

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Análisis de la capacidad vial y niveles de servicio en el anillo vial de la avenida España, Trujillo, La Libertad

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Ingeniería de Transporte

SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Transportes

Autor:

Bendezú Sarmiento, Walter Leonardo

Jurado Evaluador:

Presidente : Rodríguez Ramos, Mamerto
Secretario : Galicia Guarniz, William Conrad
Vocal : Gálvez Paredes, José Alcides

Asesor:

Henríquez Ulloa, Juan Paul

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3357-2315>

TRUJILLO - PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023/05/03

PRESIDENTE

Ing. Mamerto Rodríguez Ramos

SECRETARIO

Ing. William Galicia Guarniz

VOCAL

Ing. José Alcides Gálvez Paredes

ASESOR

Ing. Juan Paul Henríquez Ulloa

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Análisis de la capacidad vial y niveles de servicio en el anillo vial de la avenida España, Trujillo, La Libertad

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Ingeniería de Transporte

SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Transportes

Autor:

Bendezú Sarmiento, Walter Leonardo

Jurado Evaluador:

Presidente : Rodríguez Ramos, Mamerto
Secretario : Galicia Guarniz, William Conrad
Vocal : Gálvez Paredes, José Alcides

Asesor:

Henríquez Ulloa, Juan Paul

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3357-2315>

TRUJILLO - PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023/05/03

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón el resultado de esta tesis a las personas que me apoyaron en todo momento durante este proceso ya que son un gran soporte emocional para mí y un gran motivo para seguir adelante, por sus palabras de apoyo, esas palabras que no dejaron que deje una de las cosas que más me gusta que es trabajar en mina y poder desarrollar a la par esta investigación.

Dedicado a mis padres por sus sabios consejos cada vez que necesite tomar una gran decisión o cuando necesite ampliar mi visión de lo que tenía al frente. Dedicado a mi herma por estar siempre dispuesta a apoyarme y la felicidad que me da al regresar a casa de alguna guardia y también a mi hermanita que se encuentra lejos. Dedicada a mis abuelitas que siempre las tengo presente en el corazón y extraño mucho.

Dedicado a mi asesor y gran amigo a quien no solo acudí para apoyo de su gran papel para esta investigación sino también para grandes consejos que necesite en esta etapa de vida, palabras que siempre quedaran en mi memoria y que servirán para también guiar a alguien que lo necesite.

Dedicado a Claudia, persona que se volvió importante para mí y gran apoyo emocional en el tiempo que me encontraba lejos. Estas son las personas a quien siempre llevo en el corazón por su gran amor hacia mí que sirve como un gran motivo a seguir adelante y como ya he mencionado, esta investigación es dedicada a ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todo lo bueno que me a dado, mi familia, que es lo más importante para mí, quienes han creído en mí en cada momento, brindándome grandes consejos y ejemplos de superación, sacrificio y humildad; siempre enseñándome el valor de lo que tengo.

Les dedico este trabajo, porque han plantado en mí el deseo de superarme siempre y triunfar en la vida.

Al Ing. Juan Paul Henríquez Ulloa, por sus sabios consejos y su paciencia, a quien le agradezco por la confianza que deposita en mí al ser mi asesor y un gran amigo en el que puedo confiar en todo momento.

Gracias por siempre despejarme la vista ante una decisión importante.

Lo que he logrado hasta el día de hoy y en adelante todo es gracias a ustedes. Espero siempre tener su apoyo incondicional.

Resumen

El estudio se basa en realizar un análisis de la capacidad vial y niveles de servicios aplicando la metodología del HCM 2010 en una zona de Trujillo, el criterio el cual el área de estudio fue elegida es por ser una de las principales vías de la ciudad por bordear al centro de la ciudad y es denominado anillo vial de la “Av. España”, para poder validar la importancia de esta investigación y darle un aporte a la sociedad, la Municipalidad Provincial de Trujillo menciona que el trabajo de esta investigación puede aportar en el mejoramiento de la red vial de Trujillo.

Para la realización de este trabajo se necesita una toma de información en las intersecciones dentro del anillo vial, para este estudio se tomará tres intersecciones más concurridas por su proximidad a áreas comerciales, estudio, etc. Sin embargo, para realizar esta toma de datos existen varios métodos para la recolección de información, para este trabajo se tomó mediante conteo manual, 15 horas por 7 días entre las horas de 6:00 am a 21:00 pm del 31 de octubre al 06 de noviembre, para verificación de la información obtenida insitu por apunte, se solicitó al centro de monitoreo los videos de vigilancia de las intersecciones estudiadas de esas fechas y de ese intervalo de horas para que el porcentaje de confianza de la información sea muy buena para la investigación asemejándose más a la realidad. Referente a la Capacidad Vial y los Niveles de servicio se analizará mediante los lineamientos propuestos por la metodología HCM 2010 para intersecciones semaforizadas. Tomando en consideración las propuestas de mejoramiento que brinda el MTC se ha planteado propuestas más optimas para la mejora en la intersección de dichas avenidas.

Se concluye, que durante la semana la variación del patrón de volúmenes vehiculares mixtos nos muestra un comportamiento similar en un intervalo de 9:00 am a 21:00 pm para cada intersección. Los días más desfavorables encontrados son los lunes y viernes, además se puede notar que la mayor pérdida de tiempo para cruzar en las intersecciones es por el tránsito de vehículos de transporte público, afectando a las velocidades de recorrido generando congestión o saturación vehicular.

ABSTRACT

The study is based on carrying out an analysis of the road capacity and levels of services applying the HCM 2010 methodology in an area of Trujillo, the criterion by which the study area was chosen is because it is one of the main roads of the city for border the center of the city and is called the ring road of "Av. España", in order to validate the importance of this research and give a contribution to society, the Provincial Municipality of Trujillo mentions that the work of this research can contribute to the improvement of the Trujillo road network.

To carry out this work, an information collection is needed at the intersections within the road ring, for this study three more crowded intersections will be taken due to their proximity to commercial areas, study, etc. However, to carry out this data collection there are several methods for collecting information, for this work it was taken by manual counting, 14 hours for 7 days between the hours of 6:00 am to 8:00 pm from October 31 to November 6, for verification of the information obtained in situ by note, the monitoring center was asked for the surveillance videos of the intersections studied on those dates and for that interval of hours so that the percentage of confidence of the information is very good for research closer to reality. Regarding Road Capacity and Service Levels, it will be analyzed using the guidelines proposed by the HCM 2010 methodology for signalized intersections. Taking into consideration the improvement proposals provided by the MTC, more optimal proposals have been put forward for improvement at the intersection of said avenues.

It is concluded that during the week the variation of the pattern of mixed vehicle volumes shows us a similar behavior in an interval from 9:00 am to 9:00 pm for each interruption. The most unfavorable days found are Mondays and Fridays, it can also be noted that the greatest loss of time to cross at intersections is due to the traffic of public transport vehicles, appearing at travel speeds showing congestion or vehicle saturation.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Problema de investigación.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.2.1	Objetivo general.....	1
1.2.2	Objetivos específicos.....	1
1.3	Justificación de estudio.....	2
2	MARCO DE REFERENCIA.....	3
2.1	Antecedentes del estudio.....	3
2.2	Marco teórico.....	6
2.2.1	Ingeniería de tránsito.....	6
2.2.2	Volumen de tránsito.....	9
2.2.3	Flujo vehicular.....	15
2.2.4	Velocidades.....	20
2.2.5	Capacidad vial y niveles de servicio en una intersección semafórica.....	25
2.2.6	Distribución de tiempos semafóricos.....	41
2.2.7	Reglamentación del MTC.....	47
2.3	Marco conceptual.....	48
2.4	Sistema de hipótesis.....	51
3	METODOLOGÍA EMPLEADA.....	51
3.1	Tipo y nivel de investigación.....	51
3.1.1	Tipo de investigación.....	51
3.1.2	Nivel de investigación.....	53
3.2	Población y muestra de estudio.....	53
3.2.1	Población.....	53
3.2.2	Muestra.....	53
3.3	Operacionalización de variables:.....	54
3.4	Técnicas e instrumentos de investigación.....	55
3.5	Procesamiento y análisis de datos.....	56
4	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	57
4.1	Análisis e interpretación de resultados.....	57
5	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	115
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
	ANEXOS.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 volúmenes mínimos de vehículos.....	13
Tabla 2 Interrupción del tránsito continuo	14
Tabla 3 Codificación de movimientos.....	18
Tabla 4 Desviación estándar de velocidades para tipos de vías y tránsito	23
Tabla 5 Valores de Z para niveles de confianza.....	24
Tabla 6 Niveles de servicio	27
Tabla 7 Cuadro de ventajas y desventajas del semáforo	33
Tabla 8 Módulos de operaciones	35
Tabla 9 Factor U_i	40
Tabla 10 Matriz operacional de variables	54
Tabla 11 Instrumentos y técnicas de recolección de datos	55
Tabla 12 Procesamiento y análisis de datos	56
Tabla 13 Variación horario de volumen de tránsito Intersección 01.....	58
Tabla 14 Variación diario de volumen por tipo de vehículo.	60
Tabla 15 Volumen horario de máxima demanda	61
Tabla 16 Flujo vehicular del día crítico en la Av. España con Av. 28 de julio con Jr. Bolívar	61
Tabla 17 Variación horario de volumen de tránsito Intersección 02.....	62
<i>Tabla 18 Variación diario de volumen por tipo de vehículo.</i>	<i>64</i>
Tabla 19 Volumen horario de máxima demanda	65
Tabla 20 Flujo vehicular del día crítico en la Av. España con Av. Eguren	65
Tabla 21 Variación horario de volumen de tránsito Intersección 03.....	66
Tabla 22 Variación diario de volumen por tipo de vehículo.	68
Tabla 23 Volumen horario de máxima demanda	69
Tabla 24 Flujo vehicular del día crítico en la Av. España con Jr. Bolognesi.....	69
Tabla 25 Tiempos de recorrido y demoras (sentido antihorario)	71
Tabla 26 Tiempos de demora (Sentido Antihorario).....	75
Tabla 27 Resumen de tiempo (Sentido Antihorario).....	76
Tabla 28 Resumen de velocidades (Sentido Antihorario).....	76
Tabla 29 Tiempos de recorrido y demoras (sentido horario)	78
Tabla 30 Tiempos de demora (Sentido horario).....	82

Tabla 31 Resumen de tiempo (Sentido Horario)	83
Tabla 32 Resumen de velocidades (Sentido Horario)	83
Tabla 33 Volumen flujo vehicular por tipo de transporte y codificación de movimientos	86
Tabla 34 Carriles y grupos de carriles Intersección 01	86
Tabla 35 Ajuste de volúmenes Intersección 01	87
Tabla 36 Flujo de saturación Intersección 01	88
Tabla 37 Intervalo de cambio de fase	89
Tabla 38 Vehículos equivalentes	89
Tabla 39 Relación de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril.....	90
Tabla 40 Tiempo total perdido intersección 01	90
Tabla 41 Longitud de ciclo optimo (s)	90
Tabla 42 Tiempo de verde efectivo total (s).....	90
Tabla 43 Reparto de tiempo verde efectivo (s).....	91
Tabla 44 Reparto de tiempo verde real.....	91
Tabla 45 Grupo de carril crítico	93
Tabla 46 Nivel de servicio.....	94
Tabla 47 Volumen flujo vehicular por tipo de transporte y codificación de movimiento	96
Tabla 48 Carriles y grupos de carriles Intersección 02	96
Tabla 49 Ajuste de volúmenes Intersección 02	97
Tabla 50 Flujo de saturación Intersección 02.....	98
Tabla 51 Intervalo de cambio de fase Intersección 2	99
Tabla 52 Vehículos equivalentes	99
Tabla 53 Relación de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril.....	100
Tabla 54 Tiempo total perdido Intersección 2.....	100
Tabla 55 Longitud de ciclo optimo (s)	100
Tabla 56 Tiempo de verde efectivo total (s).....	100
Tabla 57 Reparto de tiempo verde efectivo (s).....	101
Tabla 58 Reparto de tiempo verde real (s)	101
Tabla 59 Grupo de carril critico	103
Tabla 60 Nivel de servicio.....	104
Tabla 61 Volumen flujo vehicular por tipo de transporte y codificación de movimientos	105

Tabla 62 Carriles y grupos de carriles intersección 3.....	106
Tabla 63 Ajuste de volúmenes intersección 03	107
Tabla 64 Flujo de saturación intersección 3	108
Tabla 65 Intervalo de cambio de fase.....	109
Tabla 66 Vehículos equivalentes.....	109
Tabla 67 Relación de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril.....	110
Tabla 68 Tiempo total perdido Intersección 03.....	110
Tabla 69 Longitud de ciclo optimo (s)	110
Tabla 70 Tiempo de verde efectivo total (s).....	110
Tabla 71 Grupo de carril crítico	113
Tabla 72 Niveles de servicio	114
Tabla 73 Capacidad vial y niveles de servicio (Intersección 01)	117
Tabla 74 Capacidad vial y niveles de servicio (Intersección 02)	118
Tabla 75 Capacidad vial y niveles de servicio (Intersección 03)	119
Tabla 76 Comparación tiempo semafórico Intersección 01	121
Tabla 77 Comparación tiempo semafórico Intersección 02	122
Tabla 78 Comparación tiempo semafórico Intersección 03	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Trazo reticular	6
Figura 2 Trazo Plato Roto	7
Figura 3 Trazo Anular	8
Figura 4 Espaciamiento promedio vehicular	16
Figura 5 Relación entre la Velocidad, Flujo y Densidad.....	16
Figura 6 Esquematización de codificación de movimientos	19
Figura 7 Puntos de conflicto.....	29
Figura 8 Intersección canalizada	30
Figura 9 Intersección no canalizadores	31
Figura 10 Grafico de porcentaje relativo.....	36
Figura 11 Gráfica de porcentaje relativo acumulado.....	36
Figura 12 Dispositivos de conteo vehicular	38
Figura 13 Intervalo de cambio de fase.....	42
Figura 14 Modelo de flujo de saturación según Akcelik, 1989.....	46

Figura 15 Intersección 01 Av. España / Jr. Bolívar / Av. 28 de Julio	85
--	----

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación

- Uno de los problemas más preocupantes en la zona de estudio es el crecimiento poblacional, es un tema de suma importancia porque, aunque pasen los años no va a cesar, sin embargo, no se cuenta con una proyección de máximas capacidades de las vías de Trujillo en respuesta a este crecimiento vehicular, generando contaminación, problemas en la sociedad y pérdidas económicas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Realizar un análisis de la capacidad vial y niveles de servicio aplicando la metodología del HCM 2010 en el anillo vial en la avenida España, Trujillo, La libertad.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los volúmenes horarios de máxima demanda de acuerdo con el método de los conteos.
- Determinar los flujos vehiculares.
- Determinar las velocidades de marcha y recorrido por el método del vehículo flotante.
- Determinar las velocidades de marcha y recorrido por el método de NIATT.
- Determinar la capacidad y niveles de servicio aplicando la metodología del HCM 2010.
- Proponer una alternativa de solución de acuerdo con la geometría del anillo vial.

1.3 Justificación de estudio

El presente proyecto se justifica académicamente dado que los resultados obtenidos con el análisis comparativo de datos recopilados en campo y determinísticos por el HCM 2010 contribuirán a tener información referenciada y modelo de análisis de vías urbanas para futuras investigaciones.

El proyecto de tesis tiene como justificación social la contribución de mejorar los parámetros de diseño para proyectos futuros en búsqueda de nuevas alternativas de solución para disminuir la congestión vehicular.

El proyecto de tesis tiene como justificación ambiental la contribución de disminuir la contaminación sonora y visual para mitigar el estrés y molestias de los conductores y transeúntes generado por los embotellamientos.

La finalidad del proyecto de tesis es aportar información sobre el flujo vehicular en nuestra ciudad a la escuela de ingeniería civil y municipalidades, puntualmente en una de las zonas más transitadas como es la avenida España. Trujillo, es parte de la labor del ingeniero civil, aportar información y estudios que mejoren cada vez más la transitividad en nuestro país.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes del estudio

Ángeles, (2020) tesis titulada, “Análisis de la aplicabilidad de la metodología HCM 2010 en una rotonda en la ciudad de Lima” tiene como objetivo principal analizar la capacidad de entrada a una rotonda en la ciudad de Lima aplicando la metodología HCM 2010, para poder concretarlo planteó dos propósitos, estudiar la calidad del tránsito vehicular en los carriles del ovalo llamado “Los Delfines” y contrastar la información de las distancias de cola que se forman en los carriles de ingreso al ovalo con los datos obtenidos, de tal sentido respondiendo al primer objetivo concluyó que en base a la metodología HCM 2010, el grado de saturación está principalmente influenciado por la demanda para ambos carriles, se evidencia que el número de personas que entran al flujo de ingreso al ovalo influencia en un 9%, mientras que el número de vehículos pesados afecta para el carril derecho un 5% y para el carril izquierdo 3%. Para el segundo objetivo corresponde a contrastar los datos obtenidos en campo y los calculados sobre las longitudes de cola formada en ambos carriles. El aporte del antecedente para la investigación es realizar un seguimiento el modelo de contrastación que utiliza para su área de estudio y el criterio que tiene al dar conclusiones tras haber obtenido la información necesaria para hacerlo.

Cornelio, (2018) tesis titulada, “Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y Av. Minero del Distrito de Yanacancha” Tiene como objetivo principal analizar el nivel de servicio en la intersección semaforizada ubicada entre Av. Minero y la Av. Próceres mediante la evaluación del tráfico en el distrito de Yanacancha. Para poder ejecutar el proyecto propuso dos subobjetivos, evaluar el nivel de servicio con respecto al análisis del tráfico en la intersección de estudio según la influencia del nivel de saturación y la influencia de la coordinación de semáforos. El dueño de esta tesis concluye que la metodología del HCM es una herramienta que ayuda para analizar el comportamiento vial urbano, sin embargo, se determinó que existe una sobre oferta del servicio de transporte público (taxis y colectivos), con respecto a ello es necesario la reorganización, racionalización y regulación del transporte público, el tesista propone el uso de unidades masivos, como ómnibus de alta capacidad, estableciendo frecuencias y rutas principales. El aporte de esta tesis para nuestro proyecto es de guía para el buen uso de la metodología y consideraciones que tuvo el tesista a través del proceso de recolección de datos.

Rojas, (2019) tesis titulada, “Análisis de la capacidad y niveles de servicio de la avenida Mario Arteaga, tramo: jr. dos de mayo hasta el óvalo el inca; según la metodología HCM 2010, Cajamarca 2018”, tiene como objetivo principal es analizar el nivel de servicio y la capacidad del área de estudio utilizando la metodología de HCM 2010. El tesista concluye que la aplicación de la metodología del HCM 2010 para determinar el nivel servicio en el área de estudio es correcta, incluso para la realidad nacional, complementando sobre toma de decisiones si el desempeño de una estación vial es necesaria o no, de igual manera con el desarrollo de proyectos de viabilidad urbana; sin embargo, siempre se debe considerar el análisis de parámetros para cada caso, como sabemos los niveles de servicio representan las condiciones de circulación posibles planteadas en esta metodología desde el punto de vista del usuario (norteamericano).

Agreda y Parra, (2017) tesis titulada, “Análisis comparativo de la aplicación de la metodología HCM 2000 y HCM 2010 en un tramo semaforizado de la avenida San Luis en la ciudad metropolitana de lima”, tiene como objetivo principal contrastar resultados obtenidos en base a la metodología del HCM 2000 y HCM 2010 en

intersecciones semaforizadas y determinar cuál de las dos se acerca más a la realidad del tránsito vial en Lima Metropolitana. Para poder concretar la tesis se consideraron estos subobjetivos: Comprender ambas metodologías con el marco teórico de tránsito, obtener el nivel de servicio y capacidad de las intersecciones estudiadas, proponer mejoras del nivel de servicio en las intersecciones utilizando ambas metodologías, realizar tablas de datos donde comparen parámetros de diseño para ambas metodologías y determinar cuál de las metodologías es más aplicable para Lima. El tesista como conclusión menciona que el HCM 2010 da grandes demoras en el área de estudio donde el grado de saturación no es tan considerable, por el otro lado el HCM 2000 aumenta notablemente en el área de estudio que existe un grado de saturación mayor. Esto se da a que la metodología HCM 2010 por ser más moderna, cuenta con más parámetros y factores que originan resultados con menor dispersión y mayor exactitud. Por lo tanto, la metodología del HCM 2000 generan resultado con menor exactitud y mayor dispersión. Esta tesis aporta a nuestro proyecto de tal manera que nos puede explicar el porqué de algunos parámetros y consideraciones que se puede mejorar para el HCM 2010 al ser aplicada.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Ingeniería de tránsito

Se define como el conjunto de conocimientos sobre planeación eficiente y segura, que intervienen para realizar un proyecto de tránsito funcional y una buena relación con otros medios de transporte no motorizado y motorizado.

A) Trazo Urbano

Se puede definir como forma del sistema urbano de movilidad o red vial, engloba a calles y avenidas que se cruzan entre sí, la orientación o las formas que surgen de estas intersecciones están en función al desarrollo de actividades urbanas cotidianas entre espacios públicos, lotes, espacios construidos, etc.

Las formas de la red vial de cada lugar se basan en su historia sin embargo se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Reticular:** La orientación del trazo predomina en líneas rectas cruzando una con otra de forma perpendicular generando cuadrículas.

Figura 1 Trazo reticular



Nota. Ciudad de Guanajuato, México, con trazos de orientación con rectas perpendiculares entre sí formando apariencias rectangulares.

- **Plato roto:** La orientación del trazo es desordenada, es resultado a que el proceso de planificación fue más lento que el crecimiento o desarrollo urbano.

Figura 2 Trazo Plato Roto



Nota. Ciudad de Nezahualcóyotl, México, con trazos irregulares entre sí formando la apariencia de un vidrio roto.

- **Anular:** La orientación del trazo es organizada y hacia alguna área considerada importante como lo es el centro de la ciudad, es el resultado que a sus arrabales se concentran vías principales generando anillos que ayudan la conexión de la ciudad.

De esta clasificación podemos hacer una comparación con la ubicación de esta tesis y mencionar que la ciudad de Trujillo se encuentra dentro de los parámetros de un trazo anular y el área de estudio siendo uno de los anillos que envuelve el centro denominado “Av. España”, tal y como muestra la figura.

- Desinterés de las autoridades en contar al servicio de transporte como prioridad o necesidad pública.

C) Tipos de solución al tránsito

La buena planificación de vías es muy importante para el crecimiento de las ciudades por ende deben ser seguras y funcionales para el usuario. Se pueden tomar en consideración las siguientes propuestas:

- Mayor control de circulación, muchas veces el problema surge cuando un vehículo cuyas características no cumple con el diseño de la vía decide transitar generando congestión vehicular o algún accidente ya sea por conseguir un atajo o porque la vía para esos vehículos no está habilitada.
- Gran inversión efectiva, algunos casos requieren cambios necesarios para optimizar la fluidez vehicular como cruces peligrosos, vías angostas, poca capacidad vehicular, control en la circulación o alguna obstrucción por naturaleza. Algunas de las medidas a emplearse pueden ser intersecciones giratorias o canalizadas, ensanchamiento de vías, construcción de estacionamientos privados y públicos.
- Baja inversión efectiva, se base en el máximo aprovechamiento de las condiciones del área y el pequeño uso

2.2.2 Volumen de tránsito

Se define como cantidad de vehículos que pasan por un punto a lo largo de un periodo de tiempo.

A) Volúmenes:

Se define como cantidad de personas o vehículos que transitan por una sección o punto de una infraestructura y es la medida básica en la ingeniería.

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

Donde:

$Q = \text{Volumen}$

$N = \text{Nro de personas o vehículos}$

$T = \text{Tiempo}$

En el estudio de la ingeniería de tránsito en México menciona que el volumen se define como cantidad de vehículos que transita por un punto determinado en un periodo específico de tiempo” (Cal, y otros, 2007).

Se debe tener siempre presente que para realizar un buen diseño vial tenemos que contar con la información correcta de la cantidad del movimiento o flujo vehicular que tiene o tendrá la vía a analizar en un periodo de tiempo elegido.

- **Volumen absoluto**

Se define como cantidad total de vehículos que pasan por alguna sección vial pero ya categorizando el tránsito en base al tiempo como, por ejemplo:

Transito menor a una hora (Q): El intervalo de tiempo en minutos es “n” se expresaría de la siguiente manera: Q_n .

Tránsito horario (Th): Es el número de vehículos que transitan en una sección transversal de una vía por el periodo de una hora.

Transito diario (Td): Es el número de vehículos que transitan en una sección transversal de una vía por el periodo de un día.

Transito semanal (Ts): Es el número de vehículos que transitan en una sección transversal de una vía por el periodo de una semana.

Transito mensual (Tm): Es el número de vehículos que transitan en una sección transversal de una vía por el periodo de una mensual.

Transito anual (Ta): Es el número de vehículos que transitan en una sección transversal de una vía por el periodo de un año.

- **Volumen horario de máxima demanda**

Cantidad máxima de vehículos que se desplazan por una sección vial durante 60 minutos ininterrumpidos. Es la muestra de los periodos de máxima demanda que se presentan en un día común.

- **Volumen de tránsito promedio diario:**

Se define como el número de personas o vehículos que transitan por un periodo de tiempo (días) y se divide entre la cantidad de días del periodo establecido. Se expresa de la siguiente manera:

Tránsito promedio diario semanal: Su abreviación “TPDS”, expresa al promedio del tránsito diario que se obtuvo del tránsito semanal.

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

Donde:

TPDS = Tránsito promedio diario semanal

TS = Tránsito semanal

Tránsito promedio diario anual: Su abreviación “TPDA”, expresa al promedio del tránsito diario que se obtuvo del tránsito anual.

$$TPDA = \frac{TA}{7}$$

Donde:

TPDA = Tránsito promedio diario anual

TA = Tránsito anual

Volumen horario máximo anual: Abreviado “VHMA”, es el máximo volumen que pasa en una determinada sección de carril, punto o calzada durante el periodo de un año.

Volumen horario máxima demanda: Abreviado “VHMD”, representa el máximo número de vehículos que recorren una determinada sección de carril, punto o calzada durante un tiempo consecutivo.

Volumen horario de proyecto: Abreviado “VHP”, representa al volumen de tránsito horario que es utilizado para poder determinar las características geométricas de la vía.

Para consideración y recomendación al momento de realizar un diseño el manual de carreteras y diseño geométricos DG 2018 nos dice que, para camiones de alto tránsito es el VHD y no el IMDA, lo que determina las características correctas que debe tener el proyecto, poder evitar problemas de congestión y tener un buen nivel de servicio.

B) Variabilidad del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Es de suma importancia saber cuál es la variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda para poder plantear soluciones de control del tránsito cuando haya periodos pico,

El volumen horario de máxima demanda es un indicador de la peculiaridad del flujo de una calle, vía o intersección del tránsito en periodos pico. Este factor se expresa de la siguiente manera:

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

Donde:

FHMD = Factor de la hora máxima demanda

$VHMD = \text{Volumen horario de máxima demanda}$

$N = \text{Número de periodo durante la hora de máx. deman}$

$q_{max} = \text{Vol. máximo de la hra de máxima demanda}$

C) Volumen mínimo de vehículos:

Tabla 1 volúmenes mínimos de vehículos.

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora por un solo sentido en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria			
Calle principal	Calle secundaria	Vehículos por hora en ambos accesos en calle principal		Vehículos por hora por un solo sentido en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria	
		Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	500	350	150	105
2 o más	1	600	420	150	105
2 o más	2 o más	600	420	200	140
1	2 o más	500	350	200	140

Nota. En esta tabla podemos observar los volúmenes mínimos de vehículos por cantidad de carriles y si el diseño es en el sector rural o urbano. Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones (Ca, y otros, 2007)

D) Interrupción del tránsito continuo:

Tabla 2 Interrupción del tránsito continuo

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en ambos accesos en calle principal				Vehículos por hora por un solo sentido en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	750	525	75	53		
2 o más	1	900	630	75	53		
2 o más	2 o más	900	630	100	70		
1	2 o más	750	525	100	70		

Nota. En esta tabla podemos observar la cantidad de vehículos en una interrupción del tránsito continuo. Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones (Cal, y otros, 2007).

E) Volumen mínimo de peatones:

Se da en un intervalo de 8 horas de un día representativo presenta un volumen de: (Cal, y otros, 2007).

- 150 a más peatones que cruzan la vía.
- 1000 a más vehículos por hora si la calle presenta camellón.
- 600 a más vehículos por hora en ambos sentidos de la vía.

2.2.3 Flujo vehicular

Se le denomina flujo o corriente vehicular al total de vehículos que circulan en el mismo sentido por un tramo de una calzada, está constituido por hileras de vehículos en movimiento que se acomodan en los distintos carriles para asegurar su próximo desplazamiento evitando detenerse. Significa que el flujo vehicular puede ser continuo cuando no existe aglomeraciones o algo que lo impida, y el flujo pausado que es cuando presenta algo que interceda su circulación.

A) Tasa de flujos

Es la cantidad de vehículos o personas que quieren pasar por una sección en un periodo de tiempo específico.

Se debe tener en consideración que la tasa de flujo al igual que el volumen de tránsito, es un componente esencial para la selección y toma de decisión bajo criterio al realizar un diseño vial. La ecuación que se utiliza para calcular la tasa de flujo es la siguiente (Cal, y otros, 2007):

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

Donde:

N = cantidad de vehiculos

t = periodo de tiempo especifico

q = Tasa de flujo

B) Intervalo Simple (h_i)

Se define como el tiempo de demora de dos vehículos en una distancia determinada; ese intervalo se expresa en segundos. (Cal, y otros, 2007)

C) Intervalo promedio (\bar{h})

Esta expresión representa el promedio de los intervalos de tiempo de los vehículos que recorren la misma vía. Esta expresión se representa en segundos sobre la cantidad de vehículos y de la siguiente manera. (Cal, y otros, 2007)

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

Donde:

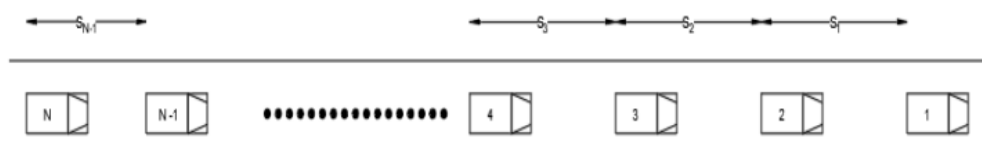
\bar{h} = Intervalo promedio $\left(\frac{s}{veh}\right)$

N = Cantidad de vehiculos (veh)

$N - 1$ = Número de intervalos (veh)

h_i = Intervalo simp. entre el vehiculo i y el vehiculo $i+1$

Figura 4 Espaciamento promedio vehicular

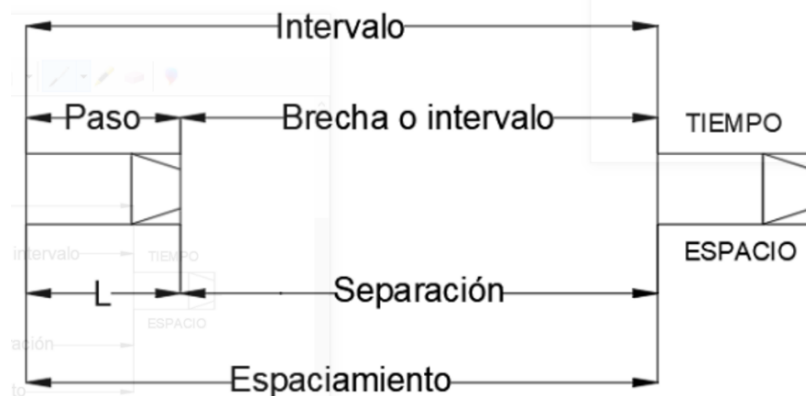


Nota. Observamos la representación gráfica del espaciamento promedio vehicular.

D) Relación existente entre densidad velocidad y flujo

Para dar a conocer mejor lo que James Cárdenas y Rafael Cal desean explicar, proponen un gráfico que se muestra a continuación:

Figura 5 Relación entre la Velocidad, Flujo y Densidad



Nota. Se puede observar la relación entre la velocidad, el flujo y densidad

En la ilustración 7 se toma en cuenta las características de espacio y tiempo. De esa ilustración podemos deducir que, si los vehículos se desplazan con una velocidad constante, un espacio e intervalo promedio se expresaría de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Espacio} &= (\text{Velocidad})(\text{Tiempo}) \\ \bar{s} &= \bar{v}_e \bar{h} \end{aligned}$$

En esta ecuación podemos observar lo que tienen en común la Densidad, Velocidad y Flujo, esta es la velocidad media espacial.

E) Factor horario de máxima demanda

Este factor sirve para la conversión del volumen HMD en el volumen de servicio.

Para este factor necesitamos llevar a cabo aforo vehicular en la zona de estudio, este aforo deberá tener el volumen de vehículos HMD que transitan por el área, se realizará la toma de información cada hora por un día y se dividirá en intervalos de 15 minutos.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4Q_{15}}$$

Donde:

$FHMD$ = Factor horario de máx. demanda

$VHMD$ = Volumen horario de máx demanda

$Q_{15 \text{ máx}}$ = Volumen máx (15 min)

F) Codificación de movimiento

Para poder realizar un estudio de tránsito en una intersección se deberá codificar los posibles movimientos que vaya a efectuar un vehículo al momento de ingresar al área de estudio es por lo que se determinó 4 tipos de movimientos por cada uno de los ingresos ya sea norte, sur, este y oeste.

- **Clasificación de movimientos:**

Con la finalidad de que la clasificación de movimientos sea uniforme, esta nomenclatura se adaptará a la ya establecida en el libro de Ingeniería de Transito (Cal, R y Cárdenas, J., 2017), como se muestra en el siguiente cuadro:

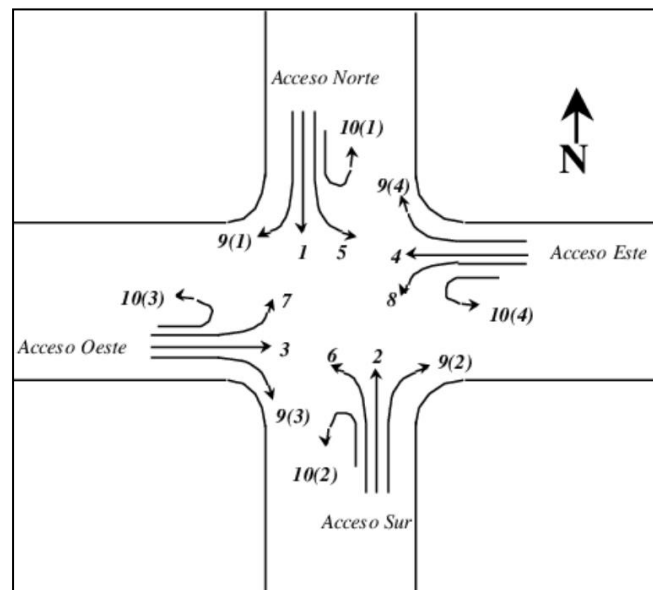
Tabla 3 Codificación de movimientos

Acceso	Movimiento	Nomenclatura
Norte	De frente	1
	Giro a la izquierda	5
	Giro a la derecha	9(1)
	Giro en U	10(1)
Sur	De frente	2
	Giro a la izquierda	6
	Giro a la derecha	9(2)
Oeste	Giro en U	10(2)
	De frente	3
	Giro a la izquierda	7
	Giro a la derecha	9(3)
Este	Giro en U	10(3)
	De frente	4
	Giro a la izquierda	8
	Giro a la derecha	9(4)
	Giro en U	10(4)

Nota: En esta tabla podemos observar la clasificación y codificación de los movimientos que usaremos al recolectar la información Fuente: Cal, R. y Cárdenas, J., 2017.

- Esquematización

Figura 6 Esquematización de codificación de movimientos



Nota. Podemos observar la esquematización de la codificación de los movimientos existentes en una intersección.

2.2.4 Velocidades

Si generalizamos el concepto se le define como gran desplazamiento en un corto periodo de tiempo y las unidades en las que se mide la velocidad son de Km/hr y se expresa de la siguiente manera:

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

$$V = \text{Velocidad} \left(\frac{\text{Km}}{\text{hr}} \right)$$

$$D = \text{Distancia recorrida (Km)}$$

$$T = \text{Tiempo de recorrido (hr)}$$

La importancia en este punto es grande ya que forma parte esencial en el diseño funcional de proyectos viales, en la actualidad estas velocidades de diseño son sobrepasados por los usuarios generando accidentes con pérdidas materiales y de la vida misma.

A) Tipos

- **Velocidad de recorrido**

Denominada también velocidad de viaje o global, ya que su definición se puede expresar como la distancia total recorrida entre el tiempo total que demoró en desplazarse.

En ese tiempo de recorrido están dentro todo tipo de demoras de operación ya sea por paradas por la misma vía, reductores de velocidad, dispositivos de control. (Cal, y otros, 2007).

- **Velocidad de marcha**

Este tipo de velocidad también llamado velocidad de cruce, es la resultante de la división entre la distancia de recorrido y el tiempo en el que el vehículo a estado en movimiento, se deberá descontar el tiempo que estuvo detenido por cualquier motivo. (Cal, y otros, 2007).

- **Velocidad media espacial**

Se puede definir como velocidad media de los vehículos que se encuentran en una posición determinada en un tramo de carretera donde se hace el estudio, se puede expresar de la siguiente manera:

$$\bar{V}_\theta = \frac{\sum_{j=1}^m V_j}{m}$$

Donde:

\bar{V}_θ : *Vel. media espacial*

V_j : *Vel. instantánea de vehiculo*

m : *Cant. de vehiculos de muestra*

Cuando tenemos datos de puntos agrupados:

$$\bar{v}_2 = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i v_i)}{n}$$

Donde:

m = *Cantidad de grupos de velocidad*

f_i = *Cant. de vehículos del grupo de velocidad i*

v_i = *Velocidad de punto del grupo i*

$n = \sum_{i=1}^m f_i$

Cuando tenemos los datos de la distancia “d” y el tiempo “t” podemos usar la siguiente expresión para poder determinar la velocidad media espacial:

$$\bar{v}_\theta = \frac{d}{\bar{t}}$$

Donde:

\bar{V}_θ : *Vel. media espacial*

d : *Distancia*

\bar{t} : *Tiempo prom. de circulación*

B) Método de vehículo flotante

Este método tiene como principal objetivo realizar una estimación del tiempo de recorrido a través de una sección, como resultante se obtiene la velocidad de recorrido.

Consiste en la toma de datos de un vehículo y este tendrá que desplazarse adelantando la mayor cantidad de vehículos de tal manera que asegure su recorrido continuo, por lo general entran en el vehículo un observador que registre el tiempo del recorrido en la sección estudiada, esta actividad se repite hasta poder sacar un tiempo promedio.

C) Estudio de velocidad puntual

La realización de este estudio principalmente es para carreteras de dos carriles, vías de circulación continua y de carriles múltiples donde los reguladores no hacen que se detengan los vehículos.

En el caso que haya vías de circulación discontinua, como arterias urbanas donde los semáforos influye bastante se usa el estudio de tiempo de recorrido.

Este tipo de estudio resulta ser útil para conseguir la velocidad de acercamiento a intersecciones y velocidad de flujo libre, entre otras aplicaciones de este estudio podemos mencionar las siguientes:

- Evaluación de seguridad vial.
- Estimar las tendencias de velocidad.
- Realizar un análisis de la capacidad vial y nivel de servicio.
- Cálculos del diseño vial.

- Revisión de la efectividad en medidas de mejora para la circulación del tránsito.
- Determinar de los valores necesarios para la regulación del tránsito.

D) Tamaño mínimo de la muestra:

Al realizar el estudio de velocidades no es necesaria medir la velocidad directamente sino la cantidad de vehículos que pasan por un punto sin una gran alteración de las condiciones, en otras palabras, medir la población de vehículos. Para poder obtener la velocidad representativa se necesita observar la cantidad de vehículos completa, sin embargo, eso es imposible así que se observa una parte de la población a la que se llama muestra.

Para tener en consideración el nivel de confianza la muestra realizada se deberá tomar los valores iniciales de la desviación estándar de la siguiente tabla:

Tabla 4 Desviación estándar de velocidades para tipos de vías y tránsito

Tipo de tránsito	Tipo de vía	Desviación estándar
Urbano	Dos Carriles	7.7
Urbano	Cuatro carriles	7.9
Intermedio	Dos carriles	8.5
Intermedio	Cuatro carriles	8.5
Rural	Dos carriles	8.5
Rural	Cuatro carriles	6.8
Valor redondeado		8.0

Nota: En esta tabla se puede observar las desviaciones estándar para los tipos de vía como Urbano, Intermedio y Rural.

Para poder estimar el tamaño mínimo de la muestra se está realizando la siguiente expresión:

$$\beta = \left(\frac{Z \times \text{Desviación estándar}}{\text{Error máx. tolerable}} \right)^2$$

Donde:

β = Núm. mínimo de observaciones

Z = Nivel de confianza

La constante Z podemos obtenerla del siguiente cuadro de acuerdo con el porcentaje de confianza:

Tabla 5 Valores de Z para niveles de confianza

Nivel de confianza (%)	Valor de la constante Z
99.7	3.00
99.0	2.58
95.5	2.00
95.0	1.96
90.0	1.64
68.3	1.00

Nota: En esta tabla podemos observar los valores de confianza de la constante “Z” para los niveles de confianza al momento de realizar los cálculos correspondientes.

- **Longitud de la base**

La longitud apropiada para medir la velocidad depende del grado de precisión que se desea, apreciación del tiempo de recorrido y velocidad máxima de vehículos que son observados. Para poder determinar la longitud de la base se está realizando la siguiente expresión:

$$L = \frac{aV(1 - k\sqrt{n})}{7.2k\sqrt{n}}$$

Donde:

L = Long. de la base

V = Vel. media esperada (Km /hr)

a = Tiempo de recorrido (a)

n = Cantidad de observaciones

K = Error máx. tolerable de velocidad

2.2.5 Capacidad vial y niveles de servicio en una intersección semafórica

Para realizar un diseño de sistema vial y que este sea funcional se debe tener en cuenta que la magnitud del flujo debe circular a una velocidad razonable, significa que un sistema vial es eficiente cuando esta magnitud es menor a la capacidad vehicular de diseño, evitando demoras en el recorrido y tráfico.

Se define como la tasa de flujo máximo que puede pasar por un acceso de una intersección en un tiempo establecido respetando las condiciones de semáforos, tránsito y calle.

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

Donde:

c_i = Capacidad del grupo de carriles o de acceso (vph)

s_i = Flujo de saturación grupo de carriles o acceso (vphv)

g_i = Tiempo verde efectivo grupo de carriles o acceso (s_i)

C = Ciclo de semáforos (s_i)

$\frac{g_i}{C}$ = Relación de verde para el acceso o grupo de carriles

A) Definición

- **Capacidad vial:**

Para el periodo de estudio, planeación y diseño de un proyecto vial se considera a la demanda como un dato conocido ya sea presente o a futuro. Uno de los indicadores para determinar la funcionalidad de un proyecto vial es que la capacidad (oferta) cumpla con la demanda de la zona.

Podemos decir que capacidad vial es el flujo máximo en el que una cantidad razonable de vehículos pueden recorrer de manera continua una sección de calzada o carril durante un tiempo determinado en base a las condiciones de la infraestructura vial, tránsito, medio ambiente y dispositivos de control.

- **Niveles de Servicio:**

El nivel de servicio es un indicador cualitativo de las condiciones de operación del flujo vehicular y la percepción de los usuarios, como por ejemplo el tiempo de recorrido, la convivencia, libertad al realizar maniobras, seguridad vial, velocidad, comodidad y tiempo de recorrido.

Existen dos tipos de motivos por lo cual estos niveles de servicio se ven afectados que son los factores internos, son las variaciones de volumen y velocidades de los vehículos. Los factores externos que involucran a aspectos de la infraestructura como distancia libre lateral, anchura de carriles, pendientes, entre otros.

El manual de capacidad vial estableció seis tipos de niveles (A, B, C, D, E y F) los cuales van del mejor al peor según las condiciones de operación de la vía

Tabla 6 Niveles de servicio

Niveles de servicio	Condiciones de operación general
A	Flujo libre
B	Flujo medianamente libre
C	Flujo nivelado
D	Flujo medianamente inestable
E	Flujo inestable
F	Flujo colapsado o forzado

Nota: En esta tabla podemos observar la clasificación de los niveles de servicio en base a sus condiciones de operación.

- **Nivel de servicio “A”**

Este nivel de servicio representa al flujo libre, significa que los usuarios de estas vías no tienen ningún inconveniente al momento de desplazarse por esta categoría porque no cuenta con la presencia muchos usuarios en circulación.

Tienen una gran libertad para la velocidad que vaya a utilizar, de igual manera con la maniobra que emplee en ese momento. El nivel de conveniencia y comodidad que proporciona en la circulación es excelente.

- **Nivel de servicio “B”**

Este nivel de servicio representa al flujo medianamente libre, significa que hay ligeramente más presencia de usuarios en circulación.

En este tipo de nivel de servicio no afecta significativamente el tema de las velocidades y de maniobras porque la presencia de usuarios no influye mucho, solo en el comportamiento de cada uno.

- **Nivel de servicio “C”**

En este nivel de servicio representa al flujo nivelado o estable, sin embargo, es aquí donde la libertad antes mencionada se ve afectada de manera significativa por el aumento de usuarios. La velocidad y las maniobras deberán a ser restringidas, la calidad de conveniencia y comodidad desciende significativamente.

- **Nivel de servicio “D”**

Este nivel de servicio representa al volumen vehicular aumentado, pero nivelado o estable. La libertad para maniobrar y el tema de la velocidad quedan restringidas seriamente, el usuario tendrá un nivel de conveniencia y comodidad general. Por otra parte, se crearán pequeñas colas y problemas de funcionamiento por el incremento en el flujo vehicular.

- **Nivel de servicio “E”**

Este nivel de servicio representa a la proximidad del límite de la capacidad vial. La libertad para maniobrar y desplazarse es muy difícil. La velocidad de los usuarios se reduce a un valor muy bajo. Esto genera que la única manera de poder mover el vehículo es forzar y ceder el paso. Los niveles de conveniencia y comodidad son muy bajos, siendo elevado el enojo y frustración de los usuarios. La fluidez vehicular es muy inestable por el aumento del volumen vehicular o perturbaciones por frustración, esto causa colapsos.

- **Nivel de servicio “F”**

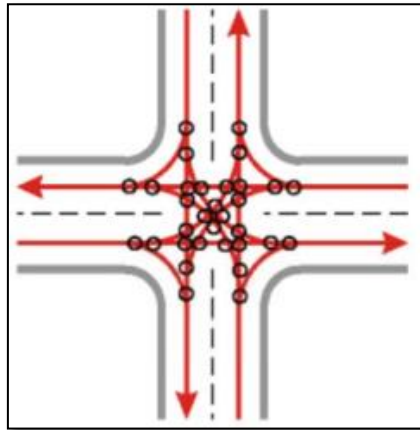
Este nivel de servicio representa al flujo colapsado o forzado. Quiere decir que el volumen vehicular excede a la capacidad límite que puede circular por él. En estas vías se forman grandes colas, una de las características más concurrentes que se genera aquí son las ondas de arranque y parada, y los cuellos de botella que son exageradamente inestables.

Las organizaciones que se encargan de diseñar y ejecutar las vías deben de tratar de ofrecer el nivel más alto de servicio, por otro lado, los niveles de servicio “D” se debe tratar con cautela y moderación para poder llevarla a un nivel de servicio “C”.

B) Metodología del HCM (intersección semaforizada)

En una intersección semaforizada hay distintos movimientos que son agrupados y pueden circular cuando el semáforo este en verde, también existen una variedad de puntos de conflicto los cuales son controlados para evitar colisión como se puede apreciar en la siguiente imagen.

Figura 7 Puntos de conflicto



Nota. Podemos observar 32 puntos de conflicto que se encuentran en una intersección.

- **Especificaciones de diseño**

La razón de una intersección es dar solución a los puntos críticos, agilizando el desplazamiento vehicular y peatonal, disminuir los accidentes de tránsito, para eso debemos tener los siguientes puntos en cuenta:

- La perpendicularidad de cruce de los ramales.
- Eliminar los puntos críticos o conflicto
- Emplear dispositivos reguladores de tránsito.
- Trayectorias preferentes de vehículos.
- Emplear señalización vertical y horizontal.
- Reguladores de velocidad.

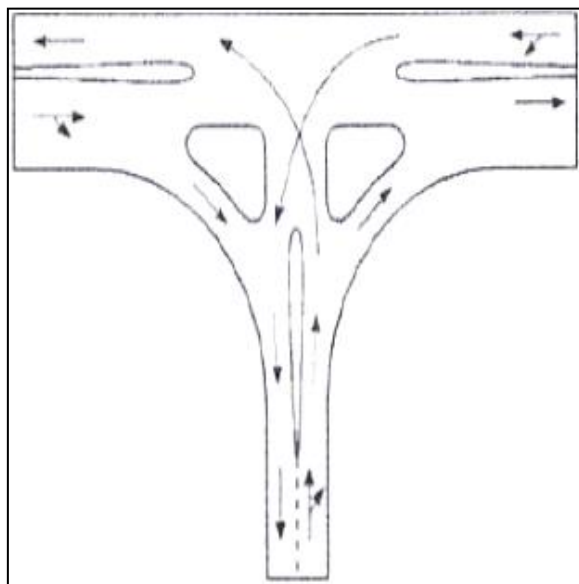
- **Canalizadores**

Esta técnica de diseño se debe considerar en las intersecciones para poder atender a lo siguiente:

- Capacidad esperada de diseño.
- Intensidad del flujo vehicular o tráfico.

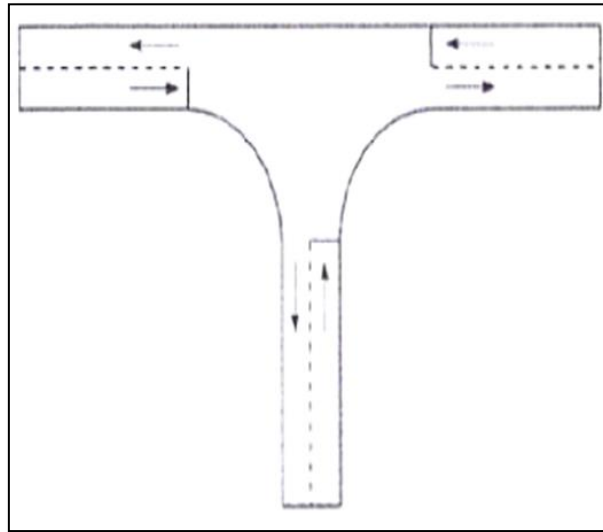
La intersección con canalizadores genera un flujo vehicular más ordenado evitando que el flujo de cada vía ocupe el área de maniobras del otro como podemos observar en la siguiente imagen:

Figura 8 Intersección canalizada



Nota. Se puede apreciar una intersección que cuenta con canalizadores donde evita que los movimientos sean totalmente libres y haya más puntos críticos.

Figura 9 Intersección no canalizadores



Nota. Intersección no canalizada por lo tanto la cantidad de puntos críticos es mayor puesto que los movimiento o maniobras no siguen un patrón fijo de giros.

Las intersecciones con canalizadores deben brindar:

- Preferencia para las maniobras principales, estos movimientos o maniobras en una intersección son necesarias para la circulación vehicular, tienen preferencia sobre los movimientos secundarios, por ello existen métodos o técnicas de diseño vial que regularizan esas maniobras, mediante el uso de señalización vertical, horizontal y reduciendo el radio de giro o ancho de calzada.
- Disminuir áreas de conflicto que generan tráfico desordenado e incrementan el número de accidentes de tránsito.
- Se recomienda que la perpendicularidad de ramales se encuentre entre los 60° y 120.7°

- Se deberá tener un control en los puntos de maniobra o giro como por ejemplo el uso de canalizadores que guían el flujo vehicular hacia una trayectoria deseada.
- Se deberá tener un control en la velocidad, esto puede ser mediante a las curvas con radios mínimos y reducción de ancho de calzadas para poder evitar que lleguen a más del margen de velocidad permitida para intersecciones.
- Se deberá tener en cuenta la visibilidad, se encuentra en función a la distancia de para ya que le da tiempo al conductor de poder reaccionar con alguna maniobra y así evitar accidentes de tránsito.
- Es de suma importancia el tema de la comodidad de una vía ya que esto permitirá que el conductor pueda realizar maniobras sin que afecte a la fluidez vehicular.

- **Semáforos**

Es un dispositivo eléctrico o mecánico cuya función es hacer fluido y continuo el tráfico de vehículos y peatones en intersecciones haciendo un sistema seguro, el semáforo más usado es el que cuenta con tres luces.

Tabla 7 Cuadro de ventajas y desventajas del semáforo

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mantiene una circulación segura y continua.	Causa ciertas demoras sin explicaciones a algunos usuarios.
Reduce los indicadores de accidentes de tránsito.	Genera un gasto de más si lo comparamos con el uso correcto de las señales de tránsito por los usuarios.
Ordena la circulación del tránsito	Cuando en las zonas rurales no hay presencia de avisos antes de un semáforo podría ocasionar accidentes graves.
Separa cada cierto tiempo los volúmenes de tránsito.	Aumenta los accidentes de tipo alcance
Es más económico que otras soluciones de control de tránsito.	Genera pérdidas de tiempo en ciertas horas del día.

Nota. En esta tabla podemos observar las ventajas y desventajas del semáforo en una intersección.

- **Lentes y caras**

Generalmente los semáforos deben tener 3 lentes: rojo ámbar y verde; y como máximo deberán tener 5 lentes: rojo, ámbar, flecha de frente, izquierda y derecha. Al hablar de caras se puede definir como el conjunto de lentes lámpara, reflector y portalámparas; lo recomendado en base a Rafael Cal y James Cárdenas son dos caras por cada entrada a la intersección, puede acompañarse con semáforos para peatones.

- **Semáforos de tiempo fijo**

Son aquellos que siguen una secuencia repetitiva y predeterminada, se recomienda que se utilicen para volúmenes de tránsito cuyo patrón sea repetitivo ya que no genera congestión del tipo excesivo. Se deberán instalar solo si la vía presenta las siguientes características. (Cal, y otros, 2007)

- **Circulación progresiva:**

La circulación progresiva se da cuando los semáforos se encuentran distantes y las calles aisladas en un sentido generando que los vehículos no estén agrupados totalmente y con las velocidades deseadas inexistentes. (Cal, y otros, 2007)

- **Combinación de requisitos:**

Esto se da cuando los requisitos no cumplen con el 100% pero dos o más llegan al 80% de su cumplimiento justifica la colocación del semáforo. (Cal, y otros, 2007)

• **Alcance**

Esta metodología se centra en el análisis del nivel de servicio y capacidad vial en intersecciones semaforizadas. Para lograrlo se necesitan la características y condiciones de la intersección como la composición vehicular, características geométricas del área, señalización, cantidad de maniobras tanto por norte, sur, este y oeste.

En una intersección semaforizada los niveles de servicio se basan en la toma de datos de demoras de control (flujo continuo o discontinuo), quiere decir que son demoras por tiempo de parada o desaceleración. Mientras que el nivel de servicio le interesa más la capacidad de cada carril o ingreso a la intersección de vehículos, considerando los parámetros de análisis, factores de ajuste y demandas.

• **Metodología**

Parámetros que se debe considerar al aplicar la metodología para el estudio a realizar:

Tabla 8 Módulos de operaciones

MÓDULOS	OPERACIONES
Entrada	Condiciones de tráfico
	Condiciones de geométricas
	Condiciones de señalización y semaforización
Ajuste de volúmenes	Factor de la hora máxima demanda (giro derecha e izquierda)
	Establecimiento de grupos de carriles
	Asignación de volúmenes a grupos de carriles
Flujo de saturación	Factores de ajustes
	Flujo de saturación ideal
Análisis de capacidad	Cálculo de la capacidad por grupo de carriles
	Cálculo del grado de saturación por grupo de carriles
	Resultados agregados
Nivel de servicio	Cálculo de demoras por grupo de carriles
	Demoras adicionales
	Determinación del nivel de servicio

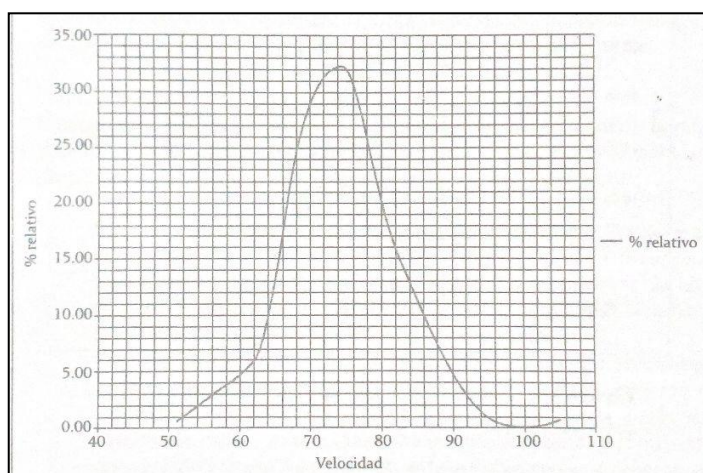
Nota. En esta tabla se encuentran las consideraciones operacionales que debemos tener al realizar los módulos presentados, tabla realizada considerando las referencias del libro de Ingeniería de Transito – Cal y Mayor, 2017

- **Ordenamiento de datos**

Para el ordenamiento de datos se deberá tener las siguientes consideraciones:

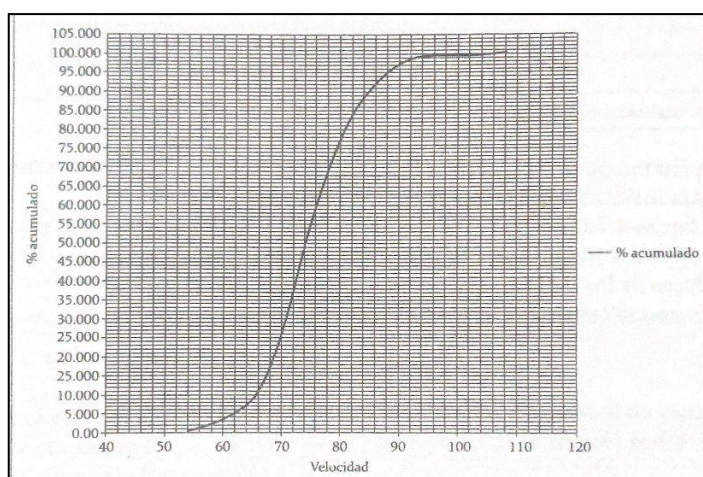
- Agrupar la muestra en clases en ciertos intervalos.
- El ordenamiento de valores de velocidades será en tablas.
- La representación gráfica que se deberá hacer para porcentajes individuales y acumulados será por histogramas y ojivas.

Figura 10 Gráfico de porcentaje relativo



Nota. Gráfico de porcentajes relativos, obtenido del libro de Cal y otros 2007.

Figura 11 Gráfica de porcentaje relativo acumulado



Nota. Gráfico de porcentajes relativo, obtenido del libro de Cal y otros 2007.

- **Clasificación de conteos:**

La siguiente ilustración resumen nos muestra todas las clasificaciones.

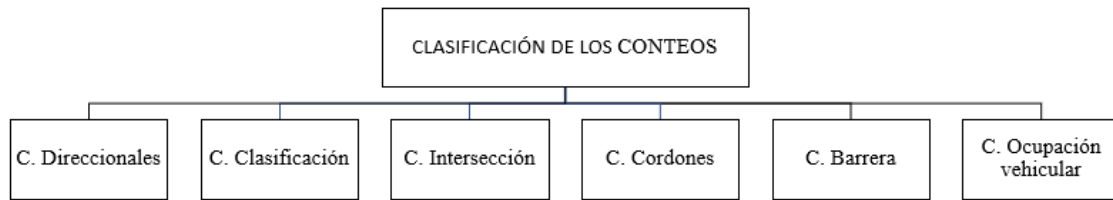


Ilustración 1: Clasificación de conteos

C. Direccionales: Se basa en clasificar los volúmenes de acuerdo con la dirección y el sentido del flujo vehicular.

C. Clasificación: Se basa en clasificar y registrar los volúmenes de acuerdo con el tipo de vehículo, dimensiones, peso y cantidad de ejes.

C. en Intersección: Se basa en clasificar y registrar por los movimientos ya sea de frente, giro a la derecha y giro a la izquierda, así como también el tipo de vehículo.

C. Cordones: Registrar volúmenes en el perímetro de una zona determinada.

C. Barrera: Se basa en registrar los volúmenes en intersecciones de vías perpendiculares naturales o por intervención de la mano del hombre

C. Ocupación vehicular: Se basa en registrar y clasificar con el fin de conocer la cantidad de pasajeros que viajan en los vehículos.

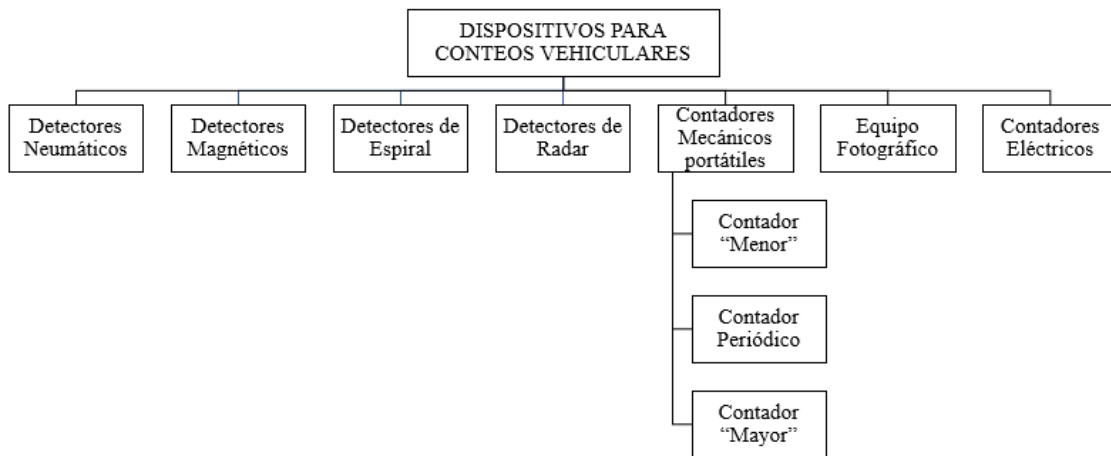
- **Método de conteos:**

Existen dos métodos básicos:

Conteo Mecánico:

Usualmente se utiliza para llevar a cabo conteos vehiculares en lugares de tramos continuos en campo libre o a mitad de cuadra. En la siguiente ilustración se puede apreciar los diferentes dispositivos que utilizan para realizar conteos vehiculares explicada por los autores Arbole y Box (1986)

Figura 12 Dispositivos de conteo vehicular



Nota. En este mapa se puede observar los distintos dispositivos de conteo vehiculares.

Estos tipos de conteo suelen ser utilizados para aforar un tránsito continuo con el fin de hacer estudios de tendencia. (Cal, y otros, 2007)

Conteos manuales:

Este tipo de conteo varían de acuerdo con el propósito del conteo y se puede llevar a cabo con contadores electrónicos o en hojas bond. Se debe tener en consideración que para un tránsito alto es necesario dos a más personas para tener datos con mayor confianza.

Los conteos manuales se realizan con personal en campo para tener mayor detalle en:

- Movimiento de direcciones en la intersección

- Uso de carriles
- Dirección de recorrido
- Clasificación vehicular
- Control de los dispositivos que controlan el tránsito
- Longitud de cola.

C) Módulo ajuste de volumen:

Para obtener los datos necesarios se deberá hacer la conversión de volumen horario para un tiempo de 15 minutos, para ellos se usará la siguiente expresión:

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

Donde:

$V_p =$ Tasa de flujo durante 15 minutos pico (vph)

$V =$ Volumen horario (vph)

Es importante para este módulo la separación de los grupos de carriles y agrupándolos según el sentido del carril.

Se deberá tener en consideración que cuando dos o más carriles pueden servir a un mismo movimiento vehicular el volumen no se distribuye de manera equitativa. Para obtener este flujo ajustado se deberá usar lo siguiente:

$$v_i = v_{gi} * U_i$$

Donde:

$v_i =$ Flujo de demanda ajustado en el grupo de carriles (vph)

$v_{gi} =$ Flujo de demanda no ajustado en el grupo de carriles (vph)

$U_i =$ Factor de utilización de carril para el grupo de carriles

Tabla 9 Factor U_i

Nº de carriles	U_i
1 carril	1.00
2 carril	1.05
3 carril	1.10

Nota. Tabla del factor U_i de elaboración propia considerando las referencias del libro de Ingeniería de Tránsito – Cal y Mayor.

D) Módulo del flujo de saturación:

Puede ser obtenido por estudios en el campo o por la siguiente formula:

$$s = s_0 * N * f_A * f_{VP} * f_p * f_E * f_B * f_L * f_{VD} * f_{VI}$$

Donde:

s = Flujo de saturación (vphv)

s_0 = Flujo de saturación en condiciones ideales

N = Nº de carriles del grupo

f_A = Factor de ajuste por efecto de ancho del carril

f_{VP} = Factor de ajuste por vehículos pesados

f_p = Factor de ajuste por pendiente del acceso

f_E = Factor de ajuste por total de carril de estacionamiento

f_B = Factor de ajuste por paradas de autobuses

f_L = Factor de ajuste por localización de intersección

f_{VD} = Factor de ajuste por giros a la derecha

f_{VI} = Factor de ajuste por giros a la izquierda

E) Módulo de análisis de capacidad:

En este apartado se calcula la capacidad para cada agrupo de carril o acceso mediante la siguiente formula:

$$c_i = s_i \frac{g_i}{C}$$

La relación de la capacidad y volumen o el grado de saturación se calcula con la ecuación:

$$(vpc) = x_i = \frac{v_i}{s_i \left(\frac{g_i}{C} \right)}$$

2.2.6 Distribución de tiempos semafóricos

Se define como distribución del tiempo que demora al realizar cambio de luces para completar ciclos semafóricos.

A) Metodología de análisis en una intersección semaforizada:

Para la aplicación de esta metodología se deberá tener algunas consideraciones ya que las fases de un ciclo semafórico dependen de las características del trazo de la intersección y del tráfico.

- Para reducir tiempos perdidos en el ciclo se deberá tener la menor cantidad de fases.
- La cantidad de movimientos simultáneos deberán ser lo máximo posible.
- Para lograr que los tiempos sean más precisos el recorrido deberá ser lo más corto posible.

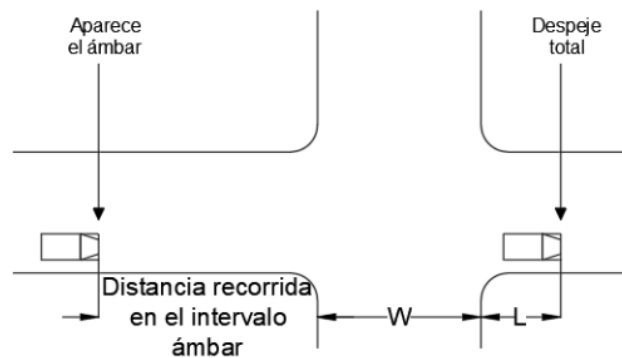
B) Cálculo de tiempo semafórico

Al momento de determinar el tiempo de un ciclo semafórico se tiene en cuenta la psicología del usuario, suele evitarse ciclos mayores a 150 segundos y menores a 35 segundos. El fin del cálculo es lograr el máximo de movimientos continuos obteniendo el mínimo de demoras posibles. Para poder lograr esto se determinan distintas fases las cuales son los siguientes:

C) Intervalo de cambio de fase

Se tiene en cuenta el tiempo de reacción de respuesta del usuario, espacio y tiempo para desacelerar, arrancar y dejar la intersección; en la siguiente imagen podemos observarlo mejor. (Cal, y otros, 2007)

Figura 13 Intervalo de cambio de fase



Nota. Figura de datos a considerar para realizar el intervalo de cambio de fase.

El intervalo de cambio es igual a la sumatoria de tiempo de ámbar y todo rojo, teniendo en cuenta eso podemos decir que la siguiente fase se expresa de la siguiente manera (Cal, y otros, 2007).

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + l}{v} \right)$$

Donde:

y = Intervalo de cambio de fase (s)

t = Tiempo de reacción del conductor (1s)

v = Velocidad aproximada de los vehículos (m/s)

a = Tasa de desaceleración (3.05 m/s)

W = Ancho de intersección (m)

L = Long. del vehículo (6.1 m)

D) Cálculo de tiempo luz verde

El objetivo de este punto es realizar un cálculo donde los usuarios tengan el suficiente tiempo para poder cruzar la intersección, si el cálculo no llegase a cumplir para este requisito deberá modificarse hasta que los conductores y peatones tengan suficiente tiempo para desplazarse.

Cuando hay intersecciones cercanas suele colocarse la misma duración del ciclo semafórico, por otro lado, cuando están más distanciadas pueden ser ciclos distintos.

Al momento de realizar una distribución de tiempo en el ciclo semafórico en una intersección cuyo flujo vehicular en conocido se toma 15 minutos como intervalo de tiempo y determinamos la siguiente ecuación:

$$gr = C - L = C - \left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR$$

Donde:

gr = Tiempo verde efectivo total para todos

los accesos

C = Long. actual del ciclo (5 seg. más cercano)

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{I_a}{I_b}$$

$$T_a + T_b = C$$

Donde:

T_a, T_b = Tiempo en luz verde de cada calle

I_a, I_b = Vol. máximo por carril en calle A y B

C = Duración del ciclo (Seg.)

E) Cálculo de tiempo luz ámbar

En la actualidad se ha estandarizado que a nivel mundial se considere que la duración de la luz ámbar de los semáforos sea de 3 segundos.

Esta luz fue creada por prevención, se tenía en mente que debería haber un aviso antes de que la luz verde pase a roja para evitar consecuencias en los usuarios y estos puedan quedar detenidos antes de las líneas peatonales.

Se tuvieron que realizar varios estudios y pasar años para poder llegar a la respuesta de que 3 segundos sería lo indicado para poder cubrir con lo pensando anteriormente.

F) Cálculo de tiempo luz roja

La duración de la luz roja en el ciclo semaforico se ve expresado como la suma del tiempo del color verde y ámbar en las intersecciones.

G) Cálculo de la duración de un ciclo semaforico

Para el cálculo del tiempo de un ciclo semaforico se busca de que sea corto y que cumpla con la demanda para evitar o reducir tiempos de espera largos.

Debemos tener en cuenta las observaciones de Webster F.V. en base a la demora mínima de vehículos en una intersección semaforizada, se expresa de la siguiente manera: (Cal, y otros, 2007)

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i}$$

Donde:

C_0 = *Tiempo del ciclo semaforico (s)*

L = *Tiempo total perdido por ciclo (1s)*

Y_i = *Máximo valor en la relación flujo saturación y actual para el acceso, carrilcritico o movimiento de la fase i*

φ = *Número de fases*

H) Vehículos equivalentes

Lo mejor para una vía es tener un flujo de vehículos que crucen de frente la vía, sin embargo, el caso es el contrario en la mayoría de las vías se da los giros a la derecha e izquierda de igual manera el tránsito de vehículos pesados; para ello se ve expresado de la siguiente manera con el fin de conocer el factor de ajuste. (Cal, y otros, 2007).

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Donde;

f_{vp} = Factor de ajuste por factor de veh. pesados

P_C = % de camiones

P_B = % de autobuses

P_R = % de vehículos recreativos

E_C = Vehículos equival. a un camión (1.4 – 1.6)

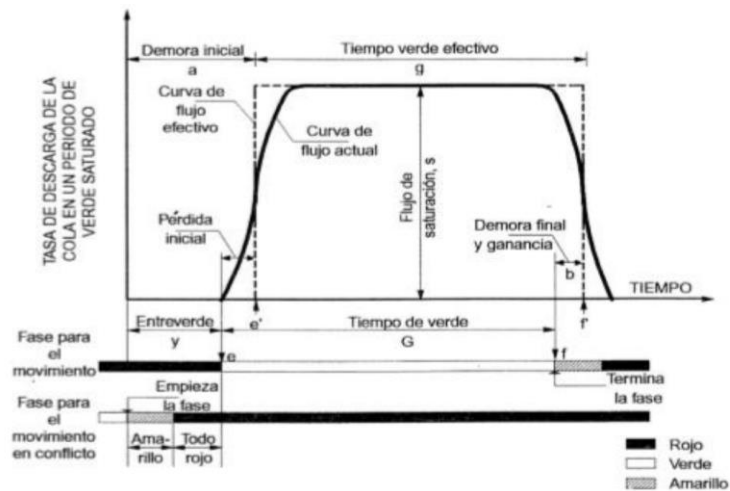
E_B = Vehículos equival. a un autobus (1.4 – 1.6)

E_R = Veh. equivalente a un veh. recreativo

I) Flujo saturado y tiempo perdido

Según R. Akcelik en su investigación de la capacidad de intersecciones, nos menciona que el flujo de saturación el cual es la tasa máxima de vehículos que cruzan el alto hasta culminar con el periodo verde. Para entender lo mencionado, Akcelik plantea un modelo que se observa en la siguiente figura.

Figura 14 Modelo de flujo de saturación según Akcelik, 1989



Nota. Ejemplificación del modelo y características de un tiempo semafórico.

En el modelo de Akcelik podemos apreciar que la línea punteada representa el flujo efectivo el cual forma parte de la curva del flujo actual por un rectángulo de la misma área, donde la altura está en base del flujo de saturación “s”, mientras que el ancho depende del tiempo verde efectivo “g”; en resumen, la curva “sg” representa a los números máximos que cruzan la línea en un ciclo promedio. Se usar las fórmulas a continuación:

Demora inicial “a”:

$$a = y_i + ee'$$

Donde:

a = Demora inicial

y_i = Intervalo de cambio de fase

ee' = Perdida inicial

Demora inicial “b”:

$$b = ff'$$

Donde:

b = Demora final

$ff' = \text{Ganancia final}$

Tiempo total perdido por ciclo es:

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR$$

Donde:

$TR = \text{Tiempo total de todo rojo dentro el ciclo}$

2.2.7 Reglamentación del MTC

A) Reglas generales de circulación

Art. 120°

En situaciones donde se genere congestión vehicular o contaminación sonora, se puede prohibir el tránsito de ciertos tipos de vehículos por vías públicas.

Art. 123°

Las autoridades están encargadas de:

- Deberán colocar límites y reductores de velocidad para cada tipo de vía.
- Establecer los sentidos de circulación en vías.
- Deberán colocar áreas para estacionamiento de vehículo.
- Prohibición de maniobras que perjudiquen la fluidez vehicular

B) Reglas de velocidades

Art. 160°

El usuario no deberá conducir a una velocidad mayor a la de diseño, deberá conducir bajo las condiciones existentes.

Art. 161°

El usuario deberá reducir la velocidad cuando se aproxime a intersecciones, calles congestionadas, túneles y puentes.

C) Derecho de paso

Art. 176°

El usuario que llega a una intersección no regulada deberá ceder el paso a los vehículos que estén cruzando.

D) Cambio de dirección

Art. 195°

El usuario que gira derecha, izquierda, cambio de carril o en “U”, deberá ceder el paso a peatones y a vehículos.

2.3 Marco conceptual

- **HCM:** Según Rodríguez (2015) el manual de capacidad de carreteras proporciona a los investigadores y profesionales un sistema de técnicas para la evaluación y análisis de la calidad de servicio de caminos y calles (pp. 20-21). Por lo cual, se entiende como el formato o guía que indica a los investigadores las técnicas a utilizar para el estudio de servicios de caminos o calles.
- **Línea de vista:** Según WNI Mexico (2014) Es cuando los conductores de una intersección que van en direcciones opuestas perpendicularmente logran ver por primera vez el otro vehículo. Se trata de la visión que tienen los conductores respecto a sus respectivos carriles de manera perpendicular.
- **Cuello de botella:** Según Kerner (2002) También llamada congestión vehicular, esto se genera por el colapso del tráfico y da como consecuencia un flujo vehicular muy pausado. Se podría entender al cuello de botella como la etapa en la cual existen más vehículos en movilización que de los que puede transcurrir en determinadas vías.

- **Longitudes de cola:** Según Torres (2020) Es la longitud formada por la cantidad de vehículos que se posicionan uno tras otro por impedimento a poder desplazarse con libertad. Con ello se entiende como el número de vehículos que se encuentran alineados impidiéndose unos a otros el desplazamiento.
- **AASHTO:** Según Gu (2013) Es un conjunto de normas, protocolos de pruebas estadounidense que te guían al momento de hacer un diseño y ejecución de carreteras (pp. 10). Hace referencia a un órgano que establece la normatividad de pruebas de estados unidos para la construcción de carreteras.
- **Modelo microscópico:** Según Ramos (2017) Analiza el rendimiento del tráfico vehicular en una red de varias configuraciones geométricas y de tráfico para que se pueda evaluar las estrategias de control en el sistema de área urbana (pp. 8). Por ello, se trataría al estudio de la forma de comportarse los conductores y de los vehículos individualmente.
- **Modelo macroscópico:** Según Ramos (2017) Analiza el desplazamiento del vehículo individualmente con relación a la interacción con el resto de los vehículos (pp. 7). Se entiende como instrumento utilizado para observar las características del viaje de un vehículo en relación con los otros.
- **Velocidad de marcha:** Según Cal y Mayor (2018) Es el cociente de dividir la distancia que recorrió entre el tiempo que estuvo en movimiento el vehículo, para tener la velocidad de cruce o marcha en un desplazamiento normal (pp. 271). se trata de la distancia transcurrida la cual se dividirá entre el tiempo de recorrido.

- **Velocidad de recorrido:** Según Cal y Mayor (2018) Es el cociente de dividir la distancia que recorrió de inicio a fin, entre el tiempo empleado en dicho desplazamiento. En este caso las demoras por reducción de velocidad están incluidas en el tiempo total, mientras sean provocadas por el tránsito, las vías o dispositivos de control (pp. 270). Hace referencia a la velocidad media con la cual los vehículos hacen el recorrido en cierto tramo.
- **Niatt:** Según Maged (2019) Es el instituto nacional de tecnología de transportes avanzada en la universidad de Idaho, centro dedicado a la educación, investigación y fuente de tecnología de transporte. Se trata del instituto encargado del estudio de la circulación de los transportes.
- **Niveles de servicio:** Según Cal y Mayor (2018) Son categorías que se miden por sus condiciones de operación en base al flujo vehicular según el HCM de cada vía (pp. 404). Es la medida con la cual se describe las condiciones en las cuales se ha estado desarrollando el tránsito vehicular.
- **Demanda:** Según Javier (2020) Se define como cantidad de vehículos que necesitan desplazarse por las vías o calles con el fin de transportar a los usuarios o peatones (pp. 12). Hace referencia al grupo de moviidades que deben circular por determinada vía.
- **Congestionamiento:** Según Ian (2015) Se definiría como entorpecer la circulación u obstrucción del paso o vía. Sin embargo, podemos mencionar que es la fricción de vehículos del flujo vehicular a tal punto que los movimientos se vuelven irregulares y hay reducciones de velocidad constantemente (pp. 110). Comprendiéndose como el exceso de vehículos que saturan una determinada vía evitando la celeridad vehicular.
- **Intervalo semafórico:** Según Cal y Mayor (2018) Son las variaciones divididas que tiene el ciclo, lo cual no cambia las indicaciones de señal del dispositivo de control de tránsito o semáforo (pp. 498). Por lo cual al hablar de intervalo se hace referencia a las distintas divisiones que tendría cada ciclo, periodo en el cual no cambian las indicaciones de señal semafórica.

- **Secuencias de fases semafóricas:** Según Cal y Mayor (2018) Menciona que cada ciclo está compuesto por fases, los cuales los colores de los grupos semafóricos permanecen intercalados (rojo, verde y ámbar). Por lo tanto, se trata del cambio secuencial de color que realiza cada semáforo.
- **Ciclo semafórico:** Según Cal y Mayor (2018) Es el tiempo de duración desde el cambio de un equipo de semafórico hasta el reinicio de dicha situación (pp. 498). Hace referencia al tiempo que existe entre cada cambio en el grupo semafórico.
- **Volumen horario de máxima demanda:** Según Cal y Mayor (2018) Es la variación de volúmenes de tránsito en un intervalo de tiempos de máxima demanda, para una intersección o calle específica, esta puede ser consistente y repetitiva por varios días de la semana. Sin embargo también se debe saber que varía en cada intersección o calle, para el mismo intervalo de tiempo empleado. Entonces, se entiende que el volumen horario de máxima demanda es el tope máximo de números de vehículos que concurren durante el día.

2.4 Sistema de hipótesis

Un análisis de la capacidad vial y niveles de servicios en el anillo vial de la avenida España propondrá una alternativa de solución al problema de congestión de acuerdo con las características geométricas de la zona y condiciones de flujo respaldado con las normas del manual de transportes y comunicaciones (MTC).

3 METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Investigación descriptiva: Una investigación descriptiva se basa en tener el conocimiento de las costumbres, actitudes y situaciones que predominan a través de la descripción de las actividades, personas y procesos. La meta es recopilar información necesaria para poder identificar y predecir la relación que existe entre variables con el fin de generar propuestas que beneficien a la sociedad como evitar el congestionamiento de vías urbanas. Los investigadores no solo son digitadores de información recopilada, sino que analizan esa información con sus

resultados y en base a ello tienen un juicio concreto ante teorías o hipótesis para que contribuyan significativamente al conocimiento colectivo.

Por lo tanto, esta investigación se ajusta a lo mencionado ya que busca reunir información, procesarlos de manera clara y específica para poder conocer cada factor que influye.

- **Fases de la investigación:**

- Reconocer las características del problema planteado
- Determinar y formular la hipótesis
- Formular los supuestos en que se basará la hipótesis y los procesos elegidos
- Elegir las fuentes y temas apropiados
- Elaborar y seleccionar técnicas para la recolección de datos
- Clasificar y categorizar los datos que son necesarios para el estudio y que permitan dejar al descubierto las diferencias, semejanzas y relaciones significativas.
- Verificar la confianza de las técnicas que se emplean para la recolección de datos.
- Realizar observaciones exactas y objetivas.
- Explicar, analizar e interpretar la información obtenida en términos precisos y claros.

3.1.2 Nivel de investigación

Cuantitativa: La investigación cuantitativa se basa en el análisis y estudio de la realidad basado en la medición dando resultados estadísticos.

3.2 Población y muestra de estudio

3.2.1 Población

Todos los vehículos que circulan en las intersecciones del anillo vial de la Av. España, La Libertad.

3.2.2 Muestra

Los vehículos que circulan por las 3 intersecciones a estudiar dentro del anillo vial de la Av. España durante 14 hrs de los 7 días de la semana de aforo.

3.3 Operacionalización de variables:

Tabla 10 Matriz operacional de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de la investigación
Tránsito vial	Cantidad máxima horaria de vehículos y personas que circulan durante un tiempo establecido por caminos, carreteras, calles, entre otros	Tiempo semafórico	Duración de ciclos semafóricos	Ficha técnica de registro vehicular
		Volúmenes	Aforo vehicular	
		Capacidad	Análisis de flujo y demanda vehicular Catastro	
		Nivel de servicio	HCM 2010	
		Dimensiones de intersecciones	Geometría vial	

Nota: Tabla de variables operacionales de tesis.

3.4 Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 11 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Descripción
Reconocimiento de campo	Cámaras fotográficas y Gps	Para Identificar y ubicar los puntos críticos para la investigación
Recolección de data	Wincha y/o cinta métrica, contador manual y codificación de giros	Para que los aforadores puedan realizar su conteo con más precisión y medición de la geometría vial.
Fases semafóricas	Cronómetro	Para el control del ciclo de cada fase semafórica.
Evaluación y análisis de información	Equipos inteligentes (Celular, Laptop, etc)	Para evaluar, analizar y clasificar el flujo vehicular de nuestra área de estudio.

Nota. Tabla de instrumentos y técnicas que se usarán para la ejecución de tesis.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

Tabla 12 Procesamiento y análisis de datos

TÉCNICA	PROGRAMA	DESCRIPCIÓN
Procesamiento de datos	AutoCAD v. 2021	Se usó este programa para poder dibujar el plano de localización, ubicación y puntos críticos del proyecto.
		Word, redacción del informe de proyecto de tesis.
	Microsoft Office v. 2020	Excel, elaboración de hojas de cálculo para almacenar y analizar información. Power Point, elaboración de diapositivas para exposición de proyecto
	Google Earth	Vista satelital del área de estudio y de limitación geográfica.

Nota. En esta tabla se muestra los programas que se utilizarán para el procesamiento y análisis de la información obtenida.

- **Plan de análisis**

Para lograr procesar la información de volúmenes se utilizarán los formatos brindados por el MTC, que clasifica cada tipo de vehículo por su número de ejes y si es privado o particular. De igual manera poder separarlos por los giros de cada grupo de vehículos en la intersección, este método se llamada Codificación de movimientos y se encuentra en el libro de Ingeniería de tránsito, Conceptos básicos, 2012.

Las variables como densidad, flujo, capacidad y velocidad serán obtenidas con fórmulas y datos que están en las bibliografías especializadas. Para el cálculo y la determinación de los niveles de servicio son apoyados por la metodología del manual HCM 2010.

Los datos de entrada serán procesados por gabinete en hojas de cálculo para que posteriormente estos datos sean analizados. Y con el manual de diseño de carreteras DG-2018 se verá si son adecuadas las dimensiones del área de estudio, todo esto para brindar una propuesta de mejora.

- **Composición vehicular:**

Los vehículos se clasificaron como vehículos livianos y pesados, tal y como se muestra en las tablas de volúmenes, en el apartado de resultados.

4 Presentación de resultados

4.1 Análisis e interpretación de resultados.

A) Volúmenes vehiculares

- **Intersección Av. España con Av. 28 de Julio con Jr. Bolívar**

En la tabla N° 13 podemos observar la variación horaria del volumen para cada día en un conteo manual de 15 horas correspondiente a la intersección 01 (Av. España con Av. 28 de Julio con Jr. Bolognesi). Se puede apreciar que el día con mayor volumen es el lunes 31 de octubre.

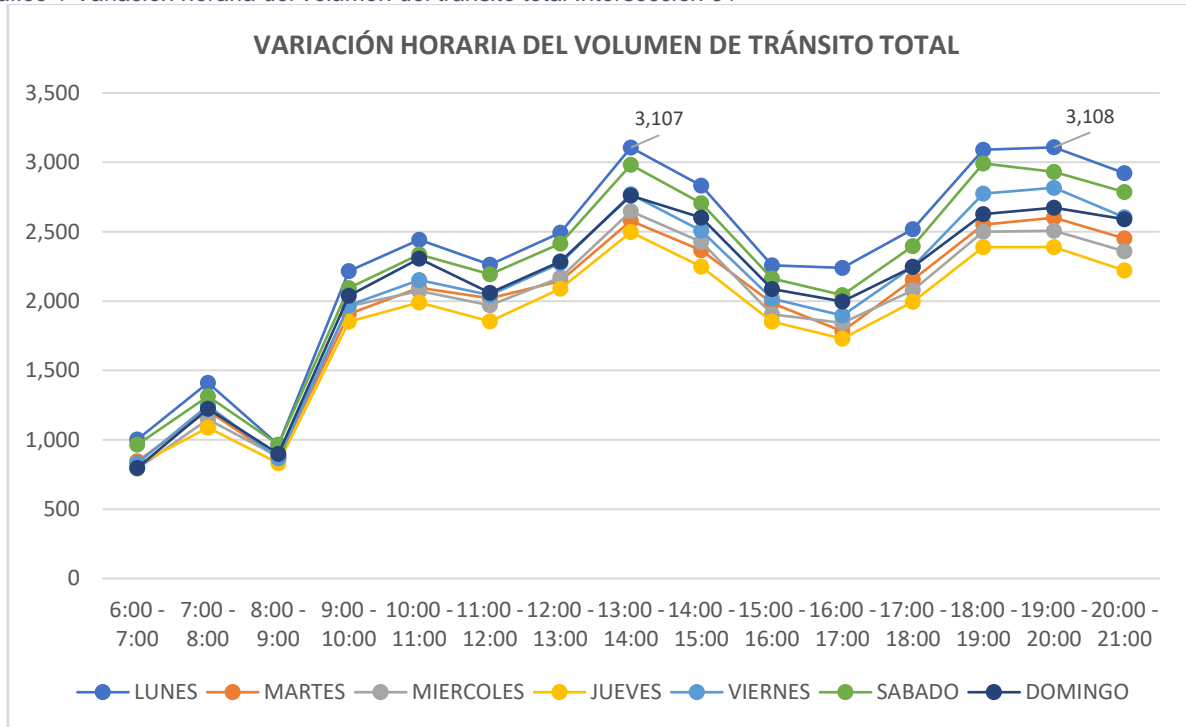
Tabla 13 Variación horario de volumen de tránsito Intersección 01

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
6:00 - 7:00	1,002	845	792	820	831	965	797
7:00 - 8:00	1,410	1,210	1,148	1,088	1,246	1,314	1,224
8:00 - 9:00	964	869	878	831	865	966	899
9:00 - 10:00	2,217	1,907	1,963	1,852	1,969	2,093	2,038
10:00 - 11:00	2,443	2,097	2,074	1,989	2,152	2,336	2,305
11:00 - 12:00	2,263	2,020	1,968	1,853	2,043	2,193	2,059
12:00 - 13:00	2,493	2,145	2,171	2,090	2,273	2,415	2,286
13:00 - 14:00	3,107	2,579	2,647	2,497	2,769	2,982	2,760
14:00 - 15:00	2,832	2,367	2,425	2,248	2,507	2,705	2,602
15:00 - 16:00	2,258	1,985	1,905	1,851	2,018	2,164	2,087
16:00 - 17:00	2,238	1,783	1,842	1,730	1,896	2,042	1,997
17:00 - 18:00	2,518	2,153	2,077	1,995	2,248	2,395	2,246
18:00 - 19:00	3,091	2,550	2,499	2,390	2,774	2,992	2,627
19:00 - 20:00	3,108	2,601	2,507	2,390	2,817	2,932	2,672
20:00 - 21:00	2,922	2,452	2,359	2,220	2,604	2,787	2,589
TOTAL	34,866	29,563	29,255	27,844	31,012	33,281	31,188

Nota. Se puede observar que el VHMD es de 3,108 y pertenece al lunes.

En gráfico N° 1 podemos observar las leves variaciones que corresponden a los volúmenes horarios de cada día y notamos que coinciden mucho en el patrón volumétrico con respecto a las horas punta, sin embargo, el día cuyos valores son más altos es el lunes.

Gráfico 1 Variación horaria del volumen del tránsito total Intersección 01



Nota. En este gráfico podemos observar la variación de volumen siendo 3,108 el mayor valor perteneciente a la hora de 19:00 – 20:00 pm del lunes.

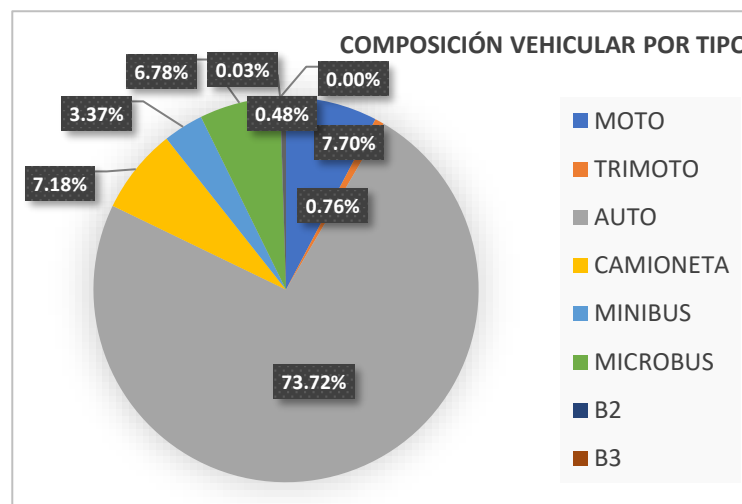
La tabla N°14 nos muestra el volumen de tránsito por cada tipo de vehículo para los 7 días de la semana analizada. Para una mejor evaluación se optó por utilizar un gráfico N°2 circular donde observamos los porcentajes.

Tabla 14 Variación diario de volumen por tipo de vehículo.

TIPOS DE VEHÍCULOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL	PORCENTAJE
MOTO	2,972	2,035	2,217	2,159	2,407	2,554	2,391	16,735	7.70%
TRIMOTO	279	198	189	224	166	345	246	1,647	0.76%
AUTO	25,283	21,695	21,768	20,703	23,335	24,394	23,142	160,320	73.72%
CAMIONETA	2,622	2,285	2,124	1,781	1,925	2,445	2,424	15,606	7.18%
MINIBÚS	1,173	1,111	902	985	949	1,129	1,083	7,332	3.37%
MICROBÚS	2,362	2,049	1,915	1,827	2,099	2,244	2,244	14,740	6.78%
B2	10	9	10	8	6	11	7	61	0.03%
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
C2	165	181	130	157	125	159	120	1,037	0.48%
TOTAL	34,866	29,563	29,255	27,844	31,012	33,281	31,657	217,478	1.00

Nota. En esta tabla podemos observar que el transporte público ocupa un porcentaje considerable del 10.15%.

Gráfico 2 Variación diaria del volumen por tipo de vehículo Intersección 01



Nota. Observar que el mayor tipo de vehículos son los autos, camionetas y públicos.

Tabla 15 Volumen horario de máxima demanda

Datos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
VHMD	3,108	2,601	2,647	2,497	2,817	2,992	2,760
Q15MA							
X	786	659	662	624	712	755	691
FHMD							
15	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00
VHMD							
Q15=	777	650	662	624	704	748	690

Nota. Se realizó el análisis de toda la semana y se puede apreciar que en cuanto al valor Q15 el lunes tiene un índice más alto que los demás, sin embargo, podemos observar que el FHMD tiende a 1.00 lo que significa que el flujo es continuo y está saturado, tal y como se presenta en la tabla N°15, se deberá considerar nuevos FHMD.

En la siguiente tabla N°16 podemos observar el flujo vehicular del día crítico y la hora más desfavorable de ese mismo día donde nos dirá si hay algún posible problema de congestión vehicular.

Tabla 16 Flujo vehicular del día crítico en la Av. España con Av. 28 de julio con Jr. Bolívar

DIA	TURNO	HORA	q ₁₅	q _{15 max}	Q _i VHMD (vehículos mixtos / 15min)	Q ≤ q ₁₅	Densidad k (veh/km)
LUNES	NOCHE	19:00 - 19:15	777			Flujo normal	144
		19:15 - 19:30	786			Posible problema de congestión	
		19:30 - 19:45	786	786	782	Posible problema de congestión	
		19:45 - 20:00	777			Flujo normal	

Nota. Observamos una tabla resumen donde nos dice que de 19:15 – 19:45 pm se encontraba en una posible congestión vehicular, siendo el q_{15 max} de 786 vehículos es 15 minutos.

- **Intersección Av. España con Av. Eguren**

En la tabla N°17 podemos observar la variación horaria del volumen de tránsito para cada día en un conteo manual de 15 horas correspondiente a la intersección 02.

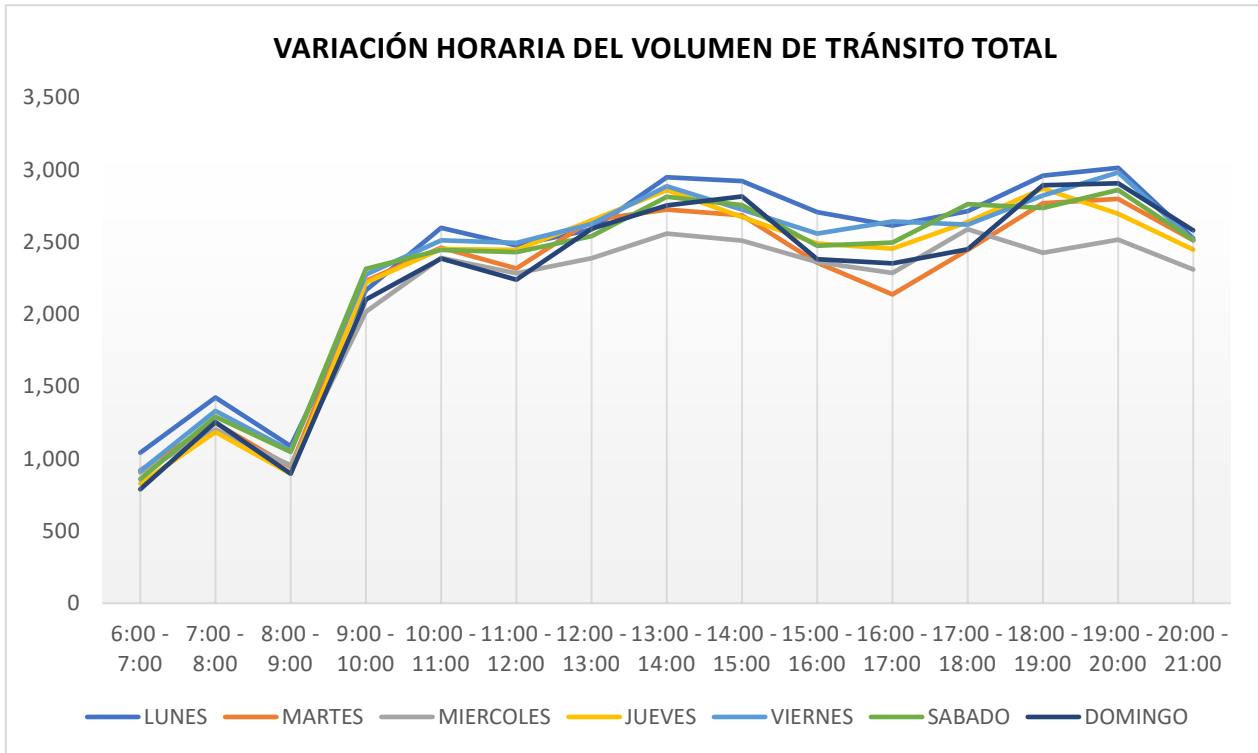
Tabla 17 Variación horario de volumen de tránsito Intersección 02

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
6:00 - 7:00	1,042	921	905	829	915	859	789
7:00 - 8:00	1,425	1,246	1,203	1,185	1,331	1,292	1,254
8:00 - 9:00	1,087	944	954	897	1,057	1,048	896
9:00 - 10:00	2,167	2,231	2,019	2,220	2,276	2,316	2,102
10:00 - 11:00	2,598	2,461	2,391	2,453	2,512	2,445	2,386
11:00 - 12:00	2,476	2,317	2,283	2,445	2,494	2,430	2,240
12:00 - 13:00	2,587	2,651	2,389	2,650	2,625	2,541	2,591
13:00 - 14:00	2,948	2,725	2,558	2,860	2,887	2,814	2,753
14:00 - 15:00	2,922	2,686	2,510	2,673	2,725	2,755	2,815
15:00 - 16:00	2,707	2,358	2,362	2,491	2,558	2,474	2,381
16:00 - 17:00	2,615	2,138	2,287	2,454	2,642	2,497	2,352
17:00 - 18:00	2,714	2,445	2,589	2,638	2,621	2,763	2,450
18:00 - 19:00	2,960	2,769	2,425	2,871	2,822	2,735	2,894
19:00 - 20:00	3,014	2,799	2,516	2,697	2,982	2,861	2,907
20:00 - 21:00	2,526	2,513	2,310	2,449	2,513	2,514	2,581
TOTAL	35,788	33,204	31,701	33,812	34,960	34,344	33,391

Nota. Observamos una tabla con el volumen horario, donde el dato mayor es de 3,014 del lunes 19:00 – 20:00 pm.

En el gráfico N°3 podemos observar las variaciones que corresponden a los volúmenes horarios de cada día y notamos que estas tienen un patrón volumétrico irregular con respecto a las horas punta, sin embargo, el día cuyos valores son más altos es el lunes.

Gráfico 3 Variación horaria del volumen del tránsito total Intersección 02



Nota. Podemos observar la información de la tabla anterior en forma de un gráfico dándonos a conocer que el lunes fue el día más desfavorable de la semana.

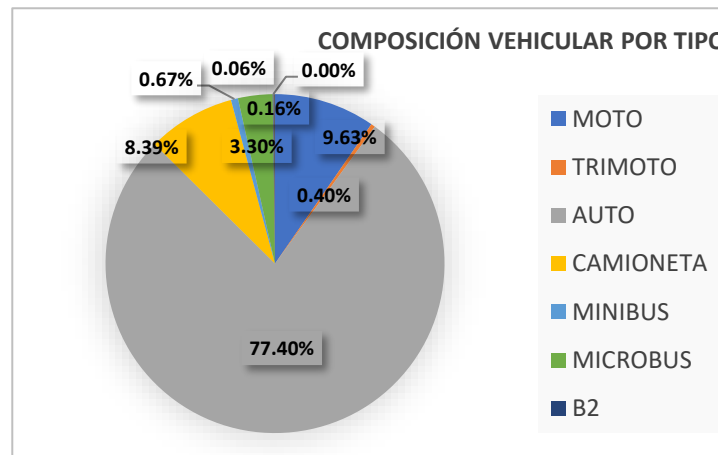
La tabla N°18 nos muestra el volumen de tránsito por cada tipo de vehículo para los 7 días de la semana analizada. Para una mejor evaluación se optó por utilizar un gráfico N°4 circular donde observamos los porcentajes.

Tabla 18 Variación diario de volumen por tipo de vehículo.

TIPOS DE VEHÍCULOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL	PORCENTAJE
MOTO	3,538	3,405	2,865	3,100	3,456	3,254	3,225	22,843	9.63%
TRIMOTO	126	232	101	141	105	97	140	942	0.40%
AUTO	27,890	25,533	24,763	25,723	26,990	26,748	25,952	183,599	77.40%
CAMIONETA	2,842	2,589	2,451	3,356	3,017	2,869	2,773	19,897	8.39%
MINIBÚS	168	173	411	220	264	196	154	1,586	0.67%
MICROBÚS	1,150	1,185	1,044	1,220	1,034	1,130	1,057	7,820	3.30%
B2	12	28	21	16	34	14	14	139	0.06%
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
C2	62	59	45	36	60	36	76	374	0.16%
TOTAL	35,788	33,204	31,701	33,812	34,960	34,344	33,391	237,200	1.00

Nota. Podemos observar que el porcentaje del transporte público es mucho menor en esta intersección

Gráfico 4 Variación diaria del volumen por tipo de vehículo Intersección 02



Nota. Podemos observar la información de la anterior tabla en una gráfica donde nos muestra el porcentaje de cada vehículo

Tabla 19 Volumen horario de máxima demanda

Datos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
VHMD	3,014	2,799	2,589	2,871	2,982	2,861	2,907
Q15MAX	763	700	648	718	746	719	729
FHMD 15	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00
VHMD como Q15=	754	700	647	718	746	715	727

Nota. Podemos observar que utilizando los VHMD y los Q15 máximos, el FHMD se encuentra entre 0.99 y 1.00, por lo tanto, este se encuentra saturado, tal y como se presenta en la tabla N°19, se deberá considerar nuevos FHMD.

En la siguiente tabla N°20 podemos observar el flujo vehicular del día crítico y la hora más desfavorable de ese mismo día donde nos dirá si hay algún posible problema de congestión vehicular como las horas de 18:30 hasta 19:00 que nos da a conocer un posible problema de congestión.

Tabla 20 Flujo vehicular del día crítico en la Av. España con Av. Eguren

DIA	TURNO	HORA	Q _i			Q ≤ q ₁₅	Densidad k (veh/km)
			q ₁₅	q _{15 max}	VHMD (vehículos mixtos / 15min)		
LUNES	TARDE	18:00 - 18:15	708			Flujo normal	135
		18:15 - 18:30	718			Flujo normal	
		18:30 - 18:45	724	740	722	Posible problema de congestión	
		18:45 - 19:00	740			Posible problema de congestión	

Nota. Resumen de flujo vehicular, observamos que la posibilidad de un problema de congestión vehicular se encuentra entre las horas de 18:30 – 19:00 pm.

- **Intersección Av. España con Jr. Bolognesi con Av. Juan Pablo II**

En la tabla N°21 podemos observar la variación horaria del volumen para cada día en un conteo manual de 15 horas correspondiente a la intersección 03 (Av. España con Jr. Bolognesi). Se puede apreciar que el día con mayor volumen es el sábado.

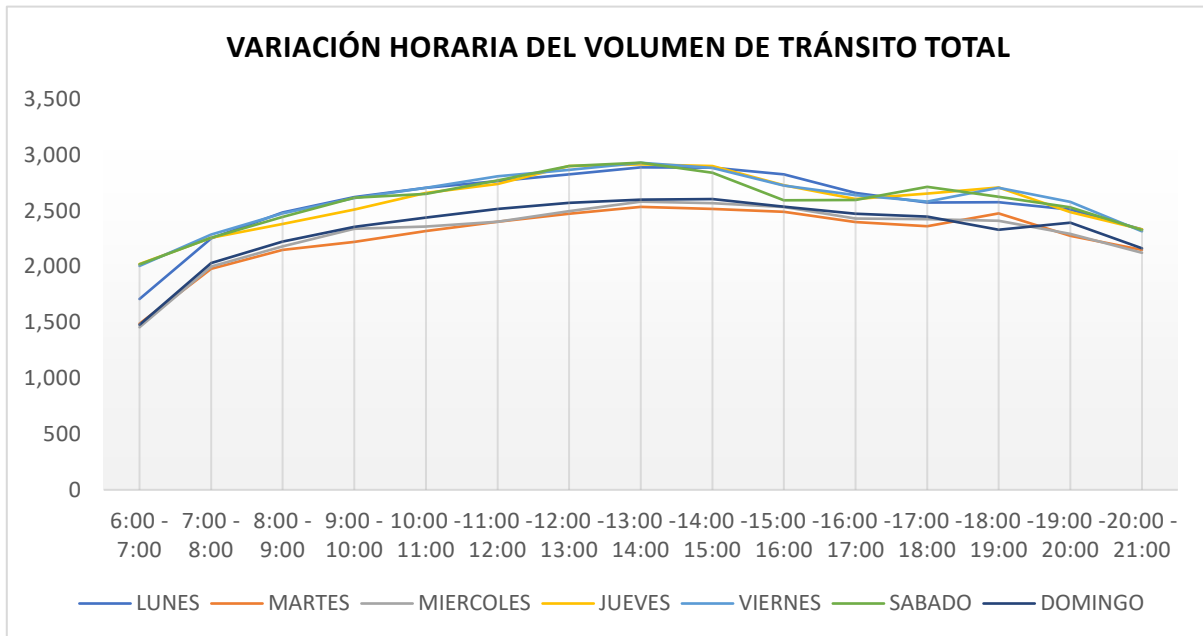
Tabla 21 Variación horario de volumen de tránsito Intersección 03

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
6:00 - 7:00	1,709	1,488	1,456	2,022	2,005	2,019	1,478
7:00 - 8:00	2,252	1,980	2,001	2,259	2,286	2,258	2,031
8:00 - 9:00	2,483	2,150	2,180	2,381	2,476	2,443	2,224
9:00 - 10:00	2,623	2,220	2,338	2,511	2,612	2,615	2,354
10:00 - 11:00	2,704	2,318	2,357	2,660	2,704	2,651	2,439
11:00 - 12:00	2,766	2,400	2,401	2,738	2,807	2,770	2,515
12:00 - 13:00	2,825	2,472	2,495	2,901	2,866	2,901	2,569
13:00 - 14:00	2,888	2,534	2,581	2,915	2,929	2,930	2,600
14:00 - 15:00	2,885	2,517	2,568	2,899	2,883	2,841	2,604
15:00 - 16:00	2,825	2,491	2,532	2,728	2,726	2,592	2,535
16:00 - 17:00	2,659	2,397	2,429	2,604	2,640	2,597	2,472
17:00 - 18:00	2,572	2,362	2,423	2,654	2,581	2,713	2,448
18:00 - 19:00	2,577	2,475	2,410	2,707	2,705	2,624	2,328
19:00 - 20:00	2,510	2,274	2,291	2,487	2,578	2,529	2,393
20:00 - 21:00	2,333	2,149	2,122	2,333	2,315	2,326	2,162
TOTAL	38,611	34,227	34,584	38,799	39,113	38,809	35,152

Nota. Datos volumen horario, donde el mayor valor es de 2,929 perteneciente al día viernes a las 13:00 – 14:00 p,m

En el gráfico N°5 podemos observar las variaciones que corresponden a los volúmenes horarios de cada día y notamos que estas tienen un patrón volumétrico irregular con respecto a las horas punta, sin embargo, el día cuyos valores son más altos es el sábado.

Gráfico 5 Variación horaria del volumen del tránsito total Intersección 03



Nota. Se observa el patrón que tiene el diagrama y que en la tarde varía mucho más.

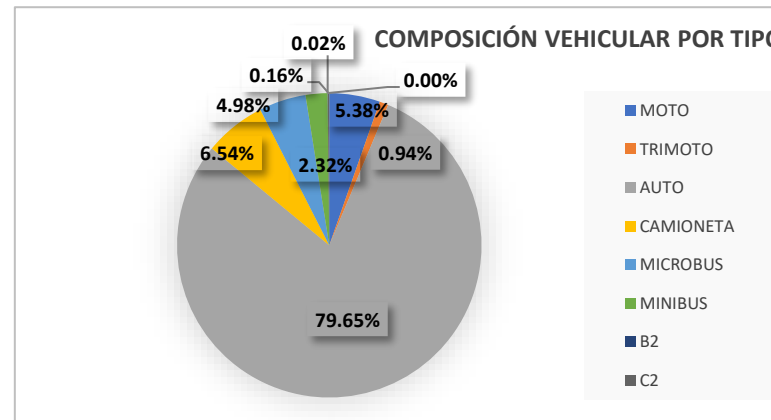
La tabla N°22 nos muestra el volumen de tránsito por cada tipo de vehículo para los 7 días de la semana analizada. Para una mejor evaluación se optó por utilizar un gráfico N°4 circular donde observamos los porcentajes.

Tabla 22 Variación diario de volumen por tipo de vehículo.

TIPOS DE VEHÍCULOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL	PORCENTAJE
MOTO	2,194	1,716	1,648	2,249	2,195	2,206	1,753	13,961	5.38%
TRIMOTO	433	317	250	422	422	426	178	2,448	0.94%
AUTO	30,333	27,827	27,987	30,565	30,783	30,608	28,421	206,524	79.65%
CAMIONETA	2,620	2,074	2,263	2,607	2,663	2,612	2,117	16,956	6.54%
MICROBÚS	2,032	1,538	1,643	1,958	2,075	1,991	1,683	12,920	4.98%
MINIBÚS	908	695	743	919	927	927	909	6,028	2.32%
B2	6	6	8	9	10	4	6	49	0.02%
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
C2	85	54	42	70	38	35	85	409	0.16%
TOTAL	38,611	34,227	34,584	38,799	39,113	38,809	35,152	259,295	1.00

Nota. Podemos observar que la presencia del transporte público sigue siendo el segundo lugar después del tránsito de autos.

Gráfico 6 Variación diaria del volumen por tipo de vehículo Intersección 03



Nota. Observamos que hay presencia de buses y vehículos tipo C2.

Tabla 23 Volumen horario de máxima demanda

Datos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
VHMD	2,888	2,534	2,581	2,915	2,929	2,930	2,604
Q15MAX	724	635	653	737	732	733	660
FHMD 15	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99
VHMD como Q15=	722	634	645	729	732	733	651

Nota. Al igual que la primera y segunda intersección podemos observar que usando los Q15 y VHMD máximos, los FHMD se encuentra entre 0.99 y 1.00 lo cual nos indica que está saturado, tal y como se presenta en la tabla N°23, considerar nuevos FHMD.

En la siguiente tabla N°24 podemos observar el flujo vehicular del día crítico y la hora más desfavorable de ese mismo día donde nos dirá si hay algún posible problema de congestionamiento vehicular, en este caso el día y la hora más desfavorable es el viernes entre las 13:00 – 14:00 pm, como muestra la siguiente tabla.

Tabla 24 Flujo vehicular del día crítico en la Av. España con Jr. Bolognesi

DIA	TURNO	HORA	Q _i			Q ≤ q ₁₅	Densidad k (veh/km)
			q ₁₅	q _{15 max}	VHMD (vehículos mixtos / 15min)		
VIERNES	TARDE	13:00 - 13:15	724			Flujo normal	134
		13:15 - 13:30	727			Flujo normal	
		13:30 - 13:45	728	732	728	Flujo normal	
		13:45 - 14:00	732			Posible problema de congestionamiento	

Nota. Podemos observar que el volumen horario mayor es de 685 vehículos en 15 minutos y que de 13:30 – 14:00 pm presenta un posible problema de congestionamiento.

B) Velocidades


• Recorrido antihorario:

Para el desarrollo de este punto se usó el método del vehículo flotante, lo cual consistió en realizar un circuito por todo el anillo vial y pasar por las intersecciones

estudiadas 3 veces de manera antihoraria y horaria para registrar el tiempo de demora y la velocidad promedio que toma en completar la vuelta contando todo tipo de demoras.

A continuación, podemos observar la tabla de información N°22 sobre tiempos de recorrido y demoras realizado con el método del vehículo en movimiento en sentido antihorario

Tabla 25 Tiempos de recorrido y demoras (sentido antihorario)

		INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y DISEÑO VIAL URBANO		ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDOS Y DEMORAS MÉTODO DEL VEHÍCULO EN MOVIMIENTO			
				FORMATO DE TOMA DE DATOS			
Fecha:	10/11/2022	Longitud Tramo(m):	3,870.00	Velocidad de recorrido(km/h):	10.40 Km/h		
Hora Inicio:	18:00:00 p.m.	Recorrido N°:	1				
Hora Final:	18:23:00 p.m.	Sentido:	ANTIHORARIO	Velocidad de Marcha(km/h):	12.61 Km/h		
Observador:	Walter Leonardo Bendezú Sarmiento	Anotador:	Claudia Cristina Gutiérrez Muñoz				
VÍA RECORRIDA	CRUCE CON VÍA TRANSVERSAL	DISTANCIA (Km)	DISTANCIA ACUMULADA (km)	TIEMPO ACUMULADO DE PARADA		TIEMPO TOTAL ACUMULADO (seg.)	CAUSA DE LA DEMORA
				INICIO (seg.)	FINAL (seg.)		
AV. ESPAÑA - AV. LARCO	28 DE JULIO - JR. BOLÍVAR	0.160	0.160	00:00.00	00:33.80	00:33.80	S
AV. ESPAÑA	AV. 29 DE DICIEMBRE	0.390	0.550	00:33.80	02:15.42	02:49.22	S
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.240	0.790	02:15.42	02:15.82	05:05.04	S
AV. ESPAÑA	GAMARRA	0.180	0.970	02:15.82	01:33.87	06:38.91	-
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.210	1.180	01:33.87	01:38.63	08:17.54	S
AV. ESPAÑA	AV. EGUREN	0.360	1.540	01:38.63	01:30.33	09:47.87	VE
AV. ESPAÑA	JR. BOLÍVAR	0.220	1.760	01:30.33	01:14.61	11:02.48	B
AV. ESPAÑA	AV. MIRAFLORES	0.440	2.200	01:14.61	01:29.52	12:32.00	B
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.420	2.620	01:29.52	00:39.98	13:11.98	VE

AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.300	2.920	00:39.98	01:58.30	15:10.28	B
AV. ESPAÑA	JR. BOLOGNESI	0.350	3.270	01:58.30	02:52.51	18:02.79	S
AV. ESPAÑA	JR. INDEPENDENCIA	0.330	3.600	02:52.51	00:32.00	18:34.79	-
AV. ESPAÑA	AV. ESPAÑA - AV. LARCO	0.270	3.870	00:32.00	03:44.88	22:19.67	S

Fecha:	10/11/2022	Longitud Tramo(m):	3,870.00	Velocidad de recorrido(km/h):	12.89 Km/h
Hora Inicio:	18:25:00 p.m.	Recorrido N°:	2		
Hora Final:	18:42:00 p.m.	Sentido:	ANTIHORARIO		
Observador :	Walter Leonardo Bendezú Sarmiento	Anotador:	Claudia Cristina Gutierrez Muñoz	Velocidad de Marcha(km/h):	15 Km/h

VÍA RECORRIDA	CRUCE CON VÍA TRANSVERSAL	DISTANCI A (Km)	DISTANCIA ACUMULAD A (km)	TIEMPO ACUMULADO DE PARADA		TIEMPO TOTAL ACUMULADO (seg.)	CAUSA DE LA DEMORA
				INICIO (seg.)	FINAL (seg.)		
AV. ESPAÑA - AV. LARCO	28 DE JULIO - JR. BOLÍVAR	0.160	0.160	00:00.00	00:25.42	00:25.42	-
AV. ESPAÑA	AV. 29 DE DICIEMBRE	0.390	0.550	00:25.42	01:11.93	01:37.35	-
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.240	0.790	01:11.93	02:06.81	03:44.16	S
AV. ESPAÑA	ATAHUALPA	0.180	0.970	02:06.81	01:35.73	05:19.89	-
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.210	1.180	01:35.73	01:15.53	06:35.42	S

AV. ESPAÑA	AV. EGUREN	0.360	1.540	01:15.53	01:23.89	07:59.31	B
AV. ESPAÑA	JR. BOLÍVAR	0.220	1.760	01:23.89	01:10.92	09:10.23	S
AV. ESPAÑA	AV. MIRAFLORES	0.440	2.200	01:10.92	01:04.82	10:15.05	B
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.420	2.620	01:04.82	01:59.91	12:14.96	S
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.300	2.920	01:59.91	01:30.34	13:45.30	-
AV. ESPAÑA	JR. BOLOGNESI	0.350	3.270	01:30.34	02:07.91	15:53.21	S
AV. ESPAÑA	JR. INDEPENDENCIA	0.330	3.600	02:07.91	00:29.99	16:23.20	-
AV. ESPAÑA	AV. ESPAÑA - AV. LARCO	0.270	3.870	00:29.99	01:37.92	18:01.12	-

Fecha:	10/11/2022	Longitud Tramo(m):	3,870.00	Velocidad de recorrido(km/h):	13.46 Km/h
Hora Inicio:	18:42:00 p.m.	Recorrido N°:	3		
Hora Final:	19:02:00 p.m.	Sentido:	ANTIHORARIO		
Observador:	Walter Leonardo Bendezú Sarmiento	Anotador:	Claudia Cristina Gutiérrez Muñoz	Velocidad de Marcha(km/h):	16 Km/h

VÍA RECORRIDA	CRUCE CON VÍA TRANSVERSAL	DISTANCIA (Km)	DISTANCIA ACUMULADA (km)	TIEMPO ACUMULADO DE PARADA		TIEMPO TOTAL ACUMULADO (seg.)	CAUSA DE LA DEMORA
				INICIO (seg.)	FINAL (seg.)		
AV. ESPAÑA - AV. LARCO	28 DE JULIO - JR. BOLÍVAR	0.160	0.160	00:00.00	00:43.58	00:43.58	-

AV. ESPAÑA	AV. 29 DE DICIEMBRE	0.390	0.550	00:43.58	01:33.84	02:17.42	-
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.240	0.790	01:33.84	01:32.67	03:50.09	VE
AV. ESPAÑA	ATAHUALPA	0.180	0.970	01:32.67	00:36.35	04:26.44	S
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.210	1.180	00:36.35	01:53.91	06:20.35	-
AV. ESPAÑA	AV. EGUREN	0.360	1.540	01:53.91	00:50.46	07:10.81	B
AV. ESPAÑA	JR. BOLÍVAR	0.220	1.760	00:50.46	01:11.02	08:21.83	B
AV. ESPAÑA	AV. MIRAFLORES	0.440	2.200	01:11.02	01:37.17	09:59.00	B
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.420	2.620	01:37.17	01:29.29	11:28.29	-
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.300	2.920	01:29.29	01:23.76	12:52.05	S
AV. ESPAÑA	JR. BOLOGNESI	0.350	3.270	01:23.76	02:15.59	15:07.64	S
AV. ESPAÑA	JR. INDEPENDENCIA	0.330	3.600	02:15.59	00:29.16	15:36.80	-
AV. ESPAÑA	AV. ESPAÑA - AV. LARCO	0.270	3.870	00:29.16	01:37.77	17:14.57	S

S =	Semáforo	SP =	Señal de Pare.	GI =	Giro a Izquierda	GD =	Giro a Derecha
VE =	Vehículos	CP =	Cruce de peatones	B =	Transporte Público Sirviendo Pasajeros	C =	Congestión
O =	Para otro tipo de Causa.						

Nota. Nos muestra el tiempo de demora en dar 3 vueltas en sentido antihorario y al mismo tiempo identificando si hay algún tipo de demora.

Tabla 26 Tiempos de demora (Sentido Antihorario)

AV. ESPAÑA												
TIPO DE DEMORA	RECORRIDO N° 1				RECORRIDO N° 2				RECORRIDO N° 3			
	N° demoras	% del Total	Duración Total (seg.)	Duración Prom. (seg.)	N° demoras	% del Total	Duración Total (seg.)	Duración Prom. (seg.)	N° demoras	% del total	Duración Total (seg.)	Duración Prom. (seg.)
Transporte Público	3	11%	22		2	20%	27		3	20%	30	
Congestión												
Semáforo	6	80%	189		5	80%	121		4	70%	100	
Vehículos	2	9%	24						1	10%	14	
Cruce peatones												
Parqueadores												
Veh. Pesado												
Total			235				148				144	

Nota. Colocamos la información obtenida sobre la clasificación que tuvimos de demoras, se expresa en segundos.

En la siguiente tabla de resultados de los primeros 3 recorridos en sentido antihorario podemos observar que el tiempo promedio de los 3 tiempos es de 19 minutos con 12 segundos, que los tipos de demoras más comunes son por semáforos, transporte público y la misma imprudencia de los vehículos que circulan,

Tabla 27 Resumen de tiempo (Sentido Antihorario)

AV. ESPAÑA				
Recorrido	Tiempo de Viaje		Suma Demoras	Tiempo de Marcha
	m' s''	Seg.	Seg.	Seg.
Antihorario	22:19.67	1340	235.00	1,105.00
Antihorario	18:01.12	1081	148.00	933.00
Antihorario	17:14.57	1035	144.00	891.00

Nota. Observamos que el tiempo de viaje promedio sería 19 minutos con 20 segundos

En la tabla N°28 podemos observar la velocidad de recorrido y la velocidad de marcha con la que se hizo los 3 recorridos en el anillo vial.

Tabla 28 Resumen de velocidades (Sentido Antihorario)

AV. ESPAÑA			
Recorrido	v. recorrido	v. marcha	% demora
Antihorario	10.4 Km/h	13 Km/h	18%
Antihorario	12.9 Km/h	15 Km/h	14%
Antihorario	13.5 Km/h	16 Km/h	14%

Nota. Observamos que la velocidad de recorrido promedio 12.27 Km/h y de marcha 14.67 Km/h.

- **Recorrido horario:**

A continuación, podemos observar la tabla de información N°29 sobre tiempos de recorrido y demoras realizado con el método del vehículo en movimiento en sentido horario.

Tabla 29 Tiempos de recorrido y demoras (sentido horario)

 INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y DISEÑO VIAL URBANO				ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDOS Y DEMORAS MÉTODO DEL VEHÍCULO EN MOVIMIENTO FORMATO DE TOMA DE DATOS			
Fecha:	10/11/2022	Longitud Tramo(m):	3,870.00	Velocidad de recorrido(km/h):	17.70 Km/h		
Hora Inicio:	19:02:00 p.m.	Recorrido N°:	1	Velocidad de Marcha(km/h):	20.22 Km/h		
Hora Final:	19:16:00 p.m.	Sentido:	HORARIO				
Observador:	Walter Leonardo Bendezú Sarmiento	Anotador:	Claudia Cristina Gutiérrez Muñoz				
VÍA RECORRIDA	CRUCE CON VÍA TRANSVERSAL	DISTANCIA (Km)	DISTANCIA ACUMULADA (km)	TIEMPO ACUMULADO DE PARADA		TIEMPO TOTAL ACUMULADO (seg.)	CAUSA DE LA DEMORA
				INICIO (seg.)	FINAL (seg.)		
AV. ESPAÑA - AV. LARCO	JR. INDEPENDENCIA	0.270	0.270	00:00.00	01:03.47	01:03.47	-
AV. ESPAÑA	JR. BOLOGNESI	0.330	0.600	01:03.47	00:30.74	01:34.21	VE
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.350	0.950	00:30.74	01:34.88	03:09.09	-
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.300	1.250	01:34.88	00:32.01	03:41.10	S
AV. ESPAÑA	AV. MIRAFLORES	0.420	1.670	00:32.01	01:08.49	04:49.59	-
AV. ESPAÑA	JR. BOLÍVAR	0.440	2.110	01:08.49	02:20.47	07:10.06	S
AV. ESPAÑA	AV. EGUREN	0.220	2.330	02:20.47	00:24.14	07:34.20	B

AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.360	2.690	00:24.14	01:00.13	08:34.33	-
AV. ESPAÑA	GAMARRA	0.210	2.900	01:00.13	00:36.56	09:10.89	S
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.180	3.080	00:36.56	00:40.87	09:51.76	B
AV. ESPAÑA	AV. 29 DE DICIEMBRE	0.240	3.320	00:40.87	01:12.70	11:04.46	S
AV. ESPAÑA	28 DE JULIO - JR. BOLÍVAR	0.390	3.710	01:12.70	00:43.03	11:47.49	-
AV. ESPAÑA	AV. ESPAÑA - AV. LARCO	0.160	3.870	00:43.03	01:19.67	13:07.16	-

Fecha:	10/11/2022	Longitud Tramo(m):	3,870.00	Velocidad de recorrido(km/h):	15.43 Km/h
Hora Inicio:	19:16:00 p.m.	Recorrido N°:	2		
Hora Final:	19:33:00 p.m.	Sentido:	HORARIO		
Observador:	Walter Leonardo Bendezú Sarmiento	Anotador:	Claudia Cristina Gutiérrez Muñoz	Velocidad de Marcha(km/h):	18 Km/h

VÍA RECORRIDA	CRUCE CON VÍA TRANSVERSAL	DISTANCIA (Km)	DISTANCIA ACUMULADA (km)	TIEMPO ACUMULADO DE PARADA		TIEMPO TOTAL ACUMULADO (seg.)	CAUSA DE LA DEMORA
				INICIO (seg.)	FINAL (seg.)		
AV. ESPAÑA - AV. LARCO	JR. INDEPENDENCIA	0.270	0.270	00:00.00	00:46.24	00:46.24	-
AV. ESPAÑA	JR. BOLOGNESI	0.330	0.600	00:46.24	00:43.20	01:29.44	S
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.350	0.950	00:43.20	01:02.00	02:31.44	-
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.300	1.250	01:02.00	00:32.01	03:03.45	S

AV. ESPAÑA	AV. MIRAFLORES	0.420	1.670	00:32.01	01:34.25	04:37.70	-
AV. ESPAÑA	JR. BOLÍVAR	0.440	2.110	01:34.25	02:20.47	06:58.17	B
AV. ESPAÑA	AV. EGUREN	0.220	2.330	02:20.47	01:15.27	08:13.44	VE
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.360	2.690	01:15.27	01:09.00	09:22.44	B
AV. ESPAÑA	GAMARRA	0.210	2.900	01:09.00	00:48.12	10:10.56	S
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.180	3.080	00:48.12	00:54.30	11:04.86	-
AV. ESPAÑA	AV. 29 DE DICIEMBRE	0.240	3.320	00:54.30	01:42.00	12:46.86	S
AV. ESPAÑA	28 DE JULIO - JR. BOLÍVAR	0.390	3.710	01:42.00	00:56.17	13:43.03	VE
AV. ESPAÑA	AV. ESPAÑA - AV. LARCO	0.160	3.870	00:56.17	01:19.67	15:02.70	-

Fecha:	10/11/2022	Longitud Tramo(m):	3,870.00		Velocidad de recorrido(km/h):	14.44 Km/h	
Hora Inicio:	19:33:00 p.m.	Recorrido N°:	3				
Hora Final:	19:52:00 p.m.	Sentido:	HORARIO				
Observador:	Walter Leonardo Bendezú Sarmiento	Anotador:	Claudia Cristina Gutiérrez Muñoz		Velocidad de Marcha(km/h):	17 Km/h	
VÍA RECORRIDA	CRUCE CON VÍA TRANSVERSAL	DISTANCI A (Km)	DISTANCIA ACUMULAD A (km)	TIEMPO ACUMULADO DE PARADA		TIEMPO TOTAL ACUMULADO (seg.)	CAUSA DE LA DEMORA
				INICIO (seg.)	FINAL (seg.)		

AV. ESPAÑA - AV. LARCO	JR. INDEPENDENCIA	0.270	0.270	00:00.00	00:51.70	00:51.70	-
AV. ESPAÑA	JR. BOLOGNESI	0.330	0.600	00:51.70	00:53.60	01:45.30	VE
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.350	0.950	00:53.60	01:02.00	02:47.30	S
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.300	1.250	01:02.00	01:24.60	04:11.90	-
AV. ESPAÑA	AV. MIRAFLORES	0.420	1.670	01:24.60	00:57.30	05:09.20	B
AV. ESPAÑA	JR. BOLÍVAR	0.440	2.110	00:57.30	02:20.47	07:29.67	VE
AV. ESPAÑA	AV. EGUREN	0.220	2.330	02:20.47	01:41.20	09:10.87	B
AV. ESPAÑA	JR. JUNÍN	0.360	2.690	01:41.20	01:22.40	10:33.27	S
AV. ESPAÑA	GAMARRA	0.210	2.900	01:22.40	00:53.10	11:26.37	B
AV. ESPAÑA	JR. ORBEGOSO	0.180	3.080	00:53.10	00:54.30	12:20.67	S
AV. ESPAÑA	AV. 29 DE DICIEMBRE	0.240	3.320	00:54.30	01:25.00	13:45.67	-
AV. ESPAÑA	28 DE JULIO - JR. BOLÍVAR	0.390	3.710	01:25.00	00:59.14	14:44.81	S
AV. ESPAÑA	AV. ESPAÑA - AV. LARCO	0.160	3.870	00:59.14	01:19.67	16:04.48	-
S =	Semáforo	SP =	Señal de Pare.	GI =	Giro a Izquierda	GD =	Giro a Derecha

VE =	Vehículos	CP=	Cruce de peatones	B =	Transporte Público Sirviendo Pasajeros	C =	Congestión
O =	Para otro tipo de Causa.						

Nota. Tiempo de recorrido de 3 vueltas en sentido horario, con la clasificación de demoras por tramo.

Tabla 30 Tiempos de demora (Sentido horario)

AV. ESPAÑA												
TIPO DE DEMORA	RECORRIDO N° 1				RECORRIDO N° 2				RECORRIDO N° 3			
	N° demoras	% del Total	Duración Total (seg).	Duración Prom. (seg).	N° demoras	% del total	Duración Total (seg).	Duración Prom. (seg).	N° demoras	% del total	Duración Total (seg).	Duración Prom. (seg).
Transporte Público	2	10%	13		2	12%	16		3	10%	24	
Congestión												
Semáforo	4	81%	74		4	75%	84		4	82%	80	
Vehículos	1	9%	11		2	13%	21		2	8%	19	
Cruce peatones												
Parqueadores												
Veh. Pesado												
Total			98				121				123	

Nota. Tabla de tiempo y clasificación de demoras en circuito.

La siguiente tabla N°31 de resultados de los 3 recorridos en sentido horario podemos observar que el tiempo promedio de los 3 tiempos es de 14 minutos con 45 segundos, los tipos de demoras más comunes son por semáforos, transporte público y la misma imprudencia de los vehículos que circulan sin embargo la demorar o interrupciones fue menor a las que el otro sentido.

Tabla 31 Resumen de tiempo (Sentido Horario)

AV. ESPAÑA				
Recorrido	Tiempo de Viaje		Suma Demoras	Tiempo de Marcha
	m' s''	Seg.	Seg.	Seg.
Horario	13:07.16	787	98	689.00
Horario	15:02.70	903	121	782.00
Horario	16:04.48	965	123	842.00

Nota. Observamos tiempo de demoras lo cual su valor en promedio es de 14 minutos con 75 segundos.

En la tabla N°32 podemos observar la velocidad de recorrido y la velocidad de marcha con la que se hizo los 3 recorridos en el anillo vial.

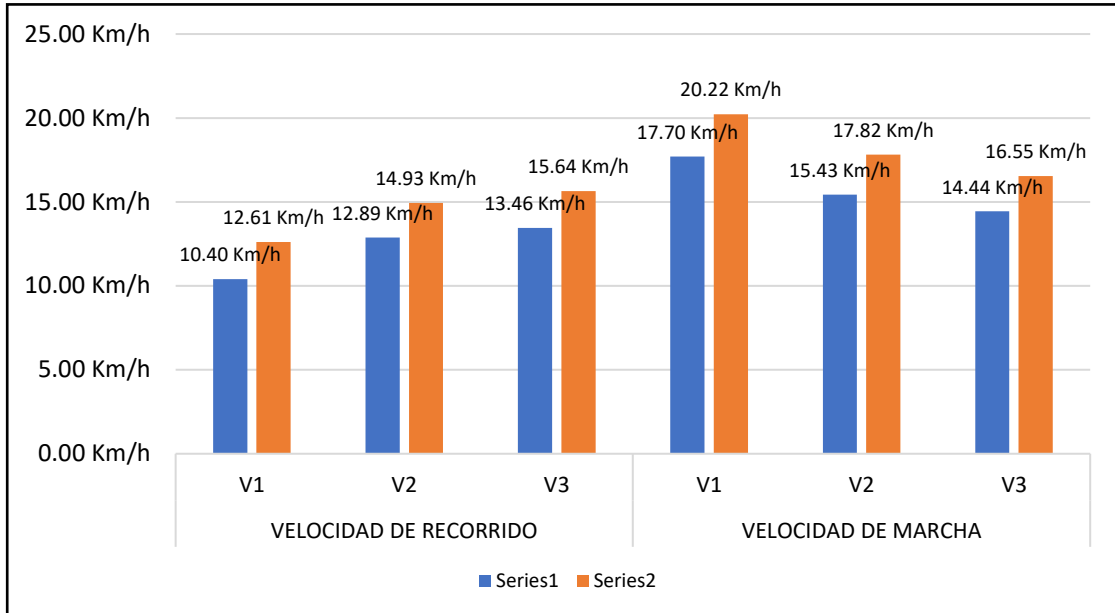
Tabla 32 Resumen de velocidades (Sentido Horario)

AV. ESPAÑA			
Recorrido	V. Recorrido	V. Marcha	% Demora
Horario	17.7 Km/h	20.22 Km/h	12%
Horario	15.4 Km/h	17.82 Km/h	13%
Horario	14.4 Km/h	16.55 Km/h	13%

Nota. La velocidad de recorrido promedio es de 15.83 Km/hr y la de marcha es 18.33 Km/hr.

A continuación, se presenta un gráfico comparativo de velocidades tanto en sentido horario como antihorario.

Gráfico 7 Gráfica de Barras de Velocidad de recorrido y de marcha.



Nota. Gráfico comparativo de velocidades en sentido horario y antihorario, donde nos indica que en sentido horario es más libre o continuo su circulación.

C) Cálculo semafórico y niveles de servicio

a. Intersección 01 Av. España / Jr. Bolívar / Av. 28 de Julio

En este apartado se presenta la distribución de puntos cardinales en la intersección para la categorización de los movimientos o maniobras permitidas y poder realizar el cálculo de flujo de saturación por carriles, el cálculo semafórico y la clasificación del nivel de servicio.

Figura 15 Intersección 01 Av. España / Jr. Bolívar / Av. 28 de Julio



Nota. Distribución de orientación en la intersección.

- **Flujo de saturación por carril:**

Como primer paso para realizar este cálculo se necesitan los valores de volúmenes mixtos horarios de máxima demanda del día y la hora más desfavorable, que en este caso es el lunes a las 19:00 – 20:00 pm como se muestra en la tabla N° 30.

Tabla 33 Volumen flujo vehicular por tipo de transporte y codificación de movimientos

Tipo de transporte	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS POR ACCESO						
	Acceso Norte		Acceso Sur		Acceso Oeste		Acceso Este
	1	2	9(2)	3	9(3)	7	4
Transporte Privado	668	644	607	556	130	113	96
Transporte Público	103	48	105	16	6	4	5
Transporte Carga	2	1	1	1	0	1	0
Total	773	693	713	573	136	118	101
Volumen mixto por acceso	773.00	1,406.00			827.00		101.00
FHMD	0.98	0.98			0.89		0.90
Porcentaje de transporte privado	86.42	88.98			96.61		95.05
Porcentaje de transporte público	13.32	10.88			3.14		4.95
Porcentaje de transporte de carga	0.26	0.14			0.24		0.00

Nota. Si colocamos el FMHD que se calculó, los tiempos semafóricos serían muy bajos, a manera de criterio para la investigación se optó los FHMD mostrados en la tabla N° 33.

Como segundo paso se procedió a repartir y agrupar el volumen horario mixto por acceso como se muestra en la tabla N° 34.

Tabla 34 Carriles y grupos de carriles Intersección 01

Datos	ACCESOS						
	Norte	Sur		Oeste		Este	
Movimientos por acceso	1	2	9(2)	3	9(3)	7	4
Volumen horario mixto	773	693	713	573	136	118	101
Volumen horario mixto por acceso	773	1406			827		101
# carriles por acceso	3	3			3		2
Comparación de volúmenes	773	693	713	573	136	118	101
	>	>	>	>	<	<	>
Detalle de compartimiento	0	40	30	127	346	355	0
	NO	NO	NO	NO	COMP	COMP	NO
	COMPAR	COMPAR	COMPAR	COMPAR	ARTE	ARTE	COMPAR
	TE	TE	TE	TE			TE
AGRUPACIÓN	FD	FD	DF	FD	DF	IF	FD

Nota. En esta tabla se encuentra el volumen horario por cada tipo de movimiento o

maniobra existente en la intersección.

Tercer paso se realiza el ajuste de volúmenes con las fórmulas expuestas en el marco teórico como se muestra en la tabla N° 35.

Tabla 35 Ajuste de volúmenes Intersección 01

Datos	ACCESOS						
	Norte	Sur	Oeste	Este			
Movimientos por acceso	1	2	9(2)	3	9(3)	7	4
Volumen por movimiento (vph)	773	693	713	573	136	118	101
FHMD	0.98	0.98	0.98	0.89	0.89	0.89	0.90
Flujo Vp (vph)	789	707	728	644	153	133	112
Movimientos por grupo	FD	FD	DF	FD	DF	IF	FD
Flujo por grupo Vgi (vph)	789	471	1081	582	475	454	75
# carriles por acceso	3	2	1	1	1	1	2
Factor de utilización (Lii)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Flujo ajustado Vi	789	471	1081	582	475	454	75
Proporción de vueltas (PVI,PVD)	0.90	1.50	0.67	0.26	0.32	0.29	1.50

Nota. En esta tabla se encuentra un valor importante, es el flujo ajustado, nos ayudará a calcular el resto de los puntos.

Con el cálculo de ajuste realizado se obtiene el flujo de saturación real, como se presenta en la tabla N° 36.

Tabla 36 Flujo de saturación Intersección 01

DATOS	ACCESOS						
	Norte	Sur	Oeste			Este	
Movimientos por grupo	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT
Flujo de saturación ideal (SO)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
# Carriles	3	2	1	1	1	1	2
Factor de ajuste por ancho de carril (fA)	1.50	0.90	1.20	1.13	0.87	0.71	0.96
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fvp o Fhv)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por pendiente (Fp o Fg)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por estacionamiento (FE o Fp)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por parada autobuses (FB o Fbb)	0.95	0.92	0.85	0.80	0.80	0.80	0.94
Factor de ajuste por localización (fL o Fa)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por utilización de carriles (flu)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda (fVI o fLT)	0.96	0.93	0.97	0.99	0.98	0.99	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la derecha (fRT o fRT)	0.96	0.93	0.97	0.99	0.98	0.99	1.00
Fujo de saturación ajustado (Si)	7436	2735	1811	1671	1271	1046	3427
Flujo de saturación en el acceso	7,436	4,547			3,988		3,427

Nota. Una vez obtenido los distintos factores, cantidad de carriles, calculamos el flujo de saturación en cada carril y acceso.

- **Cálculo teórico de tiempos semafóricos**

Para poder realizar este punto se necesitan datos como la velocidad del vehículo, longitud del vehículo, ancho de la intersección para poder calcular el intervalo de despeje de cambio de fase. El intervalo de cambio ámbar, después de tantos estudios a nivel mundial ya se toma como un dato general en el estudio de tránsito que debe ser de 3 segundos, como se muestra en la tabla N° 37.

Tabla 37 Intervalo de cambio de fase

DATOS		ACCESOS			
		Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Oeste	Acceso Este
Tiempo de percepción - reacción t	(s)	1.00	1.00	1.00	1.00
Velocidad aproximada vehículos - 40 km/h	(m/s)	11.11	11.11	11.11	11.11
Tasa de desaceleración: a	(m/s ²)	3.05	3.05	3.05	3.05
Ancho de la intersección W	(m)	24.4	24.4	20.1	21
Longitud del vehículo L	(m)	6.10	6.10	6.10	6.10
Intervalo de cambio amarillo A	(s)	5	5	5	5
Intervalo de despeje todo rojo TR	(s)	5	5	5	5

Nota. Tabla de información fundamental para el cálculo de intervalo de cambio de fase.

Como segundo paso se realiza la relación de flujo actual y el flujo de saturación por carril, para ello se necesita calcular el flujo máximo equivalente con la fórmula de FHV del marco teórico, como se muestra en la tabla N° 38.

Tabla 38 Vehículos equivalentes

DATOS	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Oeste			Acceso Este		
Fhv	0.94			0.95			0.98			0.98		
Flujo equivalente	q _D	q _{vd}	q _{vi}	q _D	q _{vd}	q _{vi}	q _D	q _{vd}	q _{vi}	q _D	q _{vd}	q _{vi}
Flujos equivalentes ADE/h	842	-	-	746	768	-	595	141	122	106	-	-
Flujo máximo equivalente	842			768			595			106		
Número de carriles	3			3			3			1		
Flujo de saturación por carril	7,436			4,547			3,988			3,427		

Nota. Tabla de información de vehículos equivalentes para el cálculo del flujo de saturación por carril.

Tabla 39 Relación de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
Y	0.11	0.17	0.15	0.03

Nota. Tabla de relación entre el flujo actual y el flujo de saturación

Con estos datos ya podemos calcular la longitud del ciclo optimo, tiempo de verde efectivo, el reparto del tiempo verde real y poder graficarlo, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 40 Tiempo total perdido intersección 01

TIEMPO TOTAL PERDIDO PARA 3 FASES	
Numero de fases propuestas	3
Intervalo de cambio amarillo A (s)	5
Intervalo de despeje todo rojo TR (s)	5
Tiempo total perdido para 3 fases L (s)	30

Nota. Se multiplica los tres datos para poder sacar el tiempo total perdido para 3 fases.

Tabla 41 Longitud de ciclo optimo (s)

LONGITUD DE CICLO ÓPTIMO (S)	
Sumatoria de Y _i	0.46
Longitud de ciclo optimo (s)	92.94
Ciclo redondeado al superior (s)	95

Nota. Se puede observar que al redondear la longitud del ciclo optimo es 95 segundos.

Tabla 42 Tiempo de verde efectivo total (s)

TIEMPO VERDE EFECTIVO TOTAL (S)	
Verde efectivo total	65

Nota. Es resultado de la resta entre longitud del ciclo optimo y tiempo total perdido

Tabla 43 Reparto de tiempo verde efectivo (s)

REPARTO DE TIEMPO VERDE EFECTIVO	
g_1 (s)	16
g_2 (s)	24
g_3 (s)	21

Nota. Se observa que el tiempo de las 3 fases oscilan en 20 segundos.

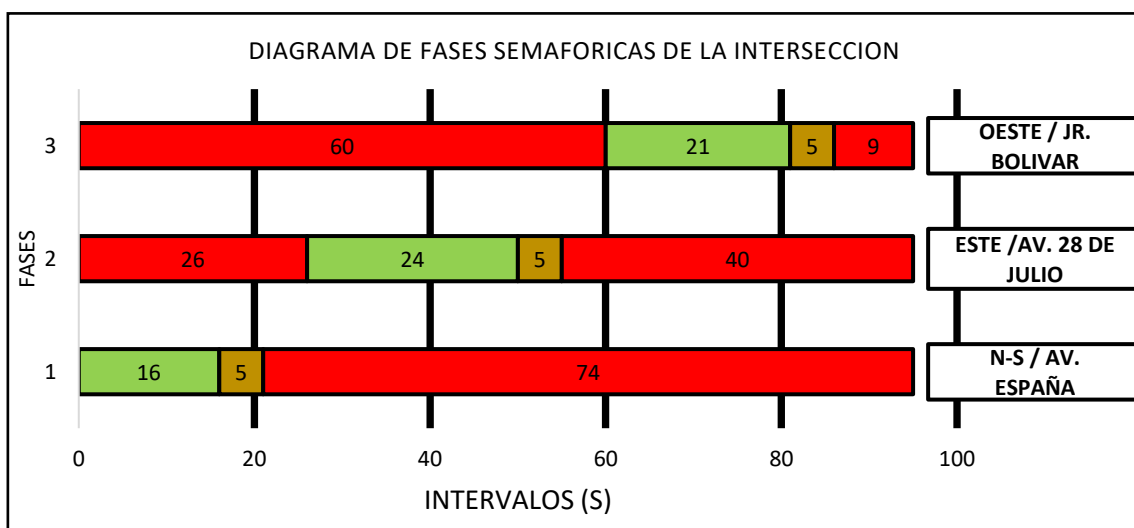
Tabla 44 Reparto de tiempo verde real

REPARTO DE TIEMPO VERDE REALES	
G_1 (s)	16
G_2 (s)	24
G_3 (s)	21

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados se graficarían de la siguiente manera para poder analizar mejor la información, donde nos muestra que tanto de norte a sur debería tener un tiempo de verde cercano a los 18 segundos para que su flujo sea más continuo evitando colas y que tanto de oeste a este debería tener más tiempo en rojo y un tiempo razonable cercano a los 21 segundos de verde.

Gráfico 8 Diagrama de fases semafóricas de la intersección 01



Nota. Se observa las fases semafóricas, lo cual nos da a conocer que los verdes de cada fase semafórica no se cruzan, cuenta con una longitud de ciclo óptimo de 95 segundos.

- **Nivel de servicio**

Para poder realizar la categorización de nuestra intersección se debe realizar un conteo del tiempo de verde y rojo en la realidad, para que podamos calcular la relación de verde y con el flujo ajustado poder determinar si el carril o la vía se encuentra en estado crítico o normal, lo mencionado se expone en la tabla N° 45.

Tabla 45 Grupo de carril crítico

Datos	ACCESOS							Grupo de saturación en la intersección
	Norte	Sur		Oeste		Este		
Movimientos por grupo	RT	RT	TH	RT	TH	LT	RT	
Flujo ajustado V_i	789	471	1081	582	475	454	75	
Flujo de saturación ajustado (S_i)	7436.25	2735.35	1811.23	1671.36	1270.65	1045.68	3427.23	
Relación de flujo (v/s_i)	0.11	0.17	0.60	0.35	0.37	0.43	0.02	
Relación de verde	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.47	
Capacidad del grupo de carriles C_i	3,913.81	1,439.66	953.28	879.66	668.76	550.36	1,623.43	
Relación (v/c_i): X_i	0.20	0.33	1.13	0.66	0.71	0.83	0.05	
Grupo de carril crítico	-	-	-	-	-	-	-	1.69

Nota. Observamos que los grupos de carriles no se encuentran en estado crítico.

En la tabla N°46 podemos observar que, realizando el cálculo para obtener el nivel de servicio por acceso en base a la clasificación de niveles de servicio por el MTC y el libro de Cal, y otros 2007. Estos accesos se encuentran en la clasificación B y E

Tabla 46 Nivel de servicio

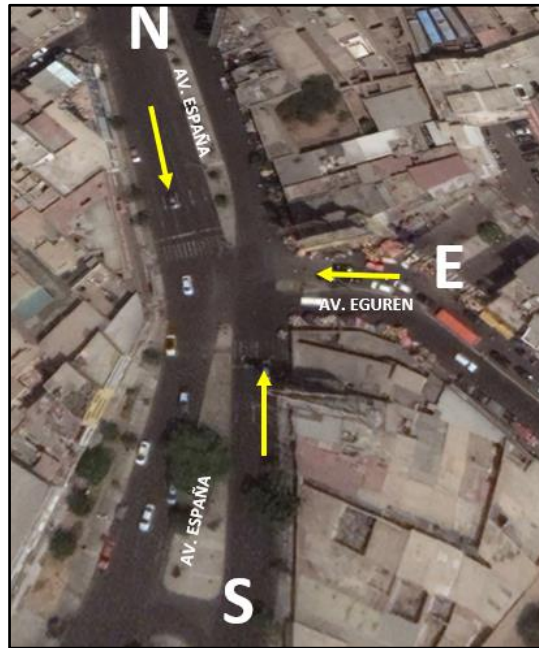
Datos	ACCESOS						
	Norte	Sur		Oeste			Este
Movimientos por grupo	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT
Relación (v/c _i) - X _i	0.20	0.33	1.13	0.66	0.71	0.83	0.05
Relación de verde	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.47
Longitud de ciclo (m)	95	95	95	95	95	95	95
Demora uniforme d _{1i} (S/VEH)	11.92	12.88	26.44	16.35	17.01	18.85	13.45
Capacidad de grupo por carril C _i (Vph)	3,913.81	1,439.66	953.28	879.66	668.76	550.36	1,623.43
Demora incrementada L d _{2i} (S/VEH)	0.05	0.26	35.93	1.68	2.71	5.80	0.02
Demora por cola inicial d ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demora media por control de grupo	11.97	13.14	62.37	18.03	19.73	24.65	13.47
Factor de progresión FP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Demora del grupo de carriles d ₄ (S/veh)	11.97	13.14	62.37	9.02	9.86	12.32	6.74
Nivel de servicio del grupo de carriles	B	B	F	B	B	B	B
Demora en el acceso D _a (S/veh)	11.97		47.42		10.28		6.74
NIVEL DE SERVICIO EN EL ACCESO	B		E		B		B
NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN	25.23	D					

Nota. Observamos que el nivel de servicio en la intersección es D.

b. Intersección 02 Av. España / Av. Eguren

En este apartado se presenta la distribución de puntos cardinales en la intersección para la categorización de los movimientos o maniobras permitidas y poder realizar el cálculo de flujo de saturación por carriles, el cálculo semafórico y la clasificación del nivel de servicio.

Ilustración 2 Intersección 2 Av. España / Av. Eguren



Nota. Distribución de orientación en la intersección.

- **Flujo de saturación por carril:**

Como primer paso se realizar el cálculo del flujo de saturación se necesita los valores máximos de volúmenes mixtos horarios de máxima demanda del día y la hora, en este caso es el lunes de 18:00 – 19:00 pm como se muestra en la tabla N° 44.

Tabla 47 Volumen flujo vehicular por tipo de transporte y codificación de movimiento

Tipo de transporte	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS POR ACCESO					
	Acceso Norte		Acceso Sur		Acceso Este	
	1	5	2	9(2)	4	9(4)
Transporte Privado	665	647	597	502	457	644
Transporte Público	47	53	1	1	0	5
Transporte Carga	0	1	0	0	0	0
Total	712	701	598	503	457	649
Volumen mixto por acceso	1,253.00		985.00		855.00	
FHMD	0.61		0.89		0.98	
Porcentaje de transporte privado	91.94		99.80		99.42	
Porcentaje de transporte público	7.98		0.20		0.58	
Porcentaje de transporte de carga	0.08		0.00		0.00	

Nota. Se observa que dos de los FHMD no son los calculados, lo cual se tuvo que recalcular para que pueda cumplir con un tiempo de verde aceptable.

Como segundo paso se procede a repartir y agrupar el volumen horario mixto por acceso como se muestra en la tabla N° 48.

Tabla 48 Carriles y grupos de carriles Intersección 02

Datos	ACCESOS					
	Acceso Norte		Acceso Sur		Acceso Este	
	1	5	2	9(2)	8	9(4)
Movimientos por acceso	712	701	598	503	457	649
Volumen horario mixto por acceso	1413		1101		1106	
# carriles por acceso	5		3		2	
Comparación de volúmenes	712	701	598	503	457	649
	>	>	>	>	<	>
Detalle de compartimiento	175	178	252	299	649	457
	NO COMPARTE	NO COMPARTE	NO COMPARTE	NO COMPARTE	COMPARTE	NO COMPARTE
AGRUPACIÓN	FD	IF	DF	FD	IF	FD

Nota. Se realizó la comparación de volúmenes.

Como tercer paso se realiza el ajuste de volúmenes con las fórmulas expuestas en el marco teórico como se muestra en la tabla N° 49.

Tabla 49 Ajuste de volúmenes Intersección 02

Datos	ACCESOS					
	Acceso Norte		Acceso Sur		Acceso Este	
Movimientos por acceso	1	5	2	9(2)	8	9(4)
Volumen por movimiento (vph)	712	701	598	503	457	649
FHMD	0.61	0.61	0.89	0.89	0.98	0.98
Flujo Vp (vph)	1167	1149	672	565	466	662
Movimientos por grupo	FD	IF	DF	FD	IF	FD
Flujo por grupo Vgi (vph)	1927	1733	1013	901	818	895
# carriles por acceso	3	2	2	1	1	1
Factor de utilización (Lii)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Flujo ajustado Vi	1927	1733	1013	901	818	895
Proporción de vueltas (PVI,PVD)	0.61	0.66	0.66	0.63	0.57	0.74

Fuente: Elaboración propia

Con el cálculo de ajuste realizado se obtiene el flujo de saturación real, tal y como se presenta en la tabla N° 47.

Tabla 50 Flujo de saturación Intersección 02

Datos	ACCESOS					
	Norte		Sur		Este	
Movimientos por grupo	LT	RT	LT	TH	RT	TH
Flujo de saturación ideal (SO)	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00
# Carriles	3.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por ancho de carril (fA)	1.72	1.04	1.60	0.93	0.71	0.93
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fvp o Fhv)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por pendiente (Fp o Fg)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por estacionamiento (FE o Fp)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por parada autobuses (FB o Fbb)	0.95	0.92	0.92	0.80	0.80	0.89
Factor de ajuste por localización (fL o Fa)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por utilización de carriles (flu)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda (fVI o fLT)	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la derecha (fRT o fRT)	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	1.00
Fujo de saturación ajustado (Si)	8,780.68	3,436.67	5,264.68	1,328.18	1,017.55	1,574.47
Flujo de saturación en el acceso	12,217		6,593		2,592	

Nota. Realizando el producto de los datos se obtiene el flujo de saturación ajustada en la intersección.

- **Cálculo teórico de tiempos semafóricos**

Para poder iniciar este punto se necesitan los datos de velocidad de vehículo, longitud del vehículo, ancho de la intersección para poder calcular el intervalo de despeje de cambio de fase, como se muestra en la tabla N° 51.

Tabla 51 Intervalo de cambio de fase Intersección 2

DATOS		ACCESOS			
		Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Oeste	Acceso Este
Tiempo de percepción - reacción t	(s)	1.00	1.00		1.00
Velocidad aproximada vehículos - 40 km/h	(m/s)	11.11	11.11		11.11
Tasa de desaceleración: a	(m/s ²)	3.05	3.05		3.05
Ancho de la intersección W	(m)	22.2	20.9		28
Longitud del vehículo L	(m)	6.10	6.10		6.10
Intervalo de cambio amarillo A	(s)	3	3		3
Intervalo de despeje todo rojo TR	(s)	4	4		4

Nota. Estos son datos obtenidos del despeje de todo en rojo y el intervalo de cambio de amarillo con la velocidad vehicular de 40 km/h.

Para realizar la relación del flujo actual y el flujo de saturación por carril, se necesita calcular el flujo mixto equivalente, como se muestra en la tabla N° 52.

Tabla 52 Vehículos equivalentes

DATOS	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Oeste			Acceso Este		
Fhv	0.96			1.00			1.00			1.00		
Flujo equivalente	q _D	q _{vd}	q _{VI}	q _D	q _{vd}	q _{VI}	q _D	q _{vd}	q _{VI}	q _D	q _{vd}	q _{VI}
Flujos equivalentes ADE/h	1212	-	1193	1152	983	-	-	-	-	467	-	664
Flujo máximo equivalente	1212			1152			0			664		
Número de carriles	5			3			0			3		
Flujo de saturación por carril	12,217			6,593			-			2,592		

Nota. Al realizar el cálculo de vehículos equivalentes se obtiene el flujo de saturación por carril.

Tabla 53 Relación de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril.

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
Y	0.10	0.17	-	0.26

Nota. Al obtener la relación de flujos podemos realizar el cálculo de reparto de verde efectivo.

Con estos datos ya podemos calcular la longitud del ciclo óptimo, tiempo verde efectivo, reparto de verde real y finalmente poder graficarlo, tal y como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 54 Tiempo total perdido Intersección 2

TIEMPO TOTAL PERDIDO PARA 3 FASES	
Numero de fases propuestas	3
Intervalo de cambio amarillo A (s)	5
Intervalo de despeje todo rojo TR (s)	4
Tiempo total perdido para 3 fases L (s)	27

Nota. Se realizó el análisis con 5 segundos de ámbar y 4 segundos de tiempo en rojo total.

Tabla 55 Longitud de ciclo óptimo (s)

LONGITUD DE CICLO ÓPTIMO (S)	
Sumatoria de Y _i	0.53
Longitud de ciclo óptimo (s)	96.83
Ciclo redondeado al superior (s)	105

Nota. A criterio se consideró a redondear el ciclo óptimo a 105.

Tabla 56 Tiempo de verde efectivo total (s)

TIEMPO VERDE EFECTIVO TOTAL (S)	
Verde efectivo total	78

Nota. Para obtener el tiempo de verde efectivo se necesita restar el ciclo redondeado y el tiempo total perdido.

Tabla 57 Reparto de tiempo verde efectivo (s)

REPARTO DE TIEMPO VERDE EFECTIVO	
$g_1(s)$	15
$g_2(s)$	26
$g_3(s)$	38

Nota. Para obtener este dato se necesita la relación de flujos que está en la tabla N° 53.

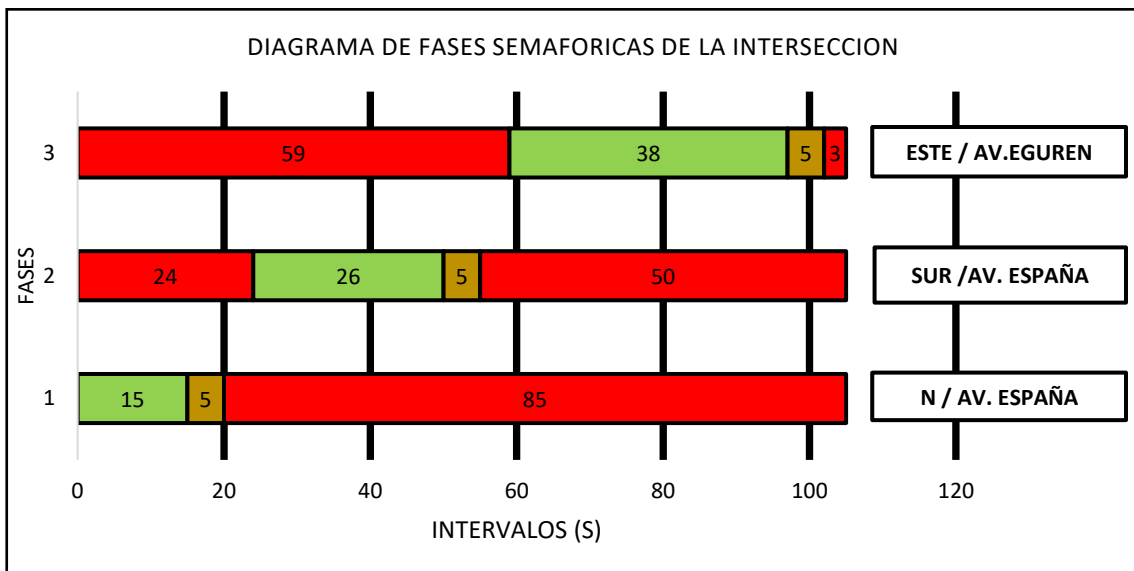
Tabla 58 Reparto de tiempo verde real (s)

REPARTO DE TIEMPO VERDE REALES	
$G_1(s)$	15
$G_2(s)$	26
$G_3(s)$	38

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados se graficarían de la siguiente manera para poder analizar mejor la información, nos muestra que tanto de norte como sur deberían pasar casi al mismo tiempo, mientras que este se mantiene en rojo, evitando algún tipo de accidentes al ingresar a la intersección.

Gráfico 9 Diagrama de fases semafóricas de la intersección 2



Nota. Se puede observar las 3 fases de calculo para un ciclo total de 105 segundos. Se muestra el reparto de las fases en el diagrama de intervalos vs fase.

- **Nivel de servicio:**

Para poder realizar la categorización de nuestra intersección se de realizar un conteo del tiempo de verde y rojo en la realidad, para que podamos calcular la relación de verde y el flujo ajustado poder determinar si el carril o la vía se encuentra en estado crítico o normal, lo mencionado se expone en la tabla N° 59.

Tabla 59 Grupo de carril crítico

Datos	ACCESOS						Grupo de saturación en la intersección
	Norte		Sur		Este		
Movimientos por grupo	LT	RT	LT	TH	RT	TH	1.99
Flujo ajustado V_i	1695	1515	917	822	562	639	
Flujo de saturación ajustado (S_i)	8754.36	3443.09	5286.09	1324.81	992.30	1574.47	
Relación de flujo (v/s_i)	0.19	0.44	0.17	0.62	0.57	0.41	
Relación de verde	0.53	0.53	0.49	0.49	0.39	0.39	
Capacidad del grupo de carriles C_i	4,674.66	1,838.54	2,566.06	643.11	385.36	611.45	
Relación (v/c_i): X_i	0.36	0.82	0.36	1.28	1.46	1.05	
Grupo de carril crítico	-	-	-	-	-	-	

Nota. Se puede observar en la tabla N°59 el grupo de saturación en esta intersección es de 1.99.

En la tabla N° 60 podemos observar que al realizar el cálculo para obtener el nivel de servicio por acceso en base a la clasificación de niveles de servicio por el MTC y el libro de Cal y otros 2007. Estos accesos se encuentran en la clasificación C y E.

Tabla 60 Nivel de servicio

Datos	ACCESOS					
	Norte		Sur		Este	
Movimientos por grupo	LT	RT	LT	TH	RT	TH
Relación (v/c _i) - X _i	0.36	0.82	0.36	1.28	1.46	1.05
Relación de verde	0.53	0.53	0.49	0.49	0.39	0.39
Longitud de ciclo (m)	103	103	103	103	103	103
Demora uniforme d _{1i} (S/VEH)	13.87	19.97	16.50	35.92	44.39	32.44
Capacidad de grupo por carril C _i (Vph)	4,674.66	1,838.54	2,566.06	643.11	385.36	611.45
Demora incrementada L d _{2i} (S/VEH)	0.09	1.88	0.17	67.66	108.91	23.10
Demora por cola inicial d ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demora media por control de grupo	13.96	21.85	16.66	103.58	153.30	55.54
Factor de progresión FP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Demora del grupo de carriles día (S/veh)	13.96	21.85	16.66	51.79	76.65	27.77
Nivel de servicio del grupo de carriles	B	C	C	E	F	D
Demora en el acceso D _a (S/veh)	17.68		33.27		50.63	
NIVEL DE SERVICIO EN EL ACCESO	C		D		E	
NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN	28.52		D			

Nota. Se aprecia que el nivel de servicio en la intersección es de 28.52 por lo tanto pertenece al nivel de servicio D.

c. Intersección 3 Av. España / Jr. Bolognesi / Av. Juan Pablo II

En este apartado se presenta la distribución de puntos cardinales en la intersección para la categorización de los movimientos o maniobras permitidas y poder realizar el cálculo de flujo de saturación por carriles, el cálculo semafórico y la clasificación del nivel de servicio. En este caso se utilizará los datos del día y la hora más desfavorable que viene a ser el viernes a las 13:00 – 14:00 pm.

Tabla 61 Volumen flujo vehicular por tipo de transporte y codificación de movimientos

Tipo de transporte	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS POR ACCESO											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Este			Acceso Sur – Este		
	1	9(1)	5	2	9(2)	6	4	9(4)	8	4	9(4)	8
Transporte Privado	453	168	281	500	135	269	198	81	84	298	97	113
Transporte Público	39	3	23	57	2	28	19	14	7	34	11	11
Transporte Carga	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Total	492	171	304	558	137	298	217	95	91	333	108	124
Volumen mixto por acceso	967.00			993.00			403.00			565.00		
FHMD	0.68			0.94			0.61			0.7		
Porcentaje de transporte privado	93.28			91.04			90.07			89.91		
Porcentaje de transporte público	6.72			8.76			9.93			9.91		
Porcentaje de transporte de carga	0.00			0.20			0.00			0.18		

Nota. Tal y como se muestra en la tabla N°61 los FHMD tuvieron que disminuir considerablemente, quiere decir que su capacidad esta saturada.

Tabla 62 Carriles y grupos de carriles intersección 3

Datos	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Este			Acceso Este		
	1	9(1)	5	2	9(2)	6	4	9(4)	8	4	9(4)	8
Movimientos por acceso	492	171	304	558	137	298	217	95	91	333	108	124
Volumen horario mixto												
Volumen horario mixto por acceso		967			993			403			565	
# carriles por acceso		3			3			6			6	
Comparación de volúmenes	492 >	171 <	304 <	558 >	137 <	298 <	217 >	95 >	91 >	333 >	108 >	124 >
Detalle de compartimiento	238 NO COMPART E	398 COMPA RTE	332 COMPA RTE	218 NO COMPART E	428 COMPA RTE	348 COMPA RTE	37 NO COMPART E	62 NO COMPART E	62 NO COMPART E	46 NO COMPART E	91 NO COMPART E	88 NO COMPART E
AGRUPACIÓN	FD	DF	IF	FD	DF	IF	FD	DF	IF	FD	DF	IF

Nota. Se especifica la agrupación de vehículos para los distintos accesos.

Tercer paso que realizar es el ajuste de volúmenes como se muestra en la tabla N°63.

Tabla 63 Ajuste de volúmenes intersección 03

Datos	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Este			Acceso Sur - Este		
	1	9(1)	5	2	9(2)	6	4	9(4)	8	4	9(4)	8
Movimientos por acceso												
Volumen por movimiento (vph)	492	171	304	558	137	298	217	95	91	333	108	124
FHMD	0.68	0.68	0.68	0.94	0.94	0.94	0.61	0.61	0.61	0.7	0.7	0.7
Flujo Vp (vph)	724	251	447	594	146	317	356	156	149	476	154	177
Movimientos por grupo	FD	DF	IF	FD	DF	IF	FD	DF	IF	FD	DF	IF
Flujo por grupo Vgi (vph)	734	613	809	541	443	614	393	334	327	471	392	415
# carriles por acceso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de utilización (Lii)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Flujo ajustado Vi	734	613	809	541	443	614	393	334	327	471	392	415
Proporción de vueltas (PVI,PVD)	0.34	0.41	0.55	0.27	0.33	0.52	0.40	0.47	0.46	0.33	0.39	0.43

Nota. Para esta parte es de suma importancia el Factor horario de máxima demanda para cada acceso.

Con el cálculo de ajuste se obtiene el flujo de saturación real, como se presenta en la tabla N° 64.

Tabla 64 Flujo de saturación intersección 3

Datos	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Este			Acceso Sur – Este		
Movimientos por grupo	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Flujo de saturación ideal (SO)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
# Carriles	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste por ancho de carril (fA)	1.72	1.04	1.60	0.93	0.71	0.93	0.88	0.88	0.88	0.90	0.90	0.90
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fvp o Fhv)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por pendiente (Fp o Fg)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por estacionamiento (FE o Fp)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por parada autobuses (FB o Fbb)	0.85	0.85	0.85	0.80	0.80	0.80	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Factor de ajuste por localización (fL o Fa)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por utilización de carriles (flu)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda (fVI o fLT)	0.98	0.98	0.97	0.99	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Factor de ajuste por vueltas a la derecha (fRT o fRT)	0.98	0.98	0.97	0.99	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Fujo de saturación ajustado (Si)	2685	1617	2443	1376	1042	1343	1424	1414	1415	1470	1460	1455
Flujo de saturación en el acceso	6,745			3,760			4,253			4,385		

Nota. Se describe el factor influyente, flujo de saturación en los carriles y accesos en la intersección

- **Calculo teórico de tiempos semafóricos**

Para poder realizar este punto se necesita la velocidad del vehículo, longitud del vehículo, ancho de la intersección para poder calcular el intervalo de despeje de cambio de fase.

Tabla 65 Intervalo de cambio de fase

DATOS	ACCESOS				
	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Oeste	Acceso Este	Acceso Sur - Este
Tiempo de percepción - reacción t	(s)	1.00	1.00	1.00	1.00
Velocidad aproximada vehículos - 40 km/h	(m/s)	11.11	11.11	11.11	11.11
Tasa de desaceleración: a	(m/s ²)	3.05	3.05	3.05	3.05
Ancho de la intersección W	(m)	24.5	44	34	30
Longitud del vehículo L	(m)	6.10	6.10	6.10	6.10
Intervalo de cambio amarillo A	(s)	3	3	3	3
Intervalo de despeje todo rojo TR	(s)	4	4	4	4

Nota. Estos son datos obtenidos del despeje de todo en rojo y el intervalo de cambio de amarillo con la velocidad vehicular de 40 km/h.

Como segundo paso se realiza la relación de flujo actual y el flujo de saturación por carril, para ello se necesita calcular el flujo máximo equivalente, como se muestra en la tabla N°66.

Tabla 66 Vehículos equivalentes

DATOS	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Este			Acceso Sur - Este		
Fhv	0.97			0.96			0.95			1.00		
Flujo equivalente	q _D	q _{vd}	q _{vi}	q _D	q _{vd}	q _{vi}	q _D	q _{vd}	q _{vi}	q _D	q _{vd}	q _{vi}
Flujos equivalentes ADE/h	748	260	462	620	152	331	374	164	157	476	154	177
Flujo máximo equivalente	748			620			374			476		
Número de carriles	3			3			3			3		
Flujo de saturación por carril	6,745			3,760			4,253			4,385		

Nota. Se realiza el cálculo de vehículos equivalentes para poder obtener el flujo de saturación por carril.

Tabla 67 Relación de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril

	Y ₁	Y ₂	Y ₄	Y ₄
Y	0.11	0.16	0.09	0.11

Nota. Al obtener la relación de flujos se puede repartir el tiempo de verde efectivos para cada una de las fases.

Con estos datos ya podemos calcular la longitud del ciclo optimo, tiempo de verde efectivo, reparto del tiempo en verde real y poder graficarlo, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 68 Tiempo total perdido Intersección 03

TIEMPO TOTAL PERDIDO PARA 3 FASES	
Numero de fases propuestas	4
Intervalo de cambio amarillo A (s)	5
Intervalo de despeje todo rojo TR (s)	3
Tiempo total perdido para 4 fases L (s)	32

Nota. Para el tiempo total perdido en las 4 fases se utilizará 5 segundos para el intervalo de cambio ámbar.

Tabla 69 Longitud de ciclo optimo (s)

LONGITUD DE CICLO ÓPTIMO (S)	
Sumatoria de Y _i	0.47
Longitud de ciclo óptimo (s)	100.43
Ciclo redondeado al superior (s)	110

Nota. Se optó por redondear a 110 segundos la longitud de ciclo óptimo.

Tabla 70 Tiempo de verde efectivo total (s)

TIEMPO VERDE EFECTIVO TOTAL (S)	
Verde efectivo total	78

Nota. El tiempo de verde efectivo es de 78 segundos es resultado de la resta entre la longitud de ciclo óptimo y el

tiempo de perdida.

Tabla 68 Reparto de tiempo verde efectivo (s)

REPARTO DE TIEMPO VERDE EFECTIVO	
$g_1(s)$	18
$g_2(s)$	27
$g_3(s)$	15
$g_4(s)$	18

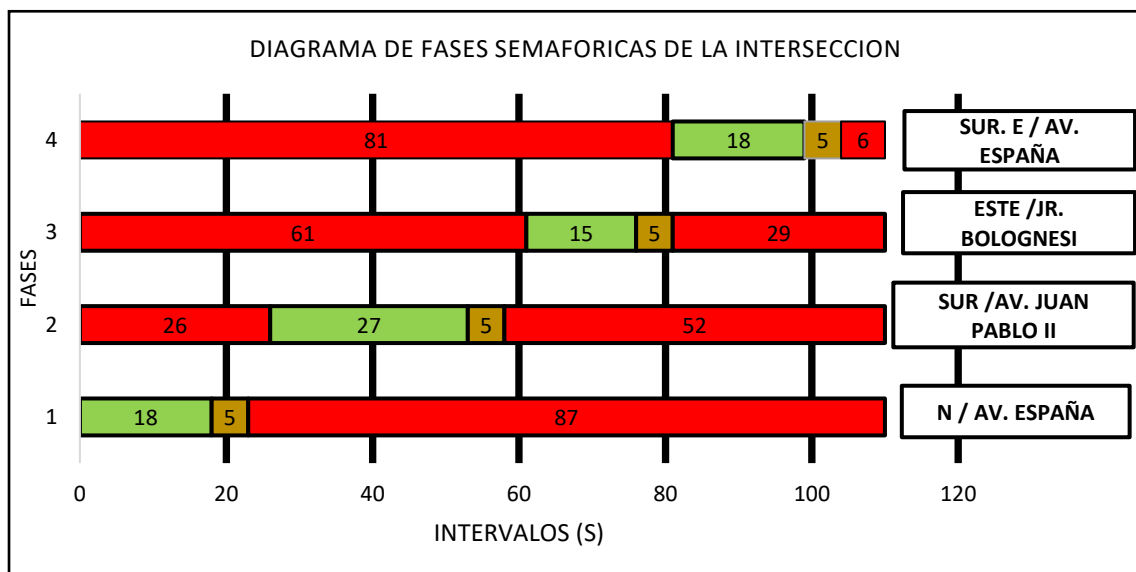
Nota. Se realizó el cálculo para 4 fases de tiempo en verde efectivo.

Tabla 69 Reparto de tiempo verde real (s)

REPARTO DE TIEMPO VERDE REALES	
$G_1(s)$	18
$G_2(s)$	27
$G_3(s)$	15
$G_4(s)$	18

Nota. Para la verificación del resultado de la tabla N°68 se realiza otro calculo, donde nos muestra que está bien calculo.

Gráfico 10 Diagrama de fases semafóricas de la intersección



Nota. En este diagrama se plasma los resultados obtenidos, donde podemos observar

que el ciclo es de 110 segundos, de igual manera el reparto de tiempo de verde real y el tiempo en rojo.

- **Nivel de servicio**

Para poder realizar la categorización nuestra intersección se debe realizar un conteo del tiempo de verde y rojo en la realidad, para que podamos calcular la relación de verde y con el flujo ajustado poder determinar si el carril o la vía se encuentra en estado crítico o normal, lo mencionado se expone en la tabla N° 71.

Tabla 71 Grupo de carril crítico

Datos	ACCESOS												Grupo de sat. en la intersección
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Este			Acceso Sur - Este			
Movimientos por grupo	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	
Flujo ajustado V_i	734	613	809	541	443	614	393	334	327	471	392	415	
Flujo de saturación ajustado (S_i)	2,684.54	1,617.31	2,443.30	1,375.52	1,041.82	1,342.56	1,423.76	1,413.98	1,415.45	1,469.75	1,460.23	1,455.45	
Relación de flujo (v/s_i)	0.27	0.38	0.33	0.39	0.42	0.46	0.28	0.24	0.23	0.32	0.27	0.29	1.80
Relación de verde	0.46	0.46	0.43	0.43	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
Capacidad del grupo de carriles C_i	1,239.02	746.45	1,044.15	587.83	400.70	516.37	547.60	543.84	544.41	565.29	561.63	559.79	
Relación (v/c_i): X_i	0.59	0.82	0.77	0.92	1.10	1.19	0.72	0.61	0.60	0.83	0.70	0.74	
Grupo de carril crítico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Nota. Se puede observar que el grupo de saturación en la intersección es de 1.80.

En la tabla N°72 podemos observar que al realizar el cálculo para obtener el nivel de servicio por cada grupo de carril estos se encuentran entre C y E.

Tabla 72 Niveles de servicio

Datos	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Este			Acceso Este		
Movimientos por grupo	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Relación (v/c _i) - X _i	0.59	0.82	0.77	0.92	1.10	1.19	0.72	0.61	0.60	0.83	0.70	0.74
Relación de verde	0.46	0.46	0.43	0.43	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Longitud de ciclo (m)	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
Demora uniforme d _{1i} (S/VEH)	23.34	27.32	28.68	31.64	38.51	40.81	30.60	28.99	28.81	32.62	30.29	30.99
Capacidad de grupo por carril C _i (Vph)	1,239.02	746.45	1,044.15	587.83	400.70	516.37	547.60	543.84	544.41	565.29	561.63	559.79
Demora incrementada L d _{2i} (S/VEH)	0.90	4.30	2.43	9.86	36.59	50.40	3.40	2.20	2.09	5.92	3.04	3.72
Demora por cola inicial d ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	0.00	1.00	2.00
Demora media por control de grupo	24.24	31.62	31.10	41.50	75.10	91.22	34.00	32.19	32.90	38.54	34.33	36.71
Factor de progresión FP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3.00	1.00	2.00	3.00
Demora del grupo de carriles d ₄ (S/veh)	24.24	31.62	31.10	20.75	37.55	45.61	17.00	31.19	46.34	19.27	33.33	52.06
Nivel de servicio del grupo de carriles	C	D	D	C	D	E	C	D	E	C	D	E
Demora en el acceso D _a (S/veh)		28.91			34.95			30.60			34.23	
NIVEL DE SERVICIO EN EL ACCESO		D			D			D			D	
NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN	31.91	D										

Nota. Se puede apreciar que el nivel de servicio en la intersección es D.

5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- Para iniciar la recolección de información se usó el método del conteo manual por un periodo de conteo de 15 horas durante 7 días continuos correspondientes entre las fechas 31/10/2022 – 06/11/2022 en el área de estudio.
- En base a los datos obtenidos de la variación horaria de volumen vehicular mixto por intersección referido en las tablas N° 13, 17 y 21 de esta investigación, se tiene que en la intersección de la Av. España con Jr. Bolívar y Av. 28 de Julio (Intersección 01) el valor máximo de volumen vehicular mixto es el lunes con un volumen diario de 34,866 veh/día, en la intersección de la Av. España con Av. Eguren (Intersección 02) el valor máximo de volumen vehicular mixto es el lunes con un volumen diario de 35,788 veh/día, en la intersección Av. España con Jr. Bolognesi y Av. Juan Pablo II (Intersección 03) el valor máximo de volumen vehicular mixto es el viernes con un volumen diario de 39,113 veh/día.
- En relación con el punto anterior, se debe mencionar que para continuar con los puntos a calcular se optó por usar la información de los días y las horas más desfavorables en base al máximo volumen vehicular de cada intersección.
- Se obtuvieron volúmenes horarios de máxima demanda (VHMD) para cada intersección, en la intersección de la Av. España con Jr. Bolívar y Av. 28 de Julio (Intersección 01) el día con mayor volumen es el lunes con un VHMD de 3,108 y un $Q_{15} \text{ máx}$ de 786, en la intersección de la Av. España con Av. Eguren (Intersección 02) el día con mayor volumen es el lunes con un VHMD de 3,014 y un $Q_{15} \text{ máx}$ de 754, en la intersección Av. España con Jr. Bolognesi y Av. Juan Pablo II (Intersección 03) el día con mayor volumen es el viernes con un VHMD de 2,929 y un $Q_{15} \text{ máx}$ 732 de acuerdo a la metodología proporcionado por la metodología del HCM 2010.
- Se obtuvo el porcentaje de los tipos de vehículos para cada una de las intersecciones:
 - Para la intersección de la Av. España con Jr. Bolívar y Av. 28 de Julio

(Intersección 01) un 7.70% de motos, 73.72% de autos, 7.18% de camionetas, 3.37% de minibuses, 6.78% de microbuses y un 1.27% de otros vehículos, tal como se muestra en la tabla N° 14 y en el gráfico N° 02.

- Para la intersección de la Av. España con Av. Eguren (Intersección 02) un 9.63% de motos, 77.40% de autos, 8.39% de camioneta, 0.67 % de minibuses, 3.30% de microbuses y un 0.62% de otros vehículos, tal como se muestra en la tabla N° 18 y el gráfico N° 04.
- Para la intersección Av. España con Jr. Bolognesi y Av. Juan Pablo II (Intersección 03) un 5.38% de motos, 79.65% de autos, 6.54% de camioneta, 2.32% de minibús, 4.98% de microbuses y un 1.12% de otros vehículos., tal y como se muestra en la tabla N° 22 y el gráfico N° 06.
- Para realizar el análisis de flujo vehicular, se aplicó lo mencionado en el HCM 2010 de acuerdo con sus alineamientos planteados., dando como resultado para la intersección 01 un VHMD Q_{15} máx de 786 veh mixtos/15 min y una densidad de 144 veh/km según la tabla N° 16; para la intersección 02 un VHMD Q_{15} máx de 740 veh mixtos/15 min y una densidad de 135 veh/km según la tabla N° 19; intersección 03 un VHMD Q_{15} máx de 732 veh mixtos/15 min y una densidad de 134 veh/km según la tabla N° 24.
- Se obtuvieron factores de máxima demanda para cada intersección, como resultado dando rangos en la intersección 01 entre 0.95 y 1.00; en la intersección 02 entre 0.93 y 1.00; en la intersección 03 entre 0.96 y 1.00. Según lo detallado en las tablas N° 16, 19 y 24 de esta investigación.
- Para poder determinar la velocidad se empleó el método del vehículo flotante o vehículo en movimiento, esta permite proporcionar datos de volúmenes, densidades y tiempo de recorrido en vías urbanas y suburbanas. Se obtuvo las velocidades de marcha y recorrido por todo el anillo vial de la Av. España en sentido horario como antihorario según lo mencionado en las tablas N° 25 y 29 de la presenta investigación.

- En base a la información obtenida de volúmenes, flujos, velocidades y geometría en la intersección, para la determinación de la capacidad vial y niveles de servicio en las 3 intersecciones semaforizadas se aplicó los lineamientos propuestos por el HCM 2010 obteniendo como resultado por intersección según la tabla N°

Tabla 73 Capacidad vial y niveles de servicio (Intersección 01)

Datos	ACCESOS							
	Norte		Sur		Oeste		Este	
Movimientos por grupo	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	
Relación (v/c _i) - X _i	0.20	0.33	1.13	0.66	0.71	0.83	0.05	
Relación de verde	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.47	
Longitud de ciclo (m)	95	95	95	95	95	95	95	
Demora uniforme d _{1i} (S/VEH)	11.92	12.88	26.44	16.35	17.01	18.85	13.45	
Capacidad de grupo por carril C _i (Vph)	3,913.81	1,439.66	953.28	879.66	668.76	550.36	1,623.43	
Demora incrementada L d _{2i} (S/VEH)	0.05	0.26	35.93	1.68	2.71	5.80	0.02	
Demora por cola inicial d ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Demora media por control de grupo	11.97	13.14	62.37	18.03	19.73	24.65	13.47	
Factor de progresión FP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Demora del grupo de carriles d _{4a} (S/veh)	11.97	13.14	62.37	9.02	9.86	12.32	6.74	
Nivel de servicio del grupo de carriles	B	B	F	B	B	B	B	
Demora en el acceso D _a (S/veh)	11.97		47.42		10.28		6.74	
NIVEL DE SERVICIO EN EL ACCESO	B		E		B		B	
NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN	25.23		D					

Tabla 74 Capacidad vial y niveles de servicio (Intersección 02)

Datos	ACCESOS					
	Norte		Sur		Este	
	LT	RT	LT	TH	RT	TH
Movimientos por grupo						
Relación (v/c _i) - X _i	0.36	0.82	0.36	1.28	1.46	1.05
Relación de verde	0.53	0.53	0.49	0.49	0.39	0.39
Longitud de ciclo (m)	103	103	103	103	103	103
Demora uniforme d _{1i} (S/VEH)	13.87	19.97	16.50	35.92	44.39	32.44
Capacidad de grupo por carril C _i (Vph)	4,674.66	1,838.54	2,566.06	643.11	385.36	611.45
Demora incrementada L d _{2i} (S/VEH)	0.09	1.88	0.17	67.66	108.91	23.10
Demora por cola inicial d ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demora media por control de grupo	13.96	21.85	16.66	103.58	153.30	55.54
Factor de progresión FP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Demora del grupo de carriles d ₄ (S/veh)	13.96	21.85	16.66	51.79	76.65	27.77
Nivel de servicio del grupo de carriles	B	C	C	E	F	D
Demora en el acceso D _a (S/veh)		17.68		33.27		50.63
NIVEL DE SERVICIO EN EL ACCESO		C		D		E
NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN	28.52	D				

Tabla 75 Capacidad vial y niveles de servicio (Intersección 03)

Datos	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Este			Acceso Este		
Movimientos por grupo	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Relación (v/c _i) - X _i	0.59	0.82	0.77	0.92	1.10	1.19	0.72	0.61	0.60	0.83	0.70	0.74
Relación de verde	0.46	0.46	0.43	0.43	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Longitud de ciclo (m)	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
Demora uniforme d _{1i} (S/VEH)	23.34	27.32	28.68	31.64	38.51	40.81	30.60	28.99	28.81	32.62	30.29	30.99
Capacidad de grupo por carril C _i (Vph)	1,239.02	746.45	1,044.15	587.83	400.70	516.37	547.60	543.84	544.41	565.29	561.63	559.79
Demora incrementada L d _{2i} (S/VEH)	0.90	4.30	2.43	9.86	36.59	50.40	3.40	2.20	2.09	5.92	3.04	3.72
Demora por cola inicial d ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	0.00	1.00	2.00
Demora media por control de grupo	24.24	31.62	31.10	41.50	75.10	91.22	34.00	32.19	32.90	38.54	34.33	36.71
Factor de progresión FP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3.00	1.00	2.00	3.00
Demora del grupo de carriles d ₄ (S/veh)	24.24	31.62	31.10	20.75	37.55	45.61	17.00	31.19	46.34	19.27	33.33	52.06
Nivel de servicio del grupo de carriles	C	D	D	C	D	E	C	D	E	C	D	E
Demora en el acceso D _a (S/veh)		28.91			34.95			30.60			34.23	
NIVEL DE SERVICIO EN EL ACCESO		D			D			D			D	
NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN	31.91		D									

- En relación con la distribución de tiempos semafóricos, se empleó la metodología propuesta por National Institute for Advanced Transportation Technology (NIATT); donde se obtuvo los siguientes resultados, para la intersección 01 longitud de ciclo óptimo $C_o = 95$ s, tiempo verde efectivo $g_t = 65$ s y 3 fases semafóricas para los 4 semáforos existentes, resultados expuestas en el gráfico N° 08; para la intersección 02 longitud de ciclo óptimo $C_o = 105$ s, tiempo de verde efectivo $g_t = 78$ s y 3 fases semafóricas para 3 semáforos existentes, resultados presentados en el gráfico N° 09; para la intersección 03 longitud de ciclo óptimo $C_o = 110$ s, tiempo de verde efectivo $g_t = 78$ s y 4 fases semafóricas para 4 semáforos existentes, resultados expuestos en el gráfico N° 10, del presente trabajo. Con los nuevos tiempos semafóricos se logra una proporción que cumple y optimiza los tiempos de circulación de verde efectivo con respecto a los tiempos semafóricos actuales.

CONCLUSIONES

- En base de los resultados obtenidos, se concluye que las variaciones de volúmenes vehiculares durante los distintos días de la semana presentan un patrón similar hasta ciertas horas de la tarde que son de 9:00 am a 18:00 pm.
- Se puede observar que los volúmenes vehiculares van en descenso a partir de las 20:00 pm.
- Se concluye que para la intersección 01 de Av. España / Av. 28 de Julio / Jr. Bolívar y la intersección 03 de Av. España / Jr. Bolognesi / Av. Juan Pablo II, los vehículos de transporte público representan aproximadamente la cuarta parte con respecto a los otros vehículos, siendo el segundo puesto con uno de los porcentajes más altos en la intersección. Generando que las velocidades de recorrido tanto como el tiempo de cruce se vean afectados.
- En base a la relación de flujos vehiculares y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las tablas y gráficos ya mencionados, se concluye que los FHMD para la Av. España con Jr. Bolívar y Av. 28 de Julio (Intersección 01) cuyos valores son entre 0.99 y 1.00, en la Av. España con Av. Eguren (Intersección 02) cuyos valores son entre 0.99 y 1.00, en la Av. España con Jr. Bolognesi y Av.

Juan Pablo II (Intersección 03) cuyos valores son entre 0.99 y 1.00, estos valores nos indican que la frecuencia de paso de vehículos es uniforme durante toda la hora, lo que es un gran indicador de los posible problemas de congestión o saturación vehicular; esto se contrasta con los resultados obtenidos de la densidad ya que tenemos valores que exceden los 120 veh/km lo cual explica y valida la saturación y los problemas de tránsito que hay.

- Se concluye, que dado a los resultados de velocidades de recorrido del anillo vial en sentido horario de 14 y 18 km/hr como antihorario de 10 y 15 km/hr son valores que manifiestan un bajo desplazamiento y el aumento en la densidad, lo que genera que la demanda de la vía se encuentre a aproximarse al límite de la capacidad; concluye que la velocidad y la densidad son inversamente proporcional, a menor velocidad aumenta la densidad y viceversa.
- Refiriéndonos a la capacidad vial y la relación que hay entre la intensidad y la capacidad (v/C_i) este se encuentra por encima de uno, de esta manera se concluye que las intersecciones se encuentran en un régimen saturado, quiere decir que hay más vehículos en la vía de lo que esta puede asistir.
- En base a la distribución de tiempos semafóricos, se concluye que el recalcu de los FHMD proporciona que el tiempo de verde efectivo se optimice y disminuye el tiempo en rojo de tal manera que los cambios de fase semafóricos no se crucen evitando así accidentes en puntos críticos y demoras en el desplazamiento dentro de la intersección.

Tabla 76 Comparación tiempo semafórico Intersección 01

TIEMPO SEMAFÓRICO								
Av. España, Jr. Bolívar y Av. 28 de Julio (Intersección 01)								
FASES	Actual				Calculado			
	R (s)	A (s)	V (s)	Ciclo (s)	R (s)	A (s)	V (s)	Ciclo (s)
E	75	3	20		69	5	21	
O	65	3	30	98	66	5	24	95
N/S	70	3	25		74	5	16	

Nota. Se debería hacer un replanteo de tiempos semafóricos en base al aumento de vehículos en la ciudad.

Tabla 77 Comparación tiempo semafórico Intersección 02

TIEMPO SEMAFÓRICO								
Av. España y Av. Eguren (Intersección 02)								
FASES	Actual				Calculado			
	R (s)	A (s)	V (s)	Ciclo (s)	R (s)	A (s)	V (s)	Ciclo (s)
E	61	3	19		62	5	38	
S	56	3	24	83	74	5	26	105
N	62	3	18		85	5	15	

Nota. Mejoramiento de la distribución del tiempo semafórico

Tabla 78 Comparación tiempo semafórico Intersección 03

TIEMPO SEMAFÓRICO								
Av. España, Jr. Bolognesi y Av. Juan Pablo II (Intersección 03)								
FASES	Actual				Calculado			
	R (s)	A (s)	V (s)	Ciclo (s)	R (s)	A (s)	V (s)	Ciclo (s)
S.E	94	4	23		87	5	18	
E	90	4	27	121	90	5	15	110
S	86	4	31		78	5	27	
N	98	4	19		87	5	18	

Nota. Disminución del tiempo en rojo, y del ciclo semafórico.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el tránsito vehicular del centro histórico sea solo con vehículo privado, así poder mitigar demoras por el transporte público.
- Se recomienda que la gerencia de acondicionamiento de Transportes pueda realizar propuestas de replanteo para la circulación de vehículos públicos fuera del centro histórico.

- Se recomienda que los tiempos semafóricos se recalculen semestralmente ya que hay un incremento exponencial de la cantidad de vehículos que pasan por el centro.
- Se recomienda que el gobierno local junto a los órganos encargados del metropolitano plantee un transporte masivo desde buenos aires hasta alto Trujillo, para poder reducir exponencialmente la presencia de minibuses y microbuses en la ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agreda Ríos Luis Steve; Parra Alarcón Renato Guillermo. 2017.** Análisis comparativo de la aplicación de la metodología HCM2000 y HCM2010 en
- Alam, M. A. y Ahmed, F. (2013).** Urban transport systems and congestion: a case study of indian cities. Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific.
- Arrieta, K. (2013).** Modelación del tráfico vehicular con el software PTV Vissim Tramo Bomba El gallo - Bomba El Amparo. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Baeza Martínez, Angélica; Martínez Ambriz, Elizabeth Rosa. 2013.** Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo con el manual de capacidad HCM 2000: Caso Cerro del Agua/Ingeniería. Tesis Ing. México DF, México, UNAM.
- Bañón Blázquez, L; Beviá García, JF. 2000.** Manual de Carreteras v. 1. España. s.e. 409p
- Bared, J., & K. Kennedy (2000).** Safety Impacts of Modern Roundabouts. Capítulo 28, The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety. Institute of Transportation Engineers.
- Benekohal, R. (1991).** Procedure for validation of microscopic traffic flow
- Byungkyu & Schneeberger, dJ.d(2007).** Microscopic simulation model calibration and validation. Case study of Vissim simulation Model for a

- Coordinated Actuated Signal System. Virginia: University of Virginia
- Cabrera, F. (2015).** Ingeniería del tráfico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cal, Rafael y Cárdenas, James (2007).** "Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones". Perú.
- Cantillo, V. M. y Ortúzar, J. D. (2009).** Restricción vehicular según número de patente: réquiem para una política errónea. Revista Ingeniería de Sistemas. Colombia.
- CERTU. (1999).** Guide des carrefours urbains. Lyon: Collections du Certu
- Chávez V. (2005)** Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI. Lima, Perú, Ed VCHISA.
- Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares. (2006).** Perú.
- Crespo, C. (2004).** Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. México
- Cuenca Poma, P. E. (2014).** Análisis de la capacidad y nivel de servicio aplicando
- Currin T. (2001)** Introduction to Traffic Engineering: A Manual for Data Collection and Analysis, CL-Engineering.
- Delgadillo (2020).** “Medición de parámetros fundamentales para determinar la longitud máxima de cola en intersecciones de la ciudad de lima”, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú
- Fernández, R., & Dextre, J. (2011).** Elementos de la Teoría del tráfico vehicular.
- Flannery, A., & Datta, T. (1997).** Operational performance measures of American roundabouts. Transportation Research Record
- FRANCO, L. (2008).** Aplicación de Simulación en el Control Tráfico, una Propuesta para Ciudad del Este. Revista Electrónica de la Facultad Politécnica UNE, 1(4), 75-82.http://www.une.edu.py:82/fpune_scientific/index.php/fpunescientific/article/view/75/77
- Glen, M., Sumner, S., & Kimber, R. (1978).** The capacity of offside priority roundabout entries, SR 346. Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.
- Guichet, B. (1997).** Roundabouts in France: Development, Safety, Design and

Capacity.

HCM. (2010). “Manual de Capacidad de Carreteras”. España.

Institute of Transportation Engineers (2006). Transportation Impact Analyses for Site

Instituto de la Construcción y Gerencia. (2005). Manual de diseño geométrico en vías urbanas. Lima, Perú, VCHL.S.A.

Intersection Analysis, New England Section ITE Technical Committee

Juan de Oña, Rocío de Oña. (2018). "Problemas de tráfico resueltos según el Highway Capacity Manual 2010". España.

Lechair, R. 2003. Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras

Lizárraga, C. (2006). Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo

Llanes Ayala, José (2016). "Estimación del flujo de saturación en intersecciones semaforizadas de la ciudad de México". México.

Macera, D. (03 de 09 de 2018). Tráfico vehicular: Gobierno ahorraría US\$500 mlls. sí mejora el caos. El Comercio.

Mannering & Washburn, Scott (2013) Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis, New Jersey: Prentice Hall

Martínez, R. y Olivares, E. R. (2012). Metodología para la atención de puntos críticos para garantizar la seguridad vial en carreteras. Bogotá.

MIÑANO, Pedro (2014) Material de Clase del Curso de Ingeniería de Tránsito y Diseño Vial Urbano, Lima: UPC

MTC. 2001. Reglamento Nacional de Vehículos DS N° 058-2003-MTC, Anexo 1. Lima, Perú. Ed El Peruano. 119p.

Petraglia K. (1999) Field Validation of MOE's for Signalized
Proceedings of the Third International Symposium on Intersections Without Traffic

Quintero-González, J. R. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. Ambiente y Desarrollo. México.

Sabando Santibáñez, I. F. (2017). Determinación del nivel de servicio en calles urbanas. Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María.

Sistema Inteligente de Movilidad (SIMM) de Medellín (2012). Indicadores de Movilidad. Secretaría de Tránsito y Transporte de Medellín. Recuperado de <http://www.Medellín.gov.co/transito/lineabase.html>

Suárez,dA.d(2007). Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas
transportation research board (trb) (2010) Highway Capacity Manual 2010,
Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research
Council.

ANEXOS

ANEXO N°01

PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO N°02

PLANO DE UBICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN

ANEXO N°03

PLANO DE CODIFICACIÓN Y GIROS DE INTERSECCIONES.

ANEXO N°04

PLANO DE UBICACIÓN DE SEMÁFOROS

ANEXO N°05

VOLÚMENES

ANEXO N°06

FLUJO VEHICULAR

ANEXO N°07
VELOCIDADES

ANEXO N°08

CAPACIDAD VEHICULAR

ANEXO N°09

NIVELES DE SERVICIO

ANEXO N°10

TIEMPOS SEMAFÓRICOS CALCULADOS

ANEXO N°11

TIEMPOS SEMAFÓRICOS ACTUALES