

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



---

**PROPUESTA DE MEJORA VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE  
LAS AVENIDAS MIGUEL GRAU Y GULMAN EN LA CIUDAD  
DE PIURA, PIURA**

---

**TESIS**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO**  
**EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL**

**AUTOR:**

Br. JUAN PAUL EDWARD HENRÍQUEZ ULLOA

**ASESOR:**

Ms. ENRIQUE FRANCISCO LUJÁN SILVA

**Trujillo – Perú**  
**2019**

---

**PRESIDENTE**

Dr. Oswaldo Hurtado Zamora

---

**SECRETARIO**

Ms. José Luis Serrano Hernández

---

**VOCAL**

Ms. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

---

**ASESOR**

Ms. Enrique Francisco Luján Silva

## **DEDICATORIA**

A Dios, por el regalo de la vida y bendecirme  
continuamente con salud y la sabiduría necesaria  
para afrontar los retos diarios.

A mi madre Edith, quién desde la gracia del Señor,  
continúa presente en el accionar diario de mi  
persona.

A mi padre Augusto, quién con su amor, perseverancia y  
educación es el eje principal de mi formación.

A mi querida Tía Celinda, por todo su cariño y amor  
demostrado hasta el momento.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme la alegría de la vida y la fuerza necesaria para afrontar los retos que se presentan. Gracias por derramar tus bendiciones.

A mis padres y hermanos, quienes son el motor necesario para continuar superándome.

A la Dra. Gladys Peña, por su paciencia, sus sabios consejos y continua preocupación que ha dejado en mi persona una gran huella. Más que una amiga es parte de mi familia y no hay palabras para demostrarle el cariño que le tengo.

Al Ing. Enrique Luján, a quién agradezco la confianza depositada. Por ser mi asesor y maestro, pero más que todo un gran amigo en el cual puedo confiar en todo momento. Gracias por sus sabios consejos y ser una guía en el camino de mi vida.

A los estudiantes de la promoción “Engineers Constitutione Mundi de Upao Piura”, quienes gracias a su apoyo aportaron en el desarrollo de la presente investigación.

A mis colegas y amigos Diomedes Carnero y Josef Martos, por su apoyo y dedicación en todo momento para el desarrollo de la presente investigación.

## RESUMEN

La presente investigación se encuentra orientada al estudio de la Intersección de las Avenidas Miguel Grau y Guillermo Gulman en la Ciudad de Piura, estas avenidas son muy importantes en esta ciudad ya que en términos de su movilidad y accesibilidad se clasifican en una avenida Colectora y Principal respectivamente, esto es debido a la gran cantidad de vehículos que transitan y la variedad de funciones que se realizan en este espacio, a todo ello se propone una mejor opción para reducir el caos vehicular.

Por lo antes mencionado, y para obtener una realidad situacional actual referente al tema de congestión, en el presente estudio se ha determinado las variables del tránsito tales como el volumen de tráfico vehicular, tasas de flujo y velocidades, aplicando las metodologías y procedimientos pertinentes; referente a la Capacidad Vial y Niveles de Servicio se ha analizado mediante la metodología propuesta por el HCM para el caso de intersecciones semaforizadas, además de la problemática en cuanto a tiempos semafóricos y geometría vial. Así mismo, determinados y analizados estos y tomando en cuenta las propuestas de mejoramiento que nos brinda MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) se ha desarrollado la propuesta más óptima para la mejora vial de dichas avenidas.

Se concluye entonces, que durante los días de la semana la variación de volúmenes vehiculares mixtos presenta similar tendencia de comportamiento en un intervalo de 7:00 am a 21:00 pm para cada acceso. Referente al acceso Este correspondiente a la Avenida Miguel Grau, es el que presenta la demanda vehicular más desfavorable debido a que las moto taxis representan la mayor parte de vehículos que transitan en todos los accesos, a esto se suma una diversificación en las dimensiones vehiculares, geometría de los accesos, velocidades de recorridos máximos y la pobre cultura vial, lo que en conjunto generan un régimen de saturación vehicular en toda la zona de estudio.

## ABSTRACT

The following research is oriented to the study of Miguel Grau and Guillermo Gulman Avenues Intersection in Piura, Peru, these avenues are very important in this city, regarding mobility and accessibility they are classified within a Colectora and Principal Avenue, respectively, this is due to the large number of vehicles passing through and the variety of functions performed in this space, which is why a better option is proposed, one that aims to reduce traffic chaos.

As stated above, and in order to obtain a current situational reality regarding the issue of traffic jam, in the following research, it has been determined the traffic variables such as the vehicular traffic volume, flow and speeds rates, applying the relevant methodologies and procedures; regarding Road Capacity and Service Levels, it has been analyzed using the methodology proposed by the HCM in the case of signalized intersections, in addition the problem in terms of traffic light and traffic geometry. Likewise, once determined and analyzed these and taking into account the improvement proposals provided by MTC (Ministry of Transport and Communications) it has developed the most optimal proposal for road improvement of these avenues.

Therefore, it can be concluded that during weekdays the variation of mixed vehicle volumes presents a similar trend behavior in an interval of 7:00 am to 9:00 pm, for each access. Regarding the east access related to Miguel Grau Avenue, it is the one that presents the most unfavorable vehicular demand because the motorcycle taxis represent the majority of vehicles that transit in all the accesses, to this is added a diversification in the vehicular dimensions, geometry of access, maximum travel speeds and poor road culture, which together generate a vehicle saturation regime throughout the study area.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN:.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN:.....	2
III.	MARCO TEÓRICO: .....	4
3.1.	Marco de referencia o antecedentes: .....	4
3.1.1.	Antecedentes internacionales: .....	4
3.1.2.	Antecedentes Nacionales: .....	5
3.2.	Bases teóricas: .....	7
3.2.1.	Volumen Vehicular: .....	7
<input type="checkbox"/>	Volúmenes de absolutos y totales .....	8
<input type="checkbox"/>	Volúmenes de Tránsito Promedio Diario .....	8
<input type="checkbox"/>	Clasificación de los Conteos: .....	9
<input type="checkbox"/>	Métodos de Conteo: .....	11
<input type="checkbox"/>	Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.....	12
3.2.2.	Velocidades.....	13
<input type="checkbox"/>	Velocidad Media Temporal.....	13
<input type="checkbox"/>	Velocidad Media Espacial.....	14
<input type="checkbox"/>	Velocidad De Recorrido.....	15
3.2.3.	Flujo Vehicular.....	15
3.2.4.	Variables Relacionadas con el Flujo .....	15
3.2.5.	Semáforos .....	19
3.2.6.	Capacidad vial:.....	27
3.3.	Justificación.....	33
3.4.	Objetivos .....	34
3.4.1.	Objetivo general .....	34
3.4.2.	Objetivos Específicos .....	34
IV.	MATERIAL Y MÉTODOS: .....	34
3.1.	Diseño del estudio:.....	34
3.1.1.	Investigación Descriptiva .....	34
3.2.	Población: .....	35
3.3.	Muestra:.....	36
3.4.	Operacionalización de variables: .....	36
3.5.	Procedimientos y técnicas: .....	37
3.6.	Plan de análisis: .....	38
V.	RESULTADOS:.....	43
4.1.	Volúmenes vehiculares.....	43

4.2.	Volumen horario de máxima demanda.....	53
4.3.	Volumen de tránsito en la intersección. ....	57
4.4.	Velocidades en las intersecciones. ....	59
4.5.	Flujo vehicular de las intersecciones.....	60
4.6.	Semaforización en una intersección. ....	63
4.7.	Capacidad vial.....	72
4.8.	Nivel de servicio. ....	73
4.9.	Propuestas de Mejora: .....	74
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	78
VII.	CONCLUSIONES.....	80
VIII.	RECOMENDACIONES .....	83
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	84
X.	ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Cuadro comparativo del semáforo.....	19
Tabla 2:	Volumen mínimo de vehículos. ....	21
Tabla 3 :	Interrupción del tránsito continuo.....	22
Tabla 4:	Módulos de operaciones.....	31
Tabla 5:	Factor $U_i$ .....	32
Tabla 6:	Operacionalización de Variables .....	36
Tabla 7:	Técnicas e Instrumentos Recolección de datos .....	37
Tabla 8:	Nomenclatura clasificada por acceso.....	39
Tabla 9:	Aporte de movimientos .....	40
Tabla 10:	Composición vehicular.....	41
Tabla 11:	Variación horaria del volumen de tránsito mixto acceso Norte.....	43
Tabla 12:	Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo. ....	45
Tabla 13:	Variación horaria del volumen de tránsito mixto acceso Sur .....	46
Tabla 14:	Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo. ....	48
Tabla 15:	Variación horaria del volumen de tránsito mixto acceso oeste.....	49
Tabla 16:	Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo. ....	50
Tabla 17:	Variación horaria del volumen de tránsito mixto acceso Este .....	51
Tabla 18:	Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo. ....	52
Tabla 19:	Volumen horario de máxima demanda acceso Norte.....	53
Tabla 20:	Volumen horario de máxima demanda acceso Sur. ....	54
Tabla 21:	Volumen horario de máxima demanda acceso Oeste.....	55
Tabla 22:	Volumen horario de máxima demanda acceso Este.....	56
Tabla 23:	Variación horaria del volumen de tránsito .....	58
Tabla 24:	Velocidades de recorrido y velocidades de marcha por acceso .....	59
Tabla 25:	Flujo vehicular del día crítico en el sentido Norte. ....	60

Tabla 26: Flujo vehicular del día crítico en el sentido Sur. ....	61
Tabla 27: Flujo vehicular del día crítico en el sentido Oeste. ....	62
Tabla 28: Flujo vehicular del día crítico en el sentido Este. ....	63
Tabla 29: Fases actuales de semáforo.....	64
Tabla 30: Intervalo de cambio de fase.....	65
Tabla 31: Volumen horario de máxima demanda .....	66
Tabla 32: Carriles y grupo de carriles.....	67
Tabla 33: Ajustes de volúmenes.....	67
Tabla 34: Flujo de saturación.....	68
Tabla 35: Vehículos equivalentes.....	69
Tabla 36: Relación flujo actual (q) a flujo de saturación (s).....	69
Tabla 37: Tiempo perdido para 3 fases.....	69
Tabla 38: Longitud de ciclo óptimo .....	70
Tabla 39: Reparto de tiempo verde efectivo .....	70
Tabla 40: Reparto de tiempo verde reales .....	70
Tabla 41: Grupo de carril crítico .....	72
Tabla 42: Nivel de servicio de la intersección .....	73
Tabla 43: Criterio general de diseño según capacidad por carril .....	74
Tabla 44. Criterios de diseño de rotondas.....	75
Tabla 45: Cuadro resumen de resultados capacidad y niveles de servicio.....	80
Tabla 46: Tiempos semafóricos .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Clasificación de conteos.....	10
Figura 2: Dispositivos para conteos vehiculares .....	11
Figura 3: Representación gráfica de la ecuación. ....	16
Figura 4: Representación gráfica de la fórmula de densidad. ....	17
Figura 5: Representación gráfica de espaciamiento promedio.....	18
Figura 6: Gráfico de la relación existente entre Flujo, Velocidad y Densidad.....	19
Figura 7: Ubicación de semáforos y número recomendable de caras para vías de doble sentido (Fuente: Reglamento nacional de Colombia). ....	20
Figura 8: Ubicación de Estaciones .....	38
Figura 9: Codificación de movimientos.....	40
Figura 10: variación horaria del volumen de tránsito total .....	44
Figura 11: Variación horaria del volumen de tránsito total .....	47
Figura 12: Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.....	48
Figura 13: Variación horaria del volumen de tránsito total .....	50
Figura 14: Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.....	51
Figura 15: Variación de tránsito en la hora de máxima demanda .....	56
Figura 16: Volúmenes de tránsito direccionales. ....	57
Figura 17: Volúmenes de salida en cada acceso. ....	59
Figura 18: Flujo vehicular acceso norte.....	60
Figura 19: Flujo vehicular acceso Sur. ....	61
Figura 20: Flujo vehicular acceso Oeste.....	62
Figura 21: Flujo vehicular acceso Este.....	63

Figura 22: Ubicación de semáforos en la intersección .....	64
Figura 23: Fases actuales de semáforo .....	65
Figura 24: Diagrama de fases semafóricas de la intersección .....	71
Figura 25: Longitud de ciclo optimizada .....	76
Figura 26: Nuevos ciclos semafóricos .....	77
Figura 27: Niveles de servicio con mejora en la intersección .....	77

## I. INTRODUCCIÓN:

Durante los últimos años, Piura ha presentado un crecimiento económico muy considerable que se ve reflejado en su parque automotor, siendo uno de los más dinámicos del país para el cual no estamos preparados, no cuenta con la debida planificación de la red vial y la infraestructura adecuada para que lograr satisfacer las demandas: profundos volúmenes de tránsito en horas puntas, fallas técnicas en el sistema vial (diseño geométrico, señalización, semaforización, etc.) y la informalidad son los principales problemas de la ciudad con respecto al área de transporte. Referente a esto el contenido de la presente investigación se desarrolla de la siguiente manera.

En el capítulo I, *Introducción*, expone de manera sucinta el desarrollo de la investigación estructurada en capítulos.

En el capítulo II, *Planteamiento de la Investigación*, se da un alcance del esquema metodológico de la investigación correspondiente a la zona de estudio, además de exponer la teoría, conceptos y metodologías articuladas propiamente al desarrollo de la investigación.

En el capítulo III, *Material y Métodos*, se expone en forma clara el Diseño del estudio, Población, Muestra, Matriz de Operacionalización de variables, Procedimientos y técnicas y el Plan de análisis de datos propiamente de la investigación.

En el capítulo IV, *Resultados*, se evidencia la data obtenida después de los trabajos tanto de campo como de gabinete, todo ello en función de la aplicación de la metodología del HCM, así como Normas Peruanas dispuestas por el MTC.

En el capítulo V, *Discusión de Resultados*, se interpretan los resultados acordes a los criterios y metodologías establecidas en las bases teóricas en la presente investigación.

En el capítulo VI y capítulo VII, *Conclusiones y Recomendaciones*, se argumenta los datos obtenidos en forma clara y alineado a los objetivos de la investigación, dando respuesta a la pregunta e hipótesis de esta. Referente a las recomendaciones se propone futuras investigaciones relacionadas al área, así como la pertinencia de nuevas disposiciones legales que regulen la circulación del tránsito.

En el capítulo VII, *Referencia Bibliográfica*, se detalla la bibliografía especializada, así como las normas empleadas para en el desarrollo de la presente investigación.

## **II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN:**

### **2.1. Realidad Problemática:**

Según Wilson Vargas en el libro Ingeniería de Tránsito, define que el tráfico vial es el tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, entre otros. Sin embargo, muchas veces este tráfico se ve interrumpido por problemas que acontecen en las vías, como el congestionamiento vehicular, geometría de la vía, patologías en el pavimento, accidentes, etc. que a su vez conllevan a demoras en tiempos de viaje y la formación de largas colas que impiden el libre flujo vehicular. Como se puede observar, estos problemas se dan alrededor de todo el mundo, desde países de primer orden hasta países tercermundistas.

Es allí donde la Ingeniería de Transportes busca brindar soluciones para reducir estos problemas, por ejemplo, todo este esfuerzo se puede ver reflejado desde la década de los 60's con la creación del Departamento de Transportes de Estados Unidos y muchas otras entidades cuya función principal es normalizar y crear manuales como el HCM 2000 para así poder brindar un sistema de transporte rápido, seguro, eficiente y accesible. Es por ello, que la ingeniería de tránsito tiene por función analizar el tráfico desde una perspectiva técnica y objetiva mediante la determinación de variables como el volumen, flujos, velocidades y más (Departamento de Transportes Estados Unidos (US DOT), 2017).

Asimismo, en el ámbito internacional como es el caso de Canadá, se puede observar que se ha reducido significativamente este problema debido a que los órganos encargados de controlar el tráfico vial en esta metrópolis invierten más de 10 mil millones de dólares anuales en cuanto a obtención de datos de tráfico, tiempos semafóricos controlados vía satélite de acuerdo a la necesidad de la vía, sistema de recaudo de impuestos por transitar y apartar en zonas de gran congestionamiento, empleo de transporte público en lugar del privado y más. Todo esto con el fin de tener un diseño de transporte más ordenado y eficiente (Transportation Infrastructure Programs, 2012).

Sin embargo, en América Latina aún se continúa la lucha por reducir estos problemas, ya que metrópolis como Bogotá, Sao Paulo, Ciudad de México y Caracas se encuentran entre las ciudades con mayor congestionamiento vehicular, lo que se ve

reflejado en un aumento exponencial del parque automotor en relación al crecimiento acelerado de la población (Revista de la BBC Mundo, 2017. ): es allí donde surge la necesidad de conocer el comportamiento y funcionamiento del tráfico a través de los Estudios de tráfico vehicular, que son estudios fundamentales para determinar el fenómeno que produce el flujo vehicular en una vía, calle o autopista antes de cualquier diseño geométrico en una vía.

No obstante, en el Perú según la Entidad Normalizadora del MTC: “El mercado automotriz registró un incremento de 24.5% en el último quinquenio comprendido entre el 2012 al 2016 al pasar de 2´137,837 a 2´661,719 vehículos motorizados y no motorizados. Aumento que tiene una relación directa con la creación de nuevas ciudades, el mejoramiento de la infraestructura, la migración entre ciudades, el crecimiento de la población y el despegue económico de algunas regiones”( Anuario Estadístico, 2016, pág. 121) ; realidad problemática que se ve reflejada en el tráfico vehicular lo que origina caos dentro del sistema de Transporte siendo una particularidad de las principales ciudades de nuestro país como es el caso de las metrópolis peruana de Lima, Arequipa, Trujillo, Piura, etc.

Ante lo expuesto, para evaluar y cuantificar el comportamiento del flujo de tráfico de vehículos y de personas se realizan los famosos estudios de tráfico pero desafortunadamente en nuestra realidad estos estudios son escasos, incompletos, estudios con datos referenciados en años de desfase y/o simplemente no se llegan a concretar aún si está destinado el presupuesto para ello, resultado final que se ve reflejado en una infraestructura con geometría y sistemas de control de tránsito no acorde a la demanda vehicular de la zona.

Hoy en día, la ciudad de Piura, considerada una de las principales ciudades de Perú no es ajena a esta problemática, teniendo en cuenta que el problema del congestionamiento vial en las principales avenidas y calles de la ciudad, se debe en gran parte a la proliferación de vehículos menores tales como: motos y moto taxis, sumado a ello el tránsito vehicular pesado, además del grave daño en su infraestructura vial causado por fenómenos como el del Niño Costero del 2017 generando caos, lentitud del tránsito y gran malestar entre los usuarios (Bayona Ruíz y Márquez Tacure, 2015, pág. 9). Ante esta realidad las autoridades y entidades competentes, le prestan poco interés al tema, lo que se evidencia en la nula y lo escasa información recolectada de los

estudios de tráfico vehicular en las zonas críticas de la ciudad; problemática que se denota como un factor común entre las principales ciudades del Perú. Por Consiguiente, la presente tesis pretende determinar, cuantificar y analizar las variables que intervienen en el tráfico vial, para luego generar una propuesta de mejora factible a la zona en estudio.

## **2.2. Enunciado del problema:**

¿De qué manera el análisis de tráfico vial influye en la propuesta de mejora de la intersección de las Av. Miguel Grau y Av. Gulman en la ciudad de Piura, Piura?

## **III. MARCO TEÓRICO:**

### **3.1. Marco de referencia o antecedentes:**

#### **3.1.1. Antecedentes internacionales:**

- a) *Bach* (Ruiz Gallido , 2016). “Análisis de tráfico y la Seguridad Vial de la carretera N-332 a su paso por el término Municipal de Favara (Valencia)”

Este importante proyecto de investigación realiza un análisis de tráfico y seguridad vial de la carretera N- 322 con el objetivo de reducir la velocidad de los conductores y evitar posibles accidentes de tráfico vial mediante tres propuestas de solución. Como primera propuesta de solución se tiene la incorporación de dos glorietas que proporciona una importante mejora de la seguridad y como resultado permite advertir a los conductores las zonas que presenten características diferentes a las de los trazados anteriores. Por otro lado, se ha optado por un estrechamiento óptico mediante la implantación de una franja longitudinal situada entre los dos carriles de circulación para poder reducir la anchura de los carriles y provocar un efecto óptico de estrechamiento, logrando que los conductores no aumenten su velocidad. Por último, se considera conveniente situar en el tramo urbano 2 pares de estos, uno en cada extremo del tramo situados entre las dos glorietas propuestas, este dispositivo ofrece la posibilidad a los vehículos de modificar su trayectoria siguiente un zigzag suave.

El aporte que brinda este antecedente al proyecto de tesis es tener consideraciones sobre el análisis de tráfico y seguridad vial en la

intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulman teniendo como finalidad la posibilidad de mejorar tráfico vial mediante las propuestas de solución ya mencionadas.

- b) *Bach.* (Llanes Ayala , 2016), 2016. México. “Estimación del flujo de saturación en intersecciones semaforizadas seleccionadas de la ciudad de México”.

En este significativo proyecto de investigación realiza estudios locales de Ingeniería de tránsito (incluido el de flujo de saturación), con el objetivo de estimar el flujo de saturación en las diez intersecciones semaforizadas habiéndose encontrado mediante tres variantes, y siendo de 1610, 1599 y 1651 vehículos/hora/carriles. Como consecuencia en el proceso de investigación se tiene que el flujo de saturación en la Ciudad de México es el más alto que otros debido a las velocidades con que transitan los conductores locales y también a las condiciones geométricas de las vialidades existentes, de este modo el límite de velocidad conduce a un aumento en la tasa de flujo de saturación. El aporte que brinda este proyecto de investigación es poder determinar el flujo de saturación en la intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulman para poder estimar un análisis detallado de dicho problema ya mencionado y así reducir las velocidades que se transita por estas avenidas.

### **3.1.2. Antecedentes Nacionales:**

- a) *Bach.* (Osores Torres , 2016). *Perú.* “Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizadas Mariscal Castilla – Julio Sumar El Tambo”.

Otro importante proyecto de investigación estudia la intersección de las avenidas Mariscal Castilla – Julio Sumar, con el objetivo de realizar un análisis del comportamiento de las intersecciones viales urbanas, las intersecciones de las avenidas Mariscal Castilla – Julio Sumar es un problema latente y que sucede como consecuencia la sobre saturación de estas avenidas. Como logro de la investigación el autor determinó la capacidad y el nivel de servicio de estas intersecciones, así como evaluar alternativas de demanda de tráfico, diseño geométrico y planes de

semaforización. En suma, ante esta situación es importante realizar este tipo de investigación que nos permita corregir el comportamiento de las intersecciones.

El aporte que brinda este antecedente, es realizar estudios de investigación para mejorar las intersecciones del proyecto de investigación propuesto mediante capacidad y el nivel de servicio. Por otro lado, cobra mucha importancia el tipo de área y tiempo de servicio de carga y descarga de pasajeros para tener un mejor análisis de estudio.

- b) *Bach.* (Guadalupe Flores, 2016), *Perú*. “Micro Simulación de la intersección de la avenida universitaria con la avenida Bolívar utilizando los softwares VISSIM y VISWALK 8”.

En este proyecto de investigación estudia la intersección de la avenida universitaria con la avenida Bolívar con el objetivo de realizar un rediseño de micro simulación que permita que la velocidad de los peatones sea mayor, teniendo como consecuencia una menor densidad peatonal y el tiempo de viaje se vea reducido. Como logro de la investigación se comprobó que el diseño actual presentó los siguientes parámetros de eficiencia: velocidad promedio de 2.73 km/h y tiempo de viaje promedio de 70.80 seg. y que en el rediseño la velocidad promedio fue de 3.17 km/h y el tiempo de viaje promedio de 66.59 seg. El aporte que brinda este antecedente al proyecto de tesis, es tener en consideración los softwares VISSIM y VISWALK 8 para una micro simulación en el análisis en la intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulman y poder mejorar las velocidades de los peatones en su trayecto de viaje.

- c) *Bach.* (Pinto Espejo , 2016). *Perú*. En este importante proyecto de investigación estudio el nivel de servicio en el óvalo “Los Incas” teniendo como objetivo brindar orden y fluidez en el tránsito vehicular de la intersección. Como consecuencia en el proceso de la investigación se logró obtener que el nivel de servicio alcanza la calificación F en horas punta, el aforo peatonal y vehicular del Ovalo Los Incas se verá afectado en los siguientes años por el crecimiento comercial de la Av. Dolores y la presencia de la nueva residencial Markhan y por último el “Ovalo Los Incas”. En suma, ante esta situación, es importante tener en cuenta las especificaciones que brinda el “MDGC – 2013”, menciona que toda

rotonda, óvalo o glorieta debe tener un diámetro mínimo de 25m; sin embargo, el “Ovalo Los Incas” presenta un radio mayor de 11m y uno menor de 9.75m., es decir no puede cumplir la función principal de una rotonda la cual es mantener el flujo vehicular constante a través de la misma. El aporte que brinda este antecedente al proyecto de tesis, es considerar las especificaciones de MDGC – 2013 para poder obtener un flujo constante en el tránsito vehicular de las intersecciones lo que impide generar problemas de congestión. Por otro lado, se recomienda implementar el nivel de servicio proyectado con la implementación de la solución a bajo costo para poder tener una vida útil máxima de 3 años y con una duración de vida útil de 25 años.

### **3.2. Bases teóricas:**

#### **3.2.1. Volumen Vehicular:**

- **Volúmenes:**

El volumen es la medida básica de la Ingeniería de tránsito y se define como la cantidad de vehículos o personas que pasan por un punto o sección de una infraestructura en una unidad, como se presenta en la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q= volumen.

N= Número de vehículos o personas.

T= unidad de tiempo

El manual de Estudios de Ingeniería de tránsito de México especifica que el volumen “es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo” (Cal, y otros, 2007)

El correcto diseño de una vía depende de la correcta información sobre la cantidad de movimiento vehicular que tendrá o tiene la vía a analizar durante el periodo seleccionado. (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2004).

- **Tasa de Flujos (q)**

La tasa de flujos es la cantidad de personas o vehículos que desean pasar por una sección en un tiempo específico.

Se debe tener en cuenta que al igual que el volumen de tránsito, la tasa de flujo es un componente primordial para la selección de componentes en la realización de un proyecto vial.

- **Volúmenes de absolutos y totales**

La clasificación de los volúmenes absolutos es la siguiente:

*Tránsito Anual:* Expresado con las abreviaturas “TA”, expresa el número total de vehículos que transitan por el periodo de un año en una sección transversal de una vía.

*Tránsito Semanal:* Expresado con las abreviaturas “TS”, expresa el número total de vehículos que transitan por el periodo de una semana en una sección transversal de una vía.

*Tránsito Diario:* Expresado con las abreviaturas “TD”, expresa el número total de vehículos que transitan por el periodo de un día en una sección transversal de una vía.

*Tránsito Horario:* Expresado con las abreviaturas “TH”, expresa el número total de vehículos que transitan por el periodo de una hora en una sección transversal de una vía.

- **Volúmenes de Tránsito Promedio Diario**

Expresado con las abreviaturas de TPD, es la cantidad de vehículos o personas que transitan por un periodo determinado de días totales dividido entre el número de días del periodo. Se expresan en vehículos por días los cuales pueden ser:

*Tránsito Promedio Diario Anual.* - Expresado por sus abreviaturas “TPDA”, hace referencia al valor promedio de los volúmenes de tránsito que transitan durante 24 horas en un año.

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

*Tránsito Promedio Diario Semanal.* - Expresado por sus abreviaturas “TPDS”, hace referencia al promedio del tránsito diario obtenido del tránsito semanal.

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

*Volumen Horario Máximo Anual.* – Expresado por sus abreviaturas “VHMA”, representa el máximo volumen horario que ocurre en cierto punto o sección de un carril o calzada durante el periodo de un año.

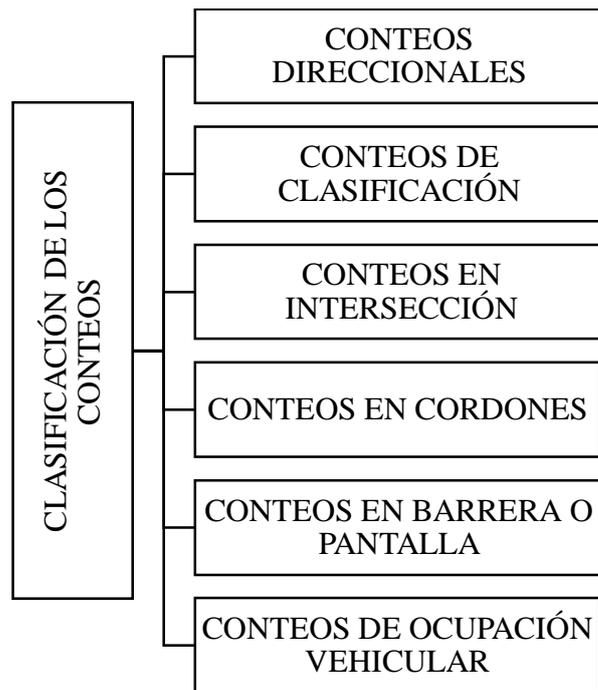
*Volumen Horario de Máxima Demanda.* – Expresado por sus abreviaturas “VHMD”, representa la máxima cantidad de vehículos que circulan por un punto o sección de un carril o calzada durante minutos consecutivos.

*Volumen Horario de Proyecto.* - Expresado por sus abreviaturas “VHP”, representa el volumen de tránsito horario utilizado para determinar las características geométricas de la vía.

En el Manual de carreteras diseño geométrico DG 2018 recalca que, “En caminos de alto tránsito, es el volumen horario de diseño (VHD), y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables.

- **Clasificación de los Conteos:**

El mapa resumen presentado a continuación en la figura 1, la cual nos da el alcance de todas las clasificaciones.



*Figura 1 : Clasificación de Conteos*

*Conteos Direccionales:* Se basa en registrar y clasificar los volúmenes de acuerdo al sentido y dirección del flujo vehicular.

*Conteos de Clasificación:* Se basa en registrar y clasificar los volúmenes de acuerdo al tipo de vehículo, número de ejes, peso y dimensiones.

*Conteo en Intersección:* Se basa en registrar los volúmenes de acuerdo a su tipo de movimiento ya sea directo, giro a la derecha y giro a la izquierda, así como también el tipo de vehículo al cual pertenece.

*Conteo en Cordones:* Se basa en registrar los volúmenes en el perímetro de determinada zona.

*Conteo en Barrera o Pantalla:* Se basa en registrar los volúmenes en cruces de vías con cruces naturales o realizadas por la mano del hombre.

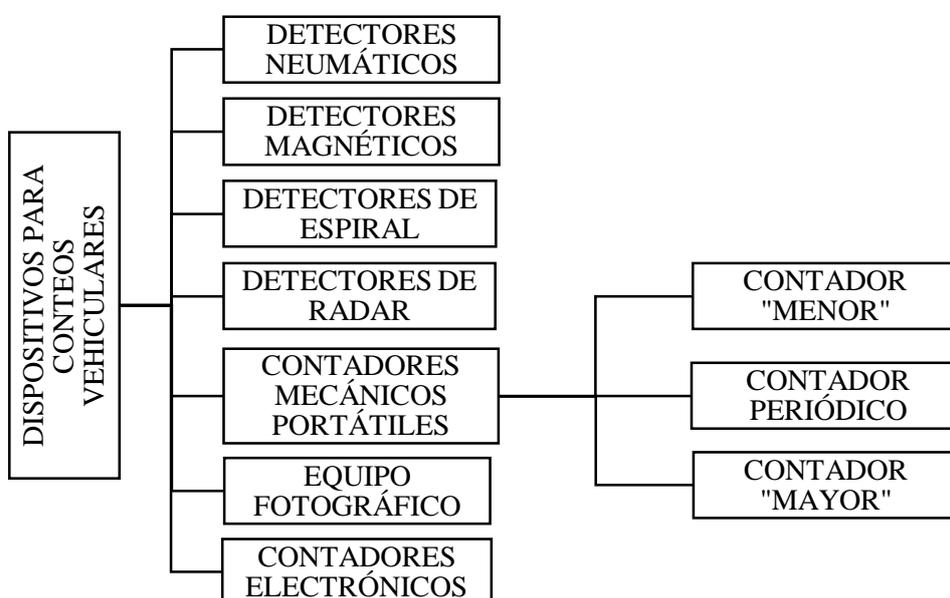
*Conteo de Ocupación vehicular:* Se clasifica como registro de campo debido a que es empleado con el fin de conocer la cantidad de pasajeros que viajan en los distintos tipos de vehículos.

- **Métodos de Conteo:**

Los métodos básicos existentes son dos:

*Conteo Mecánico:*

Mayormente utilizado para realizar conteos vehiculares en lugares a mitad de cuadra o tramos continuos en campo abierto. La siguiente figura N°2 explica la descripción dada por los autores Arbole y box (1986) y Oppenlander (1985), entre otros referentes a los diferentes dispositivos utilizados para realizar los conteos vehiculares.



*Figura 2:*

Dispositivos para conteos vehiculares

Los conteos mecánicos son utilizados especialmente para aforar un tránsito continuo con fines de estudios de tendencia. (Cal, y otros, 2007)

*Conteos Manuales:*

Los conteos manuales varían dependiendo del propósito del conteo y se pueden realizar ya sea en hojas bond hasta contadores electrónicos. Se debe tener en cuenta que bajo la existencia de un alto tránsito son necesario más de dos personas para tener datos certeros. (Cal, y otros, 2007).

Este tipo de conteo se realiza con personal de campo, con la finalidad de tener detalles en cuanto a:

- Clasificación vehicular
- Movimientos direccionales en intersección o acceso.
- Dirección de recorrido.
- Uso de carriles
- Longitud de Cola
- Obediencia de los dispositivos para controlar el tránsito.

- **Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda**

Es importante conocer la variación del volumen de tránsito en las horas de máxima demanda para poder planear posibles soluciones de control de tránsito para estos periodos picos.

Un volumen horario de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de una vía, intersección o calle del tránsito en periodos máximos. Se expresa como factor de la hora de máxima demanda o factor hora pico (FHMD) de la siguiente forma:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * q_{max}}$$

Donde:

FHMD = factor de la hora de máxima demanda

VHMD = volumen horario de máxima demanda

N = número de períodos durante la hora de máxima demanda

$q_{m\acute{a}x}$  = volumen máximo que se presenta en el período de la hora de máxima demanda.

### 3.2.2. Velocidades

La velocidad es el vínculo existente entre el tramo a recorrer y el tiempo que se tarda en el recorrido del mismo expresado en km/h. La fórmula por la cual se expresa la velocidad es la siguiente. (Cal, y otros, 2007).

$$v = \frac{d}{t}$$

Dónde:

v = velocidad (km/h).

d = distancia recorrida (km).

t= tiempo de recorrido (h).

En la práctica se puede definir de diferentes maneras a la velocidad tomando en cuenta diferentes criterios como se irán describiendo a continuación.

- **Velocidad Media Temporal**

Se define como velocidad media temporal a la media aritmética de las velocidades de un grupo de vehículos que pasa por un punto específico de una calle o carretera en un determinado tiempo según el criterio seleccionado. La velocidad media temporal se puede expresar de la siguiente manera (Cal, y otros, 2007):

*Cuando se tienen datos de punto no agrupados*

$$\bar{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}$$

Donde:

$\bar{v}_t$  = velocidad media temporal.

$v_i$  = velocidad del vehículo i.

n = número de vehículos.

*Cuando se tienen datos de punto agrupados*

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

Donde:

$m$  = número de grupos de velocidad.

$f_i$  = número de vehículos en el grupo de velocidad  $i$ .

$v_i$  = velocidad de punto del grupo  $i$ .

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

- **Velocidad Media Espacial**

Se define como la media aritmética tomada de las velocidades de los vehículos que pasan por un mismo punto en el instante en el que pasan por un intervalo de carretera o calle. Se expresa de la siguiente manera. (Cal, y otros, 2007)

$$\bar{v}_e = \frac{d}{\bar{t}}$$

Donde:

$\bar{v}_e$  = velocidad media espacial.

$d$  = distancia recorrida.

$v_i$  = velocidad de punto del grupo  $i$ .

$\bar{t}$  = tiempo promedio del recorrido

$$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

Reemplazando los valores podemos obtener una ecuación denominada media armónica es decir la media estadística que mejor describe la situación que se presenta. Obteniendo de dicha forma la siguiente expresión. (Cal, y otros, 2007)

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

- **Velocidad de Recorrido**

Conocida también como velocidad global o velocidad de viaje, se define como la división de la distancia que recorre el vehículo de principio a fin durante todo el viaje entre el tiempo que tarda en recorrer el tramo. La velocidad de recorrido es mayormente utilizada para la comparación de condiciones en cuanto a fluidez de ruta. (Cal, y otros, 2007)

- **Velocidad de Marcha**

También es llamada velocidad de crucero, se obtiene de la división de la distancia recorrida entre el tiempo en el que el vehículo se encontraba en movimiento descontando de dicho tiempo todo aquel tiempo en el cual el vehículo halla parado por cualquier motivo durante el recorrido. (Cal, y otros, 2007)

### **3.2.3. Flujo Vehicular**

El flujo vehicular permite conocer las peculiaridades y comportamientos del tránsito, nos brinda información de la manera en que se desplazan los vehículos sobre las vías y obtener datos de la eficiencia de dicha operación. Un dato que es crucial y se obtiene mediante el análisis de flujo vehicular es el desarrollo de modelos micros y macroscópicos los cuales agrupan diferentes componentes del flujo vehicular como lo son la velocidad, densidad, volumen, entre otros. (Cal, y otros, 2007)

### **3.2.4. Variables Relacionadas con el Flujo**

Las variables que se relacionan con el flujo son las descritas a continuación:

- **Tasa de Flujo (q) y volumen (Q)**

La tasa de flujo es aquella frecuencia en la cual los vehículos circulan por un punto transversal al carril; es decir, que en un tiempo menor a una hora se calculan el número de vehículos que pasan por un carril expresado en veh/min también pudiendo ser expresada en veh/h. La ecuación utilizada para calcular dicha tasa de flujo es la siguiente (Cal, y otros, 2007):

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

Donde:

N = número de vehículos.

t = intervalo de tiempo específico.

q = tasa de flujo.

- **Intervalo Simple ( $h_i$ )**

Se entiende como el tiempo que demoran dos vehículos consecutivos durante su paso; dicho intervalo se representa en segundos. (Cal, y otros, 2007)

- **Intervalo Promedio ( $\bar{h}$ )**

Dicha expresión representa el promedio de los intervalos de tiempo de todos los vehículos que recorren una misma vía. Dicha expresión se representa en s/veh y se representa por la siguiente ecuación. (Cal, y otros, 2007)

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

Donde:

$\bar{h}$  = intervalo promedio (s/veh).

N = número de vehículos (veh).

N-1 = número de intervalos (veh).

$h_i$  = intervalo simple entre el vehículo i y el vehículo i+1.

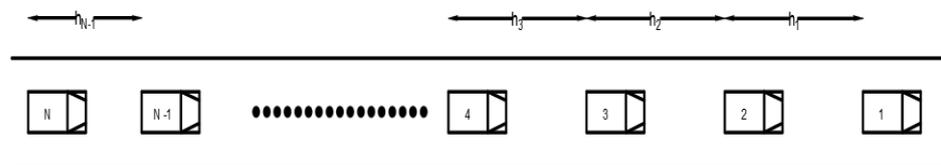


Figura 3:  
Representación gráfica de la ecuación.

**a) Variables Relacionadas con la Velocidad**

La relación existente entre la velocidad y el flujo vehicular es básicamente todos los diferentes tipos de velocidades que existen de

acuerdo a los diferentes criterios como se trató con anterioridad; los cuales son (Cal, y otros, 2007):

- Velocidad media temporal.
- Velocidad media espacial.
- Velocidad de corrido.
- Velocidad de marcha.
- Distancia de recorrido.
- Tiempo de recorrido.

### b) Variables Relacionadas con la Densidad

Las variables que interactúan en esta relación son la densidad propiamente dicha, el espaciamiento simple y el espaciamiento promedio. (Cal, y otros, 2007)

### c) Densidad (k)

Se determina calculando el número de vehículos que existen en una longitud específica dentro de una vía en un tiempo determinado. Dicha variable se expresa en veh/k, se puede obtener utilizando la siguiente formula. (Cal, y otros, 2007)

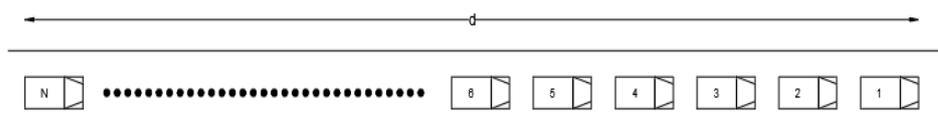
$$k = \frac{N}{d}$$

Donde:

N = número de vehículos.

d = longitud específica.

k = densidad



*Figura 4:  
Representación gráfica de la fórmula de densidad.*

**d) Espaciamiento Simple ( $S_i$ )**

Se define como el espacio que existe entre dos vehículos que se encuentran contiguos, dicho espacio es medido entre las defensas posteriores de cada vehículo y se expresa en metros. (Cal, y otros, 2007).

**e) Espaciamiento Promedio ( $\bar{s}$ )**

Dicha variable se define como el promedio de todos los espaciamentos simples que se encuentran en una vía, sus unidades se expresan en m/veh y la formula que lo representa es la siguiente (Cal, y otros, 2007):

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

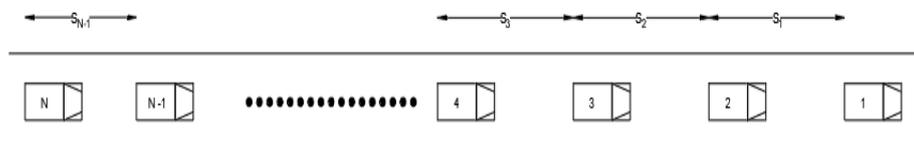
Donde:

$\bar{s}$  = espaciamento promedio (m/veh).

N = número de vehículos (veh).

N-1 = número de espaciamentos (veh).

$s_i$  = espaciamento simple entre el vehículo i y el vehículo i+1.



*Figura 5:*  
Representación gráfica de espaciamento promedio

**f) Relación Existente entre Flujo, Velocidad y Densidad**

Para detallar mejor la relación que existe entre estas variables Rafael Cal y James Cárdenas proponen un gráfico el cual se representa a continuación:

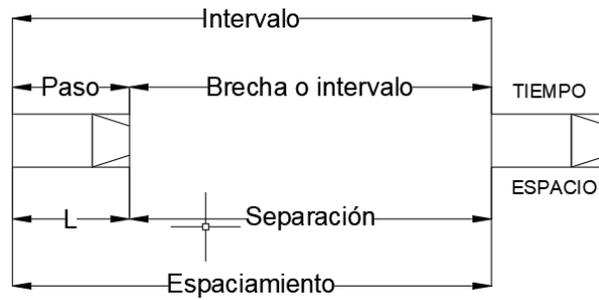


Figura 6:

Gráfico de la relación existente entre Flujo, Velocidad y Densidad.

En la figura N°6 se tomaron en cuenta las características de tiempo y espacio. De dicho grafico se puede deducir tomando en cuenta el criterio de que cierta muestra de vehículos se desplazan a una velocidad constante con un intervalo promedio y un espacio promedio tomando la siguiente forma:

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

$$\bar{s} = \bar{v}_e \bar{h}$$

Como se expresa en la ecuación descrita, tanto la muestra de vehículos el intervalo promedio y el espaciamiento promedio tienen como relación común a la velocidad media espacial.

### 3.2.5. Semáforos

La finalidad de los semáforos es la de beneficiar de hacer continuo y fluido el tráfico controlando tanto el tránsito vehicular como el tránsito peatonal; logrando de dicha forma el paso alternado entre las vías y haciendo un sistema seguro y continuo. (Cal, y otros, 2007)

Tabla 1:

Cuadro comparativo del semáforo

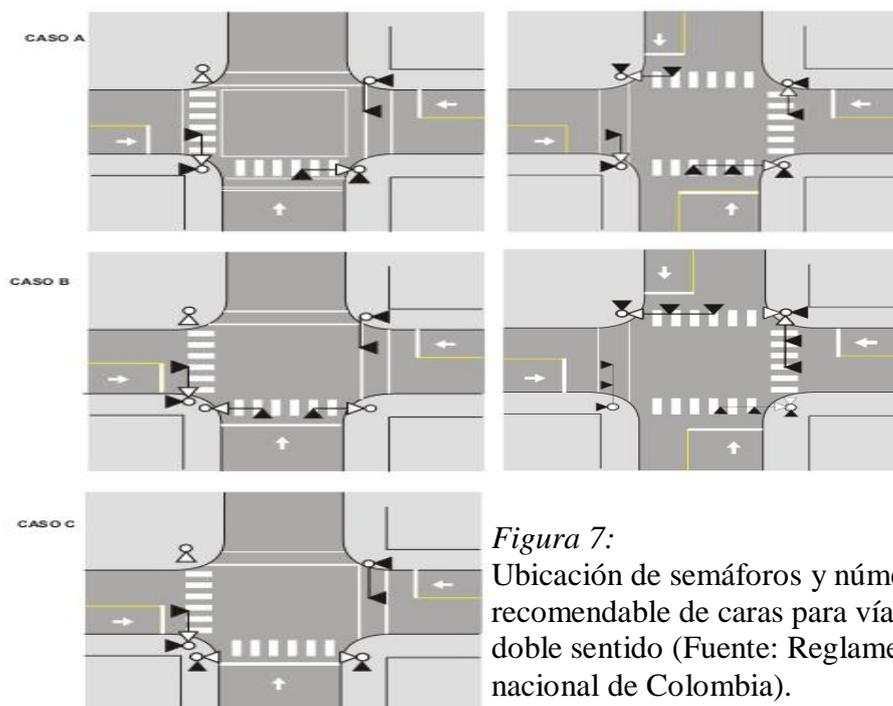
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Reduce el índice de accidentes.	Produce un gasto innecesario frente a soluciones que se podrían dar con señales de tránsito.
Mantiene una circulación continua.	Causan demoras sin justificar a ciertos usuarios.

Interrumpe cada cierto tiempo los volúmenes de tránsito.	Incrementa accidentes del tipo alcance.
Más económico frente a otras soluciones de control de tránsito.	Ocasiona pérdidas en ciertas horas del día.
Ordena la circulación del tránsito.	Cuando no existen avisos previos a un semáforo podría provocar en intersecciones rurales accidentes graves.

Fuente: Elaboración Propia. Tomando en cuenta Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones (Cal, y otros, 2007)

### a) Número de Lentes y Caras

En todos los semáforos se debe por lo menos contar con 3 lentes: rojo, ámbar y verde; y máximo 5 lentes: rojo, ámbar, flecha de frente ↑, flecha izquierda ←, flecha derecha →. En cuanto a caras se puede definir al conjunto de lentes, reflector, lámpara y portalámparas; lo recomendable según Rafael Cal y James Cárdenas es dos caras por cada entrada a las intersecciones y se puede acompañar con semáforos para peatones. Algunos tipos de colocaciones para calles de doble sentido se pueden mostrar en la imagen N°07



*Figura 7:* Ubicación de semáforos y número recomendable de caras para vías de doble sentido (Fuente: Reglamento nacional de Colombia).

Legenda

- Semáforo peatonal con soporte tipo poste. (  )
- Semáforo vehicular y peatonal con soporte tipo poste. (  )
- Semáforo vehicular con soporte tipo poste y ménsula. (  )
- Semáforo vehicular con soporte tipo poste. (  )
- Semáforo vehicular con soporte tipo poste y ménsula (  )
- Semáforo vehicular y peatonal con soporte doble tipo poste y ménsula. (  )

**b) Semáforos de Tiempo Fijo**

Su utilidad es recomendable en volúmenes de tránsito estables tomando en cuenta que este tipo de semáforos no debe causar ninguna demora o congestión del tipo excesivo. Se debe de instalar siempre y cuando se den los siguientes requerimientos: (Cal, y otros, 2007).

- **Volumen mínimo de vehículos:**

Tabla 2:  
*Volumen mínimo de vehículos.*

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos accesos)		Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (en un solo sentido)	
Calle principal	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

Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones (Cal, y otros, 2007)

- **Interrupción del tránsito continuo:**

Tabla 3 :  
*Interrupción del tránsito continuo*

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos accesos)		Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (en un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	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

Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones (Cal, y otros, 2007).

- **Volumen mínimo de peatones:**

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

- 600 o más veh/h en ambos sentidos de la vía.
- 1000 o más veh/h si la calle principal presenta camellón.
- 150 o más peatones que cruzan la vía.

- **Circulación progresiva:**

Dicho caso se da cuando los semáforos están distantes y hay calles totalmente aisladas de un sentido provocando que los vehículos no estén totalmente agrupados y con las velocidades deseadas inexistentes. (Cal, y otros, 2007)

- **Antecedentes acerca de los accidentes:**

- Si otras alternativas no han reducido los accidentes.
- Si 5 o más accidentes sucedieron durante los últimos 12 meses.
- Existencia de volumen de peatones y vehículos mayores o iguales al 80%.
- Si al instalar el semáforo no provoca ninguna desorganización en la circulación de los vehículos.

- **Combinación de los requisitos:**

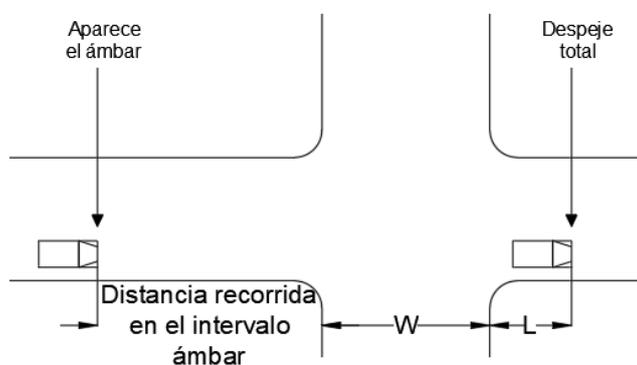
Se da cuando ningún requisito cumple el 100% pero dos o más de los requisitos llega al 80% de su cumplimiento justifican la instalación del semáforo. (Cal, y otros, 2007)

c) **Cálculo de los Tiempos del Semáforo**

El cálculo radica en lograr el máximo de movimientos simultáneos obteniendo lo mínimo de demoras posibles. Para lograr ello se determinan diferentes fases las cuales son las siguientes: (Cal, y otros, 2007).

- **Intervalo de cambio de fase.**

Bajo este criterio se tiene en cuenta el tiempo de reacción de respuesta del conductor, tiempo y espacio para desacelerar, tiempo para arrancar y dejar la intersección; una mejor representación se puede apreciar en la figura N° 08. (Cal, y otros, 2007).



*Figura 8:*  
Gráfico de intervalo de cambio de fase.

La siguiente fase se puede representar con la siguiente formula, teniendo en cuenta que el intervalo de cambio es igual a la suma de ámbar más todo rojo. (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 percepción del conductor (1s).  
 $v$  = velocidad aproximadamente de los vehículos (m/s).  
 $a$  = tasa de desaceleración (3.05 m/s).  
 $W$  = ancho de intersección (m).  
 $L$  = longitud del vehículo (6.10m).

- **Longitud del ciclo.**

Tomando en cuenta las observaciones de Webster F.V. en base a la demora mínima de los vehículos en una intersección semaforizadas, se puede lograr a tener una ecuación detallada de la longitud de ciclo óptimo la cual se representa a continuación: (Cal, y otros, 2007)

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

Donde:

$C_o$  = tiempo óptimo del ciclo (s).

$L$  = tiempo total perdido por ciclo (1s).

$Y_i$  = máximo valor en la relación flujo actual y saturación para el acceso, movimiento o carril crítico de la fase  $i$ .

$\varphi$  = número de fases.

- **Vehículos equivalentes.**

Lo mayormente beneficioso para una vía es tener un flujo de automóviles que crucen de frente la vía, pero el caso es el contrario en la mayoría de las vías se dan el tránsito de vehículos pesados y giros a derecha e izquierda; para ello se representa la siguiente fórmula con el fin de poder 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 el factor vehículos pesados.

- $P_C$  = porcentaje de camiones.
- $P_B$  = porcentaje de autobuses.
- $P_R$  = porcentaje de vehículos recreativos.
- $E_C$  = automóviles equivalentes a un camión  
(varían entre 1.4 -1.6).
- $E_B$  = automóviles equivalentes a un autobús  
(varían entre 1.4 -1.6).
- $E_R$  = automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.

- **Flujo de saturación y tiempo perdido.**

Según R. Akcelik en sus estudios de las capacidades de intersecciones habla sobre el flujo de saturación el cual es la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea de alto hasta el final del periodo verde. Para entender mejor este fenómeno Akcelik plantea un modelo básico el cual se representa en la figura N°09.

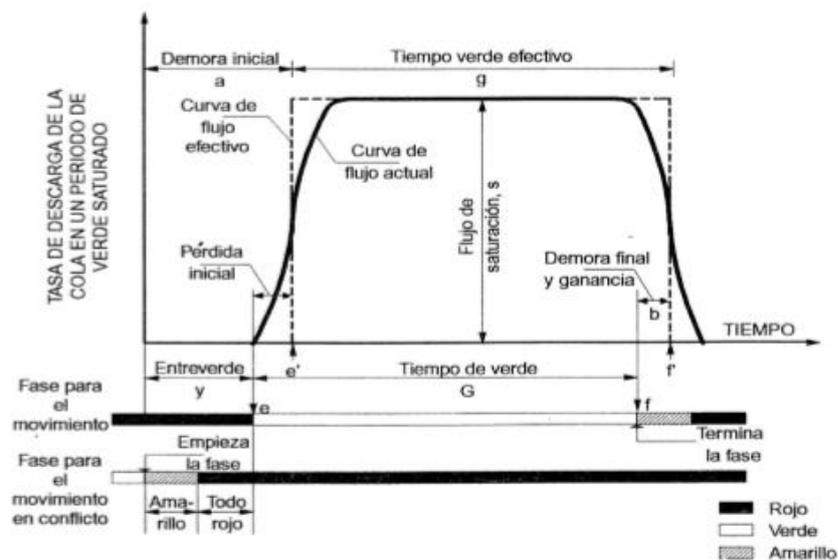


Figura 9:  
Modelo básico del flujo de saturación según Akcelik Rahmi,1989.

En la imagen N°09 la línea punteada representa el flujo efectivo el cual sustituye la curva del flujo actual por un rectángulo de la misma área, del cual la altura depende del flujo de saturación “s” y el ancho es tomado del tiempo verde efectivo “g”; en resumen, la curva “sg” representa los números máximos que cruzan la línea dentro de un ciclo promedio. Se puede tomar entonces varias fórmulas las cuales son:

*Demora inicial “a”*

$$a = y_i + ee'$$

Donde:

a = demora inicial.

$y_i$  = intervalo de cambio de fase.

$ee'$  = perdida inicial.

*Demora final “b”*

$$b = ff'$$

Donde:

b = demora final.

$ff'$  = ganancia final.

*Tiempo total L perdido por ciclo es:*

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

Donde:

TR= tiempo total de todo rojo durante el ciclo

- **Asignación de tiempos verdes.**

Se define con las abreviaturas  $g_T$  y se puede determinar mediante la siguiente expresión: (Cal, y otros, 2007).

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

Donde:

$g_T$  = Tiempo verde efectivo total para todos los accesos.

C = Longitud actual del ciclo (5 seg. más cercanos).

### **3.2.6. Capacidad vial:**

La capacidad vial se define como el número máximo de vehículos (peatones) que pasan por un tramo específico de una vía, calzada o pista durante un tiempo establecido respetando los distintos tipos de dispositivos de control y la infraestructura que presente la calzada o carril.

El tiempo específico o intervalo de tiempo que comúnmente se usa es de 15 minutos ya que en este lapso de tiempo es más probable encontrar un flujo vehicular estable.

Es necesario tener en cuenta que habrá ciertas condiciones que puedan alterar la capacidad vial como: condiciones del tránsito, condiciones de control y condiciones de infraestructura vial

Una distribución vehicular del tránsito en un tiempo y espacio dado, y una composición de los tipos de vehículos que circulan por dicha vía, son condiciones del tránsito que afectan a la capacidad.

Las condiciones de control están compuestas por todos los dispositivos de control de tránsito que se pueda encontrar en una vía.

Cabe mencionar que las características de la vía y las regulaciones de circulación existente son factores que pueden influenciar para el cálculo de la capacidad vial.

- **Niveles de servicio:**

El nivel de servicio mide cualitativamente la calidad del flujo vehicular, describiendo condiciones de operaciones y la percepción de los pasajeros y motoristas. Dichas condiciones se describen por factores, los cuales son:

- La velocidad y tiempo recorrido
- Libertad de maniobras
- Comodidad
- La conveniencia

- Seguridad vial

El manual de capacidad de carreteras (HCM 2000) define 6 niveles de servicios. Cada nivel está representado por una letra, por un rango y por una percepción respecto a las condiciones de operación del tramo a estudiar.

Los niveles de servicio son los siguientes:

**Nivel de servicio A:** Hace referencia a aquellas vías en las cuales el flujo es libre. Los usuarios de la vía tienen libre el criterio de elección de sus velocidades deseadas y maniobras dentro de los parámetros de tránsito. Este nivel posee una comodidad y conveniencia excelente.

**Nivel de servicio B:** Hace referencia a un flujo estable. La libertad del usuario en escoger la velocidad sigue casi sin ser afectada pero el nivel de maniobras si es afectado con respecto al nivel de servicio A. Este nivel posee una comodidad y conveniencia buena.

**Nivel de servicio C:** Hace referencia a un flujo estable con la diferencia que los usuarios se ven afectados por interacciones de otros usuarios. La velocidad es afectada y el nivel de maniobras se restringe. Este nivel posee una comodidad y convivencia notable.

**Nivel de servicio D:** En este nivel la circulación es densa, restringiendo velocidades y maniobras, generando problemas de funcionamiento. El nivel de comodidad y convivencia es bajo.

**Nivel de servicio E:** En este nivel se ve marcado casi el límite de capacidad de la vía, la velocidad de los usuarios queda reducida uniformemente a un nivel bajo; en cuanto a las maniobras solo se podrán realizar cuando un usuario ceda el paso. Los niveles de comodidad y convivencia son notablemente inestables.

**Nivel de servicio F:** En este nivel se puede ver un flujo forzado, se da cuando el flujo de la vía supera su capacidad. En dicho nivel se puede visualizar las ondas de parada y arranque los cuales son inestables.

- **Capacidad vial de una intersección con semáforos:**

Está definido como la tasa de flujo máximo que puede pasar por un acceso de una intersección durante un tiempo establecido respetando las condiciones del tránsito, calle y semafóricas.

Los volúmenes por tipo de movimiento, su composición vehicular, maniobras de estacionamiento, conflictos peatonales, entre otras son condiciones prevalecientes del tránsito. Las condiciones de calle son las características geométricas que presenta la calle o vía por donde transita el vehículo; y las condiciones semafóricas tenemos el control, asignación de tiempo, entre otros puntos.

Para un correcto análisis de capacidad se debe tener la relación del flujo actual ( $v$ ) tomado de los 15 minutos pico de un acceso o de un grupo de carriles entre la capacidad, dicho valor es llamado como Grado de saturación ( $X_i$ ).

Un flujo de saturación queda definido como la tasa máxima de flujo vehicular que pueden pasar, a través de una intersección, por un acceso o grupo de carriles. Este concepto es usado para determinar la capacidad para un grupo de carriles y esta expresado en vehículos por hora de luz verde (vphv). Dicha capacidad es la siguiente:

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

Donde:

$c_i$  = capacidad del acceso o grupo de carriles  $i$  (vph)

$s_i$  = flujo de saturación del acceso o grupo de carriles  $i$  (vphv)

$g_i$  = tiempo verde efectivo para el acceso o grupo de carriles  $i$  ( $s_i$ )

$C$  = ciclo de semáforos ( $s_i$ )

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

El grado de saturación  $X_i$  para que un acceso o grupo de carriles ( $i$ ) esta expresado por la siguiente formula:

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

- **Niveles de servicio en las intersecciones con semáforo:**

El nivel de servicio en intersecciones con semáforo esta expresado en términos de demora media por vehículo, lo cual representa para los usuarios una medida de tiempo perdido de viaje, del consumo de combustible y de la frustración.

El Manuel de capacidad de carreteras (HCM 2000) define al nivel de servicio en 6 niveles con las características siguiente:

**Nivel de servicio A:** Son las operaciones donde las demoras son menos de 5.0 segundos por vehículo, debido a que los vehículos llegan cuando el semáforo está en la fase verde.

**Nivel de servicio B:** Son todas las operaciones que presentan demora entre 5.1 y 15.0 segundos por vehículo.

**Nivel de servicio C:** Presenta un tránsito regular, algunos ciclos empiezan a malograrse y las operaciones ocurre entre 15.1 y 25.0 segundos de demora por vehículo.

**Nivel de servicio D:** Las demoras en este nivel se deben a llegadas de vehículos en la fase roja, longitudes de ciclos altas o a la presencia de un grado de saturación alto. Presentan demoran entre 25.1 y 40.0 segundos.

**Nivel de servicio E:** Es el nivel considerado como el limite aceptable de demoras ya que las operaciones ocurren entre 40.5 a 60.0 segundos. Presentan un elevado grado de saturación y ciclos muy largos.

**Nivel de servicio F:** Todas las operaciones con demoras que superan los 60.0 segundos por vehículo. Presenta exceso de flujo vehicular ocasionando un congestionamiento en el tránsito.

- **Metodología de análisis operacional de intersección con semáforos:**

Para poder obtener la capacidad y el nivel de servicio es necesario realizar un análisis operacional de alto complejidad, ayudándonos de la siguiente tabla:

Tabla 4:  
*Módulos de operaciones*

<b>MODULOS</b>	<b>OPERACIONES</b>
<b>De entrada</b>	Condiciones geométricas Condiciones del tránsito Condiciones de los semáforos
<b>De ajuste de volúmenes</b>	Factor de la hora de máxima demanda Establecimiento de grupos de carriles Asignación de volúmenes a grupos de carriles
<b>De flujo de saturación</b>	Flujo de saturación ideal Ajustes
<b>De análisis de capacidad</b>	Cálculo de las capacidades por grupo de carriles Cálculo del grado de saturación por grupo de carriles Resultados agregados
<b>Del nivel de servicio</b>	Cálculo de demoras por grupo de carriles Demoras agregadas Determinación del nivel de servicio

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta las referencias del Libro de Ingeniería de Tránsito-Cal y Mayor, 2017.

- **Módulo ajuste de volumen:**

Para obtener los datos es necesario hacer la conversión del volumen horario vehicular a flujo para un tiempo de 15 min, para eso se usará la siguiente fórmula:

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

Donde:

$v_p$  = tasa de flujo durante los 15 minutos pico (vph)

$V$  = volumen horario (vph)

Uno de los puntos importante de este módulo es la separación de los grupos de carriles y agrupándolos segundo sea el sentido del carril.

Teniendo en cuenta que cuando dos o más carriles pueden servir a un mismo movimiento vehicular el volumen no se distribuye equitativamente. Para obtener este flujo ajustado de un grupo de carriles se usará lo siguiente:

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

Donde:

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

$v_{gi}$ = flujo de demanda no ajustado en el grupo de carriles i (vhp)

$U_i$ = factor de utilización de carril para el grupo de carriles i

Tabla 5:  
Factor  $U_i$

N° de carriles	$U_i$
1 carril	1.00
2 carril	1.05
3 carril	1.10

Fuente: Elaboración propia tomando en cuenta las referencias del Libro de Ingeniería de Transito-Cal y Mayor.

- **Módulo del flujo de saturación:**

Puede ser obtenido por estudios de campo o calcularse por la siguiente formula:

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

Donde:

$s$  = flujo de saturación del grupo de carriles (vphv)

$s_o$ = flujo de saturación en condiciones ideales

$N$  = número de carriles del grupo

$f_A$ = factor de ajuste por efecto de ancho de 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 carriles 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 vueltas a la derecha

$f_{VI}$  = factor de ajuste por vueltas a la izquierda

- **Módulo de análisis de capacidad:**

En este módulo se calcula la capacidad para cada acceso o grupos de carriles mediante siguiente expresión:

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

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

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

### 3.3. Justificación

La realización de este estudio es de gran importancia ya que sirve de base para futuras investigaciones que se pretendan realizar en los distintos puntos críticos como son las intersecciones en la Ciudad de Piura. Asimismo, por la crisis que se viene dando en cuanto al saturado tráfico en las distintas vías de la ciudad.

Los principales beneficiados de esta investigación son los estudiantes de pregrado y postgrado del área de transporte de las diferentes universidades de la zona. También la autoridad competente del transporte en la ciudad se puede apoyar de los resultados de esta investigación para dar mejora a problemas relacionados en otras intersecciones de conflicto.

Servirá como fuente base para abordar problemas del congestionamiento vehicular, que es un tema de interés de muchas metrópolis, ya que el crecimiento demográfico y vehicular es inevitable con el pasar de los años.

A su vez, el presente estudio sugiere analizar de una manera más amplia los puntos críticos de la ciudad, a su vez que se tenga en cuenta la relación evidente de las variables de tráfico con uno de sus mayores problemas, como lo es el congestionamiento vehicular.

### **3.4. Objetivos**

#### **3.4.1. Objetivo general**

Determinar de qué manera una propuesta vial mejora el tránsito en la intersección de las avenidas Miguel Grau y Gulman en la ciudad de Piura.

#### **3.4.2. Objetivos Específicos**

- Cuantificar el volumen de tráfico vehicular en la zona de estudio, aplicando la metodología de conteos con fichas normalizadas.
- Cuantificar la capacidad vial en la zona de estudio.
- Determinar el nivel de servicio para la zona en estudio.
- Analizar la problemática situacional en cuanto a tiempos semafóricos y geometría vial.
- Elaborar la propuesta de mejora viable para la zona en estudio.

## **IV. MATERIAL Y MÉTODOS:**

### **3.1. Diseño del estudio:**

#### **3.1.1. Investigación Descriptiva**

Consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros

tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento (Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M., 2014).

Por ende, está presente investigación se adapta a dicha descripción puesto que busca una recolección de datos para poder procesar de manera clara y específica los resultados para poder conocer cada factor influyente.

- **Etapas:**

- Examinar las características del problema escogido.
- Definir y formular sus hipótesis.
- Enunciar los supuestos en que se basan las hipótesis y los procesos adoptados.
- Elegir los temas y las fuentes apropiados.
- Seleccionar o elaborar técnicas para la recolección de datos.
- Establecer, a fin de clasificar los datos, categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.
- Verificar la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos.
- Realizar observaciones objetivas y exactas.
- Describir, analizar e interpretar los datos obtenidos, en términos claros y precisos.

### **3.2. Población:**

Los vehículos que circulan por la intersección de las Av. Miguel Grau y Av. Gulman.

### 3.3. Muestra:

Vehículos que circulan por la Av. Miguel Grau y Av. Gulman durante las 24h diarias de los 7 días de la semana de aforo.

### 3.4. Operacionalización de variables:

Tabla 6:  
*Operacionalización de Variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTOS
Tránsito vial	Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras, caminos, entre otros.	Volumen	Aforo vehicular	
		Tiempos Semafóricos	Duración de ciclos semafóricos	
		Dimensiones de intersecciones	Geometría vial	Ficha técnica de registro de conteo vehicular
		Capacidad	Catastro Análisis de flujo y demanda vehicular	
Propuesta de mejora	Conjunto de proposiciones que se realizan con el fin de acrecentar la funcionalidad de la vía.	Nivel de servicio	HCM 2010	
		Modificación de la geometría de la zona (mini rotonda, turbo rotonda).	Manuales, normas, métodos y estudios anteriores.	Norma DG-2018

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Procedimientos y técnicas:

- Identificar los lugares que servirán de estaciones dentro de la intersección.
- Realizar reconocimiento visual de los parámetros que serán necesarios para ser tomados como datos de entrada.
- Obtener los equipos y materiales para realizar la toma de data.
- Tomar la data en campo.
- Determinar las variables del estudio de tráfico: Volumen, flujo, densidad, velocidad, capacidad y niveles de servicio.
- Procesar los datos en gabinete, mediante hojas de cálculo apoyado en Normativa, bibliografía y métodos normalizados como el HCM 2010, DG 2018, Bibliografía especializada, etc.
- Identificar la problemática hallada en la intersección.
- Analizar qué propuesta de mejora es conveniente a desarrollar en esta intersección.
- Recomendar y explicar el porqué de la propuesta descrita.

Tabla 7:  
*Técnicas e Instrumentos Recolección de datos*

<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>USOS</b>
Conteo Manual	Ficha Técnica de registro	Se aforará durante 7 días, 24 hrs. para determinar volúmenes que circulan por la intersección.
Codificación de giros	Ficha Técnica de registro	Determinar la cantidad de giros hacia derecha o izquierda en la intersección. Para observar la demanda.
Medición geometría Vial	Wincha y/o cinta métrica	Medir dimensiones de calzada, separador central y de aceras.

---

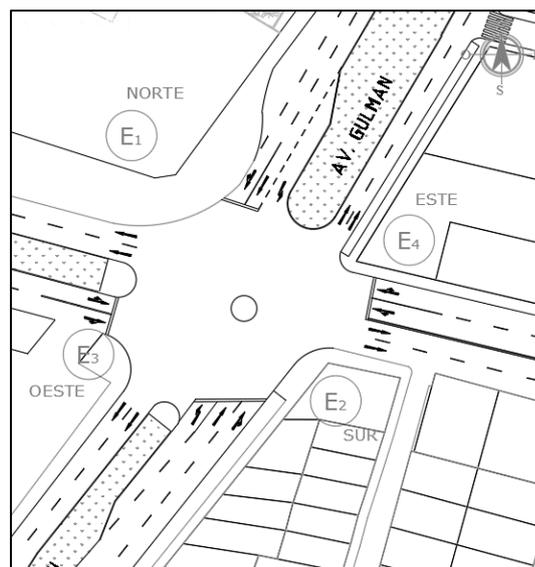
Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Plan de análisis:

Para procesar los datos de Volumen se emplearán los formatos brindados por el MTC, que divide cada tipo de vehículo según el número de ejes y si es particular o privado. A su vez para determinar los giros de cada grupo de vehículos dentro de la intersección se realiza mediante el método de Codificación de Movimientos que se encuentra en la bibliografía de Ingeniería de Tránsito, Conceptos básicos, 2012.

Las variables como flujo, densidad, velocidad y capacidad serán obtenidas con datos y fórmulas que aparecen en las bibliografías especializadas. Para calcular los niveles de servicio es netamente por observación y apoyados en la metodología del Manual del HCM 2010.

Todos estos datos de entrada serán procesados en gabinete mediante hojas de cálculo para que luego los datos obtenidos sean analizados. Y luego mediante el manual del Diseño de Carreteras DG-2018 se pueda determinar el redimensionamiento geométrico vial con el fin de brindar una propuesta de mejora.



*Figura 8:*  
Ubicación de Estaciones

- **Codificación de movimientos:**

Con el fin de obtener una nomenclatura uniforme, en la investigación se tomó en cuenta las nomenclaturas especificadas en el libro de Ingeniería de Transito (Cal, R. y Cárdenas, J., 2017), las cuales se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 8:  
*Nomenclatura clasificada por acceso*

Acceso	Movimiento	Código – Nomenclatura
Norte	Directo	1
	Giro a la Izquierda	5
	Giro a la Derecha	9(1)
	Giro en U	10(1)
Sur	Directo	2
	Giro a la Izquierda	6
	Giro a la Derecha	9(2)
Oeste	Giro en U	10(2)
	Directo	3
	Giro a la Izquierda	7
	Giro a la Derecha	9(3)
Este	Giro en U	10(3)
	Directo	4
	Giro a la Izquierda	8
	Giro a la Derecha	9(4)
	Giro en U	10(4)

Fuente: Cal, R. y Cárdenas, J., 2017.

El aporte de movimientos que se realizó en la investigación y se representó en la leyenda de los planos, se presenta a continuación:

Tabla 9:  
Aporte de movimientos

Nº De Giro	Sentido	Aporte De Movimientos (*)
G <sub>1</sub>	Norte a Sur	9(3) + 10(2) + 1 + 8
G <sub>2</sub>	Sur a Norte	9(4) + 10(1) + 2 + 7
G <sub>3</sub>	Este a Oeste	9(1) + 10(3) + 4 + 6
G <sub>4</sub>	Oeste a Este	9(2) + 10(4) + 5 + 3

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 11 presentada a continuación, se muestra la codificación de movimientos en el plano de ubicación.

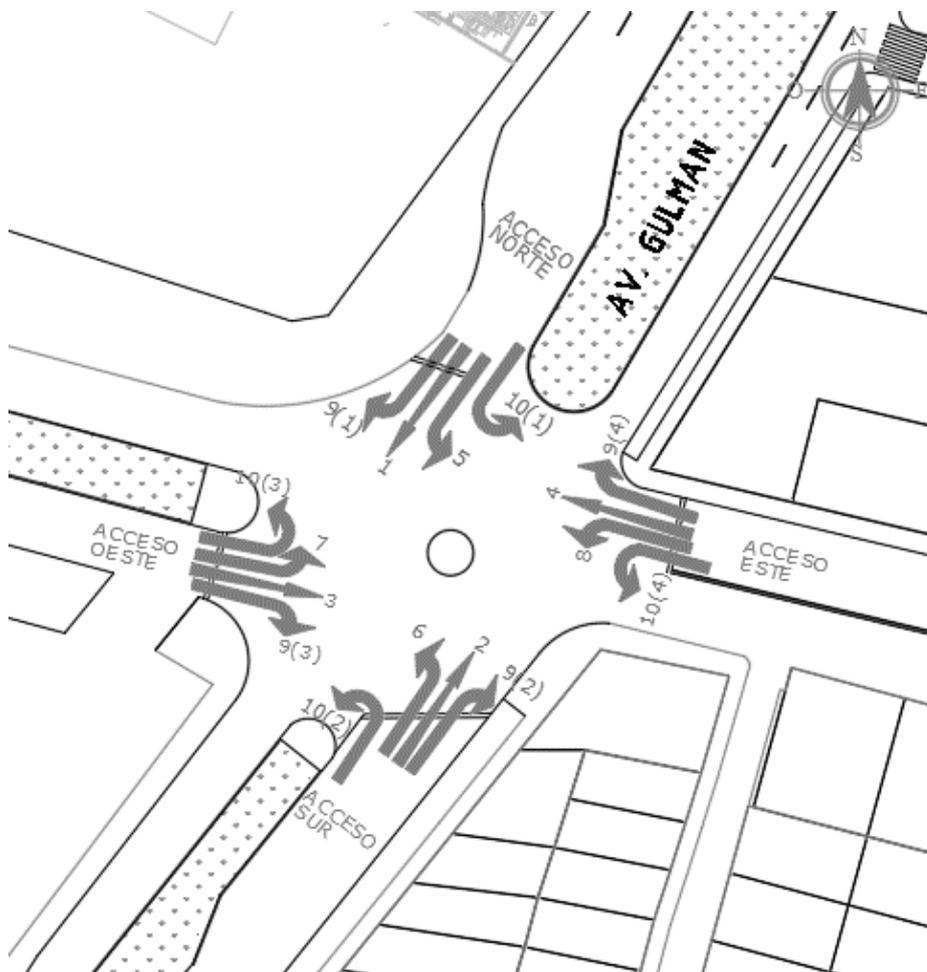
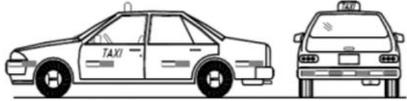
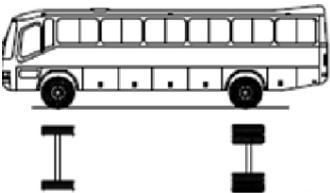
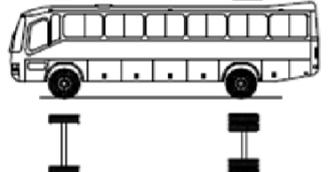
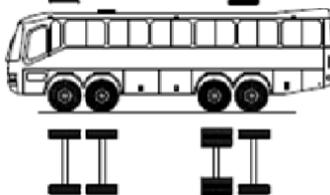
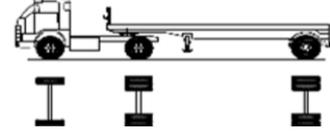
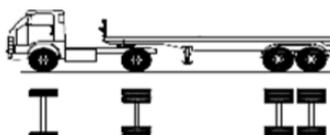
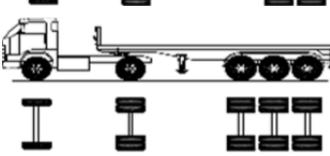


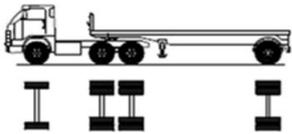
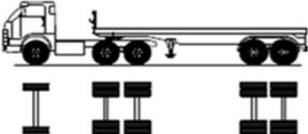
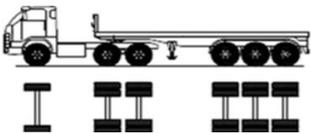
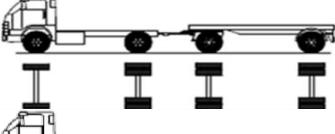
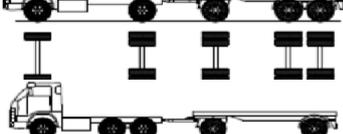
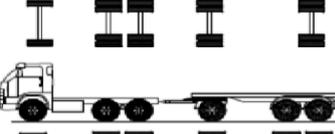
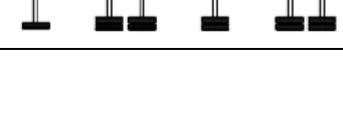
Figura 9:  
Codificación de movimientos

- **Composición vehicular:**

Los vehículos fueron clasificados tal y como se muestra en la siguiente tabla, clasificándolos como vehículos livianos y pesados:

Tabla 10:  
Composición vehicular

TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
VEHÍCULOS DE PASAJEROS	Motos	Motos	
	Moto taxi	Moto taxi	
	Autos o Station Wagon (SW)	Autos o Station Wagon (SW)	
	C.R	Camioneta rural	
	Micro buses	Micro buses	
	B2	Ómnibus de 2 ejes	
	B3	Ómnibus de 3 ejes	
	B4	Ómnibus de 4 ejes	
	C2	Camión de 2 ejes	
	Pick up – Panel	Pick up - Panel	
VEHÍCULOS DE CARGA	C3	Camión de 3 ejes	
	C4	Camión de 4 ejes	
	T2S1	Tracto Camión de 2 Ejes y Semi-remolque de 1 Eje	
	T2S2	Tracto Camión de 2 Ejes y Semi-remolque de 2 Ejes	
	T2S3	Tracto Camión de 2 Ejes y Semi-remolque de 3 Ejes	

T3S1	Tracto Camión de 3 Ejes y Semi-remolque de 1 Eje	
T3S2	Tracto Camión de 3 Ejes y Semi-remolque de 2 Ejes	
$\geq$ T3S3	Tracto Camión de 3 Ejes y Semi-remolque de 3 Ejes a más	
C2R2	Camión de 2 ejes y remolque de 2 ejes	
C2R3	Camión de 2 ejes y remolque de 3 ejes	
C3R2	Camión de 3 ejes y remolque de 2 ejes	
$\geq$ C3R3	Camión de 3 ejes y remolque de 3 ejes a más	

Fuente: Elaboración propia.

## V. RESULTADOS:

### 4.1. Volúmenes vehiculares.

- **Volúmenes vehiculares acceso Norte:**

En la tabla N°11 se puede apreciar el volumen correspondiente para cada día en un conteo manual de 24 horas correspondientes al acceso norte. Se puede apreciar que el día con mayor volumen es el día viernes.

Tabla 11:  
*Variación horaria del volumen de tránsito mixto acceso Norte*

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
00:00 - 1:00	58	56	67	60	49	61	46
1:00 - 2:00	33	33	45	37	30	37	25
2:00 - 3:00	33	31	40	35	28	33	22
3:00 - 4:00	41	47	50	43	36	47	34
4:00 - 5:00	52	54	61	56	49	63	53
5:00 - 6:00	85	90	98	87	79	94	88
6:00 - 7:00	115	121	138	123	117	130	114
7:00 - 8:00	442	600	773	738	712	505	400
8:00 - 9:00	640	576	860	784	780	694	475
9:00 - 10:00	514	578	719	712	797	686	586
10:00 - 11:00	434	695	508	695	802	766	420
11:00 - 12:00	390	882	548	804	994	866	402
12:00 - 13:00	339	842	499	830	955	884	450
13:00 - 14:00	666	724	759	754	757	857	408
14:00 - 15:00	641	615	800	671	636	767	284
15:00 - 16:00	604	615	766	629	628	692	382
16:00 - 17:00	618	723	759	741	794	645	442
17:00 - 18:00	745	756	851	850	789	696	370
18:00 - 19:00	935	932	999	882	1,057	692	449
19:00 - 20:00	539	551	694	607	701	615	350
20:00 - 21:00	475	493	628	539	621	554	314
21:00 - 22:00	348	375	482	414	479	421	232
22:00 - 23:00	223	212	292	225	274	253	155
23:00 - 00:00	142	143	194	151	189	163	90
<b>TOTAL</b>	<b>9,112</b>	<b>10,744</b>	<b>11,630</b>	<b>11,467</b>	<b>12,353</b>	<b>11,221</b>	<b>6,591</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 12 se puede apreciar las variaciones correspondientes para cada día y el predominio del día viernes sobre todo los días en cuanto a volúmenes vehiculares.

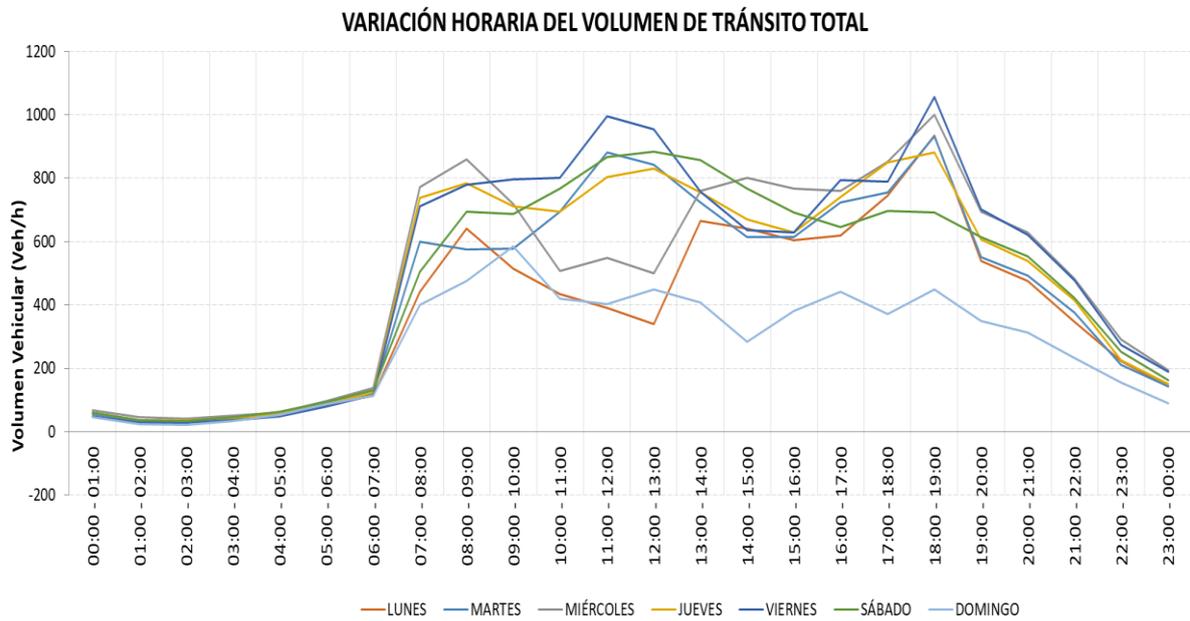


Figura 10:  
*variación horaria del volumen de tránsito total*

La tabla N°12 expresa el volumen de tránsito clasificado por tipo de vehículo para cada día de la semana analizada. Para una mejor apreciación se optó por utilizar un gráfico circular o de anillos el cual se expresa en la figura N°13.

Tabla 12:

*Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.*

TIPOS DE VEHICULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL	PORCENTAJE
Moto	1,378	1,327	1,921	1,757	2,256	1,671	1,019	11,329	15.49%
Moto-taxi	2,902	3,427	3,639	3,730	4,092	3,818	2,115	23,723	32.44%
Auto SW	3,185	4,529	4,469	4,488	4,469	4,086	2,033	27,259	37.28%
Pick up	576	354	398	391	300	524	415	2,958	4.05%
C.R	255	227	316	245	300	331	454	2,128	2.91%
Micro	534	583	503	596	651	528	341	3,736	5.11%
B2	206	155	243	115	128	118	139	1,104	1.51%
B3	55	85	79	80	81	101	57	538	0.74%
C2	21	57	62	65	76	44	18	343	0.47%
<b>TOTAL</b>	<b>9,112</b>	<b>10,744</b>	<b>11,630</b>	<b>11,467</b>	<b>12,353</b>	<b>11,221</b>	<b>6,591</b>	<b>73,118</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

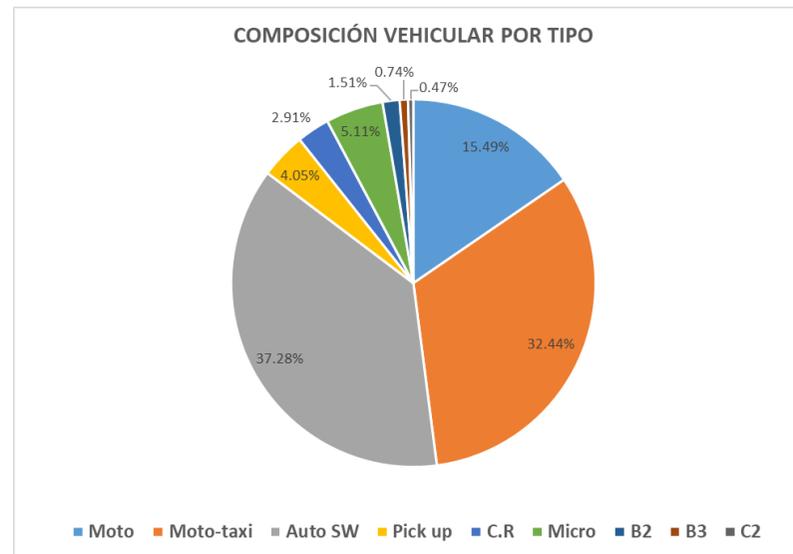


Figura 13:

*Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.*

- **Volúmenes vehiculares acceso Sur.**

En la tabla N°13 se puede apreciar el volumen correspondiente para cada día en un conteo manual de 24 horas correspondientes al acceso sur. Se puede apreciar que el día con mayor volumen es el día domingo.

Tabla 13:

*Variación horaria del volumen de tránsito mixto acceso Sur*

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
00:00 - 1:00	155	144	158	134	127	135	172
1:00 - 2:00	122	110	121	101	92	103	129
2:00 - 3:00	148	140	150	122	110	134	159
3:00 - 4:00	118	112	121	97	91	106	130
4:00 - 5:00	217	209	218	185	189	203	233
5:00 - 6:00	362	339	362	310	319	339	372
6:00 - 7:00	392	381	403	350	360	377	413
7:00 - 8:00	850	724	830	942	1,039	865	609
8:00 - 9:00	964	703	942	877	988	877	725
9:00 - 10:00	764	612	765	807	816	837	823
10:00 - 11:00	656	705	803	598	490	586	806
11:00 - 12:00	642	855	676	438	454	525	809
12:00 - 13:00	659	758	638	493	443	527	637
13:00 - 14:00	654	634	777	553	802	695	814
14:00 - 15:00	751	681	784	488	749	781	839
15:00 - 16:00	745	643	789	448	758	746	647
16:00 - 17:00	691	695	639	752	741	699	776
17:00 - 18:00	746	768	701	717	831	676	905
18:00 - 19:00	745	701	687	716	878	663	1,033
19:00 - 20:00	1,090	1,123	1,154	1,006	1,179	1,075	1,297
20:00 - 21:00	1,342	1,456	1,466	1,300	1,537	1,379	1,690
21:00 - 22:00	775	835	830	728	863	775	954
22:00 - 23:00	319	330	334	268	336	311	373
23:00 - 00:00	244	228	240	186	232	221	272
<b>TOTAL</b>	<b>14,151</b>	<b>13,886</b>	<b>14,588</b>	<b>12,616</b>	<b>14,424</b>	<b>13,635</b>	<b>15,617</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 14 se puede apreciar las variaciones correspondientes para cada día y el predominio del día domingo sobre todo los días en cuanto a volúmenes vehiculares.

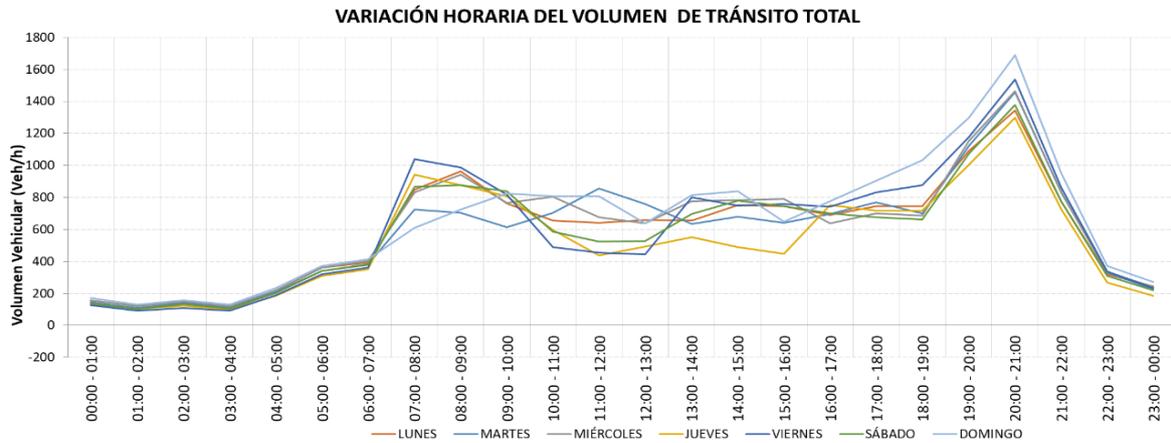


Figura 11:  
*Variación horaria del volumen de tránsito total*

La tabla N°14 expresa el volumen de tránsito clasificado por tipo de vehículo para cada día de la semana analizada. Para una mejor apreciación se optó por utilizar un gráfico circular o de anillos el cual se expresa en la figura N°15.

Tabla 14:

*Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.*

TIPOS DE VEHICULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL	PORCENTAJE
Moto	2,075	2,276	2,260	2,185	2,515	2,045	2,270	15,626	16.06%
Moto-taxi	5,306	5,540	5,730	4,893	4,092	5,229	5,761	36,551	37.57%
Auto SW	4,685	3,897	4,505	3,841	4,329	4,313	5,445	31,015	31.88%
Pick up	675	731	681	507	613	746	896	4,849	4.98%
C.R	431	506	437	349	371	459	512	3,065	3.15%
Micro	626	573	619	521	664	535	531	4,069	4.18%
B2	106	125	130	115	73	109	70	728	0.75%
B3	89	84	55	49	66	90	83	516	0.53%
C2	158	154	171	105	127	109	49	873	0.90%
<b>TOTAL</b>	<b>14,151</b>	<b>13,886</b>	<b>14,588</b>	<b>12,565</b>	<b>12,850</b>	<b>13,635</b>	<b>15,617</b>	<b>97,292</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

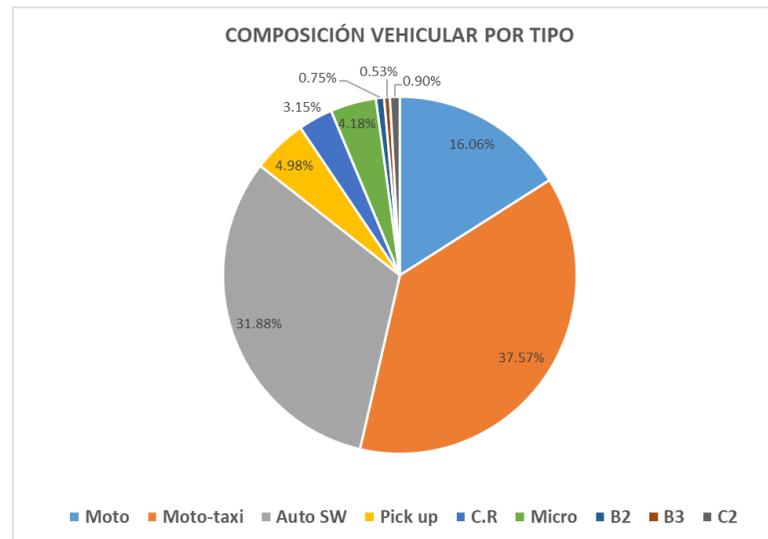


Figura 12:

*Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.*

- **Volúmenes vehiculares acceso Oeste.**

En la tabla N°15 se puede apreciar el volumen correspondiente para cada día en un conteo manual de 24 horas correspondientes al acceso sur. Se puede apreciar que el día con mayor volumen es el día jueves.

Tabla 15:

*Variación horaria del volumen de tránsito mixto acceso oeste*

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
00:00 - 1:00	383	417	400	445	345	262	256
1:00 - 2:00	293	323	300	339	266	201	196
2:00 - 3:00	138	147	142	158	122	98	97
3:00 - 4:00	119	134	128	139	103	94	93
4:00 - 5:00	161	171	169	191	145	131	124
5:00 - 6:00	216	241	242	269	209	198	196
6:00 - 7:00	219	244	238	266	205	177	173
7:00 - 8:00	913	1,155	1,148	707	763	594	297
8:00 - 9:00	1,001	1,042	1,299	881	814	675	369
9:00 - 10:00	859	828	827	841	748	700	458
10:00 - 11:00	971	903	511	887	750	741	519
11:00 - 12:00	782	1,044	488	953	918	777	468
12:00 - 13:00	804	860	368	1,108	858	772	571
13:00 - 14:00	510	810	996	910	916	896	659
14:00 - 15:00	575	768	798	858	874	745	642
15:00 - 16:00	553	728	815	880	925	682	606
16:00 - 17:00	818	870	1,032	1,230	826	292	676
17:00 - 18:00	1,068	979	1,179	1,292	953	209	682
18:00 - 19:00	1,104	989	1,250	1,070	923	297	991
19:00 - 20:00	567	655	637	630	602	464	428
20:00 - 21:00	672	723	693	735	659	472	462
21:00 - 22:00	596	668	675	657	641	494	443
22:00 - 23:00	647	738	726	711	683	501	470
23:00 - 00:00	537	600	604	596	557	419	383
<b>TOTAL</b>	<b>14,506</b>	<b>16,037</b>	<b>15,665</b>	<b>16,753</b>	<b>14,805</b>	<b>10,891</b>	<b>10,259</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 16 se puede apreciar las variaciones correspondientes para cada día y el predominio del día jueves sobre todo los días en cuanto a volúmenes vehiculares.

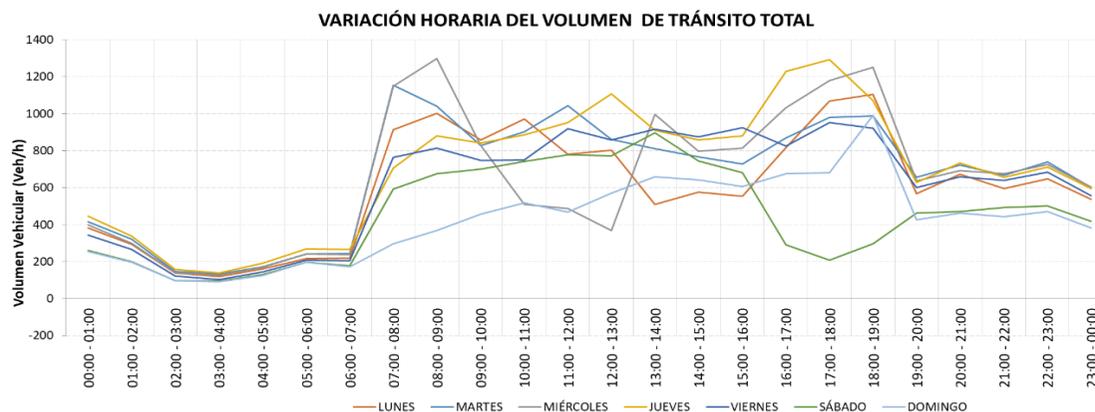


Figura 13:  
*Variación horaria del volumen de tránsito total*

La tabla N°16 expresa el volumen de tránsito clasificado por tipo de vehículo para cada día de la semana analizada. Para una mejor apreciación se optó por utilizar un gráfico circular o de anillos el cual se expresa en la figura N°17.

Tabla 16:  
*Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.*

TIPOS DE VEHICULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL	PORCENTAJE
Moto	2,853	3,554	3,534	3,498	3,004	2,397	1,949	20,789	21.00%
Moto-taxi	3,032	3,203	3,476	3,741	3,482	2,974	2,592	22,500	22.73%
Auto SW	6,839	7,669	7,107	7,744	6,335	4,353	4,583	44,630	45.09%
Pick up	1,035	758	788	973	1,173	499	492	5,718	5.78%
C.R	175	250	217	262	231	172	208	1,515	1.53%
Micro	281	280	242	243	269	211	186	1,712	1.73%
B2	115	68	89	78	119	127	112	708	0.72%
B3	50	66	82	36	69	30	58	391	0.40%
C2	133	200	143	184	136	134	86	1,016	1.03%
<b>TOTAL</b>	<b>14,513</b>	<b>16,048</b>	<b>15,678</b>	<b>16,759</b>	<b>14,818</b>	<b>10,897</b>	<b>10,266</b>	<b>98,979</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

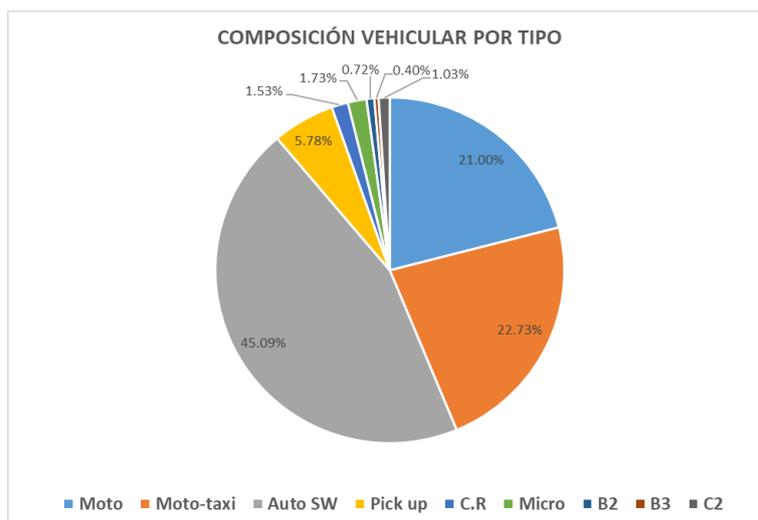


Figura 14:  
Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.

- **Volúmenes vehiculares acceso este.**

En la tabla N°17 se puede apreciar el volumen correspondiente para cada día en un conteo manual de 24 horas correspondientes al acceso sur. Se puede apreciar que el día con mayor volumen es el día miercoles.

Tabla 17:  
Variación horaria del volumen de tránsito mixto acceso Este

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
00:00 - 1:00	653	697	982	773	676	661	359
1:00 - 2:00	414	393	512	429	370	356	186
2:00 - 3:00	301	293	367	335	297	265	143
3:00 - 4:00	298	296	357	331	276	268	130
4:00 - 5:00	199	172	213	192	160	160	87
5:00 - 6:00	199	200	246	227	194	182	103
6:00 - 7:00	478	431	528	469	409	380	206
7:00 - 8:00	1,069	996	1,287	1,230	1,217	675	470
8:00 - 9:00	1,077	994	1,220	1,292	1,248	636	597
9:00 - 10:00	992	932	1,086	1,070	1,015	762	602
10:00 - 11:00	696	763	1,167	1,188	1,049	1,797	340
11:00 - 12:00	766	792	1,175	1,209	1,151	1,166	319
12:00 - 13:00	813	818	1,176	1,090	1,220	1,194	462
13:00 - 14:00	946	1,005	2,088	1,576	1,242	1,071	470
14:00 - 15:00	896	916	1,546	1,479	1,023	980	597
15:00 - 16:00	829	913	1,301	984	970	779	603
16:00 - 17:00	670	1,033	1,209	847	983	797	347
17:00 - 18:00	820	1,219	1,235	872	852	668	358
18:00 - 19:00	1,105	1,360	1,228	1,005	977	461	422
19:00 - 20:00	677	831	1,094	946	887	777	383
20:00 - 21:00	690	907	1,202	1,041	976	848	414
21:00 - 22:00	523	669	909	777	749	639	335
22:00 - 23:00	1,012	1,129	1,588	1,285	1,237	1,085	583
23:00 - 00:00	1,298	1,232	1,726	1,270	1,177	1,150	637
<b>TOTAL</b>	<b>17,421</b>	<b>18,991</b>	<b>25,442</b>	<b>21,917</b>	<b>20,355</b>	<b>17,757</b>	<b>9,153</b>

Fuente: Elaboración propia

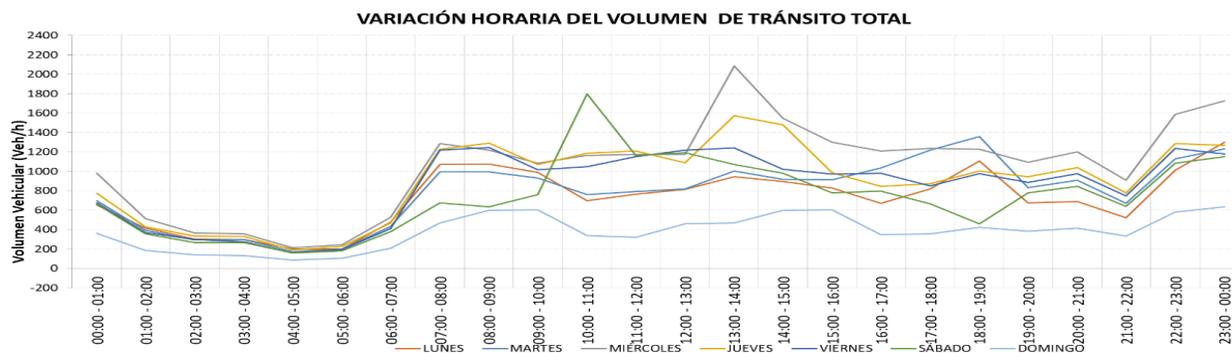


Figura 18:  
Variación horaria del volumen de tránsito total.

La tabla N°18 expresa el volumen de tránsito clasificado por tipo de vehículo para cada día de la semana analizada. Para una mejor apreciación se optó por utilizar un gráfico circular o de anillos el cual se expresa en la figura N°19.

Tabla 18:  
Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.

TIPOS DE VEHICULOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL	PORCENTAJE
Moto	4,035	4,357	6,010	4,557	4,677	3,514	1,959	29,109	22.35%
Moto-taxi	4,592	4,932	6,963	5,496	5,313	5,082	2,911	35,289	27.09%
Auto SW	6,797	7,322	9,836	9,494	8,481	6,447	3,645	52,022	39.94%
Pick up	1,153	1,576	1,769	1,614	1,051	1,335	314	8,812	6.76%
C.R	373	288	448	269	390	240	147	2,155	1.65%
Micro	285	304	275	289	274	233	131	1,791	1.37%
B2	33	19	19	32	30	25	10	168	0.13%
B3	20	16	7	2	11	6	1	63	0.05%
C2	133	177	115	164	128	105	35	857	0.66%
<b>TOTAL</b>	<b>17,421</b>	<b>18,991</b>	<b>25,442</b>	<b>21,917</b>	<b>20,355</b>	<b>16,987</b>	<b>9,153</b>	<b>130,266</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

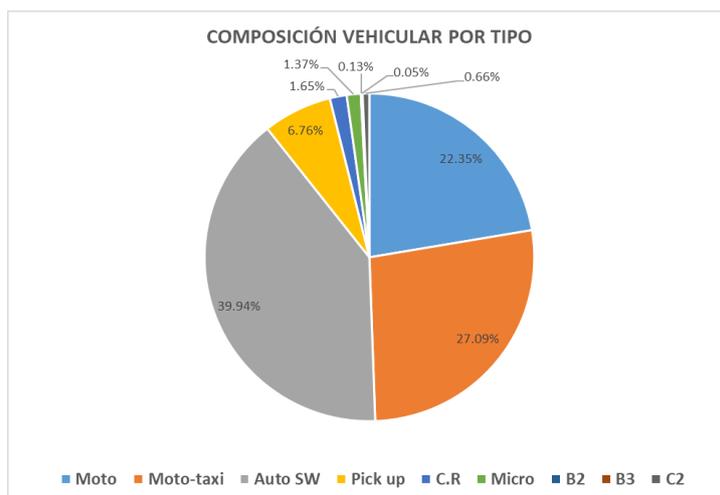


Figura 19:  
Variación diaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo.

#### 4.2. Volumen horario de máxima demanda.

- **Volumen horario de máxima demanda acceso Norte.**

Del acceso norte se analizó toda la semana y se observó que el día viernes presenta un índice superior a los demás en cuanto al valor de Q15, tal y como se muestra en la tabla N° 19 junto a su representación gráfica ubicada en la figura N° 20.

Tabla 19:  
Volumen horario de máxima demanda acceso Norte.

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
VHMD	935	932	999	886	1,057	866	586
Q15MAX	316	288	272	245	302	259	160
FHMD15	0.74	0.81	0.92	0.90	0.88	0.84	0.92
<b>VHMD como Q15=</b>	<b>234</b>	<b>233</b>	<b>250</b>	<b>222</b>	<b>264</b>	<b>217</b>	<b>147</b>

Fuente: Elaboración propia.

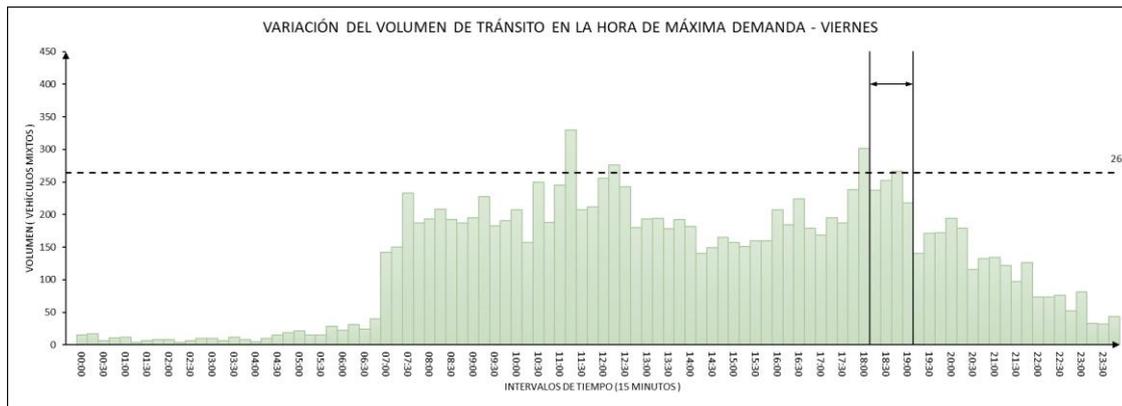


Figura 20:  
Variación de tránsito en la hora de máxima demanda

- **Voumen horario de máxima demanda acceso Sur.**

Del acceso norte se analizó toda la semana y se observó que el día domingo presenta un indice superior a los demas en cuanto al valor de Q15, tal y como se muestra en a tabla N° 20 junto a su representación gráfica ubicada en la figura N° 21.

Tabla 20:  
Volumen horario de máxima demanda acceso Sur.

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
VHMD	1,342	1,456	1,523	1,300	1,571	1,426	1,746
Q15MAX	380	412	413	369	437	392	473
FHMD15	0.88	0.88	0.92	0.88	0.90	0.91	0.92
<b>VHMD como Q15=</b>	<b>336</b>	<b>364</b>	<b>381</b>	<b>325</b>	<b>393</b>	<b>357</b>	<b>437</b>

Fuente: Elaboración propia.

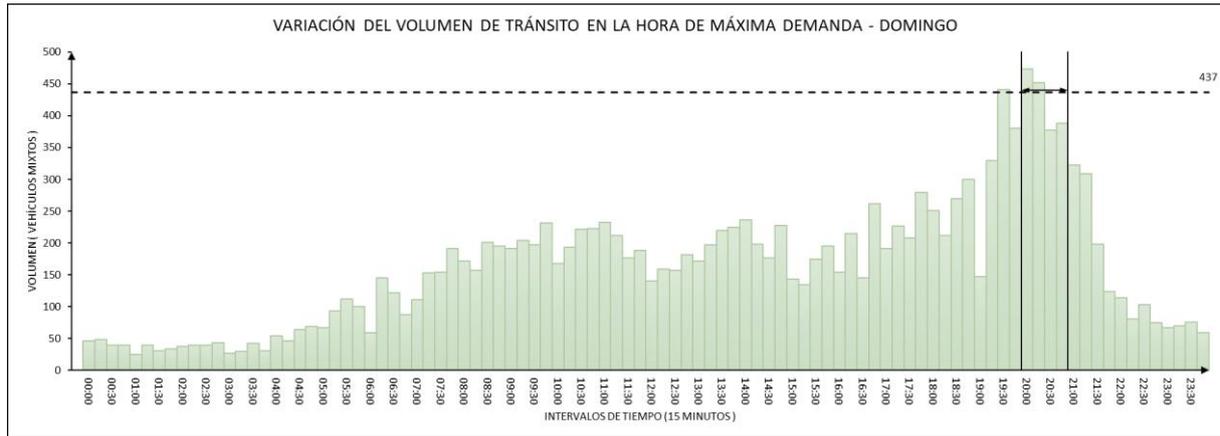


Figura 21:  
Variación de tránsito en la hora de máxima demanda

- **Volumen horario de máxima demanda acceso Oeste.**

Del acceso norte se analizó toda la semana y se observó que el día jueves presenta un índice superior a los demás en cuanto al valor de Q15, tal y como se muestra en a tabla N° 21 junto a su representación gráfica ubicada en la figura N° 22.

Tabla 21:  
Volumen horario de máxima demanda acceso Oeste.

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
VHMD	1,104	1,155	1,353	1,438	958	896	991
Q15MAX	301	302	384	395	267	259	274
FHMD15	0.92	0.96	0.88	0.91	0.90	0.86	0.90
<b>VHMD como Q15=</b>	<b>276</b>	<b>289</b>	<b>338</b>	<b>360</b>	<b>240</b>	<b>224</b>	<b>248</b>

Fuente: Elaboración propia.

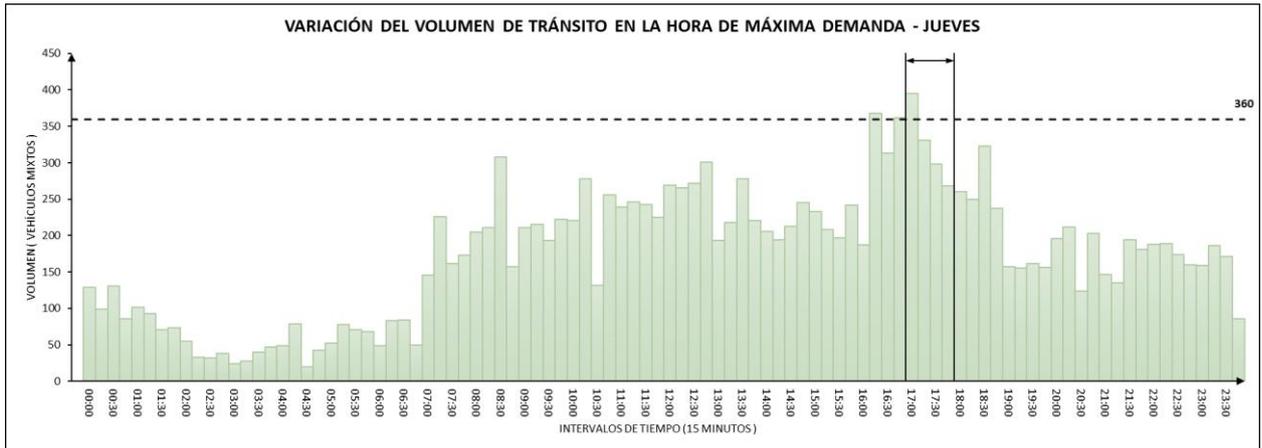


Figura 22:  
Variación de tránsito en la hora de máxima demanda

- **Volumen horario de máxima demanda acceso Este.**

Del acceso norte se analizó toda la semana y se observó que el día miércoles presenta un índice superior a los demás en cuanto al valor de Q15, tal y como se muestra en la tabla N° 22 junto a su representación gráfica ubicada en la figura N° 23.

Tabla 22:  
Volumen horario de máxima demanda acceso Este.

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
VHMD	1,158	1,360	2,129	1,705	1,344	1,166	655
Q15MAX	325	427	578	467	364	330	187
FHMD15	0.89	0.80	0.92	0.91	0.92	0.88	0.88
<b>VHMD como Q15=</b>	<b>290</b>	<b>340</b>	<b>532</b>	<b>426</b>	<b>336</b>	<b>292</b>	<b>164</b>

Fuente: Elaboración propia.

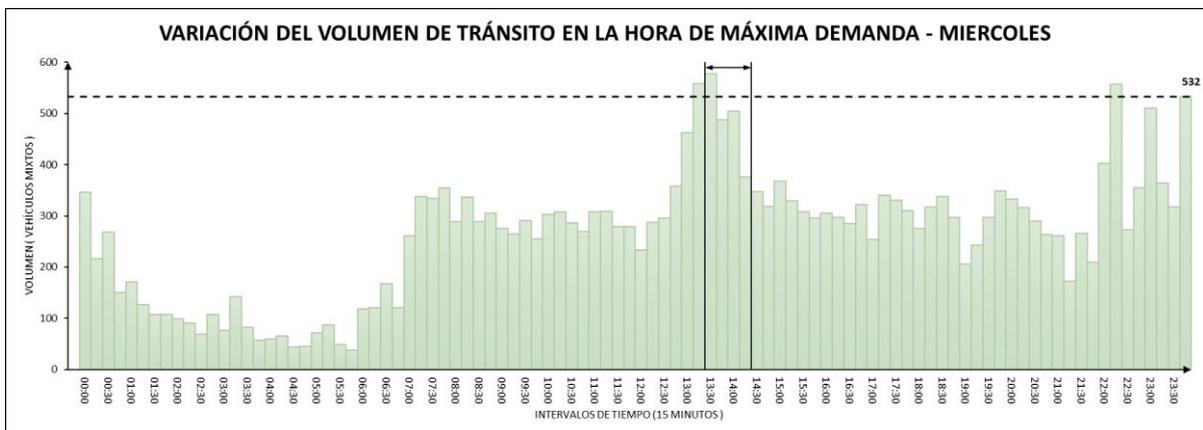


Figura 15:  
Variación de tránsito en la hora de máxima demanda



Tabla 23:  
Variación horaria del volumen de tránsito

HORA	INTERSECCIÓN: AV. GULMAN Y AV. MIGUEL GRAU - PIURA - PIURA								TOTAL EN LA INTERSECCIÓN
	RAMA DE INTERSECCIÓN								
	① ENTRAN	SALEN	② ENTRAN	SALEN	③ ENTRAN	SALEN	④ ENTRAN	SALEN	
00:00 - 01:00	325	67	61	158	795	400	426	982	1,607
01:00 - 02:00	142	45	83	121	420	300	333	512	978
02:00 - 03:00	71	40	82	150	373	142	173	367	699
03:00 - 04:00	86	50	92	121	349	128	129	357	656
04:00 - 05:00	205	61	93	218	205	169	158	213	661
05:00 - 06:00	372	98	133	362	264	242	179	246	948
06:00 - 07:00	435	138	193	403	468	238	211	528	1,307
07:00 - 08:00	761	773	698	830	1,366	1,148	1,213	1,287	4,038
08:00 - 09:00	808	860	709	942	1,410	1,299	1,394	1,220	4,321
09:00 - 10:00	687	719	614	765	1,245	827	851	1,086	3,397
10:00 - 11:00	676	508	463	803	1,266	511	584	1,167	2,989
11:00 - 12:00	575	548	442	676	1,249	488	621	1,175	2,887
12:00 - 13:00	560	499	412	638	1,258	368	451	1,176	2,681
13:00 - 14:00	729	759	716	777	2,247	996	928	2,088	4,620
14:00 - 15:00	675	800	677	784	1,797	798	779	1,546	3,928
15:00 - 16:00	698	766	693	789	1,541	815	739	1,301	3,671
16:00 - 17:00	580	759	538	639	1,461	1,032	1,060	1,209	3,639
17:00 - 18:00	619	851	558	701	1,513	1,179	1,276	1,235	3,966
18:00 - 19:00	654	999	717	687	1,506	1,250	1,287	1,228	4,164
19:00 - 20:00	584	694	394	1,154	1,852	637	749	1,094	3,579
20:00 - 21:00	495	628	301	1,466	2,354	693	839	1,202	3,989
21:00 - 22:00	312	482	325	830	1,531	675	728	909	2,896
22:00 - 23:00	451	292	189	334	1,639	726	661	1,588	2,940
23:00 - 00:00	651	194	171	240	1,321	604	634	1,726	2,777
<b>TOTAL 24 Hr.</b>	<b>12,151</b>	<b>11,630</b>	<b>9,354</b>	<b>14,588</b>	<b>29,430</b>	<b>15,665</b>	<b>16,403</b>	<b>25,442</b>	<b>67,338</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para una mayor comprensión y tomando en cuenta los próximos análisis de la intersección se decidió representar los volúmenes de salida de cada acceso, como se puede observar en la figura N°25.

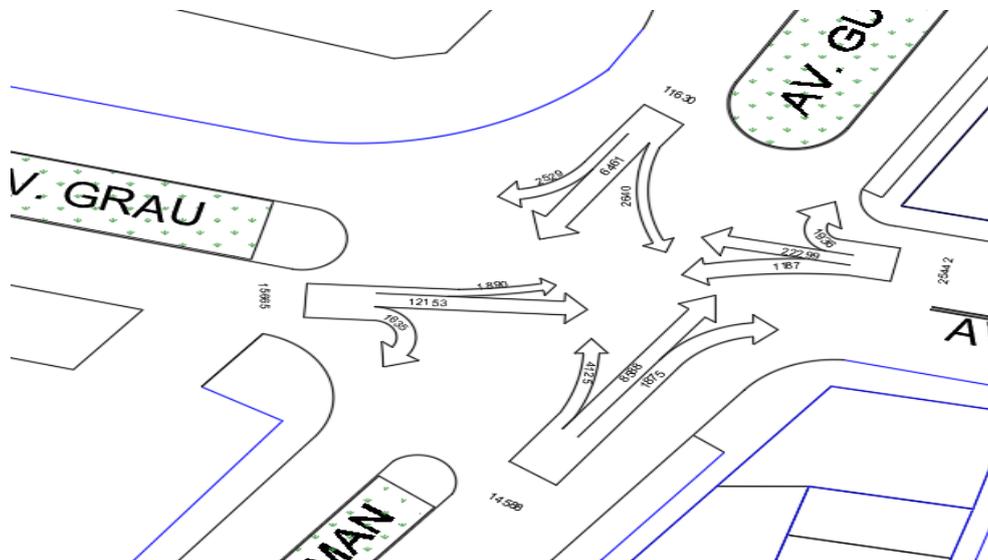


Figura 17:  
Volúmenes de salida en cada acceso.

#### 4.4. Velocidades en las intersecciones.

Como se puede identificar en la tabla N°24 las velocidades de recorrido y de marcha fueron determinados mediante un vehículo de prueba en los tramos analizar teniendo como resultados valores que fluctúan entre 20 km/h y 30 km/h.

Tabla 24:  
Velocidades de recorrido y velocidades de marcha por acceso

		VELOCIDAD RECORRIDO	VELOCIDAD MARCHA
NORTE	V1 (S - N)	21.96 Km/h	23.42 Km/h
	V2 (N - S)	25.10 Km/h	27.03 Km/h
SUR	V3 (N - S)	21.03 Km/h	23.79 Km/h
	V4 (S - N)	24.98 Km/h	27.37 Km/h
ESTE	V5 (E - O)	9.57 Km/h	11.00 Km/h
	V6 (O - E)	11.10 Km/h	13.29 Km/h
OESTE	V7 (O - E)	22.20 Km/h	23.46 Km/h
	V8 (E - O)	16.26 Km/h	17.50 Km/h

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5. Flujo vehicular de las intersecciones.

- **Flujo vehicular del acceso Norte.**

Habiendo identificado el día más crítico de la semana para el acceso norte se identifico el flujo vehicular correspondiente a este día en el acceso. Los resultados se representan en el figura N° 19 y la tabla N° 25.

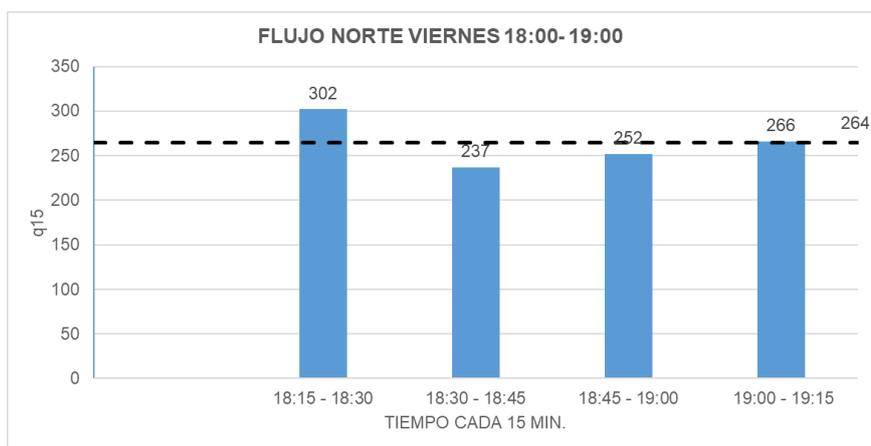


Figura 18:  
*Flujo vehicular acceso norte*

Tabla 25:  
*Flujo vehicular del día crítico en el sentido Norte.*

DIA	TURNO	HORA	q15	q15 max	Qi VHMD (vehículos mixtos / 15min)	Q ≤ q15	Densidad k (veh/km)
VIERNES	NOCHE	18:00 - 18:15	302	302	264	Posible problema de congestión	56
		18:15 - 18:30	237			Flujo normal	
		18:30 - 18:45	252			Flujo normal	
		18:45 - 19:00	266			Posible problema de congestión	

Fuente: Elaboración propia.

- **Flujo vehicular del acceso Sur.**

Habiendo identificado el día más crítico de la semana para el acceso sur se identifico el flujo vehicular correspondiente a este día en el acceso. Los resultados se representan en el figura N° 20 y la tabla N° 26.

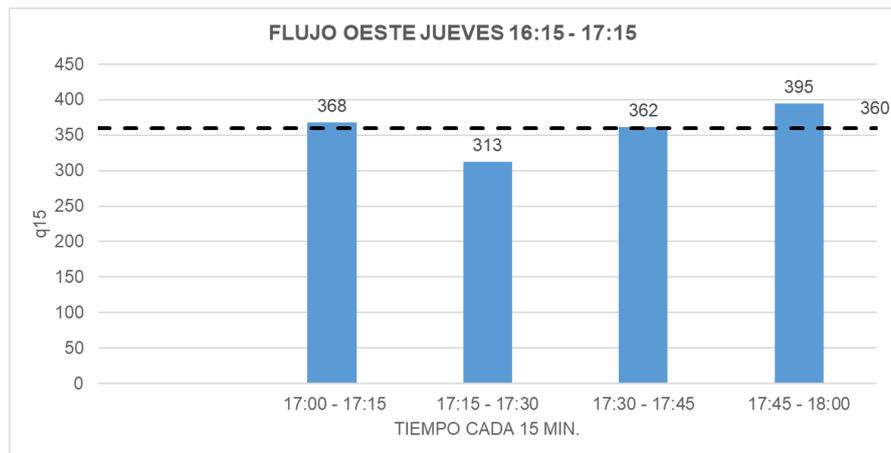


Figura 19:  
*Flujo vehicular acceso Sur.*

Tabla 26:  
*Flujo vehicular del día crítico en el sentido Sur.*

DIA	TURNOS	HORA	q15	q15 max	Qi VHMD (vehículos mixtos / 15min)	Q ≤ q15	Densidad k (veh/km)
DOMINGO	NOCHE	19:30 - 19:45	441			Possible problema de congestionamiento	90
		19:45 - 20:00	380			Flujo normal	
		20:00 - 20:15	473	473	437	Possible problema de congestionamiento	
		20:15 - 20:30	452			Possible problema de congestionamiento	

Fuente: Elaboración propia.

- **Flujo vehicular del acceso Oeste.**

Habiendo identificado el día más crítico de la semana para el acceso oeste se identifico el flujo vehicular correspondiente a este día en el acceso. Los resultados se representan en el figura N° 21 y la tabla N° 27.

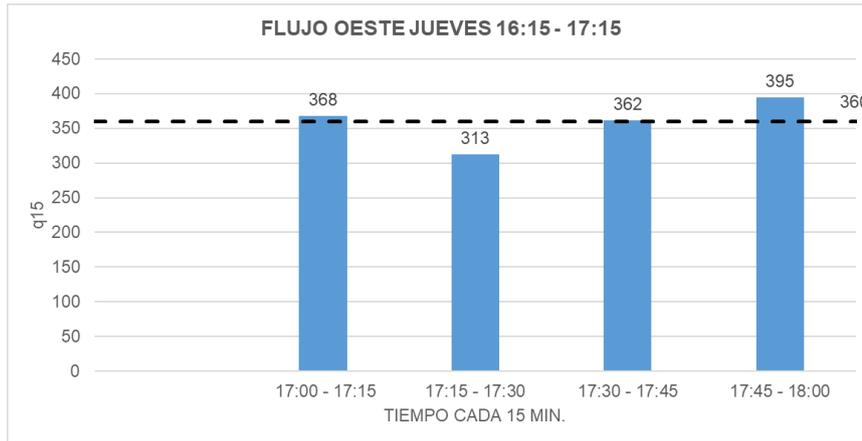


Figura 20:  
Flujo vehicular acceso Oeste

Tabla 27:  
Flujo vehicular del día crítico en el sentido Oeste.

DIA	TURNO	HORA	q15	q15 max	Qi VHMD (vehículos mixtos / 15min)	Q ≤ q15	Densidad k (veh/km)
JUEVES	TARDE	16:15 - 16:30	368	395	360	Posible problema de congestión	98
		16:30 - 16:45	313			Flujo normal	
		16:45 - 17:00	362			Posible problema de congestión	
		17:00 - 17:15	395			Posible problema de congestión	

Fuente: Elaboración propia.

- **Flujo vehicular del acceso Este.**

Habiendo identificado el día más crítico de la semana para el acceso este se identificó el flujo vehicular correspondiente a este día en el acceso. Los resultados se representan en el figura N° 22 y la tabla N° 28.

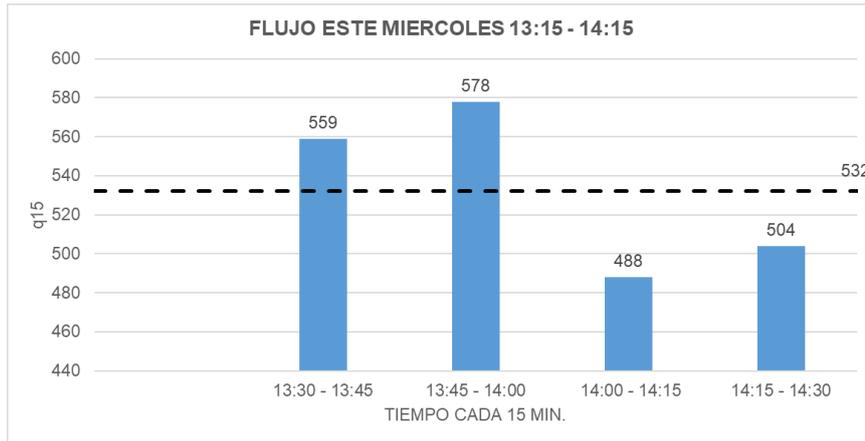


Figura 21:  
*Flujo vehicular acceso Este*

Tabla 28:  
*Flujo vehicular del día crítico en el sentido Este.*

DIA	TURNO	HORA	q15	q15 max	Qi VHMD (vehículos mixtos / 15min)	Q ≤ q15	Densidad k (veh/km)
MIERCOLES	TARDE	13:15 - 13:30	559			Posible problema de congestionamiento	242
		13:30 - 13:45	578	578	532	Posible problema de congestionamiento	
		13:45 - 14:00	488			Flujo normal	
		14:00 - 14:15	504			Flujo normal	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6. SemafORIZACIÓN EN UNA INTERSECCIÓN.

En la figura N°26 se puede visualizar la ubicación de los semáforos los cuales son semáforos tipo poste y ménsula; al igual que los semáforos peatonales.

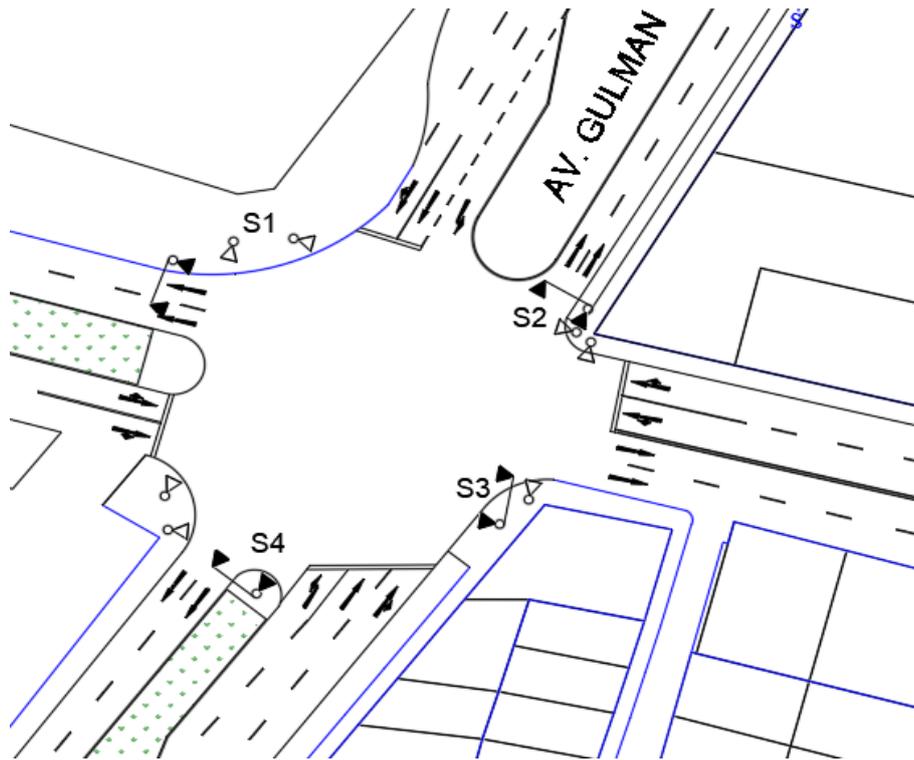


Figura 22:  
Ubicación de semáforos en la intersección

En la tabla N° 29 se detallan cada tiempo de duración de los diferentes colores del semáforo, así como las fases que se dan en la intersección. En la figura N° 27 se puede observar los movimientos de cada fase.

Tabla 29:  
Fases actuales de semáforo

FASE	DESCRIPCIÓN				CICLO
W-E/E-W	PRIMERA FASE	16	3	77	95
S-N	SEGUNDA FASE	72	20	3	95
N-S	TERCERA FASE	40	31	21	95

Fuente: Elaboración propia.

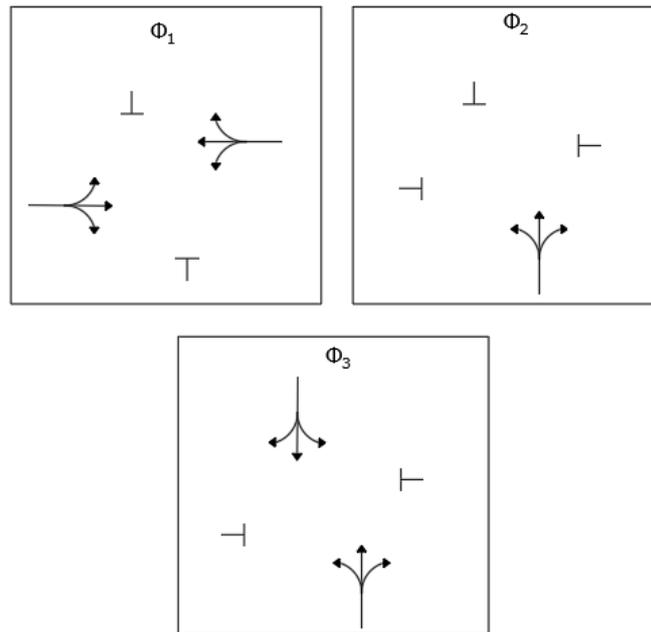


Figura 23:  
Fases actuales de semáforo

- **Intervalo de cambio de fase**

En la tabla N°30 se puede observar los datos obtenidos del intervalo de cambio amarillo y despeje de todo rojo con la velocidad de vehículos de 40 km/h.

Tabla 30:  
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 <sup>2</sup> )	3.05	3.05	3.05	3.05
Ancho de la intersección W	(m)	27.22	27.45	22.6	16.42
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)	3	3	3	2

Fuente: Elaboración propia.

- **Volumenes mixtos horarios de máxima demanda.**

En la tabla N° 31 se tuvo en cuenta el máximo periodo pico horario de máxima demanda el cual es del día miercoles de 13:30 a 14:30.

Tabla 31:

Volumen horario de máxima demanda

Tipo de transporte	CODIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS POR ACCESO											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Oeste			Acceso Este		
	1	9(1)	5	2	9(2)	6	3	9(3)	7	4	9(4)	8
Transporte Privado	307	98	80	268	86	70	492	65	76	1277	35	38
Transporte Público	215	55	31	328	59	60	138	55	57	553	21	17
Transporte Carga	8	2	1	4	1	4	5	2	3	5	-	-
Total	530	155	112	600	146	134	635	122	136	1835	56	55
Volumen mixto por acceso	797			880			893			1946		
FHMD	0.89			0.89			0.93			0.81		
Porcentaje de transporte privado	60.85			48.18			70.88			69.37		
Porcentaje de transporte público	37.77			50.80			28.00			30.37		
Porcentaje de transporte de carga	1.38			1.02			1.12			0.26		

Fuente: Elaboración propia.

- **Carriles y grupo de carriles.**

En la tabla N° 32 se detallan la agrupación de vehículos para los diferentes accesos.

Tabla 32:  
Carriles y grupo de carriles

Datos	ACCESOS														
	Norte				Sur				Oeste				Este		
	1	9(1)	5	2	9(2)	6	3	9(3)	7	4	9(4)	8			
Movimientos por acceso															
Volumen horario mixto	530	155	112	600	146	134	635	122	136	1835	56	55			
Volumen horario mixto por acceso		797			880			893			1946				
# carriles por acceso		3			3			2			2				
	530	155	112	600	146	134	635	122	136	1835	56	55			
Comparación de volúmenes	>	<	<	>	<	<	>	<	<	>	<	<			
	134	321	343	140	367	373	258	771	757	111	1890	1891			
Detalle de compartimiento	NC	C	C	NC	C	C	NC	C	C	NC	C	C			
<b>AGRUPACIÓN</b>	<b>FD</b>	<b>DF</b>	<b>IF</b>	<b>FD</b>	<b>DF</b>	<b>IF</b>	-	<b>DF</b>	<b>IF</b>	-	<b>DF</b>	<b>IF</b>			

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda:

\*NC : No Comparte

\*C : Comparte

• **Ajustes de volúmenes.**

Tabla 33:  
Ajustes de volúmenes

Datos	ACCESOS														
	Norte				Sur				Oeste				Este		
	1	9(1)	5	2	9(2)	6	3	9(3)	7	4	9(4)	8			
Movimientos por acceso															
Volumen por movimiento (vph)	530	155	112	600	146	134	635	122	136	1835	56	55			
FHMD	0.98	0.98	0.98	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.97	0.97	0.97			
Flujo Vp (vph)	541	158	114	674	164	151	713	137	153	1892	58	57			
Movimientos por grupo	FD	DF	IF	FD	DF	IF	-	DF	IF	-	DF	IF			
Flujo por grupo Vgi (vph)	519	429	385	613	501	488	-	494	510	-	1004	1003			
# 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	519	429	385	613	501	488	-	494	510	-	1004	1003			
Proporción de vueltas (PVI,PVD)	0.30	0.37	0.30	0.27	0.33	0.31	-	0.28	0.30	-	0.06	0.06			
<b>VUELTA</b>	-	<b>D</b>	<b>I</b>	-	<b>D</b>	<b>I</b>	-	<b>D</b>	<b>I</b>	-	<b>D</b>	<b>I</b>			

Fuente: Elaboración propia.

- **Flujo de saturación.**

En la tabla N°34 se describen los flujo de saturación en los accesos teniendo así como cada factor influyente en la intersección analizada.

Tabla 34:  
*Flujo de saturación*

Datos	ACCESOS									
	Norte			Sur			Oeste		Este	
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	RT	TH	RT	TH
Movimientos por grupo										
Flujo de saturación ideal (SO)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
# Carriles	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste por ancho de carril (fA)	1.05	0.93	0.93	1.05	1.00	1.02	1.01	1.06	1.07	1.08
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
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
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
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	0.88	0.88
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
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
Factor de ajuste por vueltas a la izquierda (fVI o fLT)	0.98	0.98	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00
Factor de ajuste por vueltas a la derecha (fRT o fRT)	0.98	0.98	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00
<b>Flujo de saturación ajustado (Si)</b>	<b>1645</b>	<b>1449</b>	<b>1460</b>	<b>1553</b>	<b>1470</b>	<b>1497</b>	<b>1659</b>	<b>1734</b>	<b>1783</b>	<b>1789</b>
<b>Flujo de saturación en el acceso</b>		<b>4554</b>			<b>4520</b>		<b>3393</b>		<b>3572</b>	

Fuente: Elaboración propia.

- **Vehículos equivalentes.**

Tabla 35:  
*Vehículos equivalentes*

DATOS	ACCESOS											
	Acceso Norte			Acceso Sur			Acceso Oeste			Acceso Este		
Fhv	0.84			0.79			0.87			0.87		
Flujo equivalente	qD	qvd	qVI	qD	qvd	qVI	qD	qvd	qVI	qD	qvd	qVI
Flujos equivalentes ADE/h	647	189	137	849	207	190	817	157	175	2181	67	65
Flujo máximo equivalente	647			849			817			2181		
Número de carriles	3			3			2			2		
Flujo de saturación por carril	4554			4520			3393			2541		

Fuente: Elaboración propia.

- **Relación de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril.**

Tabla 36:  
*Relación flujo actual (q) a flujo de saturación (s)*

	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>
Y	0.14	0.19	0.24	0.86

Fuente: Elaboración propia.

- **Tiempo perdido para las fases.**

Teniendo en cuenta que el número de fases propuesto será 3 y los intervalos de amarillo y todo rojo tendrán una duración de 3 segundos tal y como se describe en la tabla N° 37 se obtiene un tiempo total perdido para tres fases de 18 segundos.

Tabla 37:  
*Tiempo perdido para 3 fases*

Dato	Tiempo (s)
Numero de fases propuestas	3
Intervalo de cambio amarillo A	3
Intervalo de despeje todo rojo TR	3
<b>Tiempo total perdido para 3 fases L</b>	<b>18</b>

Fuente: Elaboración propia.

- **Longitud de ciclo óptimo.**

La tabla N° 38 muestra la longitud de ciclo optimo de 74.54 segundos sin embargo en campo debemos trabajar con un dato aproximado a la decena por lo cual se tomo un ciclo redondeado de 80 segundos.

Tabla 38:  
*Longitud de ciclo óptimo*

Datos	
Sumatoria de $Y_i$	0.57
Longitud de ciclo óptimo (s)	75.23
<b>Ciclo redondeado al superior (s)</b>	<b>80</b>

Fuente: Elaboración propia.

- **Tiempo de verde efectivo total.**

Empleando la formula para determinar el tiempo de verde efectivo, se obtuvieron 62 segundos.

- **Reparto de tiempo verde efectivo.**

Tabla 39:  
*Reparto de tiempo verde efectivo*

$g_i$	(s)
$g_1$ (s)	17
$g_2$ (s)	20
$g_3$ (s)	25

Fuente: Elaboración propia.

- **Reparto de tiempo verde reales.**

Tabla 40:  
*Reparto de tiempo verde reales.*

$G_i$	(s)
$G_1$ (s)	17
$G_2$ (s)	20
$G_3$ (s)	25

Fuente: Elaboración propia.

- **Nuevos ciclos semafóricos.**

Como se muestra en la figura N° 28, cada una de las 3 fases se calculo para un ciclo total de 80 segundos. Se puede apreciar el reparto de cada fase en un diagrama de intervalo vs. fase.

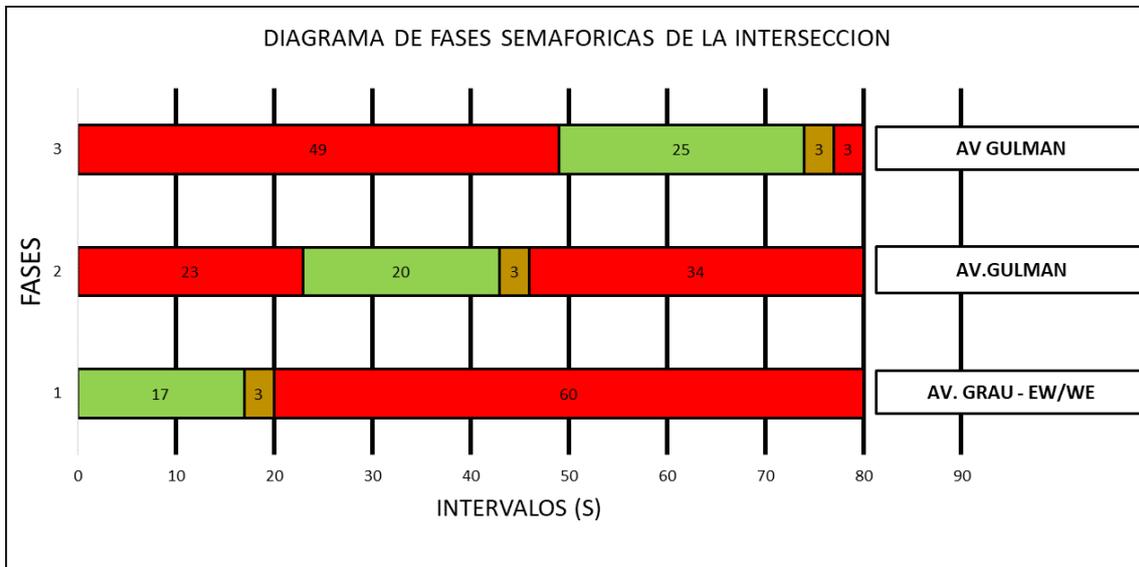


Figura 24:  
*Diagrama de fases semafóricas de la intersección.*

#### 4.7. Capacidad vial.

- **Grupo de carril crítico.**

Como se observa en la tabla N°41 el grupo de saturación en la intersección es de 1.86.

Tabla 41:  
*Grupo de carril crítico*

Datos	ACCESOS										Grupo de saturación en la intersección
	Norte			Sur			Oeste		Este		
	RT	TH	LT	RT	TH	LT	RT	LT	RT	LT	
Movimientos por grupo											
Flujo ajustado $V_i$	519	429	385	613	501	488	494	510	1004	1003	
Flujo de saturación ajustado ( $S_i$ )	1645	1449	1460	1553	1470	1497	1659	1734	1783	1789	
Relación de flujo ( $v/s_i$ )	0.32	0.30	0.26	0.40	0.34	0.33	0.30	0.29	0.56	0.56	<b>1.86</b>
Relación de verde	0.33	0.33	0.33	0.25	0.25	0.25	0.19	0.19	0.19	0.19	
Capacidad del grupo de carriles ( $C_i$ )	535	471	474	388	368	374	311	325	334	335	
Relación ( $v/c_i$ ) : $X_i$	0.97	0.91	0.81	1.58	1.36	1.30	1.59	1.57	3.00	2.99	
<b>Grupo de carril crítico</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>CRÍTICO</b>	<b>CRÍTICO</b>	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.8. Nivel de servicio.

El nivel de servicio de toda la intersección es de nivel F, como se puede observar en la tabla N°42.

Tabla 42:

*Nivel de servicio de la intersección*

Datos	ACCESOS									
	Norte			Sur		Oeste			Este	
Movimientos por grupo	I	F	D	I	F	D	DF	IF	0	0
Relación (v/c <sub>i</sub> ) - X <sub>i</sub>	0.97	0.91	0.81	1.58	1.36	1.30	1.59	1.57	3.00	2.99
Relación de verde	0.33	0.33	0.33	0.25	0.25	0.25	0.19	0.19	0.19	0.19
Longitud de ciclo (m)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Demora uniforme d <sub>1i</sub> (S/VEH)	26.62	25.88	24.75	37.20	34.13	33.37	37.59	37.40	60.40	60.08
Capacidad de grupo por carril C <sub>i</sub> (Vph)	535	471	474	388	368	374	311	325	334	335
Demora incrementada L d <sub>2i</sub> (S/VEH)	14.75	10.80	6.11	135.82	89.00	76.05	138.53	133.91	453.85	451.00
Demora por cola inicial d <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demora media por control de grupo	41.37	36.67	30.85	173.02	123.14	109.41	176.12	171.30	514.25	511.07
Factor de progresión FP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Demora del grupo de carriles d <sub>4a</sub> (S/veh)	41.37	36.67	30.85	86.51	61.57	54.71	88.06	85.65	85.71	85.18
Nivel de servicio del grupo de carriles	E	D	D	F	F	E	F	F	F	F
Demora en el acceso D <sub>a</sub> (S/veh)		36.82		69.03			86.84		85.44	
NIVEL DE SERVICIO EN EL ACCESO		D		F			F		F	
<b>NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN</b>							<b>F</b>			

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.9. Propuestas de Mejora:

Existen diversos métodos para mejorar el congestionamiento en la intersección dentro de los cuales tenemos:

a) Intersecciones a desnivel

El MTC en su libro de diseño geométrico de carreteras (2018) especifica que esta solución permite incrementar el nivel de servicio de la intersección con la finalidad de que los vehículos que transiten dentro de la zona puedan realizar todas las maniobras sin ejercer ningún conflicto entre vehículos.

Tabla 43:  
*Criterio general de diseño según capacidad por carril*

Tipo de vía	Ancho de carril (m)	Capacidad por carril (veh/hora)
Vía principal	3.60	1500
Vía secundaria	3.30	1350
Vía de enlace		1200
<b>Carril de deceleración</b>		<b>1200</b>

Fuente: MTC DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS DG-2018

Como se puede observar en la tabla N°43 se expresan los criterios que debe cumplir la intersección según cada tipo de vía por lo cual se observa que en el caso analizado las vías principales de la Av. Gulman y la Av. Grau no tienen un ancho de carril de 3.60 metros al igual que su capacidad vial está por encima de lo recomendado. Por lo que no sería una solución factible el aplicar esta solución.

b) Señalización.

De acuerdo a lo descrito por el MTC en el inciso 502.04 del libro de diseño geométrico de carreteras se especifica que todas las vías deben contar con señalizaciones del tipo informativo, preventivo y restrictivo. En la intersección analizada en la presente tesis se observaron falta de señalizaciones.

c) Rotondas o intersecciones rotatorias.

Otra posible solución sería la colocación de una rotonda, pero debido a que los criterios geométricos que estipula el MTC en su libro de diseño geométrico de carreteras 2018 describen que la rotonda debe contar con los siguientes criterios descritos en la tabla N° 44.

Tabla 44.  
*Criterios de diseño de rotondas*

Descripción	Unidad	Magnitud
Diámetro mínimo de la isla central	m	25
Diámetro mínimo del círculo inscrito	m	50
Relación W/L		Entre 0.25 y 0.40
Ancho de sección de encruzamiento (W)	m	30
Entrada		
Salida		
Ángulo ideal de entrada		60°
Ángulo ideal de salida		30°

---

Fuente: MTC diseño geométrico de carreteras DG 2018

Con lo descrito en la tabla N° 44 se puede observar que sería incongruente generar una solución mediante un diseño de rotonda puesto que la geometría de la intersección no contiene las magnitudes mínimas requeridas para diseñar este tipo de solución.

d) Modelamiento en programa Synchro v8

Con la finalidad de optimizar el estado actual de la intersección se procedió a realizar el modelamiento en el programa Synchro, en dicho programa se procedió a suspender el acceso del vehículo de transporte moto taxi, obtener una longitud

de ciclo optimizada y obtener nuevos tiempos semafóricos. Dichos resultados se pueden visualizar en las figuras N°26 y N°27.

NODE SETTINGS	
Node #	
Zone:	
X East (m):	599.1
Y North (m):	-65.3
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Actd-Coord
Cycle Length (s):	80.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	80.0
Natural Cycle(s):	100.0
Max v/c Ratio:	2.13
Intersection Delay (s):	311.0
Intersection LOS:	F
ICU:	1.02
ICU LOS:	G
Offset (s):	0.0
Referenced to:	Begin of Green
Reference Phase:	2 - NBTL
Master Intersection:	<input checked="" type="checkbox"/>
Yield Point:	Single
Mandatory Stop On Yellow:	<input type="checkbox"/>

Figura 25:  
*Longitud de ciclo optimizada*

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS																																							
		EBL			EBT			EBR			WBL			WBT			WBR			NBL			NBT			NBR			SBL			SBT			SBR			FED		HOLD	
Node #	3	Lanes and Shaping (HPL)																																							
Zone		Traffic Volume (vph)																																							
X East (m)	599.1	74			517			81			39			732			38			91			345			78			81			384			103						
Y North (m)	-65.3	Turn Type																																							
Z Elevation (m)	0.0	Protected Phases																																							
Description		4			4			---			8			---			2			2			---			6			6			---		---							
Control Type	Actd-Coord	Detector Phases																																							
Cycle Length (s)	80.0	4			4			8			8			---			2			2			---			6			6			---		---							
Lock Timings	<input type="checkbox"/>	Switch Phase																																							
Optimize Cycle Length	Optimize	0			0			0			0			0			0			0			---			0			0			---		---							
Optimize Splits	Optimize	Leading Detector (m)																																							
Actuated Cycle(s)	80.0	---			10.0			---			10.0			---			2.0			10.0			---			2.0			10.0			---		---							
Natural Cycle(s)	100.0	Trailing Detector (m)																																							
Max v/c Ratio	2.13	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		0.0							
Intersection Delay (s)	311.0	Minimum Initial (s)																																							
Intersection LOS	F	16.0			16.0			16.0			16.0			30.0			30.0			16.0			16.0			22.0		22.0		---		---									
CU	1.02	Minimum Split (s)																																							
CU LOS	G	22.0			22.0			22.0			22.0			36.0			36.0			22.0			22.0			---		---		---		---									
Offset (s)	0.0	Total Split (s)																																							
Referenced to	Begin of Green	22.0			22.0			22.0			22.0			36.0			36.0			22.0			22.0			---		---		---		---									
Reference Phase	2 - NBTL	3.0			3.0			3.0			3.0			3.0			3.0			3.0			3.0			3.0		3.0		---		---									
Master Intersection	<input checked="" type="checkbox"/>	Yellow Time (s)																																							
Yield Point	Single	3.0			3.0			3.0			3.0			3.0			3.0			3.0			3.0			3.0		3.0		---		---									
		All-Red Time (s)																																							
		---			0.0			---			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		0.0		---		---									
		Lost Time Adjust (s)																																							
		---			0.0			---			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		0.0		---		---									
		Lagging Phase?																																							
		Allow Lead/Lag Optimize?																																							
		Recall Mode																																							
		Max			Max			---			Max			Max			C-Max			C-Max			---			Max			Max		---										
		Actuated Effct. Green (s)																																							
		16.0			16.0			16.0			16.0			30.0			30.0			16.0			16.0			16.0		16.0		---		---									
		Actuated g/C Ratio																																							
		0.20			0.20			0.20			0.20			0.38			0.38			0.20			0.20			0.20		0.20		---		---									
		Volume to Capacity Ratio																																							
		2.13			---			2.01			---			0.16			0.34			0.24			0.74			---		---		---		---									
		Control Delay (s)																																							
		538.5			---			485.3			---			17.4			18.8			28.0			37.8			---		---		---		---									
		Queue Delay (s)																																							
		0.0			---			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		0.0		---		---									

Figura 26:  
Nuevos ciclos semafóricos

Después de haber realizado el modelado y colocado los diferentes parámetros se obtuvieron los siguientes niveles de servicio para la intersección mostrados en la figura N° 28.



Figura 27:  
Niveles de servicio con mejora en la intersección

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Para la recolección de la data en campo se optó por emplear el método de los conteos manuales, un periodo de conteo diario de 24 horas durante 7 días continuos correspondientes entre las fechas 3/09/2018 – 09/09/18 en la zona de estudio.
- Según los datos obtenidos de la variación horaria de volumen vehicular mixto por accesos referidos en las tablas N°11, 13, 15 y 17 de la presente investigación, se tiene que los valores máximos de volúmenes vehiculares mixtos es el día miércoles con un volumen diario de 25,442 veh/día.
- En relación al punto anterior, se optó por seleccionar como día representativo, para el análisis en la intersección, al día miércoles para cada acceso, considerando que es el día con máximo volumen vehicular.
- Se obtuvieron VHMD por día y acceso, según lo indicado en las tablas N° 19, 20, 21 y 22; siendo del acceso Norte el día Viernes con mayor volumen y un VHMD de 973 veh/h y un  $Q_{15}$  máx de 266, siendo del acceso Sur el día Domingo con mayor volumen y un VHMD de 1690 veh/h y un  $Q_{15}$  máx de 473; siendo del acceso Oeste el día Jueves con mayor volumen y un VHMD de 1292 veh/h y un  $Q_{15}$  máx de 395; siendo del acceso Este el día Miércoles con mayor volumen y un VHMD de 1726 veh/h y un  $Q_{15}$  máx de 533 de acuerdo a la metodología proporcionada por el HCM 2010.
- De acuerdo a la tabla N°23; variación horaria de tránsito, se obtuvo un volumen de entrada total de 67338 veh/día para toda la intersección lo cual se puede visualizar gráficamente en la figura N°24 volúmenes de transito direccionales y figura N°25 volúmenes de salida para cada acceso.
- Se obtuvieron de los diferentes accesos las siguientes composiciones vehiculares:
  - Para el acceso Norte un 32.44% de mototaxis, 37.28% autos, 15.49% motos y un 14.79% otros vehículos, tal como se muestra en la tabla N° 12 y la figura N° 13.
  - Para el acceso Sur un 37.57% de mototaxis, 31.88% autos, 16.06% motos y un 14.49% otros vehículos, tal como se muestra en la tabla N° 14 y la figura N° 15.

- Para el acceso Oeste un 22.73% de mototaxis, 45.09% autos, 21.00% motos y un 11.18% otros vehículos, tal como se muestra en la tabla N° 16 y la figura N° 17.
  - Para el acceso Este un 27.09% de mototaxis, 39.94% autos, 22.35% motos y un 10.62% otros vehículos, tal como se muestra en la tabla N° 18 y la figura N° 19.
- Para el análisis del flujo vehicular, se aplicaron los lineamientos planteados en el HCM 2010, obteniéndose para el acceso Norte resultados de VHMD como Q15 de 264 veh. mixtos/15min y una densidad de 56 veh/km según la tabla N°25 y figura N°19; para el acceso Sur resultados de VHMD como Q15 de 437 veh. mixtos/15min y una densidad de 90 veh/km según la tabla N°26 y figura N°20; para el acceso Oeste resultados de VHMD como Q15 de 360veh. mixtos/15min y una densidad de 98 veh/km según la tabla N°27 y figura N°21; para el acceso Este resultados de VHMD como Q15 de 532 veh. mixtos/15min y una densidad de 242 veh/km según la tabla N°28 y figura N°22.
  - Se obtuvieron factores hora de máxima demanda (FHP) por día y accesos, obteniéndose rangos en el acceso Norte entre 0.74 y 0.91; en el acceso Sur entre 0.88 y 0.90; en el acceso Oeste entre 0.80 y 0.96; en el acceso Este entre 0.80 y 0.89. Según lo detallado en las tablas N° 19, 20,21 y 22 de la presente investigación.
  - Para la determinación de la velocidad se ha empleado el método del vehículo en movimiento o vehículo frotante, metodología que permite proporcionar datos de tiempos de recorrido, volúmenes y densidades en vías urbanas y sub urbanas. En tal sentido se obtuvieron las velocidades de recorrido y de marcha por acceso según lo estipulado en la tabla N° 24 de la presente investigación.
  - En relación a los datos obtenidos referente a volúmenes, flujos, velocidades y geometría en la intersección, para la determinación de la capacidad y niveles de servicio en las patas de la intersección semaforizada se aplicó la metodología propuesta por el HCM 2010 obteniéndose resultados por acceso según la tabla N° 45 adjunta.

Tabla 45:  
Cuadro resumen de resultados capacidad y niveles de servicio.

Datos	ACCESOS									
	Norte			Sur			Oeste		Este	
	RT	TH	LT	RT	TH	LT	RT	LT	RT	LT
Movimientos por grupo										
Flujo de saturación ajustado (Si)	1644.53	1449.35	1459.65	1552.64	1470.23	1497.39	1659.30	1733.89	1783.11	1788.82
Capacidad del grupo de carriles $C_i$	535	471	474	388	368	374	311	325	334	335
Relación (v/ci): $X_i$	0.97	0.91	0.81	1.58	1.36	1.30	1.59	1.57	3.00	2.99
NIVEL DE SERVICIO EN EL ACCESO		D			F			F		F

Fuente: Elaboración propia.

- En relación a la distribución de los tiempos semafórico, para la determinación se empleó la metodología propuesta por National Institute for Advanced Transportation Technology - NIATT; donde se obtuvieron los siguientes resultados, una longitud de ciclo en la intersección de  $C_o = 80$  s; un tiempo verde efectivo total e la intersección  $g_t = 62$ s y 3 fases para los cuatro semáforos existentes, resultados evidenciados en la figura N° 25. Con los nuevos tiempos calculados se logran una proporción de tiempo verde disponible  $g_i/c$  para la primera fase del 22%, segunda fase del 25% y tercera fase del 32%; optimizándose los tiempos de circulación verde efectivo con respecto a los tiempos semafóricos actuales.

## VII. CONCLUSIONES.

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que las variaciones del volumen vehicular durante los diferentes días de la semana presentan la misma tendencia de comportamiento dentro de las horas de máxima demanda entre los intervalos horarios de 7:00 a.m. a 21:00 p.m. para cada acceso.
- En relación a la demanda vehicular, el acceso Este presenta en el día más desfavorable un volumen máximo de 25442 veh. mixtos/día, valor que representa un incremento del 52% con respecto al volumen máximo del acceso Oeste correspondiente a la avenida Miguel Grau.
- Se concluye que para la avenida Gulman las moto taxis representan la tercera parte de la composición vehicular y para la avenida Miguel Grau estas representan

aproximadamente la cuarta parte con respecto a los otros tipos de vehículos. Esto se traduce en razón a sus dimensiones y velocidades de recorrido máximos en la generación de congestiónamiento con respecto a la geometría de los accesos.

- En relación a los flujos vehiculares y considerando los resultados obtenidos en las tablas y gráficos correspondientes, se concluye que el FHP para el acceso Norte y Sur de la Av. Gulman es de 0.91 y 0.90 respectivamente, indicando que la frecuencia de paso de los vehículos (flujos máximos) sea casi uniforme durante toda la hora, lo que genera posibles problemas de congestiónamiento; esto se contrasta con los resultados de la densidad “k” ya que se tiene un valor máximo de 90 veh/km lo que indica la saturación del acceso. En caso del acceso Oeste un FHP de 0.96 valor que indica una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora y en relación a la densidad K un valor 90 veh/km indicadores de los problemas de tránsito. Referente al acceso Este, dada su geometría presenta una especial particularidad en sus resultados ya que el VHMD como  $q_{15}$  incrementa un 48% en magnitud a su acceso opuesto en la Av. Miguel Grau, valor que se contrasta con la k de 242 veh/km lo que ya indica que la vía presenta problemas sobre saturación; referente al FHP de 0.81 representa que existe una distribución casi uniforme de flujos máximos.
- Se concluye, que en los accesos de la Av. Gulman las velocidades de recorrido oscilan entre el rango de 10.40 y 25.10 km/h valores que representan un bajo desplazamiento y aumento en la densidad lo que está generando que la demanda de la vía se aproxime a su capacidad. El caso más desfavorable se está dando en el acceso Este donde las velocidades de recorrido oscilan entre el rango de 10.40 y 11.10 km/h, una reducción del 50% con respecto a la avenida Gulman; lo que concluye que a menor velocidad aumenta la densidad experimentando demoras lo que genera congestiónamiento; para el caso específico una sobresaturación.
- Referente a la capacidad vial la relación intensidad/capacidad ( $v/C_i$ ) es superior a uno, concluyendo que en los accesos se encuentran en un régimen saturado, es decir hay más vehículos demandando la vía que lo que esta puede atender.
- Referente al nivel de servicio se concluye que la intersección presenta un nivel de servicio del tipo “F”, valor cualitativo que representa, que en los accesos de esta la

calidad de servicio proporcionado por la infraestructura se encuentre en condiciones críticas de circulación sobre todo en horas punta.

- En relación a la distribución de tiempos semafóricos, se concluye que la proporción de tiempo verde efectivo se ha optimizado de un 22% a 32% con respecto a los tiempos actuales de la intersección; es decir, que durante 20 minutos de fase verde efectiva circularan un 32% de la intensidad vehicular.

Tabla 46:  
*Tiempos semafóricos*

FASES	TIEMPOS SEMAFÓRICOS											
	ACTUALES						CALCULADOS					
	R (S)	A (S)	V (S)	CICLO (S)	g/C (%)	Tiempo de Circulación fase verde en una hora (min)	R (S)	A (S)	V (S)	CICLO (S)	g/C (%)	Tiempo de Circulación fase verde en una hora (min)
ø1 W-E/ E-W	77	3	16		17	10	60	3	17		21	13
ø2 SN	72	3	20	95	21	13	57	3	20	80	25	15
ø3 NS	71	3	21		22	13	52	3	25		32	20

Fuente: Elaboración propia.

- Con respecto a la propuesta de mejora al haberse planteado no considerar el porcentaje de moto taxis, tomándose los tiempos semafóricos calculados y mejoras en las señales informativas, restrictivas y preventivas; se concluye según lo analizado en el programa Synchro v.8 que el nivel de servicio en la intersección disminuye a tipo “E”.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que se realicen estudios de tráfico en zonas cercanas al área de estudio.
- Se recomienda que los órganos competentes relacionados al transporte metropolitano de Piura en coordinación con los gobiernos locales, elaboren disposiciones municipales que restrinjan el acceso de las moto taxis a la Av. Gulman y Av. Grau.
- Se recomienda a la Gerencia de acondicionamiento Territorial y Transporte de la municipalidad de Piura realizar propuestas de rutas alternas.
- Se recomienda que la distribución de tiempos semafóricos se recalculen semestralmente.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 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.*
- Bayona, B., Márquez, T. (2015).** *"El Congestionamiento Vehicular en la Ciudad de Piura. Universidad Nacional de Piura". Piura.*
- Belter, T., Von Harten, M. y Sorof, S. (2016).** *Costs and benefits of cycling. Sustainable transports for managing mobility SustraMM, European networks experience and redommendations helping cities and citizens to become Energy Efficient EnercitEE, European Regional Development Fund, European Union. Växjö, Sweden: SustraMM. 39 p.* Recuperado de <http://enercitEE.eu/Sub-Projects/SUSTRAMM---Sustainabletransports-for-managing-mobility,54/?sp=en>
- 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.*
- Crespo, C. (2004).** *Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. México.*
- Departamento de Transportes Estados Unidos (US DOT) (2017).** *Recuperado de <https://www.transportation.gov/>*
- 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.* Recuperado de [http://www.une.edu.py:82/fpune\\_scientific/index.php/fpunescientific/article/view/75/77](http://www.une.edu.py:82/fpune_scientific/index.php/fpunescientific/article/view/75/77)
- Guadalupe, Flores (2016).** *" Micro Simulación de la intersección de la avenida universitaria con la avenida Bolívar utilizando los software VISSIM y VISWALK 8". Perú.*
- HAY, W. (1998).** *Ingeniería de Transporte. México.*
- HCM. (2010).** *"Manual de Capacidad de Carreteras". España.*
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014).** *Metodología de la investigación. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. México.*
- Institute of Transportation Engineers. (2009).** *Traffic engineering handbook (6.ª ed.). Washington D.C*
- Juan de Oña, Rocío de Oña. (2018).** *"Problemas de tráfico resueltos según el Highway Capacity Manual 2010". España.*
- Jiménez, M. C. y Quintero, J. R. (2007).** *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte. Colombia.*
- Llanes Ayala , José (2016).** *"Estimación del flujo de saturación en intersecciones semaforizadas de la ciudad de México". México.*
- Limusa Wiley. (2011).** *"Ingeniería de Carreteras" 2da edición. México.*
- Lizárraga, C. (2006).** *Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI. Economía, Sociedad y Territorio. México.*
- Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras. (2016).** Perú.

- Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad. (2014).** México.
- Martínez, R. y Olivares, E. R. (2012).** *Metodología para la atención de puntos críticos para garantizar la seguridad vial en carreteras.* Bogotá.
- McShane, W. R. y Roess, R. P. (1990).** *Traffic engineering (4.ª ed.).* New Jersey.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018).** *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.* Perú.
- MUÑOZ, A. (2011).** *Estudios del Tráfico y Análisis de la Demanda. Gestión Técnica del Tráfico.*
- Nicholas J. Garber y Lester A. Hoel (2005).** *Ingeniería de tránsito y carreteras.* México.
- Olona, A. (2014).** *Las Tubo- Rotondas y su repercusión en la seguridad vial 1-4 del artículo.*  
<http://www.centrozaragoza.com:8080/web/salaprensa/revistaarticulo.pdf>
- Osores Torres , Víctor Oscar (2016).** *Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizadas Mariscal Castilla - Julio Sumar El tambo.* Perú.
- Pinto Espejo , Christopher (2016).** "Análisis y planteamiento de soluciones en el óvalo "Los Incas"- Intersección de la avenida Dolores con la avenida Los Incas en la Provincia de Arequipa". Perú .
- Quintero-González, J. R. (2017).** *Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. Ambiente y Desarrollo.* México.
- Redacción. (2017).** *Las ciudades y países con el tráfico más congestionado de América Latina. BBC MUNDO.* Recuperado de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-39045803>
- Rivera, Das Neves, Villanueva, y Rolón. (2008).** *Análisis por micro simulación de las mini rotondas urbanas.*  
[http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen12/analisis\\_por\\_microsimulacion.pdf](http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen12/analisis_por_microsimulacion.pdf)
- Roberto Hernández, Sampierí. (2014).** *Metodología de la Investigación 6ta ed.* México.
- Ruiz Gallido , Laura ( 2016).** "Análisis de tráfico y la Seguridad Vial de la carretera N° 332 a su paso por el término Municipal de Favara" . Valencia.  
 Anuario Estadístico 2016, MTC.OGPP Oficina de Estadística, pág. 121.
- 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>
- Transportation Infrastructure Programs. (2012).** *Australian Government Department of Infrastructure, Regional Development and Cities.* Australia. Recuperado de <https://infrastructure.gov.au/transport/programs/index.aspx>
- Valencia, V. (2000).** *Principios de Semáforos.* Colombia.
- Vargas Vargas, Wilson. (2012).** "Ingeniería de tránsito Conceptos Básicos". Colombia.
- Zhou, J. (2012).** *Sustainable transportation in the US: A review of proposals, policies, and programs since 2000. Frontiers of Architectural Research.* Estados Unidos.

## **X. ANEXOS**

ANEXO N°1  
PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO N°2  
PLANO DE UBICACIÓN DE LA  
INTERSECCIÓN

ANEXO N°3  
PLANO DE CODIFICACIÓN

ANEXO N°4  
PLANO DE VOLUMEN EN LA  
INTERSECCIÓN

ANEXO N°5  
PLANO DE SECCIONES DE LA  
INTERSECCIÓN

ANEXO N°6  
PLANO DE GIROS EN LA  
INTERSECCIÓN

ANEXO N°7  
PLANO DE UBICACIÓN DE  
SEMÁFOROS

**ANEXO N°8**  
**PLANO DE FASES DE SEMÁFOROS**

**ANEXO N°9**  
**PLANO DE REPARTO DE TIEMPOS**  
**SEMAFÓRICOS**

**ANEXO N° 10**  
**PLANO DE PROPUESTA DE MEJORA**

**ANEXO N°11  
VOLUMENES**

# ANEXO N°12 FLUJO VEHICULAR

**ANEXO N°13**  
**VELOCIDADES**

**ANEXO N°14**  
**CAPACIDAD VEHICULAR**

**ANEXO N°15**  
**NIVELES DE SERVICIO**

**ANEXO N°16**  
**TIEMPOS SEMAFÓRICOS ACTUALES**

ANEXO N°17  
TIEMPOS SEMAFÓRICOS  
CALCULADOS