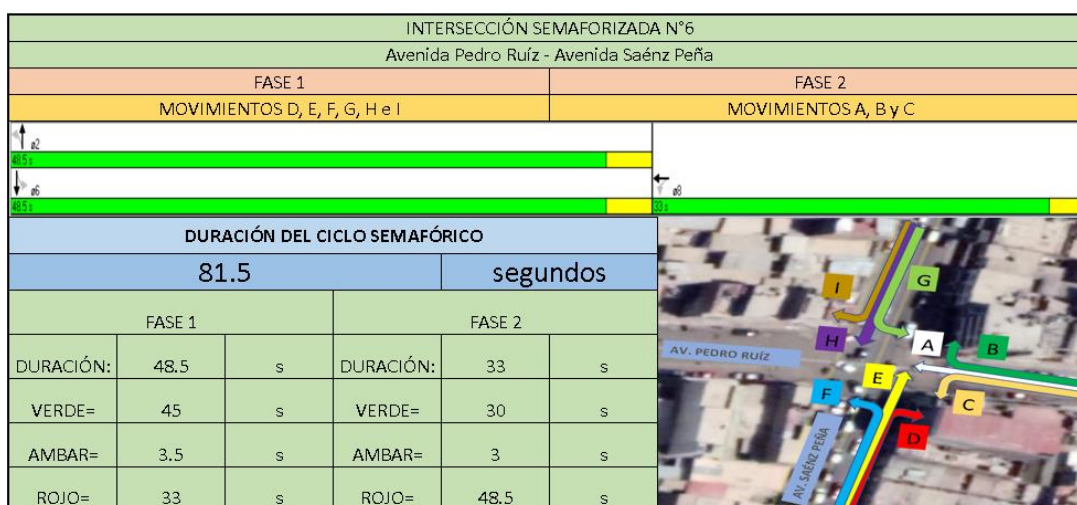
Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al reglaje semafórico.




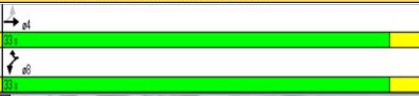
Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al reglaje semafórico.

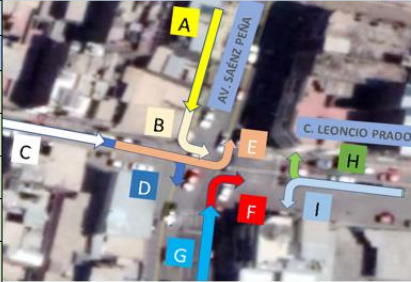


Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al reglaje semafórico.



Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al reglaje semafórico.

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°7					
Avenida Saénz Peña - Calle Leoncio Prado					
FASE 1			FASE 2		
MOVIMIENTOS A,B,G y F			MOVIMIENTOS C,D,E,H e I		
					
DURACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO					
81 segundos					
FASE 1			FASE 2		
DURACIÓN:	48	s	DURACIÓN:	33	s
VERDE=	45	s	VERDE=	30	s
AMBAR=	3	s	AMBAR=	3	s
ROJO=	33	s	ROJO=	48	s



Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al reglaje semafórico.

8.5. ANEXO 5: Velocidad de operación

Vía:		Avenida Luis Gonzáles	
Distancia (km)	0.35	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	27	0.008	46.67
08:00-08:30	30	0.008	42.00
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	32	0.009	39.38
09:00-09:30	34	0.009	37.06
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	33	0.009	38.18
12:00-12:30	36	0.010	35.00
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	35	0.010	36.00
13:00-13:30	39	0.011	32.31
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	37	0.010	34.05
18:00-18:30	40	0.011	31.50
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	42	0.012	30.00
19:00-19:30	44	0.012	28.64
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
29.32			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Calle Alfonso Ugarte	
Distancia (km)	0.35	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	28	0.008	45.00
08:00-08:30	31	0.009	40.65
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	32	0.009	39.38
09:00-09:30	29	0.008	43.45
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	36	0.010	35.00
12:00-12:30	33	0.009	38.18
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	35	0.010	36.00
13:00-13:30	36	0.010	35.00
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	40	0.011	31.50
18:00-18:30	38	0.011	33.16
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	43	0.012	29.30
19:00-19:30	42	0.012	30.00
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
29.65			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:	Calle Juan Cuglievan		
Distancia (km)	0.45	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	40	0.011	40.50
08:00-08:30	37	0.010	43.78
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	43	0.012	37.67
09:00-09:30	46	0.013	35.22
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	44	0.012	36.82
12:00-12:30	47	0.013	34.47
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	50	0.014	32.40
13:00-13:30	48	0.013	33.75
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	49	0.014	33.06
18:00-18:30	52	0.014	31.15
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	50	0.014	32.40
19:00-19:30	54	0.015	30.00
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
31.20			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:	Calle Héroes Civiles		
Distancia (km)	0.14	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	12	0.003	42.00
08:00-08:30	13	0.004	38.77
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	14	0.004	36.00
09:00-09:30	13	0.004	38.77
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	13	0.004	38.77
12:00-12:30	13	0.004	38.77
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	13	0.004	38.77
13:00-13:30	14	0.004	36.00
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	15	0.004	33.60
18:00-18:30	14	0.004	36.00
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	15	0.004	33.60
19:00-19:30	15	0.004	33.60
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
33.60			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Calle Alfredo Lapoint	
Distancia (km)	0.29	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	33	0.009	31.64
08:00-08:30	35	0.010	29.83
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	35	0.010	29.83
09:00-09:30	38	0.011	27.47
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	36	0.010	29.00
12:00-12:30	38	0.011	27.47
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	39	0.011	26.77
13:00-13:30	38	0.011	27.47
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	41	0.011	25.46
18:00-18:30	40	0.011	26.10
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	39	0.011	26.77
19:00-19:30	43	0.012	24.28
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
25.52			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Avenida José Balta	
Distancia (km)	0.45	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	53	0.015	30.57
08:00-08:30	55	0.015	29.45
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	56	0.016	28.93
09:00-09:30	58	0.016	27.93
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	61	0.017	26.56
12:00-12:30	63	0.018	25.71
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	59	0.016	27.46
13:00-13:30	65	0.018	24.92
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	63	0.018	25.71
18:00-18:30	67	0.019	24.18
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	65	0.018	24.92
19:00-19:30	67	0.019	24.18
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
24.55			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:	Calle 7 de Enero		
Distancia (km)	0.4	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	38	0.011	37.89
08:00-08:30	39	0.011	36.92
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	39	0.011	36.92
09:00-09:30	43	0.012	33.49
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	43	0.012	33.49
12:00-12:30	47	0.013	30.64
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	44	0.012	32.73
13:00-13:30	48	0.013	30.00
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	45	0.013	32.00
18:00-18:30	46	0.013	31.30
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	48	0.013	30.00
19:00-19:30	49	0.014	29.39
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
29.69			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:	Calle Leticia		
Distancia (km)	0.12	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	12	0.003	36.00
08:00-08:30	13	0.004	33.23
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	13	0.004	33.23
09:00-09:30	13	0.004	33.23
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	13	0.004	33.23
12:00-12:30	14	0.004	30.86
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	14	0.004	30.86
13:00-13:30	14	0.004	30.86
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	15	0.004	28.80
18:00-18:30	14	0.004	30.86
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	13	0.004	33.23
19:00-19:30	15	0.004	28.80
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
31.02			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Avenida Saénz Peña	
Distancia (km)	0.4	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	37	0.010	38.92
08:00-08:30	35	0.010	41.14
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	46	0.013	31.30
09:00-09:30	43	0.012	33.49
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	47	0.013	30.64
12:00-12:30	45	0.013	32.00
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	49	0.014	29.39
13:00-13:30	53	0.015	27.17
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	54	0.015	26.67
18:00-18:30	52	0.014	27.69
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	57	0.016	25.26
19:00-19:30	60	0.017	24.00
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
24.63			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Calle Vicente de la Vega	
Distancia (km)	0.95	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	93	0.026	36.77
08:00-08:30	87	0.024	39.31
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	98	0.027	34.90
09:00-09:30	100	0.028	34.20
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	109	0.030	31.38
12:00-12:30	112	0.031	30.54
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	116	0.032	29.48
13:00-13:30	117	0.033	29.23
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	115	0.032	29.74
18:00-18:30	119	0.033	28.74
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	124	0.034	27.58
19:00-19:30	120	0.033	28.50
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
28.04			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:	Calle Lora y Cordero entrando a Saézn Peña		
Distancia (km)	0.093	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	7	0.002	47.83
08:00-08:30	8	0.002	41.85
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	8	0.002	41.85
09:00-09:30	8	0.002	41.85
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	9	0.003	37.20
12:00-12:30	8	0.002	41.85
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	8	0.002	41.85
13:00-13:30	7	0.002	47.83
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	8	0.002	41.85
18:00-18:30	9	0.003	37.20
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	9	0.003	37.20
19:00-19:30	10	0.003	33.48
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
35.34			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:	Calle Lora y Cordero		
Distancia (km)	0.65	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	59	0.016	39.66
08:00-08:30	63	0.018	37.14
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	66	0.018	35.45
09:00-09:30	68	0.019	34.41
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	69	0.019	33.91
12:00-12:30	71	0.020	32.96
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	78	0.022	30.00
13:00-13:30	86	0.024	27.21
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	83	0.023	28.19
18:00-18:30	88	0.024	26.59
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	87	0.024	26.90
19:00-19:30	89	0.025	26.29
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
26.59			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Calle Leoncio Prado	
Distancia (km)	0.8	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	81	0.023	35.56
08:00-08:30	78	0.022	36.92
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	83	0.023	34.70
09:00-09:30	86	0.024	33.49
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	81	0.023	35.56
12:00-12:30	85	0.024	33.88
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	87	0.024	33.10
13:00-13:30	93	0.026	30.97
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	95	0.026	30.32
18:00-18:30	89	0.025	32.36
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	98	0.027	29.39
19:00-19:30	96	0.027	30.00
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
29.69			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Calle Leoncio Prado entrando a Saéñz Peña	
Distancia (km)	0.088	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	7	0.002	45.26
08:00-08:30	7	0.002	45.26
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	7	0.002	45.26
09:00-09:30	8	0.002	39.60
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	8	0.002	39.60
12:00-12:30	8	0.002	39.60
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	9	0.003	35.20
13:00-13:30	8	0.002	39.60
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	9	0.003	35.20
18:00-18:30	9	0.003	35.20
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	9	0.003	35.20
19:00-19:30	10	0.003	31.68
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
33.44			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Calle 8 de Octubre	
Distancia (km)	0.8	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	91	0.025	31.65
08:00-08:30	93	0.026	30.97
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	98	0.027	29.39
09:00-09:30	104	0.029	27.69
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	108	0.030	26.67
12:00-12:30	105	0.029	27.43
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	117	0.033	24.62
13:00-13:30	109	0.030	26.42
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	120	0.033	24.00
18:00-18:30	115	0.032	25.04
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	118	0.033	24.41
19:00-19:30	122	0.034	23.61
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
24.01			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

Vía:		Avenida Pedro Ruíz	
Distancia (km)	0.75	Fecha:	07-Mayo-2021
Tiempo de traslado medido en cronómetro			
Horario	Tiempo (seg)	Tiempo (h)	Velocidad (km/h)
primera hora de análisis			
07:30-08:00	78	0.022	34.62
08:00-08:30	79	0.022	34.18
segunda hora de análisis			
08:30-09:00	83	0.023	32.53
09:00-09:30	86	0.024	31.40
tercera hora de análisis			
11:30-12:00	95	0.026	28.42
12:00-12:30	98	0.027	27.55
cuarta hora de análisis			
12:30-13:00	101	0.028	26.73
13:00-13:30	103	0.029	26.21
quinta hora de análisis			
17:30-18:00	100	0.028	27.00
18:00-18:30	107	0.030	25.23
sexta hora de análisis			
18:30-19:00	105	0.029	25.71
19:00-19:30	111	0.031	24.32
Prom. de la velocidad en el horario de mayor demanda vehicular			
25.02			

Fuente: Propia – Tabla elaborada en base al tiempo cronometrado

8.6. ANEXO 6: Longitud y ancho de calles

Tramo	
Luis Gonzáles entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
76.2	11.4
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
92.9	11.4
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
58.1	11.7
Leoncio Prado	Diego Ferre
Largo	Ancho
70.9	12
Diego Ferre	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
67.9	12
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
154.1	12

Tramo	
Alfonso Ugarte entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
74.6	3.9
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
77.6	3.6
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
82.8	6.8
Leoncio Prado	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
136.8	7.2
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
149.7	12

Tramo	
7 de Enero entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
107.1	3.7
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
104.4	3.7
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
61.4	3.7
Leoncio Prado	8 de Octubre
Largo	Ancho
54.1	3.7
8 de Octubre	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
94.7	6.6
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
114.9	7.2

Tramo	
Saénz Peña entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
112	14
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
87.1	14
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
61.8	14
Leoncio Prado	8 de Octubre
Largo	Ancho
45.4	12
8 de Octubre	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
120.6	12
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
109	12

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al ancho medido con wincha.

Tramo	
Juan Cuglievan entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
83.4	3.7
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
99.6	4.5
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
64.2	5
Leoncio Prado	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
139.6	11.1
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
143.2	12

Tramo	
Alfredo Lapoint entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
88.9	5
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
104.9	5
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
62.9	5.6
Leoncio Prado	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
140.3	5.6

Tramo	
Leticia entre:	
MEDIDAS (metros)	
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
110.5	9

Tramo	
8 de Octubre entre:	
MEDIDAS (metros)	
Saéñz Peña	7 de Enero
Largo	Ancho
134	9.6
7 de Enero	José Balta
Largo	Ancho
136.5	7.2

Tramo	
Héroes Cíviles entre:	
MEDIDAS (metros)	
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
136.3	9

Tramo	
Diego Ferre entre:	
MEDIDAS (metros)	
Luis Gonzáles	Simón Bolívar
Largo	Ancho
150.4	9

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al ancho medido con wincha.

Tramo		Tramo		Tramo	
Vicente de la Vega entre:		Lora y Cordero entre:		Leoncio Prado entre:	
MEDIDAS (metros)		MEDIDAS (metros)		MEDIDAS (metros)	
Simón Bolívar	Luis Gonzáles	Simón Bolívar	Luis Gonzáles	Simón Bolívar	Luis Gonzáles
Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
135.5	9	143.1	9.3	148.7	9
Luis Gonzáles	Alfonso Ugarte	Luis Gonzáles	Alfonso Ugarte	Luis Gonzáles	Alfonso Ugarte
Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
94.1	7.4	93.6	4.1	89.8	9
Alfonso Ugarte	Juan Cuglievan	Alfonso Ugarte	Juan Cuglievan	Alfonso Ugarte	Juan Cuglievan
Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
122.3	3.6	115.3	3.7	108.4	9
Juan Cuglievan	Alfredo Lapoint	Juan Cuglievan	Alfredo Lapoint	Juan Cuglievan	Alfredo Lapoint
Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
81.3	4.8	90.7	6	97.1	9
Alfredo Lapoint	José Balta	Alfredo Lapoint	José Balta	Alfredo Lapoint	José Balta
Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
157.6	5	154.5	3.2	151.5	8.8
José Balta	7 de Enero	José Balta	7 de Enero	José Balta	7 de Enero
Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
146.4	5	139.2	3.2	136.1	4.5
7 de Enero	Saéñz Peña	Saéñz Peña	Manco Capac	7 de Enero	Saéñz Peña
Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
135.1	3.2	100.3	9	129.4	3.9
Saéñz Peña	Manco Capac			Saéñz Peña	Manco Capac
Largo	Ancho			Largo	Ancho
99.3	5.8			99.3	12

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al ancho medido con wincha.

Tramo		Tramo	
Pedro Ruíz entre:		José Balta entre:	
MEDIDAS (metros)		MEDIDAS (metros)	
Simón Bolívar	Luis Gonzáles	Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho	Largo	Ancho
154.9	12	106.2	12
Luis Gonzáles	Alfonso Ugarte	Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho	Largo	Ancho
81	12	61.5	12
Alfonso Ugarte	Juan Cuglievan	Leoncio Prado	8 de Octubre
Largo	Ancho	Largo	Ancho
92.4	12	79.3	12
Juan Cuglievan	Héroes Civiles	8 de Octubre	Pedro Ruíz
Largo	Ancho	Largo	Ancho
87.2	12	65.8	12
Héroes Civiles	Alfredo Lapoint	Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho	Largo	Ancho
26.8	12	124.6	12
Alfredo Lapoint	José Balta		
Largo	Ancho		
150.8	12		
José Balta	7 de Enero		
Largo	Ancho		
134.6	12		
7 de Enero	Leticia		
Largo	Ancho		
69	14.7		
Leticia	Saéñz Peña		
Largo	Ancho		
74.3	14.7		
Saéñz Peña	Manco Capac		
Largo	Ancho		
58.7	9		

Fuente: Propia – Tablas elaboradas en base al ancho medido con wincha.

8.7. ANEXO 7: Ancho de calles reducidos debido a informalidades y estacionamientos prohibidos.

Tramo	
Luis Gonzáles entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
76.2	7.8
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
92.9	7.8
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
58.1	9.9
Leoncio Prado	Diego Ferre
Largo	Ancho
70.9	10.2
Diego Ferre	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
67.9	10.2
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
154.1	10.2

Tramo	
Alfonso Ugarte entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
74.6	3.9
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
77.6	3.6
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
82.8	5
Leoncio Prado	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
136.8	5.4
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
149.7	8.4

Tramo	
Juan Cuglievan entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
83.4	3.7
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
99.6	4.5
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
64.2	3.2
Leoncio Prado	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
139.6	7.5
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
143.2	8.4

Fuente: Propia – Ancho de calzada reducido por informalidades y estacionamientos prohibidos.

Tramo	
7 de Enero entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
107.1	9.7
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
104.4	3.7
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
61.4	3.7
Leoncio Prado	8 de Octubre
Largo	Ancho
54.1	3.7
8 de Octubre	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
94.7	4.8
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
114.9	7.2

Tramo	
Saénz Peña entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
112	14
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
87.1	14
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
61.8	14
Leoncio Prado	8 de Octubre
Largo	Ancho
45.4	12
8 de Octubre	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
120.6	12
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
109	12

Tramo	
Leticia entre:	
MEDIDAS (metros)	
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
110.5	5.4

Tramo	
Héroes Civiles entre:	
MEDIDAS (metros)	
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
136.3	5.4

Tramo	
Diego Ferre entre:	
MEDIDAS (metros)	
Luis Gonzáles	Simón Bolívar
Largo	Ancho
150.4	7.2

Fuente: Propia – Ancho de calzada reducido por informalidades y estacionamientos prohibidos.

Tramo	
Alfredo Lapoint entre:	
MEDIDAS (metros)	
San José	Vicente de la Vega
Largo	Ancho
88.9	3.2
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
104.9	3.2
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
62.9	3.8
Leoncio Prado	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
140.3	3.8

Tramo	
José Balta entre:	
MEDIDAS (metros)	
Vicente de la Vega	Lora y Cordero
Largo	Ancho
106.2	8.4
Lora y Cordero	Leoncio Prado
Largo	Ancho
61.5	8.4
Leoncio Prado	8 de Octubre
Largo	Ancho
79.3	8.4
8 de Octubre	Pedro Ruíz
Largo	Ancho
65.8	8.4
Pedro Ruíz	Arica
Largo	Ancho
124.6	8.4

Tramo	
8 de Octubre entre:	
MEDIDAS (metros)	
Saénz Peña	7 de Enero
Largo	Ancho
134	9.6
7 de Enero	José Balta
Largo	Ancho
136.5	3.6

Fuente: Propia – Ancho de calzada reducido por informalidades y estacionamientos prohibidos.

Tramo		Tramo	
Vicente de la Vega entre:		Lora y Codero entre:	
MEDIDAS (metros)		MEDIDAS (metros)	
Simón Bolívar	Luis Gonzáles	Simón Bolívar	Luis Gonzáles
Largo	Ancho	Largo	Ancho
135.5	9	143.1	9.3
Luis Gonzáles	Alfonso Ugarte	Luis Gonzáles	Alfonso Ugarte
Largo	Ancho	Largo	Ancho
94.1	5.6	93.6	4.1
Alfonso Ugarte	Juan Cuglievan	Alfonso Ugarte	Juan Cuglievan
Largo	Ancho	Largo	Ancho
122.3	3.6	115.3	3.7
Juan Cuglievan	Alfredo Lapoint	Juan Cuglievan	Alfredo Lapoint
Largo	Ancho	Largo	Ancho
81.3	3	90.7	4.2
Alfredo Lapoint	José Balta	Alfredo Lapoint	José Balta
Largo	Ancho	Largo	Ancho
157.6	3.2	154.5	3.2
José Balta	7 de Enero	José Balta	7 de Enero
Largo	Ancho	Largo	Ancho
146.4	3.2	139.2	3.2
7 de Enero	Saézn Peña	Saézn Peña	Manco Capac
Largo	Ancho	Largo	Ancho
135.1	3.2	100.3	7.2
Saézn Peña	Manco Capac		
Largo	Ancho		
99.3	4		

Fuente: Propia – Ancho de calzada reducido por informalidades y estacionamientos prohibidos.

Tramo		Tramo	
Leoncio Prado entre:		Pedro Ruíz entre:	
MEDIDAS (metros)		MEDIDAS (metros)	
Simón Bolívar	Luis Gonzáles	Simón Bolívar	Luis Gonzáles
Largo	Ancho	Largo	Ancho
148.7	9	154.9	8.4
Luis Gonzáles	Alfonso Ugarte	Luis Gonzáles	Alfonso Ugarte
Largo	Ancho	Largo	Ancho
89.8	5.4	81	8.4
Alfonso Ugarte	Juan Cuglievan	Alfonso Ugarte	Juan Cuglievan
Largo	Ancho	Largo	Ancho
108.4	5.4	92.4	8.4
Juan Cuglievan	Alfredo Lapoint	Juan Cuglievan	Héroes Civiles
Largo	Ancho	Largo	Ancho
97.1	5.4	87.2	8.4
Alfredo Lapoint	José Balta	Héroes Civiles	Alfredo Lapoint
Largo	Ancho	Largo	Ancho
151.5	5.2	26.8	8.4
José Balta	7 de Enero	Alfredo Lapoint	José Balta
Largo	Ancho	Largo	Ancho
136.1	2.7	150.8	8.4
7 de Enero	Saézn Peña	José Balta	7 de Enero
Largo	Ancho	Largo	Ancho
129.4	3.9	134.6	8.4
Saézn Peña	Manco Capac	7 de Enero	Leticia
Largo	Ancho	Largo	Ancho
99.3	10.2	69	11.1
		Leticia	Saézn Peña
		Largo	Ancho
		74.3	11.1
		Saézn Peña	Manco Capac
		Largo	Ancho
		58.7	9

Fuente: Propia – Ancho de calzada reducido por informalidades y estacionamientos prohibidos.



8.8. ANEXO 8: Ejercicio desarrollado en excel de una intersección semaforizada para calcular las respuestas que Synchro 8 brinda.


EJERCICIO																																						
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA N°1																																						
Avenida Luis Gonzáles - Calle Vicente de la Vega																																						
FASE 1			FASE 2																																			
MOVIMIENTOS A y C			MOVIMIENTOS B y D																																			
DURACION DEL CICLO SEMAFORICO																																						
84 segundos																																						
FASE 1			FASE 2																																			
DURACIÓN:	48.5	s	DURACIÓN:	35.5	s																																	
VERDE=	45	s	VERDE=	32	s																																	
AMBAR=	3.5	s	AMBAR=	3.5	s																																	
ROJO=	35.5	s	ROJO=	48.5	s																																	
LANE SETTINGS - CONFIGURACIONES DEL CARRIL EN ESTUDIO																																						
Vehículos que giran a la derecha (A)	476 veh/h/carril																																					
Vehículos que van defrente (C)	1329 veh/h/carril																																					
Longitud de recorrido	76.2 m																																					
Velocidad	29 km/h																																					
Establecer el nombre y la velocidad	manualmente																																					
Tiempo de recorrido	9.46 s																																					
Flujo de saturación ideal	1900																																					
El 2000 HCM recomienda el uso de 1.900 vehículos por hora por carril.																																						
Ancho de carril	3.9 m																																					
En NBL no es necesario porque no es la ruta de carril. NBL= Vehículos que van hacia el norte y giran a la izquierda NBT= Vehículos que van a través de la vía NBR= Vehículos que van hacia el norte y giran a la derecha Las terminaciones BR significan que giran hacia la derecha Las terminaciones BL significan que siguen recto Las terminaciones BL significan que giran hacia la izquierda E= Este, N= Norte, W= Oeste y S= Sur																																						
Grade = Pendiente	0 %																																					
Area Type CBD	MARCADO																																					
Indica si la vía es un Distrito Central de negocios cuando hay estacionamientos y gran actividad peatonal en la vía Si esta activado reduce la tasa de flujo saturado en : 0.9																																						
Storage Length (m) y Storage Lanes (#) son colocados en caso de que la intersección tenga una bahía de giro con cierta distancia tanto para la derecha o izquierda pero si se extiende el giro en toda la vía, el valor es: 0																																						
Right Turn Channelized: indica si el giro a la derecha se encuentra canalizado ya sea por una señal de pare, seda el paso o por algún semáforo: Nada																																						
En caso de encontrarse canalizado se ingresa una curvatura en su giro , de no tener esta opción no se activará de igual forma Add lanes que indica donde se pone valor de (0) crea una cedencia o combinación para los conductores que completan un giro a la derecha. Establecer el valor en uno (1) agrega un carril de continuación para el giro a la derecha.																																						
Lane Utilization Factor: factor de uso del carril			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lane Group Movements</th> <th># of Lanes</th> <th>Lane Utilization Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Thru or shared</td><td>1</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Thru or shared</td><td>2</td><td>0.95</td></tr> <tr><td>Thru or shared</td><td>3</td><td>0.91</td></tr> <tr><td>Thru or shared</td><td>4+</td><td>0.86</td></tr> <tr><td>Left</td><td>1</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Left</td><td>2</td><td>0.97</td></tr> <tr><td>Left</td><td>3+</td><td>0.94</td></tr> <tr><td>Right</td><td>1</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Right</td><td>2</td><td>0.88</td></tr> <tr><td>Right</td><td>3</td><td>0.76</td></tr> </tbody> </table>			Lane Group Movements	# of Lanes	Lane Utilization Factor	Thru or shared	1	1.00	Thru or shared	2	0.95	Thru or shared	3	0.91	Thru or shared	4+	0.86	Left	1	1.00	Left	2	0.97	Left	3+	0.94	Right	1	1.00	Right	2	0.88	Right	3	0.76
Lane Group Movements	# of Lanes	Lane Utilization Factor																																				
Thru or shared	1	1.00																																				
Thru or shared	2	0.95																																				
Thru or shared	3	0.91																																				
Thru or shared	4+	0.86																																				
Left	1	1.00																																				
Left	2	0.97																																				
Left	3+	0.94																																				
Right	1	1.00																																				
Right	2	0.88																																				
Right	3	0.76																																				
Defrente o compartido para 3 carriles			0.95																																			
Defrente o compartido para 3 carriles			0.95																																			
En NBL no es necesario porque no es la ruta de carril.																																						
Right Turn Factor: factor de giro a la derecha f _{RT} =			0.960																																			
Carril exclusivo:			Exclusive Lane: f _{RT} = 0.85																																			
Carril compartido:			Shared Lane: f _{RT} = 1.0 - (0.15) P _{RT}																																			
Un solo carril:			Single Lane: f _{RT} = 1.0 - (0.135) P _{RT}																																			

Fuente: Propia – Ejercicio de intersección semafORIZADA resuelto en excel.

Left turn factor (prot): Factor de giro a la izquierda (prot) al no existir el HCM dictamina un valor de : $f_{LT} = 1$		Left Turn Factor for exclusive lanes is: $f_{LT} = 0.95$ The Left Turn Factor for shared lanes is: $f_{LT} = 1 / (1.0 + 0.05 P_{LT})$ P_{LT} = Proportion of left turn traffic in lane group		Hay un caudal saturado permitido y protegido. Para los grupos de carril izquierdo y pasante, el caudal saturado permitido se utiliza cuando se permiten giros a la izquierda y el caudal saturado protegido se utiliza cuando los giros a la izquierda están protegidos. Para los grupos de carril de giro a la derecha, el caudal permitido se utiliza con las fases de giro a la derecha permitidas y libres. El caudal protegido se utiliza con una indicación de señal protegida que se superpone con una fase de giro a la izquierda protegida que no entra en conflicto.																																																																																	
Carril exclusivo:																																																																																					
Carril compartido																																																																																					
Saturated flow rate (prot) : Tasa de flujo saturado protegido																																																																																					
$S = S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$																																																																																					
S = tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles en cuestión, un total para todos los carriles en el grupo de carriles, veh / h		2956.97																																																																																			
S₀ = tasa de flujo de saturación de base por carril, pc / h / ln,		1900.000																																																																																			
N = número de carriles en el grupo de carriles		2.000																																																																																			
F_w = factor de ajuste para el ancho del carril		1																																																																																			
Table S-1 Adjustment for Lane Width																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Average Lane Width (ft)</th> <th>Adjustment Factor (f_w)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 10.0</td> <td>0.96</td> </tr> <tr> <td>≥ 10.0 - 12.9</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>> 12.9</td> <td>1.04</td> </tr> </tbody> </table>		Average Lane Width (ft)	Adjustment Factor (f _w)	< 10.0	0.96	≥ 10.0 - 12.9	1.00	> 12.9	1.04	menor a 3.048 m		= 0.96																																																																									
Average Lane Width (ft)	Adjustment Factor (f _w)																																																																																				
< 10.0	0.96																																																																																				
≥ 10.0 - 12.9	1.00																																																																																				
> 12.9	1.04																																																																																				
		desde 3.048 m		hasta 3.93 m = 1																																																																																	
		mayor a 3.93 m		= 1.04																																																																																	
F_{hv} = factor de ajuste para vehículos pesados en la corriente de tráfico		0.92																																																																																			
The Heavy Vehicle Factor is: $F_{hv} = 100 / (100 + \% hv (E_t - 1))$ where: F _{hv} = heavy vehicle adjustment factor % hv = % heavy vehicles for lane group volume E _t = 2.0 pc/hv		heavy vehicles = 9 % Valor de vehículos pesados en % se ingresa en Synchro.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vehicle Type</th> <th>Passenger Car Equivalent, E_t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Passenger Car</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>Heavy Vehicle</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table>		Vehicle Type	Passenger Car Equivalent, E _t	Passenger Car	1.0	Heavy Vehicle	2.0																																																																										
Vehicle Type	Passenger Car Equivalent, E _t																																																																																				
Passenger Car	1.0																																																																																				
Heavy Vehicle	2.0																																																																																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Heavy Vehicles (%)</th> <th>9</th> <th>9</th> <th>9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Heavy Vehicles (%)	9	9	9																																																																														
Heavy Vehicles (%)	9	9	9																																																																																		
F_g = factor de ajuste para pendiente de aproximación		1.000		F_g = 1 - %G/200																																																																																	
F_p = factor de ajuste para la existencia de un carril de estacionamiento y actividad de estacionamiento adyacente, Nm = # maniobras de parqueo/hora		1.000		F_p = [N - 0.1 - (18Nm/3600)]/N																																																																																	
F_{bb} = factor de ajuste para el efecto de bloqueo de los autobuses locales que paran dentro del área de la intersección Nb = # de buses que paran = 0		1.000		F_{bb} = [N - (14.4Nb/3600)]/N																																																																																	
F_a = factor de ajuste por tipo de área Si la intersección tiene un tipo de área de CBD, el flujo ideal se multiplica por 0.90.		0.900																																																																																			
F_{lu} = factor de ajuste para la utilización del carril Es el calculado anteriormente en : Lane Utilization Factor: factor de uso del carril		0.950																																																																																			
F_{lt} = factor de ajuste para giros a la izquierda en el grupo de carriles Es el calculado anteriormente en : Left turn factor (prot): Factor de giro a la izquierda (prot)		1.000																																																																																			
F_{rt} = factor de ajuste para giros a la derecha en el grupo de carriles Es el calculado anteriormente en : Right Turn Factor: factor de giro a la derecha		0.960																																																																																			
F_{lpb} = factor de ajuste del peatón para los movimientos de giro a la izquierda F_{rpb} = factor de ajuste de peatón/ bicic. para los movimientos de giro derecha		1.000		1.000																																																																																	
Es usado cuando existen instalaciones de señales peatonales (semáforo peatonal) y para carriles con uso de bicicletas																																																																																					
Right Turn on Red? = para indicar si los vehículos pueden girar a la derecha cuando el semáforo esta en rojo																																																																																					
Saturated flow rate (RTOR) = calcula el flujo de saturación de vehículos que giran a la derecha cuando hay luz roja.																																																																																					
VOLUME SETTINGS - CONFIGURACIONES DEL VOLUMEN																																																																																					
Lanes and Sharing corresponde al direccionamiento de la ruta.		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VOLUME SETTINGS</th> <th>NBL</th> <th>NBT</th> <th>NBR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lanes and Sharing (#RL)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Traffic Volume (vph)</td> <td></td> <td>0</td> <td>1329</td> <td>476</td> </tr> <tr> <td>Conflicting Peds. (#/hr)</td> <td></td> <td>0</td> <td>—</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Conflicting Bicycles (#/hr)</td> <td></td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Peak Hour Factor</td> <td></td> <td>0.98</td> <td>0.98</td> <td>0.98</td> </tr> <tr> <td>Growth Factor</td> <td></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Heavy Vehicles (%)</td> <td></td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Bus Blockages (#/hr)</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Adj. Parking Lane?</td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Parking Maneuvers (#/hr)</td> <td></td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Traffic from mid-block (%)</td> <td></td> <td>—</td> <td>0</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Link OD Volumes</td> <td></td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Adjusted Flow (vph)</td> <td></td> <td>0</td> <td>1356</td> <td>486</td> </tr> <tr> <td>Traffic in shared lane (%)</td> <td></td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Lane Group Flow (vph)</td> <td></td> <td>0</td> <td>1842</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				VOLUME SETTINGS		NBL	NBT	NBR	Lanes and Sharing (#RL)					Traffic Volume (vph)		0	1329	476	Conflicting Peds. (#/hr)		0	—	0	Conflicting Bicycles (#/hr)		—	—	0	Peak Hour Factor		0.98	0.98	0.98	Growth Factor		1.00	1.00	1.00	Heavy Vehicles (%)		9	9	9	Bus Blockages (#/hr)		0	0	0	Adj. Parking Lane?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Parking Maneuvers (#/hr)		—	—	—	Traffic from mid-block (%)		—	0	—	Link OD Volumes		—	—	—	Adjusted Flow (vph)		0	1356	486	Traffic in shared lane (%)		—	—	—	Lane Group Flow (vph)		0	1842	0
VOLUME SETTINGS		NBL	NBT	NBR																																																																																	
Lanes and Sharing (#RL)																																																																																					
Traffic Volume (vph)		0	1329	476																																																																																	
Conflicting Peds. (#/hr)		0	—	0																																																																																	
Conflicting Bicycles (#/hr)		—	—	0																																																																																	
Peak Hour Factor		0.98	0.98	0.98																																																																																	
Growth Factor		1.00	1.00	1.00																																																																																	
Heavy Vehicles (%)		9	9	9																																																																																	
Bus Blockages (#/hr)		0	0	0																																																																																	
Adj. Parking Lane?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																	
Parking Maneuvers (#/hr)		—	—	—																																																																																	
Traffic from mid-block (%)		—	0	—																																																																																	
Link OD Volumes		—	—	—																																																																																	
Adjusted Flow (vph)		0	1356	486																																																																																	
Traffic in shared lane (%)		—	—	—																																																																																	
Lane Group Flow (vph)		0	1842	0																																																																																	
Traffic Volume es el volumen vehicular Vehículos que giran a la derecha (A) 476 veh/h/carril Vehículos que van defrente (C) 1329 veh/h/carril																																																																																					
Como se ha explicado anteriormente las bicicletas y los peatones no influyen en dicha intersección																																																																																					
Peak hour factor																																																																																					
MOV.	# Veh. mixtos /hora	FACTOR DE HORA PICO (PHF) para A y C																																																																																			
A	1329	A+C	438	453																																																																																	
B	517		459	455																																																																																	
C	476	máx n15 (A+C)	459																																																																																		
D	385	máx n60 (A+C)	1805																																																																																		
FACTOR DE HORA PICO		PHF =	$\eta_{60} / (4 * \eta_{15})$																																																																																		
		PHF =	0.98																																																																																		
Heavy vehicles (%)		# Vehículos Ligeros (A+C)	1644																																																																																		
		#Vehículos pesados (A+C)	161																																																																																		
		% Vehículos Ligeros (A+C)	91.08%																																																																																		
		% Vehículos pesados (A+C)	8.92%																																																																																		

Fuente: Propia – Ejercicio de intersección semaforizada resuelto en excel.

Growth Factor :	es el factor de crecimiento, sin embargo el estudio de la presente tesis hace referencia a un análisis actual = 1
Heavy vehicles (%)	es el porcentaje de vehículos pesados cuantificados en campo = 8.92
Bus Blockages (#/hr):	indica los buses que bloquean la intersección por hora, en dicha intersección no pasan buses = 0
Adj. Parking Lane?	Para indicar si hay estacionamiento, en esta intersección no existen estacionamientos.
Parking Maneuvers (#/hr):	Por el motivo anterior, esta sección de maniobras de parqueo no esta activada.
Traffic from mid-block (%)	Indica el % de tránsito surge desde mitad de la calle, no es el caso.
Link OD Volumes:	Ayuda a equilibrar el volumen en un red vial, en este caso el volumen se ingresó manualmente.
Adjusted Flow:	El flujo ajustado (vph) es el volumen ingresado modificado por el factor de hora pico y el factor de crecimiento.
POR RUTA:	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  NBT </div> <div style="text-align: center;"> volumen/PHF/Growth Factor 1356.12 </div> <div style="text-align: center;">  NBR </div> <div style="text-align: center;"> 485.71 </div> </div>
Traffic in shared lane (%)	Este valor se ha colocado manualmente por carril en Synchro
Lane Group Flow	suma de Adjusted flow: 1841.84

INGRESO DE LOS TIEMPOS SEMAFORIZACIÓN - CONFIGURACIONES DEL TIEMPO																																																																														
Turn type:	Indica el tipo de giro, se activa para giros exclusivos, en este caso es un giro compartido	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ADD8E6;">TIMING SETTINGS</th> <th style="text-align: center;">↖</th> <th style="text-align: center;">↑</th> <th style="text-align: center;">↗</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">NBL</th> <th style="text-align: center;">NBT</th> <th style="text-align: center;">NBR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lanes and Sharing (HRL)</td> <td style="text-align: center;">▼</td> <td style="text-align: center;">↕</td> <td style="text-align: center;">↕</td> </tr> <tr> <td>Traffic Volume (vph)</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1329</td> <td style="text-align: center;">476</td> </tr> <tr> <td>Turn Type</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Protected Phases</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Permitted Phases</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Detector Phases</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Minimum Split (s)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">20.0</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Total Split (s)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">48.5</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Yellow Time (s)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">3.5</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>All-Red Time (s)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">0.0</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Actuated Elct. Green (s)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">45.0</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Actuated g/C Ratio</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">0.54</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Volume to Capacity Ratio</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">1.16</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Control Delay (s)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">102.5</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Queue Delay (s)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">0.0</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Total Delay (s)</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">102.5</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Level of Service</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">F</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>	TIMING SETTINGS	↖	↑	↗		NBL	NBT	NBR	Lanes and Sharing (HRL)	▼	↕	↕	Traffic Volume (vph)	0	1329	476	Turn Type	-	-	-	Protected Phases	-	2	-	Permitted Phases	-	-	-	Detector Phases	-	2	-	Minimum Split (s)	-	20.0	-	Total Split (s)	-	48.5	-	Yellow Time (s)	-	3.5	-	All-Red Time (s)	-	0.0	-	Actuated Elct. Green (s)	-	45.0	-	Actuated g/C Ratio	-	0.54	-	Volume to Capacity Ratio	-	1.16	-	Control Delay (s)	-	102.5	-	Queue Delay (s)	-	0.0	-	Total Delay (s)	-	102.5	-	Level of Service	-	F	-
TIMING SETTINGS	↖		↑	↗																																																																										
	NBL	NBT	NBR																																																																											
Lanes and Sharing (HRL)	▼	↕	↕																																																																											
Traffic Volume (vph)	0	1329	476																																																																											
Turn Type	-	-	-																																																																											
Protected Phases	-	2	-																																																																											
Permitted Phases	-	-	-																																																																											
Detector Phases	-	2	-																																																																											
Minimum Split (s)	-	20.0	-																																																																											
Total Split (s)	-	48.5	-																																																																											
Yellow Time (s)	-	3.5	-																																																																											
All-Red Time (s)	-	0.0	-																																																																											
Actuated Elct. Green (s)	-	45.0	-																																																																											
Actuated g/C Ratio	-	0.54	-																																																																											
Volume to Capacity Ratio	-	1.16	-																																																																											
Control Delay (s)	-	102.5	-																																																																											
Queue Delay (s)	-	0.0	-																																																																											
Total Delay (s)	-	102.5	-																																																																											
Level of Service	-	F	-																																																																											
Protected Phases:	Indica que el semáforo da la orden a la fase #2 las fases a la derecha van agregadas a las fases que siguen defrente aunque solo muestre 1 dibujo																																																																													
SISTEMA DE LECTURA DE FASES																																																																														
Phase Template Editor																																																																														
																																																																														
North South Arterial																																																																														
Cada número indica el movimiento de la fase, los números pares son movimientos rectos y a la derecha por otro lado los número impares son aquellos movimientos hacia la izquierda																																																																														
Detector Phase:	indica que fase #2 detecta las señales del semáforo.																																																																													
Permitted Phases:	indica la fase que se le permite girar cuando otra señal este en rojo.																																																																													
Minimum split (s)	es la suma del verde mínimo y el ambar mínimo a considerar. no influye en los cálculos	20																																																																												
Total Split (s)	es la suma de verde con ambar para el semáforo que restringe y da el paso a los movimientos calculados.	48.5																																																																												
Yellow time (s)	es el tiempo de ambar para el semáforo que controla los movimientos en estudio .	3.5																																																																												
All red time (s)	es el tiempo de todo rojo, es decir todos los semáforos marcan la luz roja deteniendo todos los accesos posibles. no es el caso, pues al terminar un semáforo inicia el otro.																																																																													
Actuated Effct. Green (s)	es el tiempo de verde efectivo	45																																																																												
Actuated g/C Ratio	verde/duración del ciclo observado (verde+ambar+rojo)	0.54																																																																												
Volume to capacity ratio	X= relación entre el volumen y la capacidad s: = Saturated Flow Rate y v= Adjusted Lane Group Volume; calculados anteriormente	1.16																																																																												
		$X = \frac{v}{s * g / C}$																																																																												

Fuente: Propia – Ejercicio de intersección semaforizada resuelto en excel.

Control Delay (s) La demora de control es causada por el dispositivo de control de tráfico descendente para el grupo de carriles.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

d1= demora uniforme (s/veh) d2= demora incremental (s/veh)
 d3= retraso por cola inicial PF= factor de ajuste de progresión para tener en cuenta la coordinación semafórica.

Método de Websters Delay (s)

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$$

$$d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$$

C= duración del ciclo semafórico= **84 Cycle Length (s)**
 0.5*C= **42**
 g/C= **0.54 Actuated g/C Ratio**
 (1-g/C)^2= **0.22**
 0.5*C*(1-(g/C))^2= **9.05**
 X=v/c= **1.16 Volume to capacity ratio**
 D1= **19.50**
 D3= no utilizado en Synchro actualmente
 T= duración del análisis en horas, por defecto 0,25 **0.25**

$$c = N * s * \frac{g}{C}$$

c= capacidad del grupo de carriles **1714.29**
 N= numero de carriles, s= flujo de saturación ajustado por carril de paso y g/C= verde/duración del ciclo observado
 s= 1600 por defecto para zonas de tipo CBD comerciales, para otro tipo de zona es 1800
c*T= 428.57
900T= 225.00
X-1= 0.16
(X-1)^2= 0.03
8kIX= 4.65
I= 1.00 Synchro recomienda usar 1 ya que es un calculo interno.
 I= Ajuste de retardo incremental para el filtrado o medición por señales ascendentes.
K= 0.50
 Para señales pre-temporizadas, se usa un valor de k = 0.50, que se basa en un proceso de cola con llegadas aleatorias y un tiempo de servicio uniforme equivalente a la capacidad del grupo de carriles, es ajuste de retardo incremental para el control accionado.
D2= 80.08
PF= 1.15
 El factor de ajuste de progresión, PF, se aplica a todos los grupos de carriles coordinados, ya sea que el control sea pre-temporizado o no activado en un sistema semiactivado.
1- g/C= 0.464
P= proporción de vehículos que siguen en verde, en porcentaje
P= 0.466 aleatorio por Synchro entre el 40-60 %
(1-P)= 0.534
fPA= 1.00 factor de ajuste suplementario para la llegada del pelotón durante el green.

$$PF = \frac{(1-P)f_{PA}}{\left(1 - \frac{g}{C}\right)}$$

D= D1*PF+D2+D3 102.508

EXHIBIT 15-5. PROGRESSION ADJUSTMENT FACTORS FOR UNIFORM DELAY CALCULATION

Green Ratio (g/C)	Arrival Type (AT)					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
f_{PA}	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
Default, R_p	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000

EXHIBIT 10-18. PROGRESSION QUALITY AND ARRIVAL TYPE

Progression Quality	Arrival Type	Conditions Under Which Arrival Type is Likely To Occur
Very poor	1	Occurs for coordinated operation on two-way street where one direction of travel does not receive good progression. Signals are spaced less than 500 m apart.
Unfavorable	2	A less extreme version of Arrival Type 1. Signals spaced at or more than 500 m but less than 1000 m apart.
Random arrivals	3	Isolated signals spaced at or more than 1000 m apart (whether or not coordinated).
Favorable	4	Occurs for coordinated operation, often only in one direction on a two-way street. Signals are typically between 500 m and 1000 m apart.
Highly favorable	5	Occurs for coordinated operation. More likely to occur with signals less than 500 m apart.
Exceptional	6	Typical of one-way streets in dense networks and central business districts. Signal spacing is typically under 250 m.

Queue Delay (s) Queue Delay es un análisis de los efectos de las colas y el bloqueo en enlaces cortos y bahías de giro cortas. es 0 ya que no existen bahías de giros, bloqueos ni es un enlace corto **0**

Total Delay (s) demora total es la suma de Queue Delay (s) y Control Delay (s) **102.51 SEGUNDOS**

Fuente: Propia – Ejercicio de intersección semaforizada resuelto en excel

EL NIVEL DE SERVICIO SE ESTABLECE DE ACORDE A LA DEMORA DE LA FASE

AL TENER UN TOTAL DELAY POR VEHÍCULO DE 102.51 SEGUNDOS
 Y UNA RELACIÓN DE VOLUMEN/CAPACIDAD INFERIOR A 1 x=v/c= 1.16 Volume to capacity ratio
 EL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA ES : F

Table 4-1 Signalized Intersection Level of Service (2010 HCM)

Control Delay Per Vehicle (s)	LOS by Volume to Capacity Ratio	
	≤1	>1
≤10	A	F
>10 and ≤20	B	F
>20 and ≤35	C	F
>35 and ≤55	D	F
>55 and ≤80	E	F
>80	F	F

NODE SETTINGS - CONFIGURACIONES DEL NUDO

Node: número de orden de la creación del nodo= 11
Zona: colocar nombre a la intersección, es opcional
X= coordenadas en Synchro en base a distancias ingresadas y al orden de dibujo
Y= coordenadas en Synchro en base a distancias ingresadas y al orden de dibujo
Z= altura 0 , para intersecciones a desnivel

Descripción= describir la intersección, opcional

Tipo de control= **Pretimed:** semáforo de tiempo fijo

Cycle length= 84 tiempo necesario para que se den todos los movimientos es la suma del tiempo de todas las fases.

Máx. v/c ratio= 1.16 hay mayor flujo en la dirección considerada es por ello que no es necesario calcular la otra

La relación máxima v/c es la relación v/c de movimiento individual o grupo de carriles más alta.

Intersection Delay (s)

El campo Retraso de intersección muestra el Retraso total promedio para la intersección señalizada y se calcula tomando un promedio ponderado por volumen de todos los Retrasos totales.

Para este ejemplo se ha tomado el desarrollo de una fase en donde el TOTAL DELAY = 102.51
 para la otra fase el total delay es sacado de Synchro con los mismos pasos, siendo= 28.5

Total Delay (s)	102.5	Total Delay (s)	28.5
-----------------	-------	-----------------	------

NODE SETTINGS	
Node #	11
Zone:	
X East (m)	166.6
Y North (m)	-477.6
Z Elevation (m)	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s)	84.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Max v/c Ratio:	1.16
Intersection Delay (s):	77.2
Intersection LOS:	E
ICU:	0.93
ICU LOS:	F
Offset (s):	0.0
Referenced to:	Begin of Green
Reference Phase:	2 - NBT
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>



$$\text{Intersection delay, } d_1 = \frac{\sum(d_n)(V_n)}{\sum V_n} \text{ (s/veh)}$$

El volumen para esta fase calculada es de : 1805 v/h/c
 El volumen de la otra fase es de : 902 v/h/c



Fuente: Propia – Ejercicio de intersección semafORIZADA resuelto en excel

Intersection LOS (nivel de servicio) para la intersección																				
AL TENER UN TOTAL DELAY EN LA INTERSECCIÓN DE		77.85 SEGUNDOS																		
EL NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA ES :		E																		
Table 4-1 Signalized Intersection Level of Service (2010 HCM)																				
Control Delay Per Vehicle (s)	LOS by Volume to Capacity Ratio																			
	≤1	>1																		
≤10	A	F																		
>10 and ≤20	B	F																		
>20 and ≤35	C	F																		
>35 and ≤55	D	F																		
>55 and ≤80	E	F																		
>80	F	F																		
ICU																				
Además, Synchro proporciona un método alternativo para evaluar la capacidad de intersección llamado método ICU (Intersection Capacity Utilization). En general, el método de la UCI es una medida más directa de la capacidad de intersección y más fácil de calcular. El método de la UCI también superó varias deficiencias que se corrigieron en HCM 2000.																				
$ICU = \sum (\max (t_{Min}, v/si) * CL + tLi) / CL = \text{Intersection Capacity Utilization}$ <p>CL = Reference Cycle Length tLi = Lost time for critical movement i v/si = volume to saturation flow rate, critical movement i</p>		Table 4-3 Level of Service Criteria for ICU Analysis <table border="1"> <thead> <tr> <th>ICU</th> <th>Level of Service</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 to 55%</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>>55% to 64%</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>>64% to 73%</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>>73% to 82%</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>>82% to 91%</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>>91% to 100%</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>>100% to 109%</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>>109%</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	ICU	Level of Service	0 to 55%	A	>55% to 64%	B	>64% to 73%	C	>73% to 82%	D	>82% to 91%	E	>91% to 100%	F	>100% to 109%	G	>109%	H
ICU	Level of Service																			
0 to 55%	A																			
>55% to 64%	B																			
>64% to 73%	C																			
>73% to 82%	D																			
>82% to 91%	E																			
>91% to 100%	F																			
>100% to 109%	G																			
>109%	H																			
ICU Reference Cycle Length (s):	<input type="text" value="120"/>																			
CL = Duración del ciclo de referencia =	120																			
tLi = Tiempo perdido por movimiento crítico i, yellow time - minimum initial	2																			
v / si = volumen a tasa de flujo de saturación, movimiento crítico i =	0.92																			
tMin = tiempo verde mínimo, movimiento crítico i =	0.54	ICU= 0.932 F																		
max (tMin, v/si) =	0.92	ICU= 93% F																		
Offset:	Sirve para establecer el desfase entre 2 semáforos que se encuentran en la la misma ruta	en segundos																		
Referenced to:	para referenciar a que color del semáforo para el tiempo de desfase vamos a usar.	verde/rojo/ambar																		
Referenced phase:	para mencionar que lado de la intersección va a referenciar a la otra intersección en la misma ruta.	N/S/E/O																		
Master intersection:	Para marcar la intersección que va a referenciar a la otra intersección.	INTERSECCIÓN MAESTRA.																		

Fuente: Propia – Ejercicio de intersección semaforizada resuelto en excel

8.9. ANEXO 9: Congestionamiento generado por el transporte ligero (taxis y autos) y transporte pesado (combis y camionetas)

Via / Vehículos	Congestionamiento generado por calles	
	% Veh. Ligeros	% Veh. Pesados
Av. Luis Gonzáles	91.59%	8.41%
Alfonso Ugarte	92.47%	7.53%
Juan Cuglievan	92.10%	7.90%
Héroes Civiles	91.64%	8.36%
Alfredo Lapoint	91.70%	8.30%
Av. Balta	90.78%	9.22%
7 de Enero	91.13%	8.87%
Leticia	93.78%	6.22%
Av. Saénz Peña	91.41%	8.59%
Vicente de la Vega	90.69%	9.31%
Lora y Cordero	91.28%	8.72%
Leoncio Prado	91.73%	8.27%
Diego Ferre	91.08%	8.92%
8 de Octubre	89.84%	10.16%
Av. Pedro Ruíz	91.42%	8.58%
Promedio	91.51%	8.49%
Total	100.00%	

Fuente: Propia – Porcentajes del conteo en campo