



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Modelado del tráfico vehicular y su impacto en el diseño  
geométrico vial, intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras,  
Cusco, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Pareja Zegarra, Lizbeth (ORCID:0000-0002-0360-5449)

Salas Merino, Fredy (ORCID:0000-0003-4028-6552)

**ASESOR:**

Mg. Canta Honores, Jorge Luis (ORCID:0000-0002-9232-1359)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres Ángel A. Pareja Ocampo y Aurea A. Zegarra Espejo por su apoyo incondicional, así como a mis hermanos y amigas durante esta etapa importante de mi vida.

*Pareja Zegarra, Lizbeth*

Esta tesis está a mis padres Bernardo Salas Becerra y Jesusa Merino Huayhua y hermanos; quienes, son un soporte perfecto para decaer y siempre mantenerme firme en el proceso del desarrollo de esta tesis.

*Salas Merino, Fredy*

## **Agradecimiento**

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, quien con su inmenso amor nos ha guiado, brindándonos fortaleza para seguir adelante y con su bendición llena siempre nuestras vidas.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	10
III. METODOLOGÍA.....	31
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	31
3.2. Variables y operacionalización: .....	31
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	35
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	37
3.5. Procedimientos.....	39
3.6. Método de análisis de datos .....	40
3.7. Aspectos éticos .....	40
IV. RESULTADOS .....	102
V. DISCUSIÓN.....	122
VI. CONCLUSIONES.....	124
VII. RECOMENDACIONES .....	126
REFERENCIAS.....	127
ANEXOS .....	132
Anexo 1: Matriz de operacionalización de la variable.....	132
Anexo 2: Matriz de consistencia.....	133
Anexo 3: Instrumento de recolección de datos.....	134
Anexo 4: Validez .....	136
Anexo 5: Plano topográfico .....	140
Anexo 6: Plano actual.....	141
Anexo 7: Plano de propuesta de diseño geométrico .....	142
Anexo 8: Solicitud y autorización por la empresa y/o entidad .....	143
publica.....	143
Anexo 9: Pantallazo del turnitin .....	144

## Índice de tablas

Tabla 1: Informe sobre el tráfico global en 2019 .....	1
Tabla 2: Índice de tráfico 2020 .....	3
Tabla 3: Dimensiones de los vehículos para el dimensionamiento de carreteras	27
Tabla 4: Tipos de Intersección a nivel .....	28
Tabla 5: Indicadores de la variable tráfico vehicular.....	32
Tabla 6: Escala de medición de los indicadores de tráfico vehicular .....	32
Tabla 7: Indicadores de la variable de diseño geométrico.....	33
Tabla 8: Escala de medición de los indicadores de diseño geométrico .....	33
Tabla 9: Variables de estudio en propuesta de hipótesis .....	34
Tabla 10: Operacionalización de variables de la investigación .....	34
Tabla 11: Técnicas e instrumentos.....	38
Tabla 12: Cronograma de actividades.....	39
Tabla 13: Estaciones de conteo vehicular .....	49
Tabla 14: Promedio vehicular que transitan .....	600
Tabla 15: Flujo vehicular .....	611
Tabla 16: Longitud de las vías en estudio .....	677
Tabla 17: Promedio de velocidad.....	677
Tabla 18: Densidad – primera cuadra Calle Palmeras.....	72
Tabla 19: Densidad – primera cuadra Av. Velasco Astete .....	766
Tabla 20: Clasificación de las carreteras.....	82
Tabla 21: Clasificación de la vía de acuerdo al IMDA .....	82
Tabla 22: Clasificación de orografía .....	83
Tabla 23: Tipo de terreno .....	83
Tabla 24: Datos básicos de vehículos de tipo M para el dimensionamiento de carreteras .....	83
Tabla 25: Dimensiones de los vehículos de diseño.....	84
Tabla 26: Dimensiones y ángulo de giro de T3S3.....	85
Tabla 27: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	86
Tabla 28: Velocidad de diseño de acuerdo al tipo de la vía .....	86

Tabla 29: Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación.....	87
Tabla 30: Tipo de pendientes y ecuaciones para las vías en estudio .....	87
Tabla 31: Percentiles de la vía .....	888
Tabla 32: Determinación del radio de la curva circular.....	889
Tabla 33: Pozos y/o calicatas según característica de estratos – sector 2.....	92
Tabla 34: Sector 02: adyacente a condómino Hilario Mendivil - CBR .....	92
Tabla 35: Cálculo del IMDA.....	93
Tabla 36: Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.....	94
Tabla 37: Valores de coeficiente de transmisión de carga J .....	96
Tabla 38: Valores recomendados del coeficiente de drenaje $m_i$ para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles .....	97
Tabla 39: Diferencial de servicialidad ( $\Delta$ PSI) según rango de tráfico.....	988
Tabla 40: Valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar normal ( $Z_r$ ).....	99
Tabla 41: Resultados de espesores de las capas estructurales.....	1011
Tabla 42: Datos procesados – flujo ingreso primera cuadra Calle Palmeras ...	1022
Tabla 43: Pruebas de normalidad – flujo ingreso - primera cuadra Calle Palmeras .....	1033
Tabla 44: Pruebas de normalidad – flujo salida - primera cuadra Calle Palmeras .....	1044
Tabla 45: Pruebas de normalidad – flujo ingreso - primera cuadra Av. Velasco Astete .....	1055
Tabla 46: Pruebas de normalidad – velocidad ingreso - primera cuadra Calle Palmeras .....	1066
Tabla 47: Pruebas de normalidad – velocidad salida - primera cuadra Calle Palmeras .....	1077
Tabla 48: Pruebas de normalidad - velocidad ingreso – primera cuadra Av. Velasco Astete .....	1088
Tabla 49: Pruebas de normalidad – densidad - primera cuadra Calle Palmeras .....	1100

Tabla 50: Pruebas de normalidad – densidad - primera cuadra Av. Velasco Astete .....	1111
Tabla 51: Pruebas de normalidad - capacidad vial - ingreso– primera cuadra Calle Palmeras .....	1122
Tabla 52: Pruebas de normalidad - capacidad vial salida – primera cuadra Calle Palmeras .....	113
Tabla 53: Correlaciones flujo - capacidad .....	114
Tabla 54: Correlaciones de velocidad – capacidad .....	116
Tabla 55: Correlaciones densidad – capacidad.....	118
Tabla 56: Prueba de normalidad – tráfico vehicular – capacidad vial .....	120
Tabla 57: Correlaciones - tráfico vehicular – capacidad vial.....	1211

## Índice de figuras

Figura 1: Representación de la teoría del seguimiento particular.....	16
Figura 2: Dimensiones del vehículo .....	25
Figura 3: Variedad de tipos de intersección a nivel .....	29
Figura 4: Ubicación de la zona de estudio, intersección Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras en el distrito de Wanchaq, Ciudad del Cusco.....	366
Figura 5: Mapa político del Perú.....	411
Figura 6: Mapa político de la Ciudad del Cusco .....	411
Figura 7: Mapa político del Distrito de Wanchaq.....	422
Figura 8: Plano del Distrito de Wanchaq. ....	422
Figura 9: Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras .....	433
Figura 10: Fotografía de la intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras ...	444
Figura 11: Primera cuadra – Calle Palmeras - hora valle.....	455
Figura 12: Primera cuadra - Calle Palmeras - cola de vehículos.....	455
Figura 13: Primera cuadra - Calle Palmeras – hora punta .....	466
Figura 14: Segunda cuadra - Calle Palmeras.....	477
Figura 15: Primera cuadra - Av. de Velasco Astete.....	488
Figura 16: Segunda cuadra - Av. Velasco Astete .....	49
Figura 17: Estaciones de conteo vehicular.....	501
Figura 18: Equipo de trabajo – levantamiento de aforo vehicular.....	511
Figura 19: Estación 2E - intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras .....	522
Figura 20: Representación del modelo mental .....	533
Figura 21: Representación del modelo mental de la Primera Cuadra Calle Palmera .....	544
Figura 22: Bucle de realimentación negativa.....	555
Figura 23: Diagrama causal de la intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmera del Distrito Wanchaq - Cusco .....	566
Figura 24: Diagrama del símil hidrodinámico .....	577
Figura 25: Diagrama de Forrester de la intersección de Av. Velasco Astete y Calle Palmera del Distrito de Wanchaq-Cusco.....	59
Figura 26: Promedio del flujo del tráfico vehicular - ingreso primera cuadra Calle Palmera .....	633



Figura 27: Promedio del flujo del tráfico vehicular - salida primera cuadra Calle Palmera.....	644
Figura 28: Promedio del flujo del tráfico vehicular - ingreso primera cuadra Av. Velasco Astete .....	655
Figura 29: Promedio de velocidad ingreso - primera cuadra Calle Palmera .....	688
Figura 30: Promedio de velocidad salida - primera cuadra Calle Palmera.....	69
Figura 31: Promedio de velocidad ingreso - primera cuadra Av. Velasco Astete .	70
Figura 32: Densidad del tráfico vehicular – ingreso primera cuadra Calle Palmera .....	733
Figura 33: Densidad –salida primera cuadra Calle Palmera .....	744
Figura 34: Densidad –ingreso primera cuadra Av. Velasco Astete .....	77
Figura 35: Densidad –salida primera cuadra Av. Velasco Astete.....	788
Figura 36: Primera cuadra Av. Velasco Astete.....	79
Figura 37: Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmera.....	800
Figura 38: Diseño geométrico de la vía actual - intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmera.....	81
Figura 39: Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) trayectoria 90° .....	85
Figura 40: Ubicación de calicata C8 – sector 2 .....	911
Figura 41: ABACO calculo valor K .....	955
Figura 42: ABACO perdida potencial de soporte corregido.....	96
Figura 43: Cálculo de espesor de loza ABACO AASHTO para diseño de pavimento rígido.....	1000
Figura 44: Histograma flujo - ingreso primera cuadra Calle Palmeras .....	102
Figura 45: Histograma flujo - salida primera cuadra Calle Palmeras.....	103
Figura 46: Histograma flujo - ingreso primera cuadra Av. Velasco Astete.....	1044
Figura 47: Histograma velocidad ingreso - primera cuadra Calle Palmeras.....	106
Figura 48: Histograma velocidad salida primera cuadra Calle Palmeras .....	107
Figura 49: Histograma velocidad ingreso – primera cuadra Av. Velasco Astete .	108
Figura 50: Histograma de la densidad – primera cuadra Av. Velasco Astete..	10909
Figura 51: Histograma de la densidad – primera cuadra Calle Palmeras.....	1100
Figura 52: Histograma de la densidad – primera cuadra Av. Velasco Astete....	1111
Figura 53: Histograma de la capacidad vial ingreso - ingreso– primera cuadra Calle Palmeras .....	1122

Figura 54: Histograma de la capacidad vial salida – primera cuadra Calle Palmeras .....	113
Figura 55: Dimensiones flujo - capacidad.....	115
Figura 56: Dimensiones velocidad - capacidad .....	117
Figura 57: Dimensiones densidad - capacidad.....	119
Figura 58: Variable tráfico vehicular – diseño geométrico .....	120

## Resumen

El trabajo de investigación tiene como objetivo en determinar el impacto del Modelado del Tráfico Vehicular en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras. El enfoque de la investigación es cuantitativo, con un tipo de investigación aplicada y mediante un diseño de investigación no experimental - Transversal, por consiguiente, la investigación se llevó a cabo sin la manipulación de las variables, permitiéndose observar el fenómeno en su ambiente natural. En cuanto a los resultados, la dimensión del flujo vehicular y la capacidad vial, se obtuvo una Correlación de Pearson  $P = -0.879$ , lo que nos señala una correlación muy alta. Además, existiendo una relación indirecta determinando que a mayor flujo vehicular obtenemos una menor capacidad vial Finalmente se concluye que el uso de la Metodología de Dinámica de Sistemas en el estudio del tráfico vehicular brindo un impacto en la Geometría por que permitió un mayor enfoque del comportamiento del fenómeno del tráfico vehicular, mediante el flujo, velocidad y la densidad, variable que determinan en un modelo macroscópico.

Palabras clave: Tráfico Vehicular, Diseño Geométrico, Dinámica de Sistemas, Densidad, Capacidad Vial.

## **Abstract**

The objective of the research work is to determine the impact of Vehicle Traffic Modeling on the Road Geometric Design at the intersection of Av. Velasco Astete and Calle Palmeras. The research approach is quantitative, with a type of applied research and through a non-experimental research design - Transversal, therefore, the research was carried out without manipulating the variables, allowing the phenomenon to be observed in its natural environment. Regarding the results, the dimension of vehicular flow and road capacity, a Pearson Correlation P -0.879 was obtained, which indicates a very high correlation. In addition, there is an indirect relationship determining that the higher the vehicular flow, the lower the road capacity. Finally, it is concluded that the use of the System Dynamics Methodology in the study of vehicular traffic provided an impact on Geometry because it allowed a greater focus on behavior. of the phenomenon of vehicular traffic, through the flow, speed and density, a variable that they determine in a macroscopic model.

Keywords: Vehicular Traffic, Geometric Design, System Dynamics, Density, Road Capacity.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha podido observar a nivel mundial, el incremento del parque automotor, debido al crecimiento excesivo de la población, lo cual trae como consecuencia el incremento de tráfico vehicular, desorden vehicular en los diferentes puntos de la red vial, a ello se suma las limitaciones en la infraestructura vial como son: exceso de la demanda de la vía, reducción de la capacidad de la vía, señales de tránsito desactualizados o inexistentes, inexistencias de vías alternas, fallas en la superficie del pavimento, insuficiente mantenimiento vial. En suma, uno de los problemas que aquejan a las principales capitales del mundo es el tráfico vehicular, que tiene como principal característica la velocidad de circulación, ocasionando el incremento en el tiempo de viaje en especial en horas punta, alto consumo de combustibles y altos niveles de contaminación atmosférica, auditiva y visual; generando malestar en los usuarios. Por otra parte, según lo señalado en la Revista (GLOBAL TRAFFIC SCORECARD, 2020), con especialidad en temas de estadística en datos y análisis de tráfico, clasificó a la ciudad más congestionada del mundo a Bogotá.

**Tabla 1**

*Informe sobre el tráfico global en 2019.*

<b>2020 Rango De Impacto (2019)</b>	<b>Área urbana</b>	<b>horas perdidas</b>	<b>Horas ahorradas</b>
1	Bogotá, Colombia	133	58
2	Bucarest, Rumania	134	-
3	Nueva York, EE. UU.	100	-28%
4	Moscú, Rusia	100	-22%
5	Filadelfia, Pensilvania, Estados Unidos	94	-34%

Fuente: Global Traffic Scorecard, INRIX

Así mismo, el artículo (Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de Guajira Usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao, 2019), manifiesta que el fenómeno del tráfico vehicular sucede en un lugar determinado, un tiempo establecido y origina resultados negativos que reincide especialmente en los

usuarios, el vehículo tiene un mayor retraso que genera costos como: tiempo, combustible, desgastes de los vehículos etc. De igual forma se produce emociones que van alterando la conducta de los usuarios (tensión, molestia, sueño). Además, de ocurrir un accidente o emergencia, las vías podrían estar obstaculizadas y esto ocasionaría que se dificulte en llegar a su destino. Por otra parte, (KNOOP, 2018) precisó que los procesos del tráfico ocasionan muchos problemas a nivel mundial. Entre ellos cita el retraso en el tráfico, la contaminación y otros, los que podrían ser resueltos con un diseño geométrico adecuado de la carretera o con una medida de gestión del tráfico, siendo probados antes de la implementación del diseño. De manera similar, (Artificial intelligence-based vehicular traffic flow prediction methods for supporting intelligent transportation systems, 2020), señaló que la predicción del tráfico puede servir de apoyo en varios aspectos, siendo una de ellas el diseño geométrico de carreteras, control de la congestión del tráfico y otros. De igual manera, la investigación (Effect of vehicle composition on saturation flow at signalised intersections in mixed traffic conditions, 2020), nos indica que el tráfico de vehículos en su mayoría en los países en vías de progreso, tiene un estado mixto con una conducta no establecida en carriles y vías urbanas. Además, se tiene que los vehículos con diferentes singularidades como estáticas y dinámicas comparten un carril en común, así como las intersecciones señalizadas proporcionan movimientos secuenciales del tráfico vehicular de un tramo a otro. El flujo de saturación es un elemento indispensable para la medición del nivel de servicio en intersecciones señalizadas. Es importante establecer un modelo para estimar el flujo máximo de una intersección señalizada por el movimiento vehicular no basado en carriles mixtos con condiciones del flujo de tráfico. Por otra, parte la congestión del tráfico se genera cuando la demanda de tráfico es mayor que la capacidad disponible de la red, con velocidades bajas del vehículo, mayores tiempos de viaje, aumento de cola vehicular. Así, también podríamos señalar a (Traffic Parameters Survey Methodology for Traffic Modelling of Intersections: Case of Study Lima, 2020) quien realizó su estudio en la ciudad de Lima, representando un modelo virtual del tráfico vehicular en intersecciones, por lo cual considera la velocidad de los vehículos máximos permitidos, características físicas de las intersecciones y los parámetros del tráfico vehicular. También, consideró la relación a posibles propuestas de cambios en la infraestructura de la carretera para aliviar

el tráfico. Más aun, muestra las características que requiere el sistema diseñado como son:

- ✓ Intersección con semáforos
- ✓ Intersección entre dos avenidas o entre una avenida y una calle principal
- ✓ Intersección de carreteras con flujo de vehículos público y privado
- ✓ Intersección con alta densidad vehicular.

La publicación sobre el “Índice de tráfico 2020” por (TOM TOM, 2020), muestra los niveles de congestión vehicular en 416 ciudades de 57 países, siendo la ciudad de Lima la de mayor nivel de congestión, donde se registró un nivel congestión de 42%, lo cual representó una caída de 15% contra lo reportado el año 2019. Actualmente ocupa el puesto 15, como se observa en el siguiente cuadro.

**Tabla 2**

*Índice de tráfico 2020.*

<b>World rank</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Country</b>	<b>Nivel Congestión</b>
1	Moscow region (oblast)	Russia	54%
2	Mumbai	India	53%
3	Bogota	Colombia	53%
4	Manila	Philippines	53%
5	Istanbul	Turkey	51%
6	Bengaluru	India	51%
7	Kyiv	Ukraine	51%
8	New Delhi	India	47%
9	Novosibirsk	Russia	45%
10	Bangkok	Thailand	44%
11	Odessa	Ukraine	44%
12	Saint Petersburg	Russia	44%
13	Kharkiv	Ukraine	43%
14	Lodz	Poland	42%
15	Lima	Peru	42%

Fuente: Traffic Index Ranking

A nivel local iniciaremos describiendo que la ciudad del Cusco es una ciudad lineal, que se extiende aproximadamente en 20 km de largo con una red vial, que corresponde a una configuración lineal con transversalidades hacia la geografía de los cerros. Así mismo, el área urbana de la ciudad del Cusco está distribuido en

forma radial referida al Centro Histórico monumental, además, la red vial de Cusco tiene varios niveles (nacional, regional y vecinal) que sirven de articulación a la ciudad y a la vez interrelaciona a los distritos (Cusco, Santiago, Wanchaq, San Sebastián y San Jerónimo) y la región; su espacio está dispuesto en relación a la forma geográfica del valle del Huatanay, haciendo que sus principales ejes (Av. La Cultura, Vía de Evitamiento, Av. 28 de Julio, etc.), inicien o terminan en el centro histórico, concentrando los flujos urbanos, interurbanos y regionales. De acuerdo a (PIZARRO, 2019) señala que “Las conclusiones del estudio de origen y destino elaborado por la Municipalidad del Cusco el 2018, señalan que en nuestra ciudad existirían alrededor de 45 mil vehículos en circulación”, lo que convierte a la ciudad del Cusco en un caos en el transporte no planificado, generando un problema de **Inadecuado Tráfico Vehicular**, como es el caso de la Intersección de la Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras, la Urb. de Hilario Mendivil, Distrito de Wanchaq Ciudad del Cusco, con respecto a (Microscopic analysis of signalized intersections in heterogeneous traffic conditions, 2021) refiere que los vehículos en las intersecciones circulan en diferentes direcciones como son: giro hacia la izquierda y giro hacia la derecha, las mezclas de estos movimientos en diferentes direcciones crean dificultades en la fluidez del tráfico vehicular. El flujo vehicular en la intersección se puede mejorar mediante un diseño geométrico adecuado y con una medida de control de tráfico. Por lo tanto, en la intersección en estudio, se presenta una circulación de vehículos que avanzan lentamente en especial en horas punta, a consecuencia del incremento de vehículos que provienen de la salida de la Vía de Evitamiento (clasificada como autopista) hacia el Puente de Agua Buena con dirección a la intersección en mención. Otro punto que se manifiesta es la dificultad que tienen vehículos pesados en girar de la Av. Velasco Astete hacia la Vía de Evitamiento. Por otra parte, podemos indicar que los estudios realizados sobre el flujo vehicular en la Ciudad del Cusco tomaron en cuenta la Metodología HCM; no existiendo referencias de investigaciones sobre el Tráfico Vehicular mediante el uso de la Metodología Dinámica de Sistemas y la simulación macroscópica.

Es importante indicar, que los problemas del tráfico vehicular son modelados con diferentes métodos basados en teoría. Sin embargo, en esta investigación nos enfocamos en el **Inadecuado flujo Vehicular**, en relación (A review of speed flow



density study of two different road indian road and their comparison, 2020), define el flujo como la relación entre el número de vehículos que cruzan una sección particular y el tiempo que tarda el vehículo en cruzar esa sección en particular. El incremento de vehículos particulares y buses interprovinciales y otros de mayor tamaño en horas punta, incrementa el flujo vehicular en la intersección de estudio. Como consecuencia se reduce la capacidad de la Vía, causando las demoras en el tiempo de viaje de la población. Es importante indicar, que la gran cantidad de vehículos que provienen de la Vía de Evitamiento, que se interconecta al Puente de Agua Buena desemboca en la intersección de la Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras. Aclarando que la Vía de Evitamiento es una autopista cuenta con 4 carriles principales y 4 auxiliares, con una longitud 9.5 kilómetros, extendiéndose desde Angostura hasta la localidad de Agua Buena. Esta vía asfaltada permite a los transportistas privados y públicos transitar en volúmenes mayores y de diferentes dimensiones, creándose un embotellamiento en la Intersección. Por otra parte, el **Incremento de la densidad Vehicular**, redactado por (A review of speed flow density study of two different road indian road and their comparison, 2020). Define la densidad como la cantidad de vehículos que ocupa una sección en particular (tramo) en tiempos determinados. Se mide en número de vehículos por kilómetro [veh/km]. En la zona de estudio los vehículos de mayor dimensión reducen el espacio de desplazamiento, iniciándose así el incremento del flujo del vehicular y a su vez la reducción de la capacidad de vía. Así mismo, la **Diminución de la velocidad promedio de los vehículos**, en vías urbanas existentes, así mismo (A review of speed flow density study of two different road indian road and their comparison, 2020) lo define la velocidad como la distancia de viaje de un vehículo durante un cierto período de tiempo. Expresándose en kilómetros por hora [km/h]. Los vehículos provenientes de la Vía de Evitamiento con una velocidad de (60 – 100 km/hr) reducen a (10 -20 km/hr), debido a que provienen de una vía de Evitamiento a una vía urbana. A ello se suma la causa de la inadecuada semaforización, como lo indican en (Multi-agent deep reinforcement learning for urban traffic light control in vehicular networks, 2020) que la condición del tráfico urbano es variado y complejo. Considerando que los controladores de los semáforos de múltiples intersecciones, es un desafío clave. Además, el entorno es inestable lo que conduce a un escenario deficiente del tráfico. Por otra parte, el

**Inapropiado diseño de la vía**, de acuerdo al (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), refiere que, para el diseño geométrico de la intersección dependen de algunos factores como la topografía, la geometría, así como también la capacidad de las vías interceptadas, y las características del flujo vehicular. La zona en estudio presenta inconvenientes en el diseño actual de la vía.

Por lo expresado, se plantea el **problema general** ¿De qué manera el Modelado del Tráfico Vehicular impacta en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.

De donde resulta que los **Problema específico** que son: **Primero** ¿De qué manera se representa el comportamiento con el Modelado del Tráfico Vehicular en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?. **Segundo**, se formuló en función de las dimensiones del tráfico vehicular y su impacto con el diseño geométrico vial la cual podemos señalar ¿De qué manera el Modelado del Flujo del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?. **Tercero** ¿De qué manera el Modelado de la Velocidad del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?. **Cuarto** ¿De qué manera el Modelado de la Densidad del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?. **Quinto** ¿Cuál es el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?, y **finalmente** ¿Cuál es el pavimento en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.

Por otro lado, la **justificación de la investigación teórica** tiene el propósito de contribuir a cerrar la brecha de conocimiento que se alinea lo propuesto por (Vehicular traffic, crowds, and swarms. From kinetic theory and multiscale methods to applications and research perspectives, 2019), quien recomienda que, en futuras investigaciones se aplique un enfoque de sistemas en la geometría de las redes viales, para tener en cuenta las modificaciones. Por tanto, nos alineamos a los autores para la aplicación de la Metodología de la Dinámica de Sistemas basada en el Símil Hidrodinámico para el Modelamiento del Tráfico Vehicular, tomando en

cuenta la Dinámica de Fluidos. Por su parte, (CULLEN, 2019), recomienda en su tesis de posgrado, efectuar más investigaciones que adicione variables exógenas que afecten al modelo, basándose en un Pensamiento Sistémico y bajo la Metodología de Dinámica de Sistemas.

De la misma forma la **justificación metodológica** permite proponer el uso de la Metodología de Dinámica de Sistemas (GARCÍA, 2017), indica que es un apoyo para el estudio de fenómenos complejos que sucede en la naturaleza, para analizar y modelar el comportamiento del fenómeno del flujo vehicular en la Intersección de la Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras. Por otra parte, la Dinámica de Sistemas fue creada por Jay Forrester, metodología que estudia mediante la realimentación los sistemas complejos y su relación de causa – efecto en base a la hidrodinámica, para la representación del sistema. En cuanto a la herramienta a utilizarse es el software Vensim Ple versión estudiante, herramienta que se adapta a la metodología de Dinámica de Sistemas.

Por lo que se refiere a la **justificación técnica** el proyecto de investigación se enmarca dentro de las medidas establecidas por el (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), el cual, presenta normas técnicas para un correcto diseño geométrico de la vía y en base a las características que presenta el tráfico vehicular utilizaremos la Teoría General de Sistemas; Además, para el enfoque del tráfico vehicular emplearemos la técnica de simulación teniendo en cuenta la densidad, la velocidad y el flujo en condiciones de una circulación dinámica, obteniéndose así criterios para el diseño geométrico de la vía.

Otro punto es la **justificación social** donde la intersección de las vías en estudio, es de paso obligatorio para la población de la margen de derecha hacia el Aeropuerto Internacional teniente Alejandro Velasco Astete y al Centro Histórico de la Ciudad del Cusco, Además, de las principales Instituciones Públicas y Centros Educativos. De lo expresado, se tomó como tema de estudio un nuevo enfoque para el tráfico vehicular, buscando reducir el tiempo de viaje, costo de combustible, contaminación ambiental y sonora, así como también la reducción del stress de los

vecinos de la zona, pasajeros y choferes, en consecuencia, se genere una mejor calidad de vida de los beneficiarios y una imagen turística de nuestra ciudad.

En cuanto a la **justificación económica** para el modelamiento se utilizará la versión gratuita del Vensim Ple para estudiantes, está es una herramienta visual, que permite modelar, conceptualizar, documentar, simular, analizar y perfeccionar modelos que se adapta a la Metodología de Dinámica de Sistemas.

Finalmente tenemos la **Justificación Ambiental** el estudio y su aplicación, no generara ninguna contaminación ambiental, por el contrario, pretende reducir la contaminación ambiental y sonora en la intersección de estudio, en base a la mejora de la fluidez del tráfico vehicular.

En relación a los problemas expuestos, se plantea como **Objetivo General** en Determinar el impacto del Modelado del Tráfico Vehicular en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021, por consiguiente, para alcanzar el objetivo general, se plantea los **Objetivos Específicos**, que son: **Primero** Representar el comportamiento con el Modelo del Tráfico Vehicular en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021. **Segundo** Determinar el impacto del Modelado del Flujo del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021. **Tercero** Determinar el impacto del Modelado de la Velocidad del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021. **Cuarto** Determinar el impacto del Modelado de la Densidad del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021. **Quinto** Describir el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021. **Sexto** Describir cual es el diseño de la estructura de pavimento en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.

A continuación, se propone la **hipótesis general**, el Modelado del Tráfico Vehicular impacta en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle

Palmeras, Cusco, adicionalmente se tiene las **hipótesis específicas**. Los que se detalla en **primer** lugar el modelado del Flujo del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, en **segundo** lugar, el modelado de la Velocidad del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, y **finalmente** el modelado de la Densidad del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.

## II. MARCO TEÓRICO

Con respecto a la problemática del tránsito vehicular a nivel nacional (ARAUJO, y otros, 2020), realiza el estudio sobre el incremento de tránsito en la Av. Andrés Avelino Cáceres entre las intersecciones con las avenidas: Guillermo Irazola, Universitaria y Luis Montero, con la finalidad de desarrollar la Modelación del Tránsito y Diseño Geométrico de la intersección en mención, en la cual analiza el comportamiento del flujo vehicular en horas punta, para ello se hace uso del software Synchro 8 , que se basa en la metodología del HCM versión 2010 para verificar las dimensiones de las vías, con el propósito de establecer la capacidad y el servicio. Por consiguiente, de los resultados se evaluó la mejor alternativa por cada intersección, de modo que se tiene la optimización de los tiempos del semafóricos, además, de incrementar 3 carriles en todas las direcciones, se añadió un giro exclusivo para el carril del Este. Finalmente, la investigación concluye que los factores que afecta el servicio, no es únicamente la demanda de vehículos o la geometría, sino también se debe promover el uso de transporte público a la población, permitiendo minimizar el uso del transporte privado, en cuanto al volumen de tránsito es dinámico y se deberá realizar mediciones periódicas del flujo de tránsito, verificando el correcto ciclo del semáforo, siendo necesario recomendar el uso de Semáforos Inteligentes, como un diseño vial por el aspecto técnico y geométrico, ambos permitirán disminuir el tiempo de espera del viaje, mejorando el servicio y la distribución del espacio de la vía .

Por otra parte, (RÍOS, 2018), en su investigación, refiere como objetivo el realizar un diagnóstico de la situación actual en la Av. Cáceres que pueda identificar las fallas técnicas del sistema vial y así plantear medidas a mediano y largo plazo con el uso de softwares de simulación y análisis de tránsito como es el INFRAWORKS y SYNCHRO 8. Así mismo, se realizó el estudio del tráfico estableciendo los volúmenes en hora punta, como también, se realizó las mediciones geométricas y el estudio de los ciclos semafóricos en las intersecciones. Por otra parte, la metodología aplicada es el estudio del Highway Capacity Manual (HCM) 2010 de la Transportation Research Board el que permite analizar la capacidad y los niveles de servicio en vías urbanas. Posteriormente, se detallarán estos parámetros

aplicados a los softwares Infracore 360 y Synchro 8.0 para la micro-simulación del tráfico. De manera que, se concluye que las fallas técnicas en las intersecciones no se deben a un exceso de vehículos, en vista que los volúmenes están por debajo de lo requerido en una vía urbana con intersecciones semaforizadas de 2 carriles, para lo cual se propone un rediseño de las intersecciones que consistiría en añadir carriles divididos de giro a la izquierda, optimización y sincronización de semáforos accionados por el tránsito, mostrándose como resultados la reducción de las demoras a un 92%, mejorando el medio ambiente. En cuanto, a la velocidad promedio, se incrementa de 9 km/hr a 35 km/hr. Como discusión de los resultados algunos investigadores manifiestan que el software Synchro, es aplicable para pequeños sectores o micro simulaciones, sin embargo, en esta investigación se realizó una optimización del flujo vehicular, reducción de tiempos, disminución de colas. De la investigación se concluye que se logró mejorar la fluidez de la vía simulada mejorando la velocidad, así también la sincronización de los semáforos optimizo el flujo vehicular y peatonal.

En cuanto a, (MISARI, 2020), tuvo como objetivo establecer la relación entre la capacidad vial y el flujo vehicular en la carretera PE. 3SB, además, utilizo el método científico, siendo el tipo de investigación aplicada con un nivel descriptivo-correlacional y de diseño no experimental, también la Población tomada fue la carretera PE. 3SB, teniéndose como muestra la carretera P.E 3SB desde la progresiva 116+515.4 km a la progresiva 117+131.54 km. En cuanto a los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis donde el valor P de 0.0364 y de acuerdo a la prueba de relación estadística del coeficiente de correlación de Pearson, concluyó que la relación es directa entre la Capacidad Vial y el flujo Vehicular de la carretera PE. 3SB, con un coeficiente de Pearson de 0.416, donde la variable "Flujo Vehicular" está en función de la variable "Capacidad Vial.

Por su parte, (BASTIDAS, y otros, 2020), en su investigación refieren como objetivo desarrollar el estudio de tráfico vial en la Av. Gral. Rumiñahui desde el Puente Nueve hasta el sector del redondel del Colibrí, mediante el modelamiento y simulación de tráfico vehicular para optimizar el nivel de servicio, capacidad y seguridad vial en la intersección de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, para

lo cual el tipo de investigación aplicada, por otra parte la muestra se considera el conteo vehicular en la zona de estudio, finalmente concluye que al presentar una reducida infraestructura vial y de acuerdo al nivel de servicio de los ejes o arterias de la zona de estudio que conectan el Distrito Metropolitano de Quito con Sangolquí, presenta un flujo forzado a consecuencia de la congestión vehicular en sus horas pico, presentando como velocidad de diseño de 80 km/h, sin embargo operan con una velocidad máxima de 40 km/h. evidenciando que los tiempos de viaje es considerable.

Además, desde el punto de vista de (BENAVIDES, 2021), a través de su investigación, indica como objetivo evaluar el tráfico vehicular en la intersección entre la Av. Rodrigo Pachano y Manuelita Sáenz de la ciudad de Ambato, para lo cual utilizó como tipo de investigación la descriptiva, donde le permite concertar hechos de diversos estudios, funciones o situaciones respecto al tráfico vehicular y el congestionamiento, además utiliza una investigación explicativa que le permitió buscar y explicar las causas que dieron inicio al fenómenos del congestionamiento en la zona de estudio y analizar el comportamiento del tráfico vehicular. Por otra parte la población tomada a analizarse es el tráfico vehicular y las personas que circulan por la intersección Av. Rodrigo Pachano y Manuelita Sáenz, evaluando las variables como flujo, velocidad y densidad, y en cuanto a la muestra tomada son los vehículos que transitan en un período de 12 horas, a intervalos de 15 minutos, y la contaminación sonora producido por los vehículos; finalmente concluye con el análisis de la comparación de la capacidad vial de la intersección y con los volúmenes horarios de máxima demanda VHMD, donde se pudo verificar que la relación VHMD/Cs no sobrepasen el valor 0.80 permitido por HMC, por tanto se determina que la intersección está operando por debajo del 50% de la capacidad real que oferta. Resumiendo, de esta manera que la relación flujo - capacidad en la intersección, a medida que aumenta el flujo vehicular, la velocidad va disminuyendo ocasionando el problema de tránsito.

Se puede señalar que, (White-Box Flight Simulator Built With System Dynamics To Support Urban Transportation Decision-Making and Address induced Travel Demand, 2020) en su estudio del fenómeno de la demanda inducida del transporte,



determina que la construcción de nuevas vías o su ensanchamiento inducen el aumento de vehículos privados, para ello se utilizó la dinámica de sistemas para entender sus causas, efectos y luego simularlos. En cuanto a las soluciones propuestas se centran principalmente en la oferta y la demanda del tráfico, como aumentar la oferta de las instalaciones de transporte de forma adecuada, orientar la demanda del tráfico, mejorar la capacidad de las carreteras, desarrollar el sistema de transporte público y hacer cumplir estrictamente las leyes y reglamentos de tránsito. Así mismo, utilizó la metodología de Dinámica de Sistemas basado en la teoría de la retroalimentación, cuyo propósito se centra en explicar la estructura y modelar los fenómenos complejos. Tomando en cuenta la muestra de estudio el Área Metropolitana de Bucaramanga en Santander, Colombia, con una población estimada de 1,160.272 personas, la que comprende de cuatro ciudades: Bucaramanga (la capital de Santander), Floridablanca, San Juan de Girón y Piedecuesta; además manifiesta que las carreteras se congestionan debido a la demanda de viajes inducida, creándose la necesidad de incrementar la capacidad de la carretera para mantener las características adecuadas de flujo libre. Así mismo describe el escenario "Push-Pull", donde prueban al transporte público de alta calidad, permitiendo plantear escenarios que descarten el aumento de la capacidad vial y la aplicación de políticas. Por otra parte, a mayor uso del transporte público más ingresos de dinero y estos pueden reinvertirse en la mejorara de la calidad del servicio de transporte público, y a su vez influye en el aumento de usuarios. Por otra parte, la "Política de empuje", muestra cómo los precios de la congestión desalientan el uso del automóvil privado reduciendo su circulación en las carreteras. Por otra parte, si el transporte público es de baja calidad optarán por viajarán por transporte privado, generando el aumento de la congestión en las carreteras. Se tiene como resultados que la retroalimentación y los retrasos en el sistema, pueden ser empleados en el corto, mediano y largo plazo, con la dinámica de sistemas y ser representados mediante un conjunto complejo de ecuaciones, permitiendo una comprensión cualitativa y no linealidades en el modelo desarrollado con la Dinámica de Sistemas. Concluyendo en la formulación de una herramienta de simulación, que apoye en el cambio del antiguo paradigma de planificación del transporte al nuevo. Este último enfoque se ha implementado con

éxito en países donde la construcción de carreteras ya no es una política de transporte predominante.

De igual forma (Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de La Guajira usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao, 2019), en los municipios de Riohacha, Maicao, Guajira en Colombia, analiza la movilidad vehicular; evidenciando que la congestión se genera por la gran cantidad de vehículos que circulan distorsionando el normal flujo vehicular y que las autoridades no prestan la debida atención, Además, las normas de tránsito vigentes no contribuyen a mejorarla, a ello se suma los accidentes, infracciones y contaminación ambiental ocasionados por los vehículos en espera. Por otra parte, para su investigación utilizó el método no experimental, realizando procesos de observación y la descripción sistemática, registros históricos de flujo y densidad vehicular. En cuanto a la muestra y población se analizó el flujo de vehículos en las calles, con un periodo de estudio de todo el día. Por otra parte, se apoya en la técnica de simulación para la administración del transporte y el estudio de los modelos complejos para analizar mediante los modelos matemáticos, además el software Vensim admite el desarrollo y evaluación de modelos de simulación basados en los conocimientos de la Dinámica de Sistemas. Se concluye que la simulación permitió el análisis a detalle comportamiento complejo de la movilidad y el tránsito.

Por otra parte, (A Study of Urban City Traffic Congestion Governance, 2019), en su investigación establece un diagrama de bucle causal y el diagrama de flujo del sistema de congestión del tráfico urbano de la ciudad de Chongqing, asentado el uso de la metodología de la dinámica de sistemas aplicado a resolver el problema del tráfico urbano de la ciudad por ser un sistema complicado, dinámico y tiene un análisis de tiempo real. Para ello se apoya en el uso de herramientas que incluyen la estructura del sistema, el bucle causal, el modelo de diagrama de flujo y un mecanismo de retroalimentación realizando de esta manera un análisis cualitativo y cuantitativo del mecanismo de formación de la congestión del tráfico. Finalmente, el software Vensim les permitió la construcción y el estudio efectivo de la congestión del tráfico. En cuanto a los datos de población proviene del área urbana de la ciudad de Chongqing, como resultados se enfocan en cómo aumentar la oferta de

instalaciones de transporte, encaminar la demanda del tráfico, mejorar la capacidad de la carretera, desarrollo del sistema del transporte público, así como la atención estricta de las leyes y las regulaciones de tránsito. Tomando la situación real de la congestión del tráfico urbano de China y sus características. Concluyéndose en ofrecer soluciones al problema de tráfico y promoviéndose un desarrollo sostenible del tráfico urbano de la ciudad en China. De los resultados obtenidos con la Metodología de Dinámica de Sistemas y comparados con los métodos tradicionales la política de límite de matrícula alivia de forma temporal y no en forma permanente sabiendo que sigue aumentando el parque automotor.

Con respecto a, (Research on traffic congestion based on system dynamics: the case of chongqing, China. Complexity, 2020) analizó las limitaciones del automóvil privado, mediante el uso de políticas de restricción de compra, estimando su impacto en la tasa de transporte, para resolver el problema de la congestión del tráfico en la ciudad de Chongqing a través de la simulación. Es por ello que utilizó el método de dinámica de sistemas para su modelado, lo que le permitió estudiar el sistema de congestión del tráfico urbano desde el punto de vista de los automóviles privados, camiones y transporte público. En relación a la muestra de la población consideró los viajes en vehículos de motor (automóviles particulares, los viajes de camiones, los transporte, población y otros factores) en la ciudad como un índice de medir el grado de congestión del tráfico para simularlo. Por otra parte, su resultado principal es determinar políticas que genera ciertos impactos en los viajes urbanos de vehículos de motor. El objetivo principal es proporcionar recomendaciones para la congestión actual de Chongqing causada por vehículos motorizados, como el control de la cantidad de viajes en automóvil privado y mejorar la tasa de reemplazo de transporte público. Se concluye que, para reducir el número de automóviles privados en Chongqing, propone implementar políticas de restricción de coches particulares, el límite del número de paridad es una medida que puede reducir la congestión del tráfico en un período de corto tiempo, así mismo, la reducción de la compra de vehículos con el fin de frenar el crecimiento desmesurado del automóvil privado.

## Teorías

### Teoría del flujo de tráfico

De acuerdo con (WEN, 2021), quien investiga el comportamiento de la conducción de vehículos, seguimiento de vehículos, cambio de carril, la fusión y el comportamiento divergente, que influenciaría en la formación, propagación y disipación de la congestión del tráfico, como las velocidades de viaje y el retraso de vehículos individuales en diferentes tipos de transporte y sujetos a medidas de control como límites de velocidad, control de señales, gestión del tamaño de la flota, etc. En conclusión, la teoría del flujo de tráfico estudia la relación de la oferta y la demanda de viajes, los impactos en la congestión del tráfico y los tiempos viajes.

### Teoría del seguimiento vehicular.

Teniendo en cuenta a, (Multi-vehicle tracking with microscopic traffic flow model-based particle filtering, 2019) indica que la teoría de seguimiento vehicular es cuando se realiza un seguimiento vehículos siguiendo un recorrido uno tras el otro sin salir del carril en las carreteras de un solo carril se utiliza el modelo de seguimiento de automóviles como modelo de movimiento que estudian a los vehículos.

**Figura 1**

*Representación de la teoría del seguimiento particular*



Fuente: Propia del Autor

## **Teoría General de los Sistemas.**

Establece un valor explicativo y argumentativo, que permita entender el funcionamiento de los fenómenos ocurridos y los procesos realizados en la zona de estudio, de modo que los sistemas de otros tipos estén presentes para su modelación, incluyendo su estructuración y la funcionalidad en la parte interna y externa entre los sistemas de otras naturalezas indicados en el artículo (Algunas reflexiones sobre la teoría general de sistemas y el enfoque sistémico en las investigaciones científicas, 2018).

## **Enfoques Conceptuales**

### **Modelo**

En cuanto a la conceptualización de modelo, en el artículo (Revisión teórica de los modelos de orientación educativa, 2018), expresa que el modelo repercute en la teoría o en la práctica, interpretando la realidad y constatándose los hechos, por lo que concluye que modelo es aquel que nos permiten guiarnos para un diseño.

### **Modelos Macroscópicos:**

Los modelos macroscópicos desde la posición de (A stochastic behaviour model of a personal mobility under heterogeneous low-carbon traffic flow, 2021) indican que se aplican principalmente teniendo en cuenta en las características del flujo de tráfico vehicular: densidad, velocidad y el flujo. También, podemos agregar que (Toward the formalization of macroscopic models, 2020), los modelos macroscópicos se especializan en la dinámica del flujo de tráfico, siendo importante para el desarrollo de estrategias de planificación para lograr sistemas de transporte más optimizados y equilibrados, esto debido a una adecuada implementación de recursos.

### **Modelo Matemático**

Teniendo en cuenta, (Procesos de modelación matemática y modelación estadística en tiempos contemporáneos: similitudes y diferencias, 2021), que un modelo matemático está interpretado mediante ecuaciones, operaciones algebraicas, gráficos, y otros, y en su conjunto se interrelaciona en un sistema. Por lo tanto, el modelo matemático debe caracterizarse en ser

consistente y que permita predicciones de su comportamiento bajo un sinfín de circunstancias específicas.

### **Modelo Estadístico**

Cabe destacar que, (Procesos de modelación matemática y modelación estadística en tiempos contemporáneos: similitudes y diferencias, 2021) se define al modelo estadístico, como un lenguaje que permite comparar el sistema y su estructura, para lo cual contiene objetivos, método, etc. De igual forma, conceptualiza a la Modelación Estadística (ME) como una herramienta que permite modelar datos observados y considera su carácter aleatorio.

### **Modelo Mental – Dinámica de Sistemas**

De acuerdo a la Metodología de Dinámica de Sistemas como refiere (DE LEO, y otros, 2020), modelo mental es la representación de un fenómeno mediante las percepciones, experiencias y permite conceptualizarla desde una perspectiva. Además, actúa como filtro en la relación con el fenómeno. Es decir, depende tanto de las percepciones como las acciones a tomar sobre el fenómeno.

### **Tráfico Vehicular**

Define el tráfico vehicular como los vehículos en particular y su relación con el entorno, así mismo, considera las señales de tráfico y los cambios de carril para cada vehículo (QUAASSDORFF, 2018). Por otro lado, también podemos decir que el volumen de la demanda está basado en flujo de tráfico (The General Principles of the Transportation Simulation Model, 2020). Finalmente, la variable Tráfico Vehicular considera las dimensiones: Flujo ( $q$ ), Velocidad ( $v$ ) y Densidad ( $k$ ), los que se define a continuación.

#### **Flujo.**

Conforme lo define (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), representa como la cantidad de vehículos que transitan por una vía, durante un espacio de tiempo.

Donde:

Q = vehículos que transitan en un punto por unidad de tiempo  
(vehículos/período)

N = número de vehículos que transitan (vehículos)

T = período o tiempo definido (unidades de tiempo)

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

### **Velocidad**

Conceptualiza (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), la velocidad es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que transcurre en su recorrido, expresada en kilómetros por hora (km/h).

Donde:

V = velocidad constante (kilómetros por hora)

d = distancia recorrida (kilómetros)

t = tiempo de recorrido (horas)

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

### **Velocidad media espacial.**

De acuerdo a, (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), define a la velocidad media espacial, como la media aritmética de las velocidades instantáneas los vehículos que se encuentran en un tramo y en un instante de tiempo. También se debe considerar en función al tiempo, dividiendo la distancia por el promedio de los tiempos empleados por los vehículos en transitar la vía.

Donde:

d = Distancia transitada o recorrida

i = Tiempo promedio de recorrido de los vehículos

t<sub>i</sub> = Tiempo empleado por el vehículo en transitar la distancia d

n = Numero de vehiculos

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

La velocidad se expresa en km/hr

Por tanto:

d = distancia transitada o recorrida

t = tiempo promedio de recorrido de los vehículos

t<sub>i</sub> = tiempo empleado por el vehículo i en recorrer la distancia d

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

### **Velocidad media temporal.**

Como indica, (CAL Y MAYOR, y otros, 2018) la velocidad media temporal como la media aritmética de las velocidades de los vehículos, que transitan por un punto específico de una vía en un intervalo de tiempo.

Donde:

v<sub>t</sub> = velocidad media temporal

V<sub>j</sub> = velocidad de punto del vehículo.

n = número total de vehículos observados en el punto o tamaño de la muestra

$$v_t = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}$$

### **Densidad**

En relación con este tema (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), refiere que la densidad es el número (N), de vehículos que consiguen ocupar un tramo de la vía (d). Se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km).

Donde

k = Densidad (veh/km),

N = Numero de vehículos que ocupan un tramo de la vía.

d = Longitud de la vía.



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

La densidad,  $k$ , de acuerdo al autor (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), también se puede expresar de acuerdo a la ecuación fundamental  $q=vk$ .

Donde:

$v$  = velocidad

$q$  = flujo

$k$  = densidad

$$k = \frac{q}{v}$$

### **Tasa de Flujo.**

También (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), define a la tasa de flujo, como la repetición de vehículos que transitan por un punto durante un tiempo menor a una hora. Se expresa en vehículos por hora [veh/h], debiéndose medir durante una hora.

Donde:

$q$  = vehículos que transitan en un tiempo específico (vehículos/período)

$N$  = número total de vehículos que transitan (vehículos)

$t$  = período determinado (unidades de tiempo)

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

### **Diseño Geométrico.**

De acuerdo con (CÁRDENAS, 2019), el desarrollo de la relación entre sus elementos físicos y la singularidad de acción de los vehículos, a través de la utilización de las matemáticas, física y la geometría. Concluyéndose, que la vía queda geoméricamente determinada por el diseño en planta, perfil y sección

transversal. Finalmente, la variable Diseño Geométrico, para nuestra investigación presenta las dimensiones Topografía, Capacidad de la Vía y Geometría de la vía, los que se define a continuación.

### **Topografía**

De acuerdo a (MENDOZA, 2020), define que la topografía permite determinar la ubicación relativa de los puntos, a través de la recopilación y procesamiento de los datos de las partes físicas del geoide, planteando hipotéticamente, que la superficie terrestre de recopilación es una superficie plana horizontal. Así mismo, la topografía está facultada de efectuar mediciones en una porción de tierra.

### **Pendientes longitudinales**

El presente manual (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018) la combinación de magnitud y longitud, en otras palabras, es la trayectoria natural del terreno natural y se representa mediante en su perfil longitudinal.

### **Ancho de la calzada**

Como lo expresa (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), también llamado superficie de rodadura, viene a ser la superficie del pavimento, por la cual transitan los vehículos y soporta las cargas del tráfico.

### **Berma**

Conforme a (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), se define como el espacio longitudinal, paralela y junto al plano de la calzada de la vía, que sirve de aislamiento de la capa de rodadura y como zona de seguridad.

### **Capacidad de la Vía**

De acuerdo (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), define a la capacidad como la cantidad máxima de vehículos que transitan en un lugar y tiempo específico.

Se tiene primeramente la fórmula de separación

Donde:

s = separación entre la parte frontal del vehículo.

L = longitud de vehículos.

v = velocidad de vehículos.

k = constante.

$$s = L * \left(1 + \frac{v}{k}\right)$$

Finalmente se tiene la capacidad de la vía

Donde:

c = Capacidad Vial.

v = velocidad del vehículo

s = separación entre la parte frontal del vehículo.

N = Constante.

$$c = \left(\frac{v}{s}\right) * N$$

### **Volumen transito**

En opinión de (Modelación y calibración de la intersección ubicada entre las carreteras 23 y 21 con las calles 45 y 48 en la ciudad de Bucaramanga, 2018), indica que es la cantidad de vehículos que pasan por la vía en un tiempo determinado.

### **Volumen**

De acuerdo con (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), indica que es un elemento que ocupa un lugar.

## **Geometría de la vía**

Considera (CÁRDENAS, 2019) que es el indicador sustancial que determina el aspecto de la vía y su característica esencial el de ser segura, con un diseño simple, similar y sólida.

### **Velocidad de Operación**

Con base a (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), menciona que es la mayor velocidad con la que transitan los vehículos en una distancia de la vía, considerando la velocidad de diseño, estado del pavimento, meteorológicas, relación con otras vías y su entorno. Además, para el determinar velocidad de operación, se calcula la velocidad a la que transitan el 85% de los vehículos, también llamado percentil 85 correspondiente a la velocidad.

### **Radio de giro**

De acuerdo con la definición establecida en él (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), es la distancia horizontal, el cual se explica de acuerdo a la trayectoria realizada por la rueda delantera izquierda del vehículo y por la rueda posterior derecha. Así pues, las trayectorias mínimas de los vehículos deben ser consideradas de acuerdo a las dimensiones máximas Vehículos.

### **Curva Horizontal**

Se considera (NAVARRO HUDIEL, 2019), la Curva circular que permite juntar tramos rectos de una vía, vista en el plano horizontal.

### **Sección transversal**

La sección transversal es conceptualizada por él (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), como un corte vertical normal al alineamiento horizontal, para lo cual se define la ubicación, dimensión de los elementos que son partes de una vía, en un punto de cada sección en correspondencia con el terreno natural.

## Características del Tránsito

### Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Por otra parte, (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), nos define como la descripción del promedio aritmético de los volúmenes diarios del año, efectivos en un determinado segmento de la vía. Además, los valores obtenidos de IMDA (Intensidad Media Diaria Anual), nos permite establecer las características de diseño de la vía, su respectiva clasificación, así como el desarrollo de los programas de mantenimiento y mejoras.

La IMDA se utiliza para la proyección de vías, acciones de preparación de pavimento, uso de las vías, proyectos de señalización e iluminación características geométricas, estudios impacto acústico y ambientales.

## Vehículos

- a) **Vehículos Ligeros:** conforme indica (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), las dimensiones particulares de vehículos de Ancho: 2.10 m. y de Largo: 5.80 m, el que se representa en la siguiente imagen.

### Figura 2

*Dimensiones del vehículo*



Fuente: Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018.

**b) Vehículos Pesados:** conforme al (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), indican las dimensiones máximas establecidas para el diseño geométrico. Así mismo, el vehículo pesado posee características de sección y altura, este permitirá determinar sección de los carriles, capacidad portante, radios y sobre anchos en curvas horizontales.

### **Clasificación por tipo de vehículo**

De acuerdo al (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), establece en porcentaje, la participación del IMDA en las diversas categorías de vehículos, de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos como son:

**Categoría L:** Se enmarca a los vehículos automotores que presentan menos de cuatro ruedas.

**Categoría M:** Se enmarca a los vehículos automotores que presentan de cuatro ruedas o más diseñados y destinados para el transporte de pasajeros.

**Categoría N:** Se enmarca a los vehículos automotores que presenta de cuatro ruedas o más diseñados y destinados para el transporte de mercancía.

**Categoría O:** Considerados a los remolques (incluidos semirremolques).

**Categoría S:** Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O destinados para el transporte de pasajeros o en su defecto para mercancías de una función específica, para lo cual necesiten de carrocerías y/o equipos especiales.

**Tabla 3***Dimensiones de los vehículos para el dimensionamiento de carreteras*

Tipos de Vehículos	Alto	Ancho	Vuelo lateral	Ancho de ejes	Largo Total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio min Rueda exterior
Vehículos Ligeros (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00/12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30/0.80/2.15/7.750	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40/6.80/1.40/6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45/5.70/1.40/2.15/5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40/11.90	2.00	1

Autor: *Manual, D. Carreteras: Diseño Geométrico (Dg-2018), Normas Peruanas.*

### **Volumen Horario de Diseño (VHD)**

Por otra parte, el (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), manifiesta como un volumen observado y cuantificado durante las diferentes horas del día, se considera al (VHD) en vías de mayor tránsito, permitiendo establecer las características que se asignan al proyecto, con la finalidad de evitar complicaciones de congestión y establecer situaciones de servicio permisibles

### **Crecimiento del Tránsito**

En base al (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), las vías deberán estar diseñada con el propósito de resistir el volumen de tráfico. Es importante considerar que, para la definición geométrica de nuevas carreteras, o en su defecto en las mejoras se debe considerar, el volumen que va utilizar estas instalaciones a futuro.

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

$P_f$ : tránsito final

$P_0$ : Tránsito Inicial (año base)

$T_c$ : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo

$n$ : año a estimarse

### Velocidad de diseño

De acuerdo al (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), define a la velocidad que será utilizada en el diseño, la cual debe ser la máxima que certifique establecer la seguridad y comodidad, en una determinada sección de la vía. Además, para garantizar la velocidad, se debe precisar a lo extenso de la vía, secciones homogéneas conforme a los contextos topográficos donde se atribuye la misma velocidad (Velocidad de Diseño del tramo homogéneo), también es considerada como características de los elementos geométricos.

### Diseño Geométrico de Intersecciones

En conformidad al (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018), describe que para la intersección vial se necesita contar con elementos como la topografía, determinadas rasgos geométricos de las vías interceptadas, su capacidad, así como las características del flujo vehicular. Se clasifica en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto.

**Tabla 4**

*Tipos de Intersección a nivel*

<b>Intersección</b>	<b>Ramales</b>	<b>Ángulos de cruzamiento</b>
En T	Tres	Entre 60° y 120°
En Y	Tres	< 60° y >120°
En X	Cuatro	< 60°
En †	Cuatro	> 60°
En estrella	Más de cuatro	
Intersecciones rotatorias o rotondas	Más de cuatro	

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018



**Figura 3**

*Variedad de tipos de intersección a nivel*

DE TRES RAMALES	EMPALME ENT	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADAS 	
	EMPALME ENV	SIMPLE 	CANALIZADAS 		
DE CUATRO RAMALES	INTERSECCION EN +	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADA 	
	INTERSECCION EN X	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADA 	
ESPECIALES	EN ESTRELLA 			VEASE FIGURA 501.01 ROTONDA 	

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.

## **Criterios de diseño**

Se debe ser evaluar, de acuerdo a los elementos que se tiene (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.). Para lo cual se debe tener los criterios generales:

- Reducción de las áreas de conflicto.
- Perpendicularidad de las intersecciones.
- Separación de los movimientos.
- Canalización y puntos de giro.
- Visibilidad

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación:**

Se hace uso de la investigación aplicada, este tipo de investigación cumple dos fines fundamentales: a) producir conocimiento y teorías y b) resolver problemas (HERNÁNDEZ, y otros, 2018).

##### **Enfoque de Investigación**

La presente investigación hace uso del enfoque cuantitativo, debido a que utiliza una serie de procesos secuenciales como la recolección de datos, que nos permite probar la hipótesis en función a la medición numérica y el análisis estadístico, con el objetivo de crear modelos de comportamiento y probar teorías (HERNÁNDEZ, y otros, 2018).

##### **Diseño de la investigación:**

Se aplica el no experimental – transversal por lo que la investigación se llevará a cabo sin manipular la variable, se observará el fenómeno en su ambiente natural y se abstendrá los datos empíricos en un determinado tiempo para después estudiarlo (ÑAUPAS, y otros, 2018).

##### **Nivel de la investigación:**

Es descriptivo, por que busca detallar las características de fenómeno que se someta a un análisis, para analizar cómo responder el cómo es y cómo se muestra un fenómeno y sus respectivas componentes (ÑAUPAS, y otros, 2018).

#### **3.2. Variables y operacionalización:**

##### **Variables**

##### **Variable Independiente**

Se tiene como variable independiente al Tráfico Vehicular.

## a) Indicadores

**Tabla 5**

*Indicadores de la variable tráfico vehicular*

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Flujo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Numero vehículos (volumen) ingresan</li><li>• Numero vehículos (volumen) salen</li><li>• Intervalo de tiempo</li></ul>
Velocidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempo de viaje</li><li>• Distancia recorrida</li></ul>
Densidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tasa de Flujo</li><li>• Número de vehículos</li><li>• Longitud de vía</li><li>• Espaciamiento promedio entre vehículo</li><li>• Ancho de calzada</li></ul>

Fuente: Propia del autor.

## b) Escala de medición

**Tabla 6**

*Escala de medición de los indicadores de tráfico vehicular*

<b>Indicadores</b>	<b>Escala de Medición</b>
Numero vehículos (volumen) ingresan	Razón
Numero vehículos (volumen) salen	Razón
Intervalo de tiempo	Intervalo
Tiempo de viaje	Razón
Distancia recorrida	Razón
Tiempo de viaje	Razón
Tasa de Flujo	Razón
Número de vehículos	Razón
Longitud de vía	Razón
Espaciamiento promedio entre vehículo	Razón
Ancho de calzada	Razón

Fuente: Propia del autor.

## Variable Dependiente

Se tiene como variable dependiente Diseño Geométrico.

## a) Indicadores

**Tabla 7**

*Indicadores de la variable de diseño geométrico*

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Topografía	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pendiente Longitudinales</li><li>• Ancho de vía</li><li>• Distancia horizontal</li></ul>
Capacidad de la Vía	<ul style="list-style-type: none"><li>• Volumen de Transito</li></ul>
Geometría de la Vía	<ul style="list-style-type: none"><li>• Velocidad de Operación</li><li>• Radio de Giro</li><li>• Curva Horizontal</li><li>• Sección Transversal</li></ul>

Fuente: Propia del autor.

## b) Escala de medición

**Tabla 8**

*Escala de medición de los indicadores de diseño geométrico*

<b>Indicadores</b>	<b>Escala de Medición</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pendiente Longitudinales</li></ul>	Razón
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ancho de vía</li></ul>	Razón
<ul style="list-style-type: none"><li>• Distancia horizontal</li></ul>	Razón
<ul style="list-style-type: none"><li>• Volumen de Transito</li></ul>	Razón
<ul style="list-style-type: none"><li>• Velocidad de Operación</li></ul>	Razón
<ul style="list-style-type: none"><li>• Radio de Giro</li></ul>	Razón
<ul style="list-style-type: none"><li>• Curva Horizontal</li></ul>	Razón
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sección Transversal</li></ul>	Razón

Fuente: Propia del autor.

Las variables, son la base de la propuesta de preguntas de investigación e hipótesis, desarrollándose del siguiente modo:

**Tabla 9***Variables de estudio en propuesta de hipótesis*

HIPOTESIS	DESCRIPCION DE VARIABLES	
	V.I (V1)	V.D (V2)
<b>Hipótesis General</b>		
El Modelado del Tráfico Vehicular impacta en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.	Tráfico Vehicular	Diseño Geométrico Vial
<b>Hipótesis Especifica</b>		
<b>Hipótesis Especifica 1</b>	<b>V1</b>	<b>D1xV2</b>
El modelado del flujo del Tráfico Vehicular impacta en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.	Tráfico Vehicular	Flujo
<b>Hipótesis Especifica 2</b>	<b>V1</b>	<b>D2xV2</b>
El modelado de la velocidad del Tráfico Vehicular impacta en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.	Tráfico Vehicular	Velocidad
<b>Hipótesis Especifica 3</b>	<b>V1</b>	<b>D3xV2</b>
El modelado de la densidad del Tráfico Vehicular impacta en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.	Tráfico Vehicular	Densidad

Fuente: Elaboración propia

**Operacionalización de Variables****Tabla 10***Operacionalización de variables de la investigación*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Tráfico Vehicular	Flujo	• Numero vehículos (volumen) ingresan	• Vehículos
		• Numero vehículos (volumen) salen	• Vehículos
	• Intervalo de tiempo	• Metros	
	Velocidad	• Tiempo de viaje	• Segundo
• Distancia recorrida		• Metros	
Densidad		• Tasa de Flujo	• Veh/hr
		• Número de vehículos	• Vehículos
		• Longitud de vía	• Metros
		• Espaciamiento promedio entre vehículo	• Metros
		• Ancho de calzada	•
Diseño Geométrico	Topografía	• Pendiente Longitudinales	• Porcentaje
		• Ancho de vía	• Angulo
		• Distancia horizontal	• Metros
	Capacidad de la vía	• Volumen transito	• Veh/hr
Geometría de la vía		• Velocidad de Operación	• Veh/hr
		• Radio de Giro	• Grados
		• Curva Horizontal	• Metros
		• Sección Transversal	• Metros

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **Población:**

En cuanto a la población o universo indica (HERNÁNDEZ, y otros, 2018), que es un conjunto de todos los elementos que comparten características similares, y puede ser finita o infinita. Por todo, lo expresado la población de estudio se considerada conforme a la información proporcionada por la Unidad de Tránsito y Seguridad Vial (Policía Nacional del Perú, 2022), que refiere los puntos críticos de tráfico vehicular identificados en el Distrito de Wanchaq en la Ciudad de Cusco, listados a continuación.

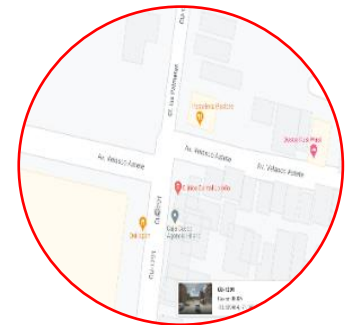
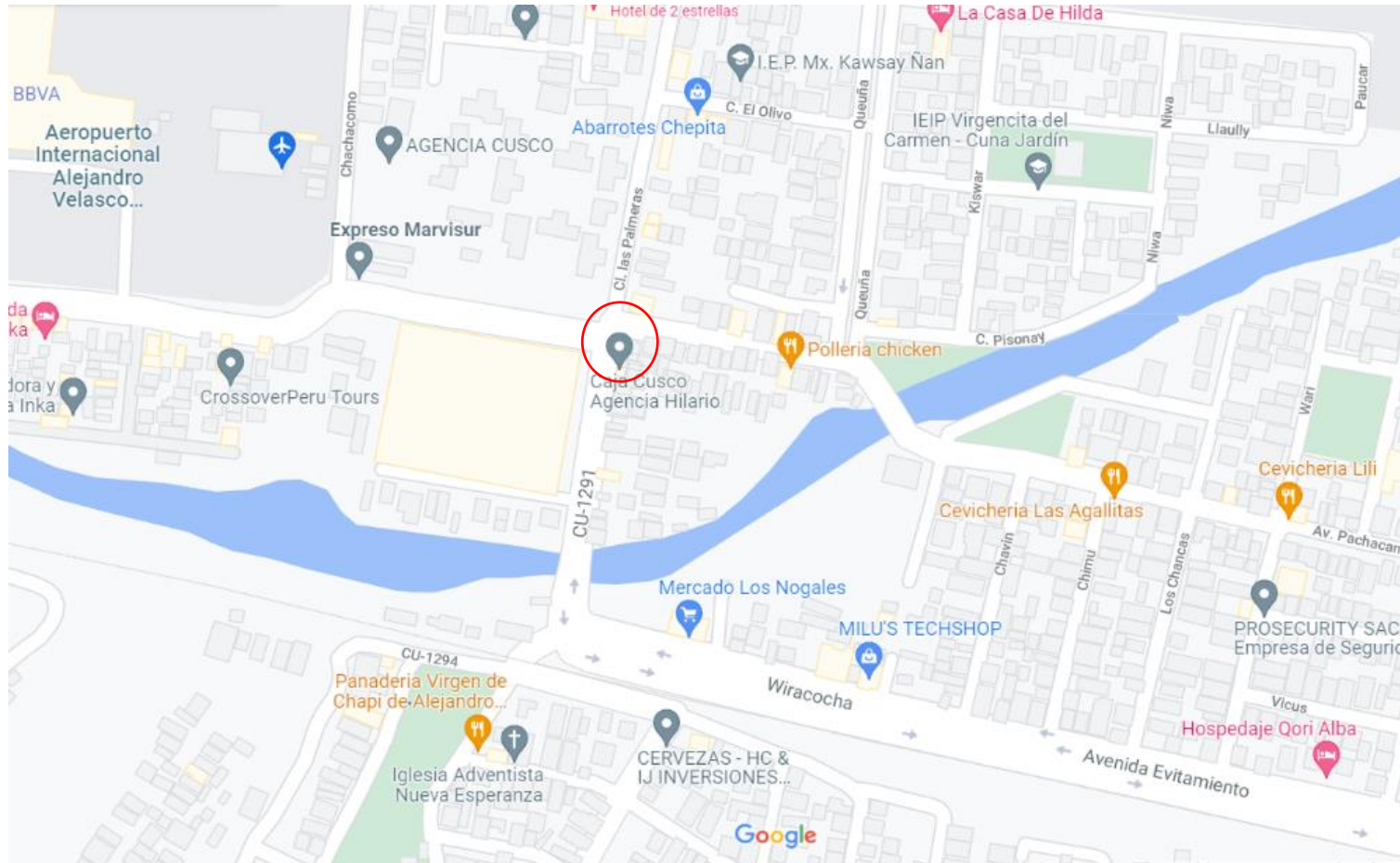
- Intersección Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras.
- Intersección Av. 28 de Julio con Calle Los Sauces.
- Intersección Av. Jorge Chávez con Calle Unión.
- Ovalo Libertadores.
- Av. Velasco Astete, altura del Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.
- La Av. De la Cultura a la altura de la I.E. Inca Garcilaso de la Vega, carril de bajada y en horarios determinados.
- Ovalo Pachacutec con Confraternidad.

#### **Muestra:**

De acuerdo con (HERNÁNDEZ, y otros, 2018), la muestra es un Subgrupo de elementos extraídos de la población, del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta, y conforme a la relación de puntos críticos de tráfico vehicular expresados por (Policía Nacional del Perú, 2022), se considera como muestra la intersección Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras en el distrito de Wanchaq, Ciudad del Cusco; la que se muestra la ubicación en la siguiente figura.

**Figura 4**

*Ubicación de la zona de estudio, intersección Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras en el distrito de Wanchaq, Ciudad del Cusco.*



Fuente: Elaboración propia



**Muestreo:**

De acuerdo a lo que refiere (HERNÁNDEZ, y otros, 2018), las muestras no probabilísticas, o también denominadas muestras dirigidas, es un procedimiento de selección encaminado por las particularidades que se muestra la investigación, orientado más por un criterio estadístico generalizados. En ese entender la presente investigación considera las siguientes vías: Av. Velasco Astete sección de Hilario Mendivil y Calle Palmeras como se observa en la imagen.

**Unidad de análisis:**

La unidad de análisis es la intersección Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras en el distrito de Wanchaq, Ciudad del Cusco.

**3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos****Técnicas**

En base al autor (HERNÁNDEZ, y otros, 2018), nos encamina indicándonos que la recolección de los datos nos sirve de orientación a proveernos de mayor conocimiento, para ello se apoya en diferente técnicas e instrumento de recolección de los datos, siendo aplicados en la presente investigación el siguiente:

**Tabla 11**

*Técnicas e instrumentos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
<p><b>La Observación</b> (HERNÁNDEZ, y otros, 2018), nos refiere que este método de recolección de datos permite el mejor de un registro sistemático, válido y bastante confiable de una serie de comportamientos y circunstancias observadas. Para la presente investigación se aplica al uso de procedimiento sistematizado, el que permite el estudio del comportamiento de las variables del Flujo de tráfico en la vía de estudio, como es el conteo vehicular.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ficha de Características Geométricas:</b> Nos permite tomar datos que necesitaremos en las vías de la zona de estudio.</li><li>• <b>Ficha de Aforo Vehicular:</b> nos permitirá determinar la cantidad de vehículos que transitan por la intersección Av. Velasco Astete y la Calle Palmeras en el distrito de Wanchaq, Ciudad del Cusco. Recolectaremos la información necesaria para en llenado del formato del conteo vehicular (tipo de vehículos, cantidad, horarios, etc.)</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

### **Instrumentos de recolección de datos**

Ficha de aforo vehicular,

Ficha de las características geométrica de la vía

### **Validez**

De acuerdo con (HERNÁNDEZ, y otros, 2018) determina que es la evaluación del instrumento por expertos. La ficha de aforo vehicular aplicado para la recolección de datos, será sometida a evaluación por expertos del tema para determinar su confiabilidad.

### Confiabilidad de los instrumentos.

Conforme a lo definido por (HERNÁNDEZ, y otros, 2018) con respecto a la confiabilidad de los instrumentos, indica que es el grado en que se aplica frecuentemente al mismo elemento originando resultados similares.

### 3.5. Procedimientos

Para el desarrollo de la presente investigación, se ejecutaron cuatro procedimientos (Trabajos de Campo, trabajo de Gabinete, Análisis de datos y entregables) compuesto por sus respectivas actividades las que se detallan en el siguiente cronograma.

**Tabla 12**

*Cronograma de actividades*

ACTIVIDADES	Enero				Febrero				Marzo				Abril			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Trabajos de Campo</b>																
Identificación de la zona de Estudio	■															
Recorrido de Reconocimiento	■															
Definición de la Zona y red de análisis características de la intersección	■															
Búsqueda de información	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Levantamiento del Aforo Vehicular				■												
Procesamiento de la Información Aforo Vehicular				■	■											
Levantamiento Topográfico de la Geometría vial											■					
<b>Trabajos de Gabinete</b>																
Elaboración del Modelo Mental					■											
Diagrama Causa Efecto					■	■	■									
Diagrama de Forester					■	■	■	■								
Modelo Matemático									■							
Procesamiento de la Información					■	■	■	■	■							
Evaluación de Modelo										■						
<b>Análisis de Datos</b>																
Análisis del Modelado vrs Diseño Geométrico									■	■	■					
Relacionar el valor de la densidad con la Capacidad de la vía de diseño									■	■	■					
En base al dato de la velocidad replantear el diseño geométrico.									■	■	■					
En base al dato del flujo del tráfico vehicular replantear el diseño geométrico.									■	■	■					
Procesamiento de la Información									■	■	■					
<b>Entregables</b>																
Diseño Geométrico Vial									■	■	■					
Replantear el diseño geométrico en base a los datos de densidad, velocidad, flujo vehicular simulados.									■	■	■					
Diseño de Pavimento									■	■	■					
Realizar la propuesta de diseño de la estructura de pavimento en la zona de estudio.									■	■	■					

Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Método de análisis de datos**

Como método de análisis de datos a utilizarse en esta investigación es el Análisis descriptivo, porque permite explicar lo que sucedió con la variable. Además, para el procesamiento de datos se utilizará Software de hojas de cálculo Microsoft Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

Como bachilleres de la carrera profesional de Ingeniería Civil nos ceñimos a aspectos éticos como la honestidad y veracidad en el desarrollo integro de la investigación, no debe regir solamente en la actividad científica como investigador sino se debe extender a las actividades académicas como a la profesional.

## **Desarrollo de Objetivos**

### **Respecto al impacto del Modelado del Tráfico Vehicular en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.**

Para el desarrollo del objetivo general, se detalla cada uno de los procedimientos como sigue:

#### **Trabajos de Campo**

Procedimiento inicial que contempla las actividades: identificación, ubicación y características de la zona de estudio, ubicación de estaciones de estudio de aforo, para luego continuar con el levantamiento del aforo vehicular y levantamiento Topográfico de la Geometría vial.

#### **a) Ubicación Política de la Zona de Estudio:**

La presente investigación se desarrolló en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, ubicada en el distrito de Wanchaq con la frontera del distrito de San Sebastián.

Departamento: Cusco

Ciudad: Cusco

Distrito: Wanchaq

Ubicación: Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.



- Limites:
  - Norte: Distrito del cusco
  - Este: distrito de San Sebastián
  - Sur: Distrito de San Sebastián y Santiago
  - Oeste: Distrito Santiago y Cusco

**Figura 7**

*Mapa político del Distrito de Wanchaq.*



**Figura 8**

*Plano del Distrito de Wanchaq.*



**c) Características Zona de Estudio:**

Está ubicado en la intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, de alta afluencia de vehículos livianos y pesados en horas punta.

El alto flujo vehicular de ingreso/salida proviene de la Vía de Evitamiento, como también del Aeropuerto y la Metrópoli de la Ciudad del Cusco.

**Figura 9**

*Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras*



Nota: Identificación de la intersección de vías de estudio, los puntos de ingreso/salida de gran cantidad de vehículos a la zona en estudio.

## Figura 10

*Fotografía de la intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras*



Elaboración: Propia

La zona de estudio está formada por cuatro vías.

- Primera Cuadra - Calle Palmeras
- Segunda Cuadra - Calle Palmeras
- Primera Cuadra - Av. Velasco Astete
- Segunda Cuadra - Av. Velasco Astete

**Primera Cuadra - Calle Palmeras:** Vía urbana formada por una calzada de dos carriles de sentidos opuestos con sus respectivas bermas, de alto tránsito de vehículos livianos y pesados, provenientes de la Vía de Evitamiento con dirección al aeropuerto Velasco Astete y la metrópoli de la Ciudad del Cusco a través de la Av. Velasco Astete, y también con dirección a las Urb. San Luis, Los Nogales, San Antonio y otros.



## Figura 11

*Primera cuadra – Calle Palmeras - hora valle*



Nota: Vista de la vía en hora valle en ambos sentidos.

## Figura 12

*Primera cuadra - Calle Palmeras – cola de vehículos*



Nota: Se observa vehículos en cola con dirección hacia el Aeropuerto, mientras la vía con sentido opuesto con dirección a la Vía de Evitamiento se encuentra vacío.

## Figura 13

*Primera cuadra - Calle Palmeras – hora punta*



Nota: Vista desde la vía de Evitamiento, se observa la Calle Palmeras en hora punta, con vehículos pesados de gran tamaño y alto tonelaje.

**Segunda Cuadra - Calle Palmeras:** Vía urbana formada por una calzada dos carriles de sentidos opuestos con sus respectivas bermas, de poco tránsito vehicular livianos (en su mayoría bus de transporte público), provenientes de las Urb. San Luis, Los Nogales, San Antonio y otros; con dirección al aeropuerto Velasco Astete y la metrópoli de la Ciudad del Cusco.

## Figura 14

### Segunda cuadra - Calle Palmeras



Elaboración: Propia

**Primera Cuadra - Av. de Velasco Astete:** Vía urbana alto tránsito de vehículos livianos y pesados, formada por dos calzadas se encuentra dividida por una isla.

- Primera calzada de tres carriles del mismo sentido, con vehículos que provienen del Aeropuerto Velasco Astete y la metrópoli de la Ciudad del Cusco, con dirección a la Vía de Evitamiento y Urb. San Luis, Los Nogales, Surihuaylla, San Antonio y otros.
- Segunda calzada de dos carriles del mismo sentido, con vehículos que provienen de la Vía de Evitamiento, Urb. San Luis, Los Nogales, Surihuaylla, San Antonio y otros, con dirección hacia el Aeropuerto y la Metrópoli de la Ciudad del Cusco.

## Figura 15

### Primera Cuadra - Av. de Velasco Astete



Elaboración: Propia

**Segunda Cuadra - Av. Velasco Astete:** Vía urbana formada por una calzada dos carriles de sentidos opuestos con sus respectivas bermas, de poco tránsito vehicular livianos (público y privado), provenientes de la Primera Cuadra Calle las Palmeras y la Primera Cuadra de la Av. Velasco Astete con dirección a las Urb. San Luis, Los Nogales, San Antonio y otros.

**Figura 16**

Segunda cuadra - Av. Velasco Astete



Elaboración: Propia

**d) Ubicación de estaciones de conteo vehicular:**

Luego de realizado el reconocimiento por la zona de estudio, identificado 3 estaciones de conteo vehicular con una visualización amplia de un Angulo de 120°.

**Tabla 13**

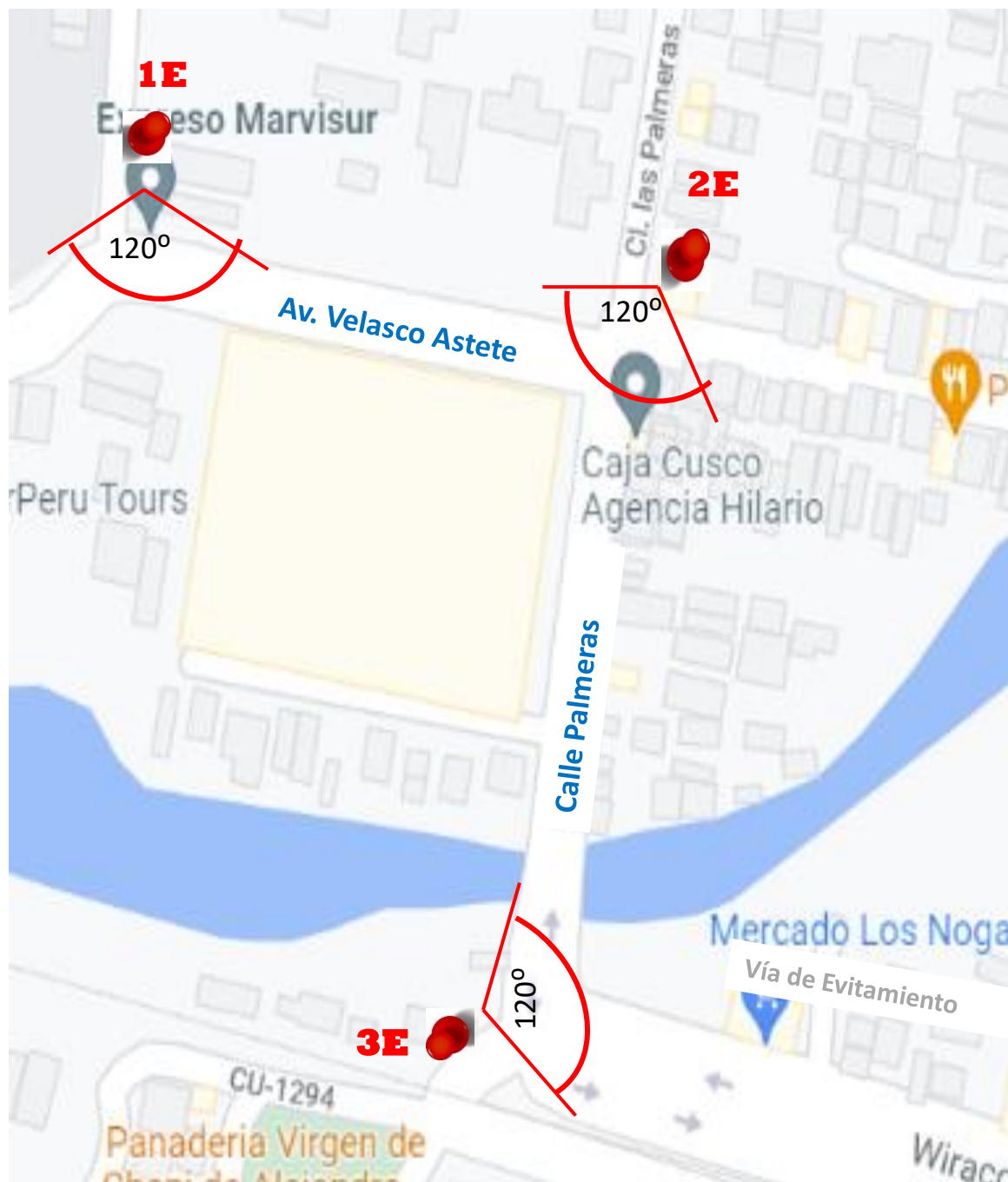
*Estaciones de conteo vehicular*

Nº	Ubicación	Estación	Código Estación	Fechas
01	Av. Velasco Astete 1ra Cuadra, (Inicio de la Urb. de Hilario Mendivil en la Av. Velasco Astete).	1º estación	1E	
02	Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras	2º estación	2E	08, 09 y 10 del mes de febrero
03	Inicio del al Vía de Evitamiento con dirección al puente de Agua Buena	3º estación	3E	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 17**

*Estaciones de conteo vehicular*



Elaboración: Propia

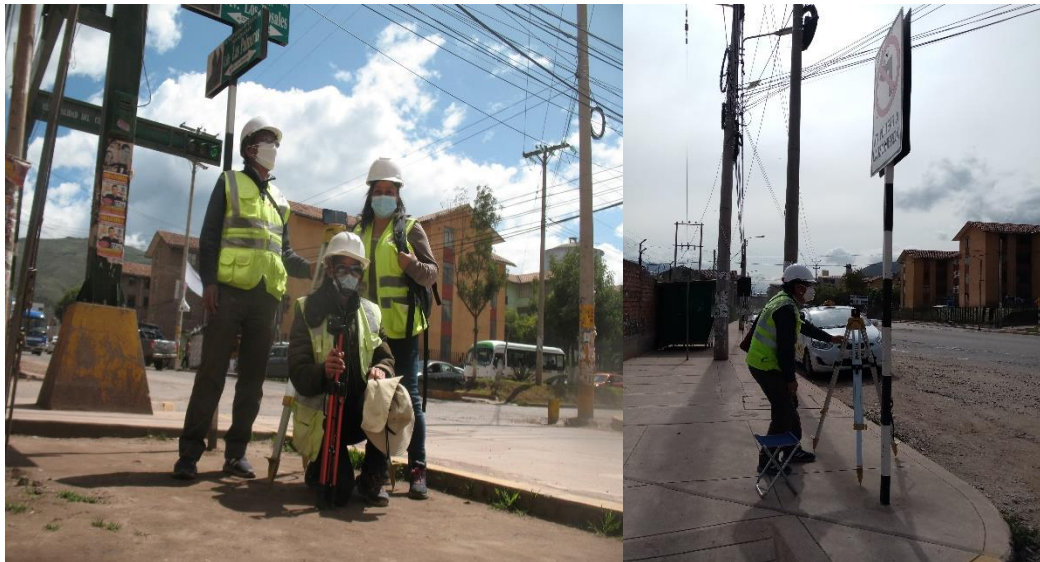
### e) Levantamiento del Aforo Vehicular

Se realizó el conteo vehicular en las Calles Palmeras primera y segunda cuadra, y la Av. Velasco Astete primera y segunda cuadra, donde se utilizó el método de grabación de video, método utilizado también por (Safety Indicators for Heterogeneous Non Lane Based Traffic- A Case Study at Outer Ring Road-Delhi, 2018) en horas pico. Siendo considerado las horas pico para nuestra investigación 7:00 – 9:00 a.m, 12:00 – 14:00 p.m y de 18:00 – 20:00 p.m; información que fue procesada en Hoja de Cálculo Microsoft Excel registrándose los vehículos que transitan por día, hora, por sentido de la vía (entrada y Salida) y por tipo de vehículos (livianos, pesados). Además, para el levantamiento del aforo vehicular se utilizó los siguientes equipos.

- Cámara Fotográfica
- Radio De Comunicaciones
- Trípode

### Figura 18

*Equipo de trabajo – levantamiento de aforo vehicular*



Nota: Equipo de trabajo de investigación conteo vehicular, zona critica en estudio.

## Figura 19

*Estación 2E - intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras*



Nota: Operadora de estación de base Conteo de tráfico vehicular, zona critica ubicada en la intersección de estudio.

### **Respecto a la representación del comportamiento con el Modelo del Tráfico Vehicular en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.**

Para el desarrollo del primer objetivo específico, una vez obtenido los datos del levantamiento del aforo vehicular y el levantamiento topográfico, se inicia con el trabajo de gabinete que contempla el desarrollo del modelado del tráfico vehicular, también desarrollado por (The Brazilian Urban Mobility Policy: The Impact In São Paulo Transport System, 2018) su estudio refiere a la utilización de la dinámica de sistemas en el modelado que interviene el tráfico vehicular.



## Trabajos de Gabinete

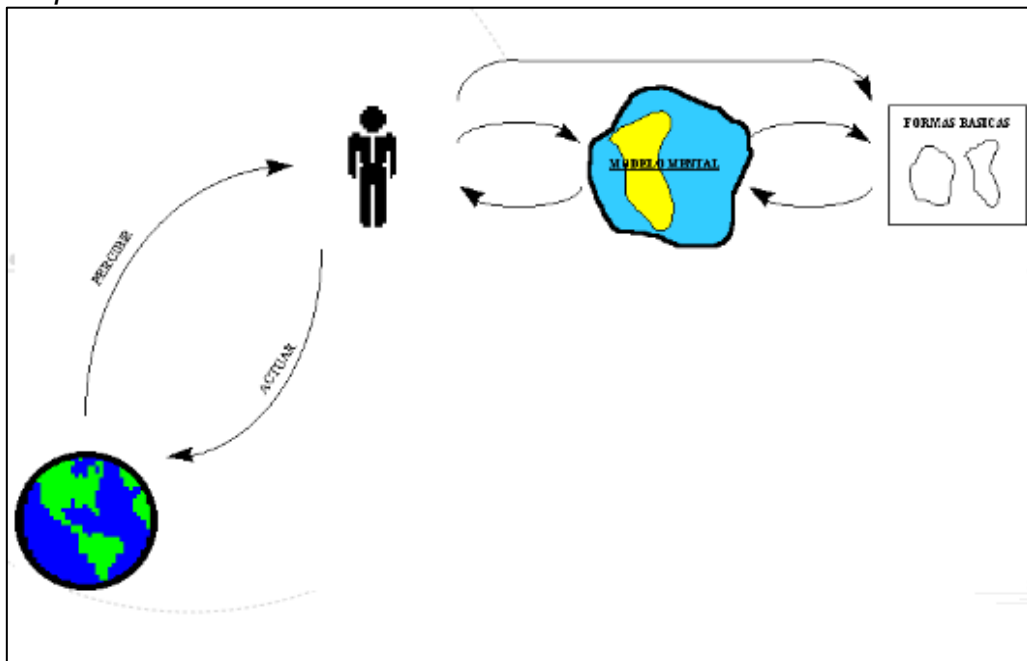
Se ejecutó las siguientes actividades:

### a) Elaboración del Modelo Mental

**Conceptualización:** En esta fase, se esbozó el fenómeno del Tráfico Vehicular ocurrido en el mundo real, plasmándose un Modelo Mental para luego desarrollar el diagrama Causa Efecto, haciendo uso del software Vensim Ple.

**Figura 20**

*Representación del modelo mental*

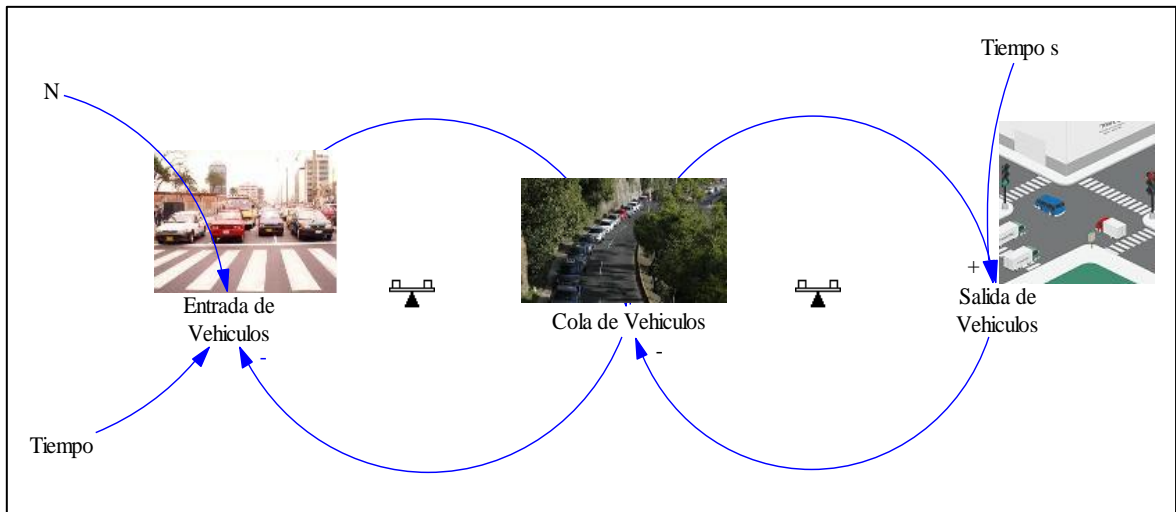


Fuente: Representación dinámica Sistémica del aprendizaje, y rol de la informática en un esquema pedagógico constructivista

Se realizó las observaciones en campo para la abstracción de los componentes del sistema del tráfico vehicular, determinando el comportamiento de cada variable y su relación en el entorno. Además, para la interpretación del sistema se llevó a cabo una revisión bibliografía como son: libros, artículos científicos y tesis sobre el modelado del tráfico vehicular, proporcionando alcances para la representación del modelo mental en la primera cuadra de calle Palmeras teniendo como modelo mental el siguiente gráfico.

**Figura 21**

*Representación del modelo mental de la Primera Cuadra Calle Palmeras*



Fuente elaboración propia

La siguiente figura podemos interpretar como el flujo de entrada de vehículos, influye a la formación de cola de vehículos en la vía, de tal manera que dependerá de la salida de vehículo para que el sistema se mantenga en equilibrio. Además, la realimentación a la variable flujo de entrada de vehículo acomoda el sistema a un comportamiento en equilibrio.

### **b) Elaboración del Diagrama causal**

Después de la realización del modelo mental se inició con el desarrollo del diagrama causal en gabinete, identificándose todos los elementos que componen el sistema del tráfico vehicular y su respectivo análisis de su comportamiento, de tal manera que en la descripción del comportamiento pudimos identificar y separar las variables endógenas y exógenas del sistema tal como se presenta en la siguiente lista:

- Longitud de Calle,
- Longitud de Vehículo
- Tiempo Recorrido
- Velocidad
- Separación entre Vehículo
- Capacidad de cola de Vehículos

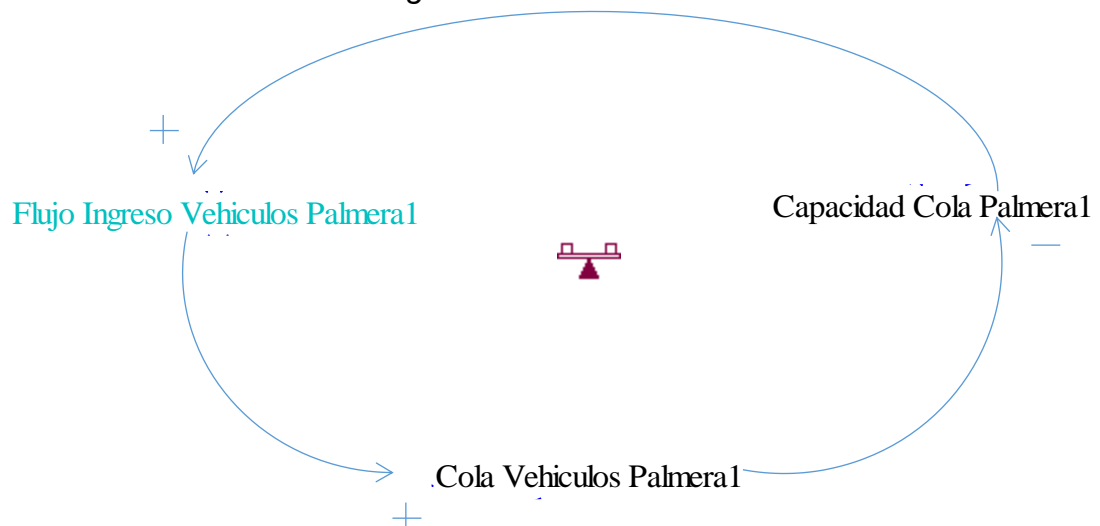
- Cola de vehículos
- Flujo de ingreso
- Flujo de salida

Seguidamente se determinó la relación de cada una de la variable exógenas y endógenas de acuerdo al comportamiento mostrado en la realidad, formándose de esta manera relaciones causales entre las variables, donde a su vez va generando los bucles de realimentación y armando la lógica del comportamiento y permitiendo de esta manera conocer la estructura del sistema. Para la representación del diagrama causal se utilizó el **software Vensim ple**, software académico de licencia gratuito.

La formación de bucles de realimentación negativa se interpreta teniendo en cuenta la variable de inicio donde presenta variación en el tiempo y mantiene el comportamiento en equilibrio mediante una realimentación negativa.

**Figura 22**

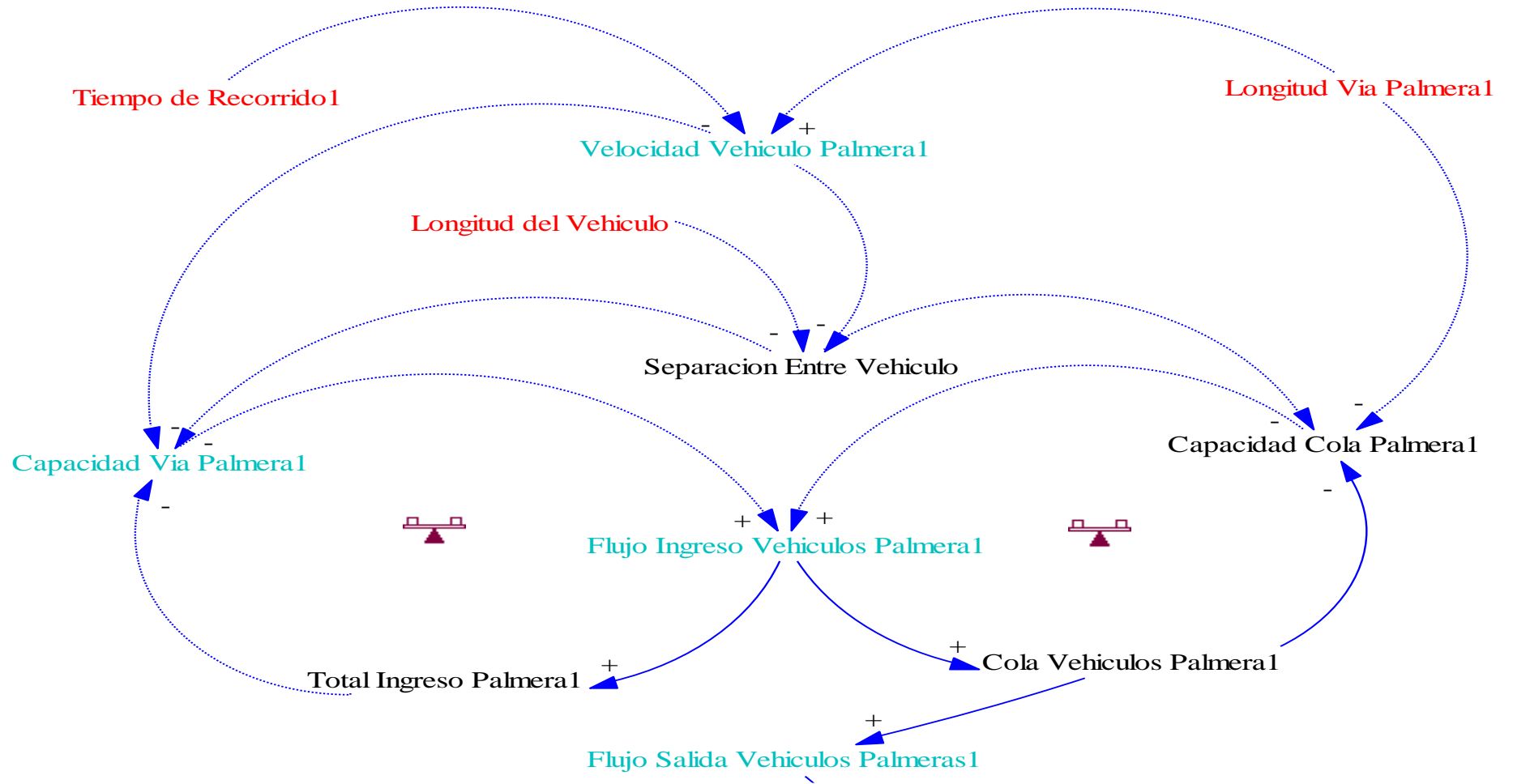
*Bucle de realimentación negativa*



Fuente elaboración propia

**Figura 23**

*Diagrama causal de la intersección Av Velasco Astete y Calle Palmeras del Distrito Wanchaq - Cusco*



Fuente elaboración propia

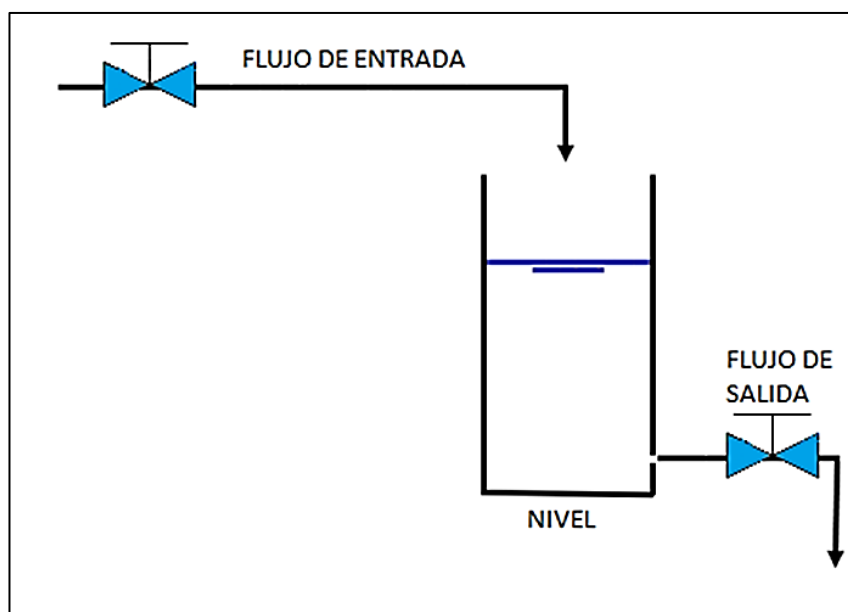
### c) Elaboración del Diagrama de Forrester

Es la representación mediante un símil hidrodinámico de acuerdo con (DE LEO, y otros, 2020), está compuesto por:

- La variable de nivel
- La variable de flujo
- La variable auxiliar
- Constantes

**Figura 24**

*Diagrama del símil hidrodinámico*



Fuente: Elaboración Propia

La variable Cola Vehículo Palmera<sup>1</sup> tiene un comportamiento como un acumulador, por tanto, se denomina una variable de estados o variable de nivel donde su representación matemática está formulada mediante la variación del tiempo.

$$\frac{dN}{dt} = F_e - F_s$$

$$N(t) = N(t_0) + \int (F_e - F_s) dt$$

Donde:

$N(t)$  = Cola Vehículos Palmera1

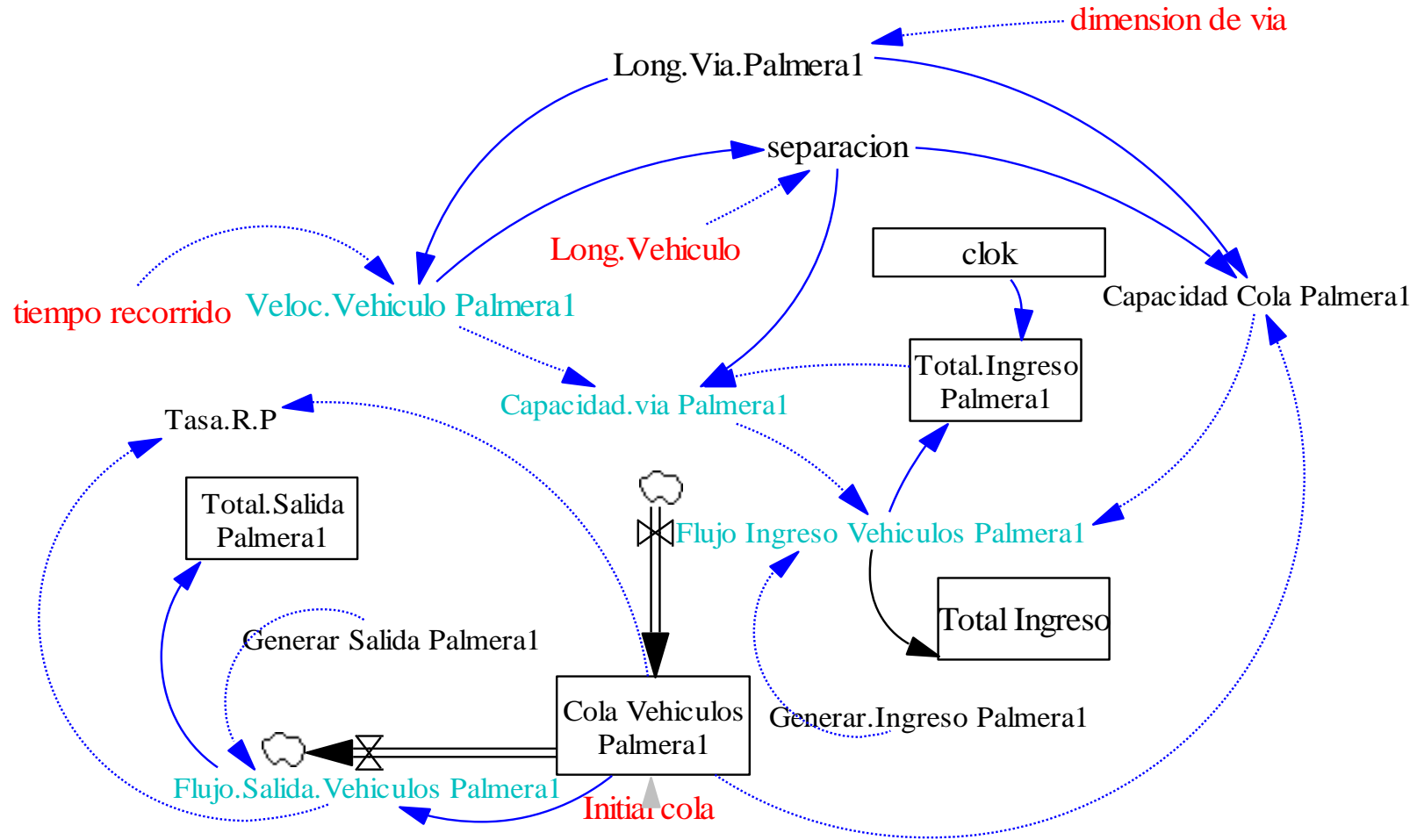
$N(t_0)$  = Cola Inicial

$F_e$  = Flujo Ingreso Vehículos Palmera1

$F_s$  = Flujo Salida Vehículos Palmera1

Figura 25

Diagrama de Forrester de la intersección de Av. Velasco Astete y Calle Palmeras del Distrito de Wanchaq-Cusco



Fuente elaboración propia

**Respecto al impacto del modelado del flujo del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.**

Para el desarrollo del segundo objetivo específico, se realizó el levantamiento del conteo del aforo vehicular, los días martes, miércoles y jueves, en las horas de 7:00 – 9:00 a.m., 12:00 – 14:00 p.m. y de 18:00 – 20:00 p.m., en horas pico por un intervalo de 15 minutos.

Es importante indicar que, en referencia al intervalo de tiempo nos alineamos al autor (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), quien manifiesta que los intervalos de tiempo son utilizados en su mayoría en el análisis de la capacidad, así mismo considera los 15 minutos, por conceptuar un intervalo corto que pueda presentar un flujo estable. Además, se tomó también de referencia el estudio realizado por (Analyzing urban traffic demand distribution and the correlation between traffic flow and the built environment based on detector data and POIs, 2018), quienes efectuaron el estudio del tráfico vehicular en horas punta en la mañana, tarde y noche.

Los datos obtenidos en levantamiento del aforo vehicular se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 14**

*Promedio vehicular que transitan*

Resumen	Promedio Vehicular que transitan			
	Primera Cuadra Calle Palmeras		Primera Cuadra Av. Velasco Astete	
	Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
Volumen	4302	4231	6069	6289
Máximo Flujo	218	203	290	300
Mínimo Flujo	139	156	211	227

Fuente: Elaboración propia



### Carril de Ingreso

En el carril de ingreso de la Primera Cuadra de la Calle las Palmeras de longitud 0.120 Km, se muestra la máxima flujo de tráfico vehicular es de 218 unidades en el horario de 19:30 a 19:45 p.m, y el mínimo flujo de tráfico es de 139 unidades en el horario de 8:45 a 9:00 a.m.

### Carril de Salida

En el carril de salida de la Primera Cuadra de la Calle las Palmeras de longitud 0.120 Km, se muestra la máxima flujo de tráfico vehicular es de 203 unidades en el horario de 19:00 a 19:15 p.m, y el mínimo flujo de tráfico es de 156 unidades en el horario de 13:00 a 13:15 p.m,

**Tabla 15**

*Flujo vehicular*

Intervalo	Promedio Flujo Vehicular			
	Primera Cuadra Calle Palmeras		Primera Cuadra Av. Velasco Astete	
	Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
07:00 - 07:15 a.m	165	178	250	236
07:15 - 07:30 a.m	163	175	256	249
07:30 - 07:45 a.m	185	199	278	279
07:45 - 08:00 a.m	180	190	282	242
08:00 - 08:15 a.m	176	184	276	248
08:15 - 08:30 a.m	183	179	266	260
08:30 - 08:45 a.m	168	181	272	256
08:45 - 09:00 a.m	139	165	270	227
12:00 - 12:15 p.m	157	159	235	252
12:15 - 12:30 p.m	184	169	230	243
12:30 - 12:45 p.m	171	167	224	247
12:45 - 13:00 p.m	170	175	233	263
13:00 - 13:15 p.m	162	156	226	251
13:15 - 13:30 a.m	170	167	243	251
13:30 - 13:45 a.m	181	164	211	256
13:45 - 14:00 a.m	170	164	233	250
18:00 - 18:15 p.m	195	189	270	282
18:15 - 18:30 p.m	186	174	254	281
18:30 - 18:45 p.m	197	174	258	292
18:45 - 19:00 p.m	203	180	275	297
19:00 - 19:15 p.m	197	203	290	300
19:15 - 19:30 p.m	193	186	263	293
19:30 - 19:45 p.m	218	188	253	291
19:45 - 20:00 p.m	190	165	223	246

Elaboración: Propia del Autor

### **Interpretación de Resultados**

En la Tabla 15, se puede observar el promedio de flujo de Ingreso y Salida de las Vías Primera Cuadra Av. Velasco Astete y la Primera Cuadra Calle Palmeras, de lo cual se resume en el siguiente análisis:

#### Primera Cuadra Calle Palmeras

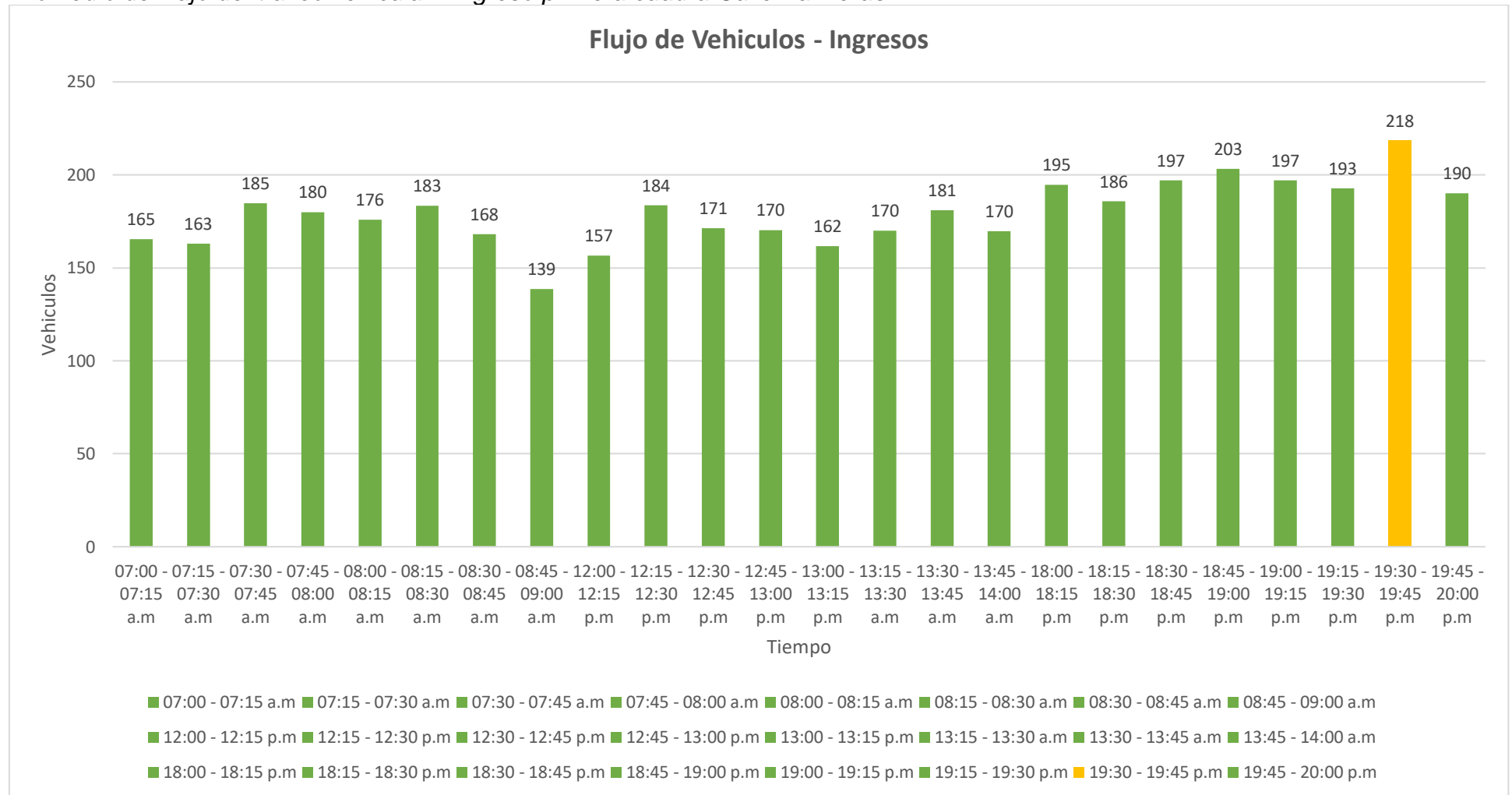
	<b>Ingreso</b>	<b>Salida</b>	<b>Ambos</b>
Volumen horario de máxima demanda (VHMDs)	4302	4231	8533

#### Primera Cuadra Av. Velasco Astete

	<b>Ingreso</b>	<b>Salida</b>	<b>Ambos</b>
Volumen horario de máxima demanda (VHMDs)	6069	6289	12358

**Figura 26**

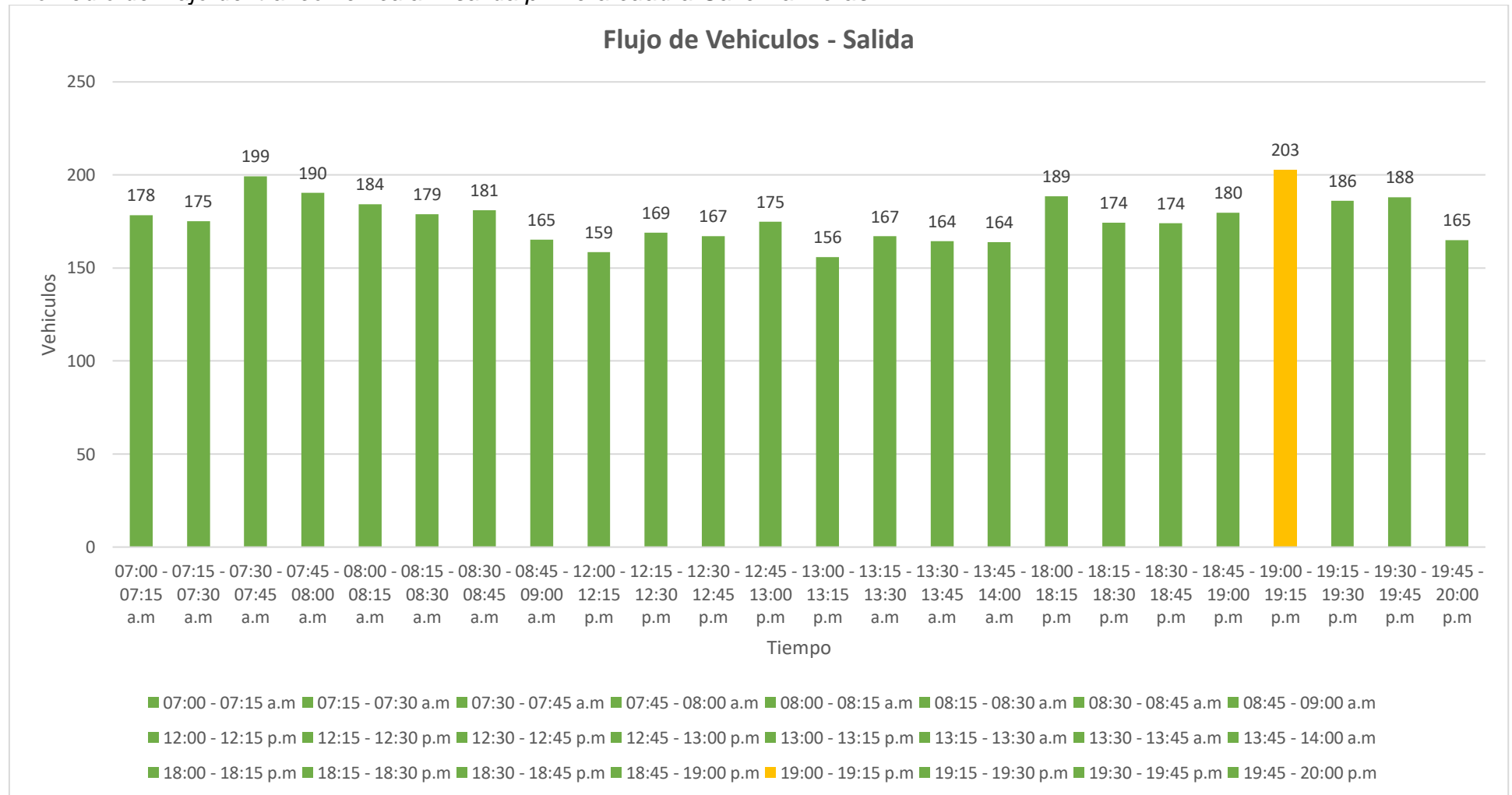
*Promedio del flujo del tráfico vehicular - ingreso primera cuadra Calle Palmeras*



Elaboración: Propia del Autor

**Figura 27**

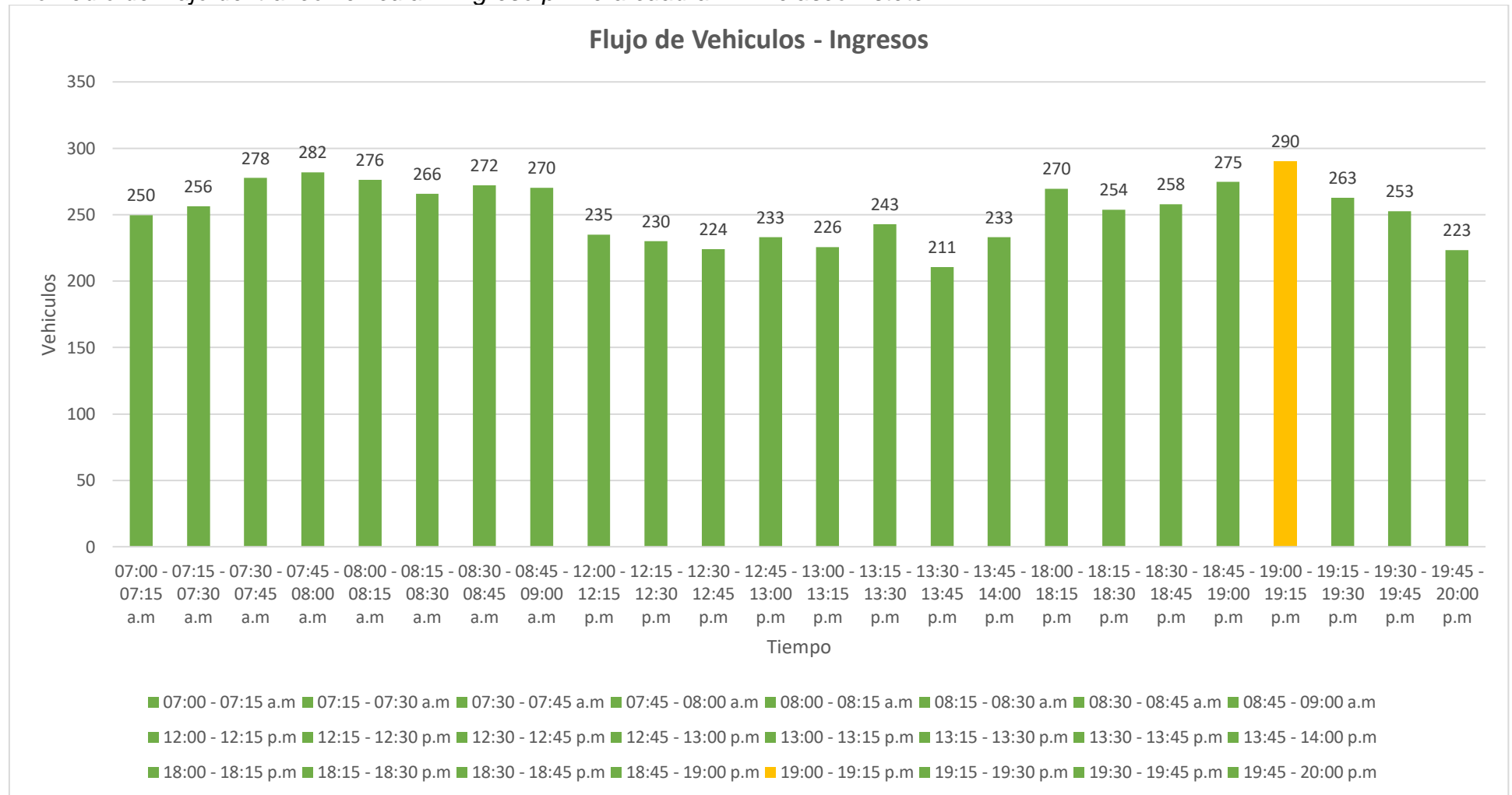
*Promedio del flujo del tráfico vehicular - salida primera cuadra Calle Palmeras*



Elaboración: Propia del Autor

**Figura 28**

*Promedio del flujo del tráfico vehicular - ingreso primera cuadra Av. Velasco Astete*



Elaboración: Propia del Autor

**Respecto al impacto del modelado de la velocidad del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.**

Para el desarrollo del tercer objetivo específico, se determina el promedio de la velocidad de las vías que representan mayor flujo en la intersección en estudio, que son la Primera Cuadra de la Av. Velasco Astete y la Primera Cuadra de la Calle Palmeras. Por ende, se hace uso de la siguiente formula:

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

Donde:

v = Velocidad

d = Distancia

t = Tiempo

Además, para determinar la velocidad se tuvo que calcular dividiendo la distancia por el promedio de los tiempos en un intervalo de tiempo (15 minutos), de acuerdo a lo que indica (CAL Y MAYOR, y otros, 2018).

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

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

Donde:

d = Distancia dada o recorrida

t = Tiempo promedio de recorrido de los vehículos

t<sub>i</sub> = Tiempo empleado por el vehículo i en recorrer la distancia d

**Tabla 16***Longitud de las vías en estudio*

Vía	Longitud vía
Primera Cuadra del Av. Velasco Astete	110 m
Primera Cuadra Calle Palmeras	120 m

Fuente: Propia del autor

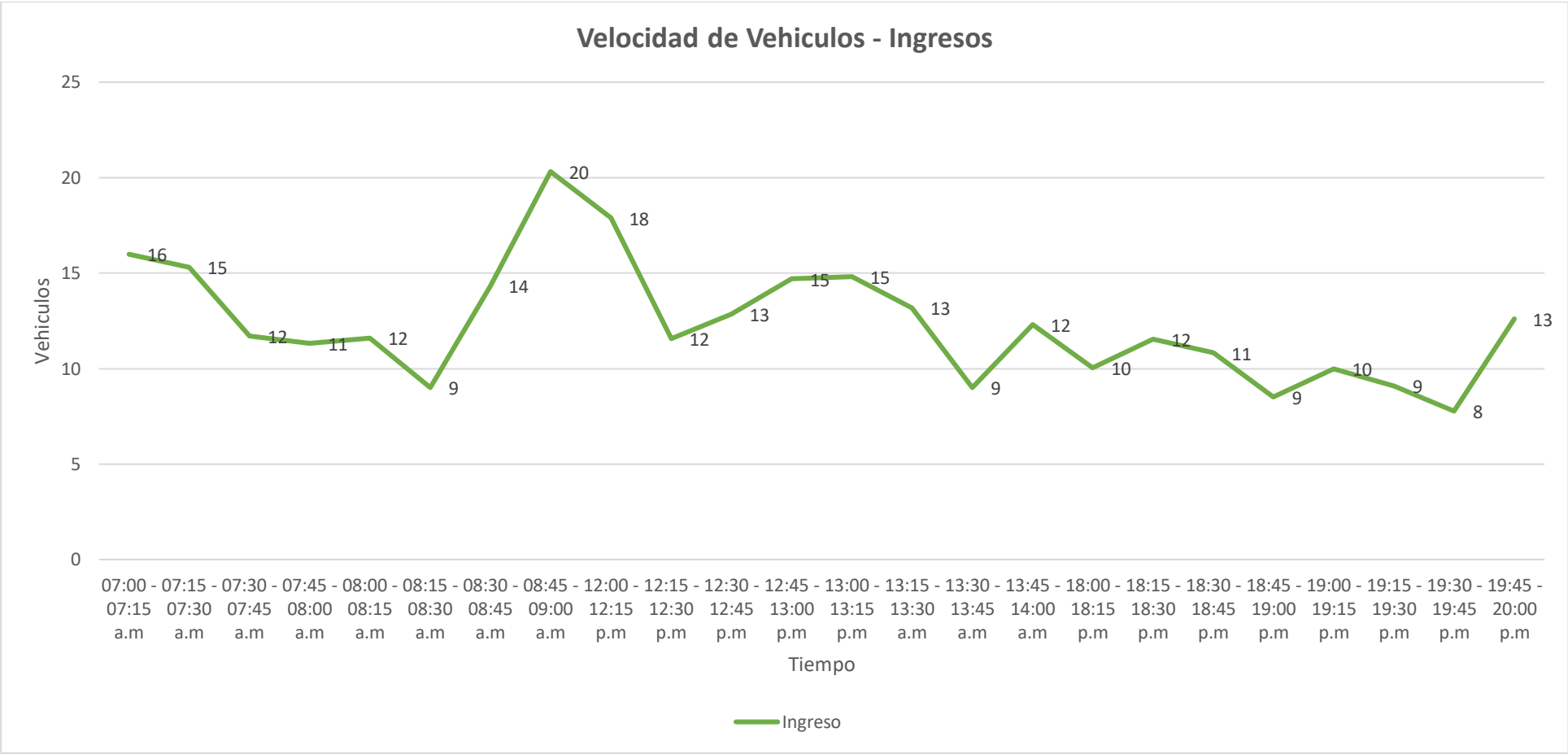
**Tabla 17***Promedio de velocidad*

Intervalo	Promedio Velocidad Vehicular			
	Primera Cuadra Calle Palmeras		Primera Cuadra Av. Velasco Astete	
	Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
07:00 - 07:15 a.m	16	9	16	12
07:15 - 07:30 a.m	15	9	16	13
07:30 - 07:45 a.m	12	8	13	10
07:45 - 08:00 a.m	11	5	10	11
08:00 - 08:15 a.m	12	5	11	11
08:15 - 08:30 a.m	9	5	11	9
08:30 - 08:45 a.m	14	4	9	11
08:45 - 09:00 a.m	20	4	10	14
12:00 - 12:15 p.m	18	12	17	12
12:15 - 12:30 p.m	12	13	18	9
12:30 - 12:45 p.m	13	13	19	9
12:45 - 13:00 p.m	15	14	20	9
13:00 - 13:15 p.m	15	15	20	10
13:15 - 13:30 a.m	13	9	14	9
13:30 - 13:45 a.m	9	12	21	7
13:45 - 14:00 a.m	12	11	16	9
18:00 - 18:15 p.m	10	8	12	8
18:15 - 18:30 p.m	12	10	16	8
18:30 - 18:45 p.m	11	7	12	8
18:45 - 19:00 p.m	9	9	12	7
19:00 - 19:15 p.m	10	6	11	8
19:15 - 19:30 p.m	9	7	12	7
19:30 - 19:45 p.m	8	9	14	6
19:45 - 20:00 p.m	13	15	18	9

Fuente: Propia del autor

**Figura 29**

*Promedio de velocidad ingreso - primera cuadra Calle Palmeras*

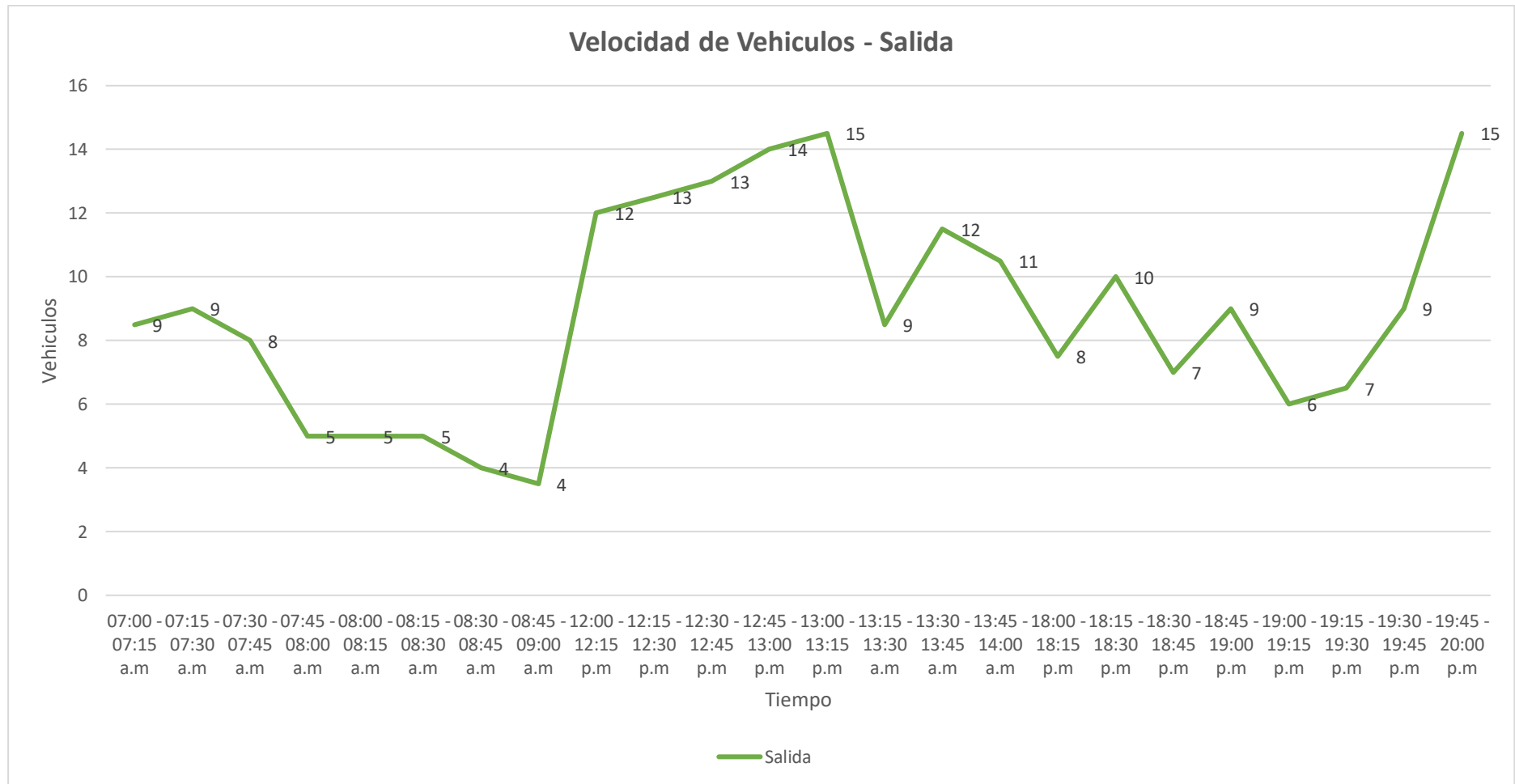


Fuente: Propia del autor



**Figura 30**

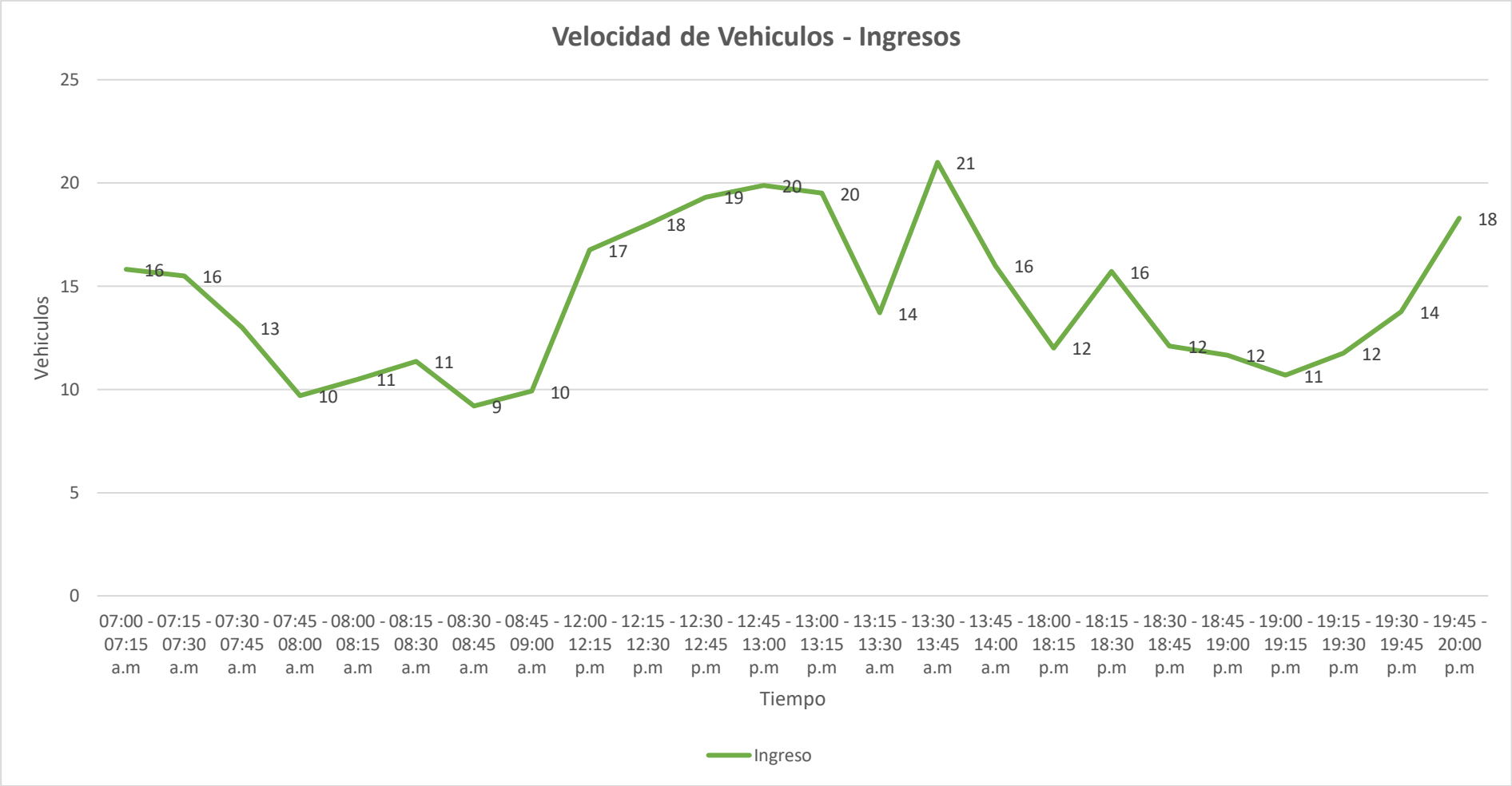
*Promedio de velocidad salida - primera cuadra Calle Palmeras*



Fuente: Propia del autor

**Figura 31**

*Promedio de velocidad ingreso - primera cuadra Av. Velasco Astete*



Fuente: Propia del autor

## **Interpretación de Resultados**

### **Carril de Ingreso**

En el carril de ingreso de la Primera Cuadra de la Calle las Palmeras de longitud 0.120 Km, se muestra la máxima velocidad de 20 Km/hr en el horario de 8:45 a 9:00 a.m, y el mínimo velocidad de 8 km/hr en el horario de 19:30 a 19:45 p.m.

### **Carril de Salida**

En el carril de Salida de la Primera Cuadra de la Calle las Palmeras de longitud 0.120 Km, se muestra la máxima velocidad de 15 Km/hr en el horario de 19:45 a 20:00 p.m, y el mínimo velocidad de 4 km/hr en el horario de 8:45 a 9:00 a.m.,

## **Respecto al impacto del modelado de la densidad del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.**

Para el desarrollo del cuarto objetivo específico, luego de obtenido los datos del levantamiento del aforo vehicular, previamente se desarrolló los cálculos de la tasa de flujo y velocidad en un periodo de 15 minutos, formulas obtenidas del autor (CAL Y MAYOR, y otros, 2018), de acuerdo con la siguiente formula.

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

q: taza de flujo

N: volumen

t : tiempo

K: Densidad

$$K = \frac{q}{V}$$

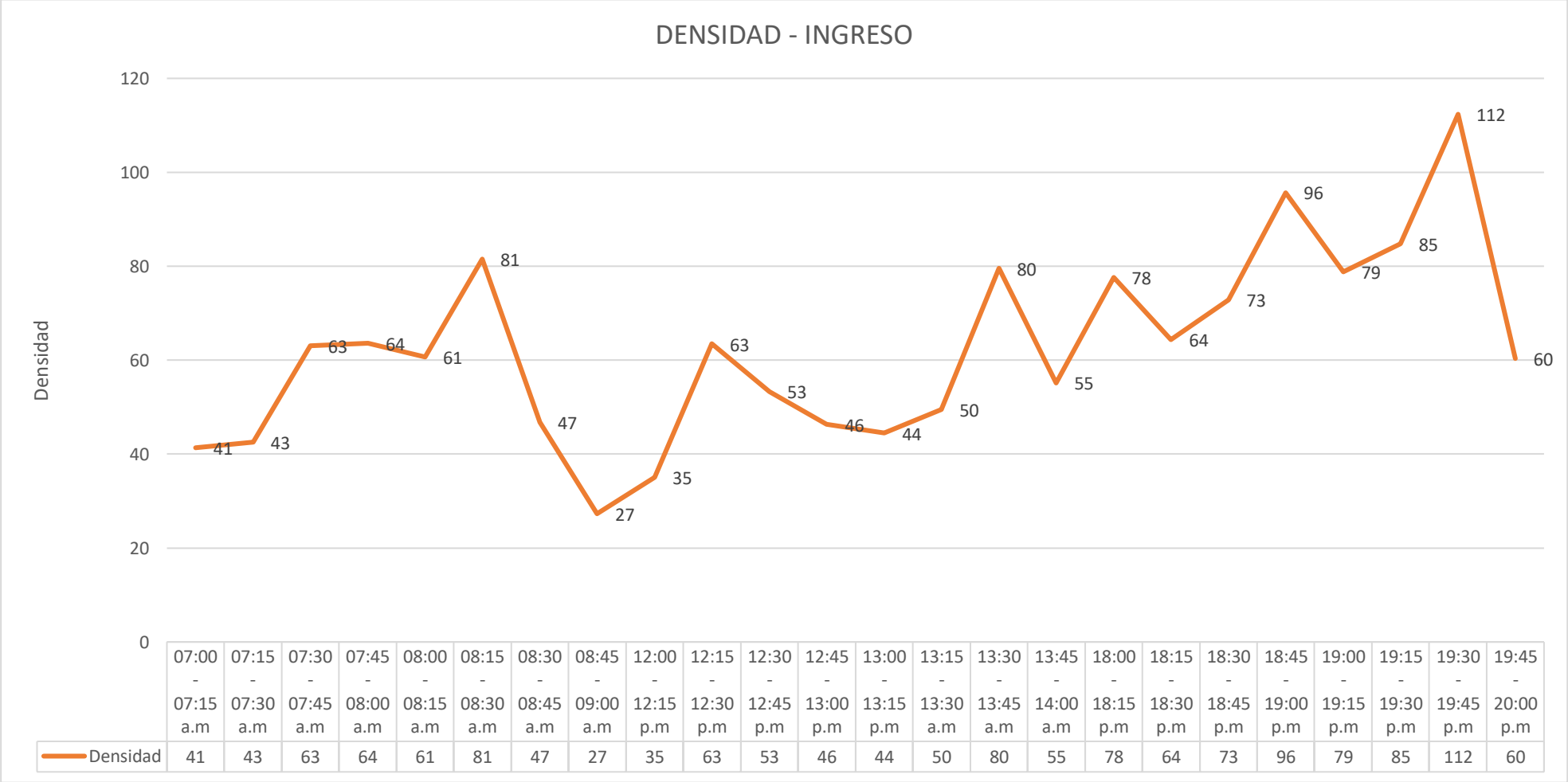
**Tabla 18***Densidad – primera cuadra Calle Palmeras*

Intervalos	Ingreso			Salida		
	Tasa de flujo veh/hr	velocidad km/hr	densidad veh/km	Tasa de flujo veh/hr	velocidad km/hr	densidad veh/km
07:00 - 07:15 a.m	661	16	41	741	9	87
07:15 - 07:30 a.m	652	15	43	732	9	81
07:30 - 07:45 a.m	739	12	63	787	8	98
07:45 - 08:00 a.m	720	11	64	788	5	158
08:00 - 08:15 a.m	704	12	61	788	5	158
08:15 - 08:30 a.m	733	9	81	752	5	150
08:30 - 08:45 a.m	672	14	47	775	4	194
08:45 - 09:00 a.m	555	20	27	773	4	221
12:00 - 12:15 p.m	627	18	35	625	12	52
12:15 - 12:30 p.m	735	12	63	641	13	51
12:30 - 12:45 p.m	685	13	53	640	13	49
12:45 - 13:00 p.m	681	15	46	653	14	47
13:00 - 13:15 p.m	659	15	44	601	15	41
13:15 - 13:30 a.m	652	13	50	667	9	78
13:30 - 13:45 a.m	716	9	80	635	12	55
13:45 - 14:00 a.m	679	12	55	653	11	62
18:00 - 18:15 p.m	779	10	78	751	8	100
18:15 - 18:30 p.m	743	12	64	687	10	69
18:30 - 18:45 p.m	788	11	73	712	7	102
18:45 - 19:00 p.m	813	9	96	695	9	77
19:00 - 19:15 p.m	788	10	79	809	6	135
19:15 - 19:30 p.m	771	9	85	737	7	113
19:30 - 19:45 p.m	873	8	112	696	9	77
19:45 - 20:00 p.m	760	13	60	584	15	40

Elaboración: Propia del Autor

**Figura 32**

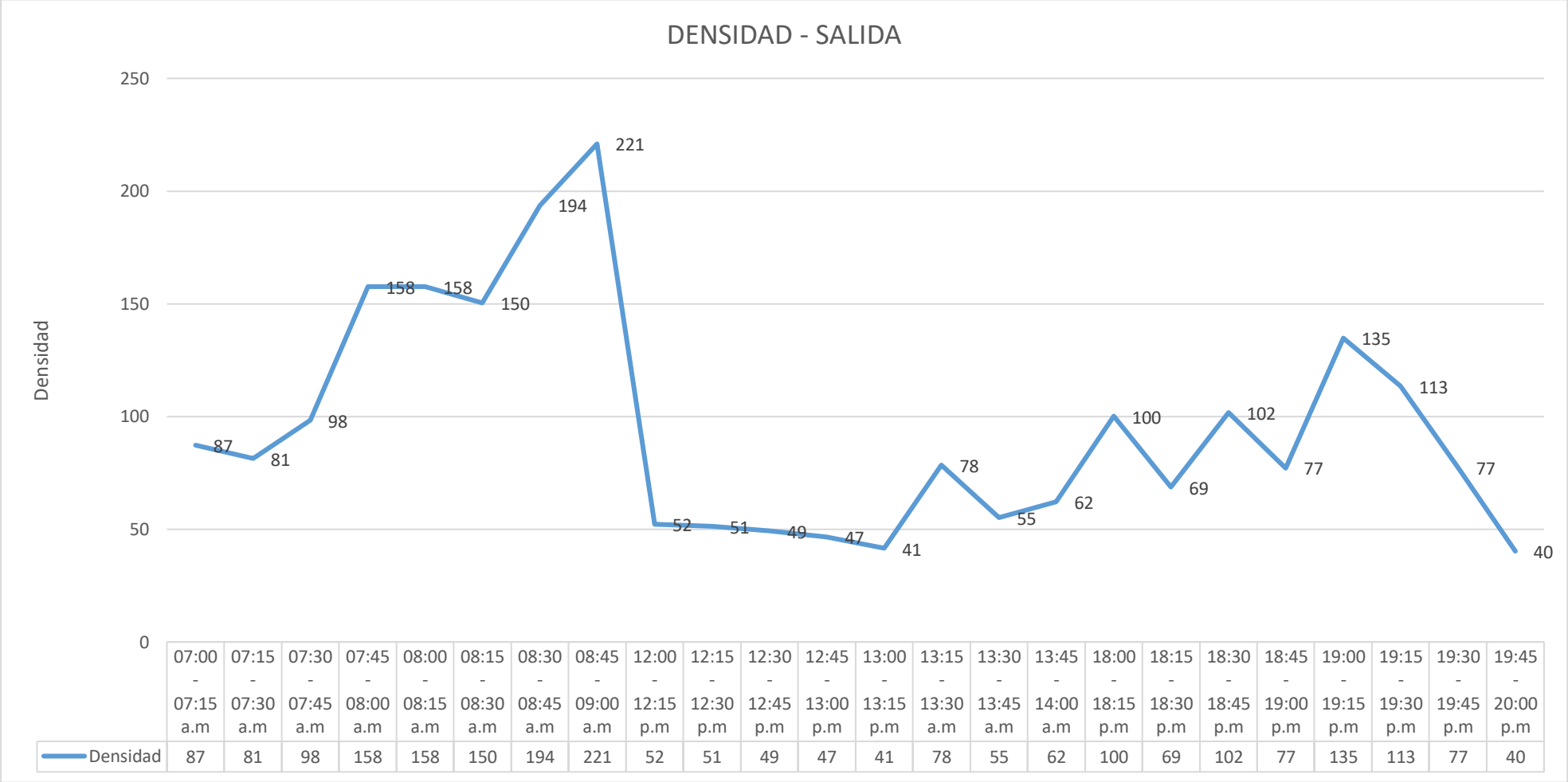
*Densidad del tráfico vehicular – ingreso primera cuadra Calle Palmeras*



Elaboración: Propia del Autor

**Figura 33**

*Densidad –salida primera cuadra Calle Palmeras*



Elaboración: Propia del Autor

## **Interpretación de Resultados**

### **Carril de Ingreso**

En el carril de ingreso de la Primera Cuadra de la Calle las Palmeras de longitud 0.120 Km, se muestra la máxima densidad es 112 veh/km en el horario de 19:30 a 19:45 p.m, además podemos indicar que se tiene 13 vehículos como promedio en el respectivo tramo. Por otra parte, la mínima densidad es 27 veh/km en el horario de 8:45 a 9:00 a.m,

### **Carril de Salida**

En el carril de Salida de la Primera Cuadra de la calle Palmeras de longitud 0.120 Km, se muestra la máxima densidad es 221 veh/km en el horario de 08:45 - 09:00 a.m, además podemos indicar que el carril se encuentra saturado de vehículos. Por otra parte, la mínima densidad es 40 veh/km en el horario de 19:45 - 20:00 p.m,

**Tabla 19***Densidad – primera cuadra Av. Velasco Astete*

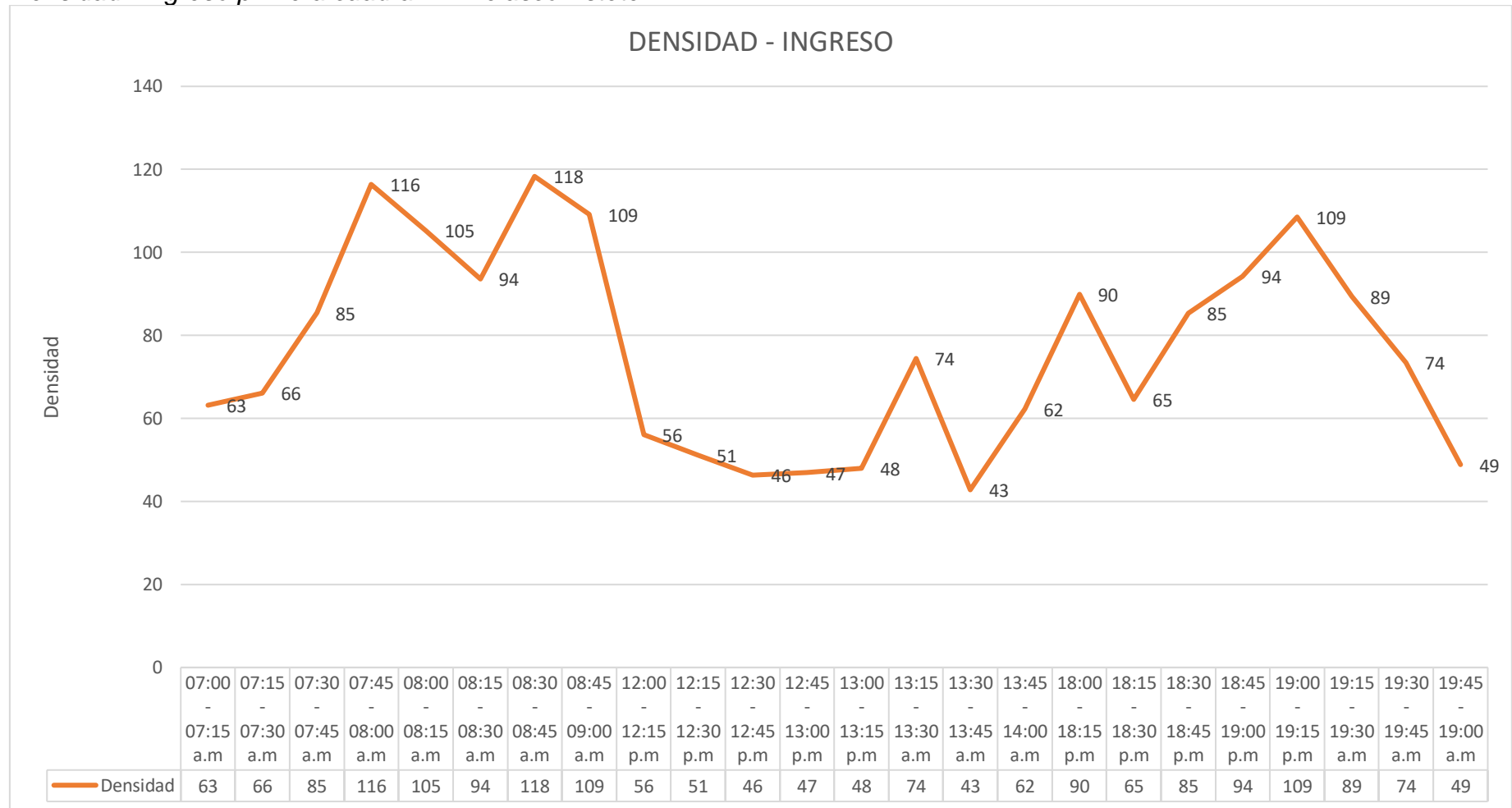
Intervalos	Ingreso			Salida		
	Tasa de flujo veh/hr	velocidad km/hr	Densidad veh/km	Tasa de flujo veh/hr	velocidad km/hr	Densidad veh/km
07:00 - 07:15 a.m	999	16	63	915	12	76
07:15 - 07:30 a.m	1025	16	66	932	13	72
07:30 - 07:45 a.m	1111	13	85	1065	10	112
07:45 - 08:00 a.m	1128	10	116	949	11	90
08:00 - 08:15 a.m	1105	11	105	961	11	87
08:15 - 08:30 a.m	1063	11	94	1032	9	121
08:30 - 08:45 a.m	1088	9	118	1000	11	95
08:45 - 09:00 a.m	1081	10	109	831	14	62
12:00 - 12:15 p.m	940	17	56	988	12	82
12:15 - 12:30 p.m	920	18	51	1053	9	117
12:30 - 12:45 p.m	896	19	46	1037	9	115
12:45 - 13:00 p.m	932	20	47	1093	9	121
13:00 - 13:15 p.m	936	20	48	1036	10	104
13:15 - 13:30 a.m	1020	14	74	1065	9	125
13:30 - 13:45 a.m	899	21	43	1151	7	164
13:45 - 14:00 a.m	996	16	62	1073	9	126
18:00 - 18:15 p.m	1079	12	90	1132	8	142
18:15 - 18:30 p.m	1015	16	65	1149	8	144
18:30 - 18:45 p.m	1032	12	85	1219	8	162
18:45 - 19:00 p.m	1099	12	94	1253	7	179
19:00 - 19:15 p.m	1160	11	109	1183	8	158
19:15 - 19:30 a.m	1051	12	89	1204	7	185
19:30 - 19:45 a.m	1011	14	74	1324	6	221
19:45 - 19:00 a.m	893	18	49	1161	9	137

Elaboración: Propia del Autor



**Figura 34**

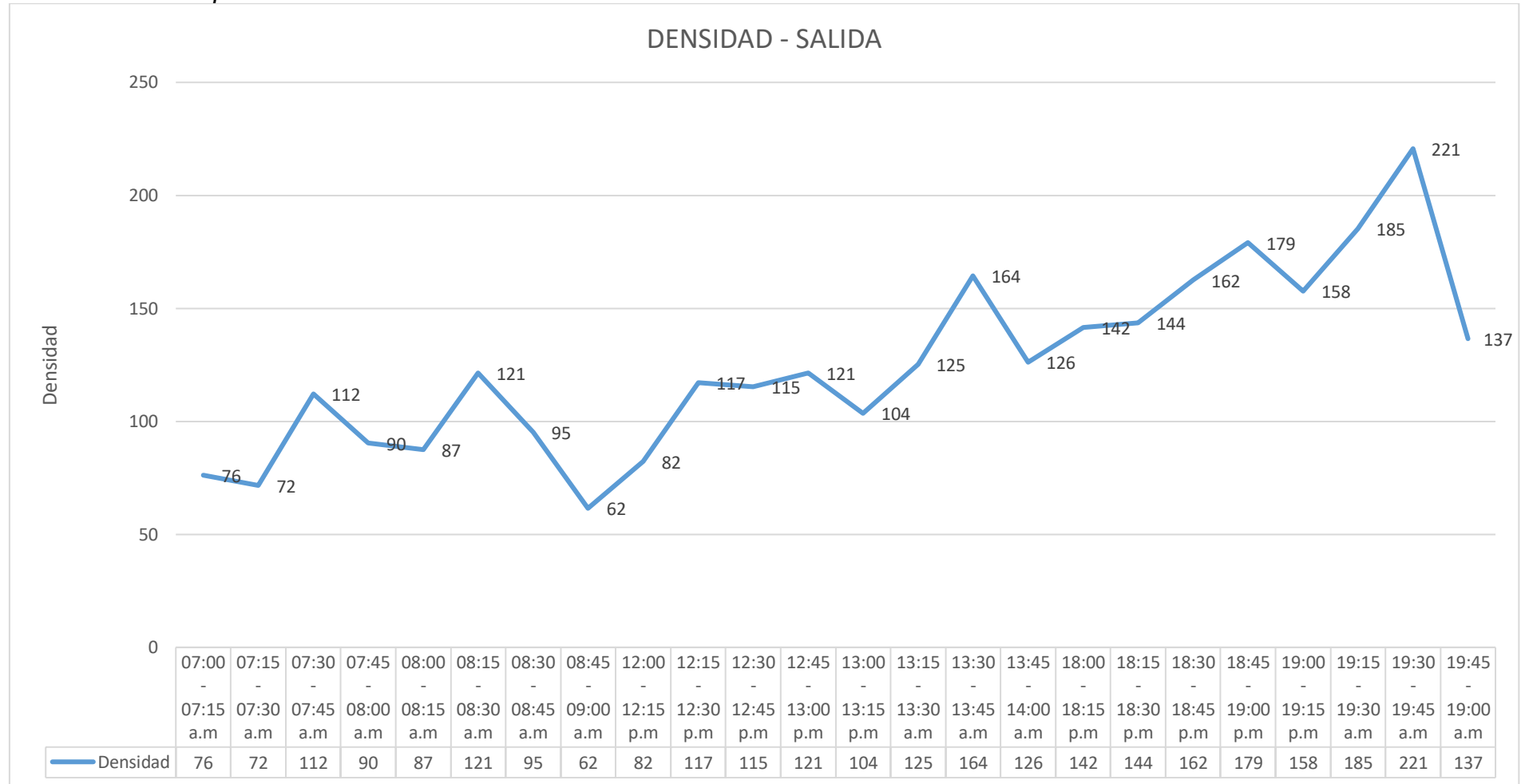
*Densidad –ingreso primera cuadra Av. Velasco Astete*



Elaboración: Propia del Autor

**Figura 35**

*Densidad –salida primera cuadra Av. Velasco Astete*



Elaboración: Propia del Autor

## **Respecto al Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.**

En cuanto al desarrollo del quinto objetivo específico se desarrolla las actividades de levantamiento Topográfico de la Geometría vial, desarrollo de la Capacidad de la Vía y la descripción de la Geometría de la Vía actual.

### **a) Levantamiento Topográfico de la Geometría vial**

Se realizó con el reconocimiento de la intersección, con la finalidad de plasmar un diseño geométrico, presenciando el desorden del tráfico de los vehículos. Además, para el levantamiento de la topografía se utilizó los siguientes equipos.

- Estación total
- Prismas
- Cámara fotográfica
- Radio de comunicaciones

### **Figura 36**

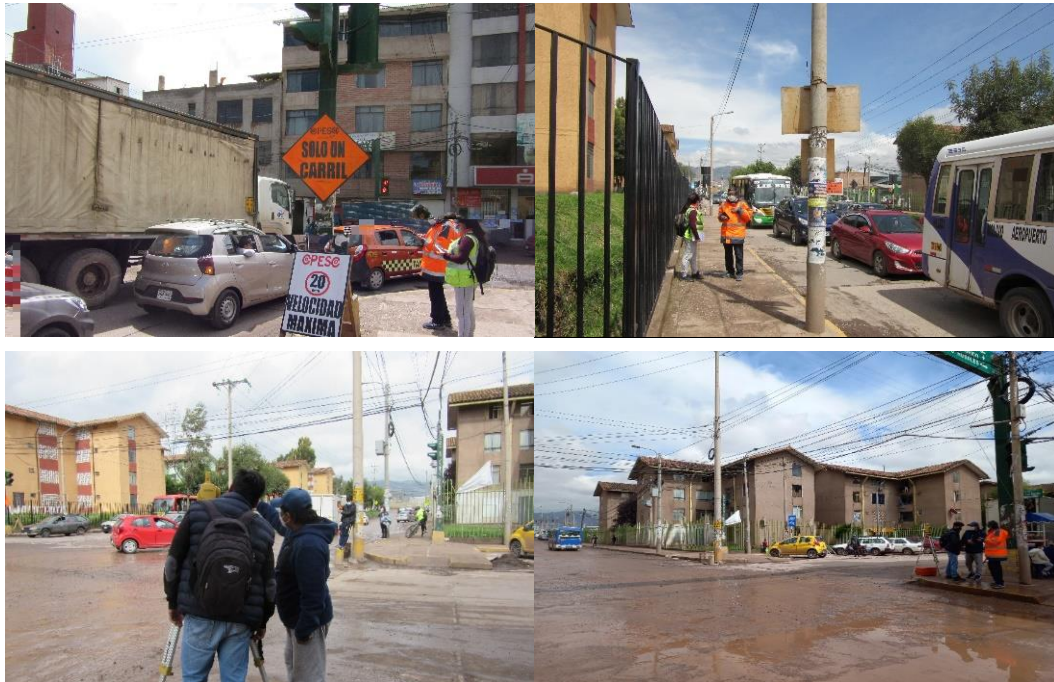
*Primera Cuadra Av. Velasco Astete*



**Nota:** Vista de la Primera Cuadra – Av. Velasco Astete, identificación de la señalización y dirección de tránsito.

### Figura 37

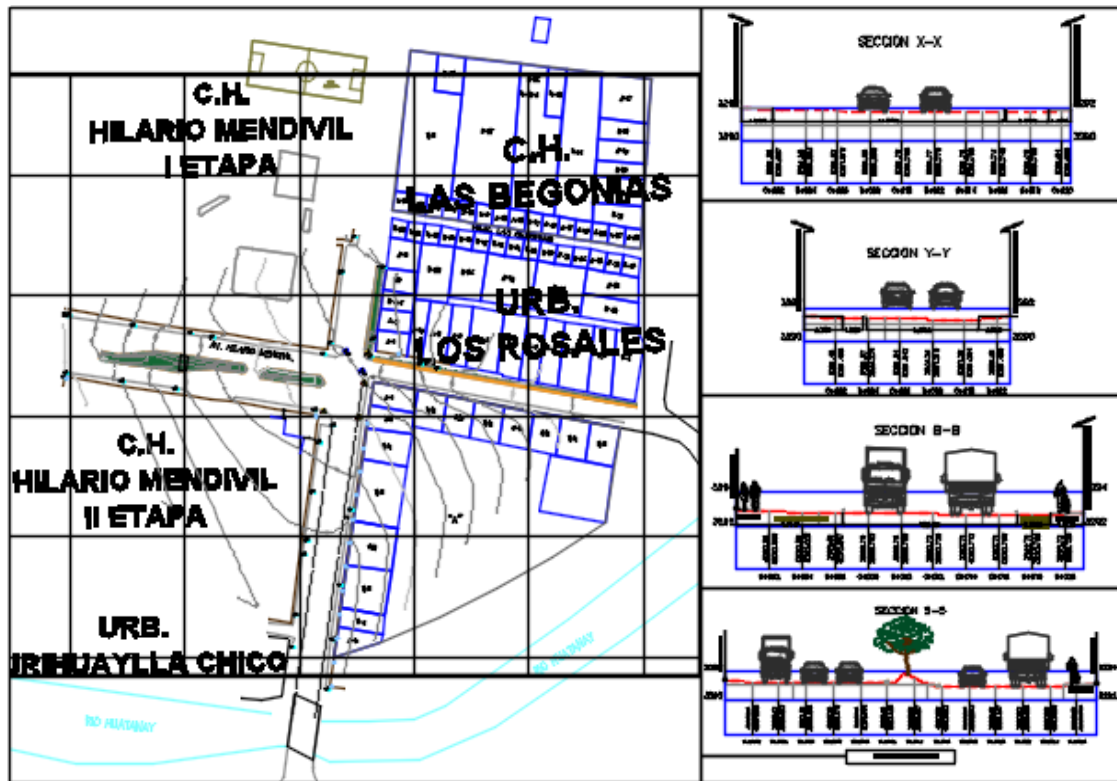
*Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras*



**Nota:** Levantamiento topográfico de la zona de estudio.

**Figura 38**

*Diseño geométrico de la vía actual - intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras*



Nota: Sección de corte de la vía

**b) Capacidad de la Vía**

El estudio de la capacidad de la vía como lo indica el autor (Study on Capacity of Road with Vehicle Characteristics and Road Geometrics, 2018), en su estudio de Capacidad de Carretera con Características Vehiculares y Geometría Vial, es de suma importancia para mejorar las características geométricas de la vía.

**c) Geometría de la Vía actual**

Por otra parte, en cuanto al Diseño Geométrico, primeramente, se definió las características de la vía, y la clasificación a la que pertenece las vías en estudios de acuerdo a la demanda.

**Tabla 20***Clasificación de las carreteras*

<b>CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS</b>	<b>IMDA (VEH/DIA)</b>	<b>SEPARADOR (m)</b>	<b>CARRILES</b>	<b>MEDIDA (m)</b>	<b>FLUJO</b>	<b>CRUCE</b>	<b>SUPERFICIE</b>
Autopistas de Primera Clase	Mayor a 6000	6	2 o mas	3,6	continuo	no	pavimentada
Autopistas de Segunda Clase	6000-4001	6-1	2	3,6	continuo	si	pavimentada
Carreteras de Primera Clase	4000-2001		2	3,6		si	pavimentada
Carreteras de Segunda Clase	2000-400		2	3,3		si	pavimentada
Carreteras de Tercera Clase	Menor a 400		2	3			pavimentada afirmada
Trochas Carrozables	<Menor a 200			4			afirmada o no

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

Además, de acuerdo al cálculo del IMDA de cada vía lo clasificamos en:

**Tabla 21***Clasificación de la vía de acuerdo al IMDA*

<b>Vía</b>	<b>IMDA</b>	<b>N° De Carriles</b>	<b>Superficie</b>	<b>Clasificación</b>
1ra Cuadra Calle Palmeras	8526	2	pavimentada	Autopistas de Primera Clase
2da Cuadra Calle Palmeras	476	2	pavimentada	Carreteras de Segunda Clase
1ra Cuadra Av. Velasco Astete	12492	5	pavimentada	Autopistas de Primera Clase
2da Cuadra Av. Velasco Astete	3913	2	pavimentada	Carreteras de Primera Clase

Fuente: Elaboración Propia

posteriormente se determinó el tipo de terreno de acuerdo a la tabla de clasificación de orografía del manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018

**Tabla 22**

## Clasificación de orografía

Clasificación Por Orografía	Pendiente Transversal	Pendiente Longitudinal
Terreno plano (Tipo 1)	Menor Igual a 10%	Menor a (3%)
Terreno ondulado (Tipo 2)	11% - 50%	3% - 6%
Terreno accidentado (Tipo 3)	51% - 100%	6% - 8%
Terreno escarpado (Tipo 4)	Mayor a 100%	Mayor a 8%

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

Seguidamente se determinó el tipo de terreno en la intersección como se observa en la tabla de resultado.

**Tabla 23**

## Tipo de terreno

Vía	Pendiente Longitudinal	Nº De Carriles	Clasificación Orografía
1ra Cuadra Calle las Palmeras	-0.17% - 2.49%	2	Terreno Plano
2da Cuadra Calle las Palmeras	-0.86%	2	Terreno Plano
1ra Cuadra Av. Velasco Astete	-3.03% - -0.28%	5	Terreno Plano
2da Cuadra Av. Velasco Astete	-1.90% - -3.23%	2	Terreno Plano

Fuente: Elaboración Propia

Para la selección del vehículo de diseño se toma en cuenta la siguiente tabla datos básicos de los vehículos de tipo M para el dimensionamiento de la vía.

**Tabla 24***Datos básicos de vehículos de tipo M para el dimensionamiento de carreteras*

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

Para determinar el vehículo de diseño, se considera las dimensiones enmarcadas en el Manual de Diseño Geométrico DG – 2018.

**Tabla 25**

*Dimensiones de los vehículos de diseño*

VEHÍCULOS DE DISEÑO	DIMENSION			SELECCIÓN
	ANCHO	LARGO	ALTURA	
Ligeros	2,1	5,8	1,3	NO
Pesados (T3S3)	2.6	20.50	4,1	SI

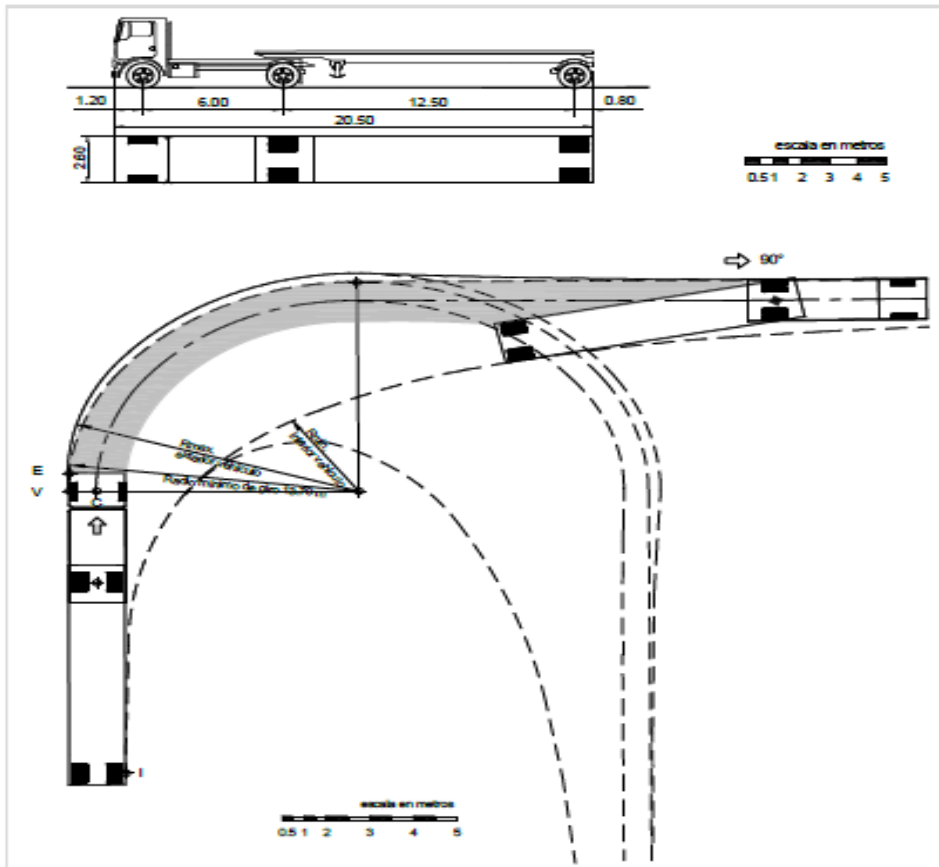
Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

Para determinar el radio de giro se considera el vehículo de diseño que presenta en la tabla anterior, de mayor longitud que transita por la zona de estudio y que fueron observadas en el levantamiento del aforo vehicular.



**Figura 39**

*Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) trayectoria 90°*



Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

A continuación, los siguientes datos son tomados en cuenta para el diseño de la curva con su respectivo ángulo de giro del vehículo de mayor dimensión que transita en la zona de estudio.

**Tabla 26**

*Dimensiones y ángulo de giro de T3S3*

TIPO DE VEHICULO	DIMENSION		ANGULO
PESADO	ANCHO	LARGO	TRAYECTORIA
T3S3	2.6	20.50	90°

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

Para determinar la velocidad de diseño se tiene en cuenta los rangos de la velocidad de diseño en función al tipo de vía.

**Tabla 27**

*Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.*

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
<b>Autopista de primera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Autopista de segunda clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de primera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de segunda clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de tercera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la velocidad de diseño, que muestra una velocidad mínima de 80 Km/hr, este resultado se ajusta a una autopista. Por lo tanto, la zona de estudio está conformada por avenida y calle donde la velocidad máxima es de 30 Km/h en zona urbana, por tal motivo no podemos diseñar a con estas características.

**Tabla 28**

*Velocidad de diseño de acuerdo al tipo de la vía*

Vía	Clasificación	Orografía	Velocidad Diseño (Km/hr)
1ra Cuadra Calle Palmeras	Autopista de Primera Clase	Plano	80 - 130
1ra Cuadra Av. Velasco Astete	Autopista de Primera Clase	Plano	80 - 130

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

Entonces para mejorar la circulación de los vehículos se toma en cuenta el rediseño de la curva para darle fluidez, es por eso que se considera la velocidad de operación para el diseño de la curva horizontal.

**Tabla 29**

*Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación*

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V_{85} = 102.10 - \frac{3077.13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V_{85} = 105.98 - \frac{3709.90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V_{85} = 104.82 - \frac{3574.51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V_{85} = 96.61 - \frac{2752.19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V_{85} = 105.32 - \frac{3438.19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad ( $K \leq 43$ m / %)	$V_{85} = 103.24 - \frac{3576.51}{R}$ ; (nota 2)
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	$V_{85}$ se asume como la velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada ( $K > 43$ m / %) sobre recta horizontal	$V_{85}$ se asume como la velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada ( $K \leq 43$ m / %) sobre recta horizontal	$V_{85} = 105.08 - \frac{149.69}{K}$

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG - 2018

**Tabla 30**

*Tipo de pendientes y ecuaciones para las vías en estudio*

Vía	Pendiente	Ecuación
1ra Cuadra Calle Palmeras	-0.17% - 2.49%	$V_{85} = 105.98 - \frac{3709.90}{R}$
1ra Cuadra Av. Velasco Astete	-3.03% - -0.28% REVISAR	$V_{85} = 105.98 - \frac{3709.90}{R}$

Fuente: Elaboración Propia del autor

### Velocidad de operación

Un concepto utilizado para una mejor estimación de la velocidad de operación, es el mencionado percentil 85 de la velocidad, que consiste en señalar a la velocidad

bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando de esta manera la velocidad de operación en cada punto de la vía, del análisis realizado se constituye el método más común, para evaluar la consistencia del diseño geométrico.

**Tabla 31**

Percentiles de la vía

Percentiles	1ra Cuadra Calle Palmeras	1ra Cuadra Av. Velasco Astete
85	15,25	19,25
95	19,50	20,75

**Tabla 32**

*Determinación del radio de la curva circular*

Vehículo tipo	Ángulo de Giro (°)	Curva Circular Radios (m)	Curva compuesta de tres centros simétrica (Figura 502.03)	
			Radios (*) (m)	Desplazamiento (m)
VL VP VA	25	18.00 30.00 60.00	----- ----- -----	----- ----- -----
VL VP VA	45	15.00 22.50 50.00	60.0 ---- 30 ---- 60.0	----- ----- 0.90
VL VP VA	60	12.00 18.00 -----	----- ----- 60.0 ---- 22.5 ---- 60.0	----- ----- 1.65
VL VP VA	75	10.50 16.50 -----	30.0 ---- 7.5 ---- 30.0 36.0 ---- 13.5 ---- 36.0 45.0 ---- 15.0 ---- 45.0	0.60 0.60 1.80
VL VP VA	90	9.00 15.00 -----	30.0 ---- 6.0 ---- 30.0 36.0 ---- 12.0 ---- 36.0 55.0 ---- 18.0 ---- 55.0	0.75 0.60 1.80
VL VP VA	105	----- ----- -----	30.0 ---- 6.0 ---- 30.0 30.0 ---- 10.5 ---- 30.0 55.0 ---- 13.5 ---- 55.0	0.75 0.90 2.40
VL VP VA	120	----- ----- -----	30.0 ---- 6.0 ---- 30.0 30.0 ---- 9.0 ---- 30.0 55.0 ---- 12.0 ---- 55.0	0.60 0.90 2.55
VL VP VA	135	----- ----- -----	30.0 ---- 6.0 ---- 30.0 30.0 ---- 9.0 ---- 30.0 48.0 ---- 10.5 ---- 48.0	0.45 1.20 2.70
VL VP VA	150	----- ----- -----	22.5 ---- 5.4 ---- 22.5 30.0 ---- 9.0 ---- 30.0 48.0 ---- 10.5 ---- 48.0	0.60 1.20 2.10
VL VP VA	180	----- ----- -----	15.0 ---- 4.5 ---- 15.0 30.0 ---- 9.0 ---- 30.0 40.0 ---- 7.5 ---- 40.0	0.15 0.45 2.85

(\*) Radios mínimos al borde interior del pavimento en la curva.

Se seleccionó el percentil de  $V_{85} = 15\text{Km/h}$  como velocidad de diseño y tomando en referencia la tabla radios mínimos en intersecciones con un ángulo de giro de  $90^\circ$ , la curva circular de radio sería 15m.

## **Describir cual es el diseño de la estructura de pavimento en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras**

Se propone un diseño de pavimento para la vía en estudio. Desarrollado bajo la metodología AASHTO 93, para lo cual se realizó los siguientes pasos.

### **DISEÑO DE PAVIMIENTO RIGIDO – METODO AASHTO**

#### **Parámetros de CBR.**

Los parámetros de **CBR**, muestra realizada en la Primera Cuadra de Palmeras obtenidos a partir de los ensayos con PDC In Situ y Ensayos de CBR en Laboratorio, de acuerdo a la información proporcionada por Estudio De Mecánica De Suelos – Proyecto: "Mejoramiento Del Servicio De Transpirabilidad Vehicular Y Peatonal En La Urb. Velasco Astete, Urb. Hilario Mendivil, Tramo: Puente Agua Buena - Aeropuerto Alejandro Velasco Astete, Distritos De Wanchaq Y San Sebastián, Provincia Y Departamento Del Cusco". Ubicación: Puente Agua Buena Distrito de Wanchaq – San Sebastián – Prov. Cusco – Región Cusco

**Figura 40**

*Ubicación de calicata C8*



Fuente: Proyecto Especial Regional Plan COPESCO

**Tabla 33***Pozos y/o calicatas según característica de estratos – sector 2*

Pozos y/o Calicatas (C)	Caracterización de Estratos		
	Estrato (E)	Profundidad	CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) DE LA SUB RASANTE (%)
<b>SECTOR 1: FRENTERA DEL AEROPUERTO.</b>			
C-01 Sector 1	E-02	0.50 m - 1.50 m	13.39
C-02 Sector 1	E-02	0.55 m - 1.50 m	20.09
C-03 Sector 1	E-02	0.49 m - 1.50 m	22.07
C-04 Sector 1	E-02	0.40 m - 1.50 m	18.10
C-05 Sector 1	E-02	0.45 m - 1.50 m	14.17
<b>Valor de diseño:</b>			<b>13.39.</b>
<b>SECTOR 2: ADYACENTE A CONDOMINIO HILARIO MEDIVIL.</b>			
C-06 Sector 2	E-02	0.57 m - 1.50 m	15.50
C-07 Sector 2	E-02	0.48 m - 1.50 m	19.09
C-08 Sector 2	E-02	0.46 m - 1.50 m	25.04
C-09 Sector 2	E-02	0.53 m - 1.50 m	9.97
<b>Valor de diseño:</b>			<b>9.97.</b>

Fuente: Proyecto Especial Regional Plan COPESCO

**Tabla 34***Sector 02: adyacente a condómino Hilario Mendivil - CBR*

<b>SECTOR 2: ADYACENTE A CONDOMINIO HILARIO MEDIVIL.</b>			
C-06 Sector 2	E-02	0.57 m - 1.50 m	15.50
C-07 Sector 2	E-02	0.48 m - 1.50 m	19.09
C-08 Sector 2	E-02	0.46 m - 1.50 m	25.04
C-09 Sector 2	E-02	0.53 m - 1.50 m	9.97

Fuente: Proyecto Especial Regional Plan COPESCO



**CBR**

CBR = 25.04

**Vida útil en años**

n = 20 años

**Tasa de Crecimiento**

Tasa de crecimiento Ligero = 0.75

Tasa de crecimiento Pesado = 4.43

r = 0.04

$$T_n = T_0(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

Tn = Tc =Transito proyectado al año “n” en veh/día

To = Transito actual (año base 0) en veh/día

n = Número de años del periodo de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del Transito

Tc = 0.04

**Tabla 35**

**Cálculo del IMDA**

VIA	IMD	VEHICULOS LIGEROS							VEHICULOS PESADOS								TOTAL		
		CAMIONETAS			BUS				CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
		AUTOMOVIL	PICK UP	RURAL CAMB	2E	≥ 3E	4E	2E	3E	4E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	≥ 3T3	
1ra Cuadra Las Palmas	IMDs	6,009	1,248	230	319	68	7	489	82	11	3	2	9	48	1	1	0	0	8,526
	IMDA	5,318	1,229	226	314	67	7	500	84	11	3	2	9	49	1	1	0	0	8,421
	IMD20	6,872	1,427	263	364	78	8	1,191	199	27	7	6	21	116	2	2	0	0	10,583

Fuente: Propia del Autor

**1. Cálculo del Trafico “W18”**

Cálculo de Ejes Equivalentes

$$\sum EE_i = IMD \times Fd \times Fc \times Fv \times Fp$$

ΣEEi = Ejes Equivalentes 10,658,283

IMD = Índice Medio Diario 8420.97

Fd=Factor Direccional (Cuadro 6.1) 0.5

Fc = Factor Carril Diseño (Cuadro 6.1)	0.5
Fvp = Factor de Vehículo Pesado	1.0
Fp = Factor Presión (Cuadro 6.13)	1.0

**Tabla 36**

Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)

Factor de crecimiento acumulado

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Fca = 31.14

Cálculo de W18

$$W18 = \sum EE_i x Fca x 365$$

**W18 = 56759645.61 ESAL**

## 2. Módulo de reacción de la sub rasante “K”

$$ME=MR \quad CBR= 25.04$$

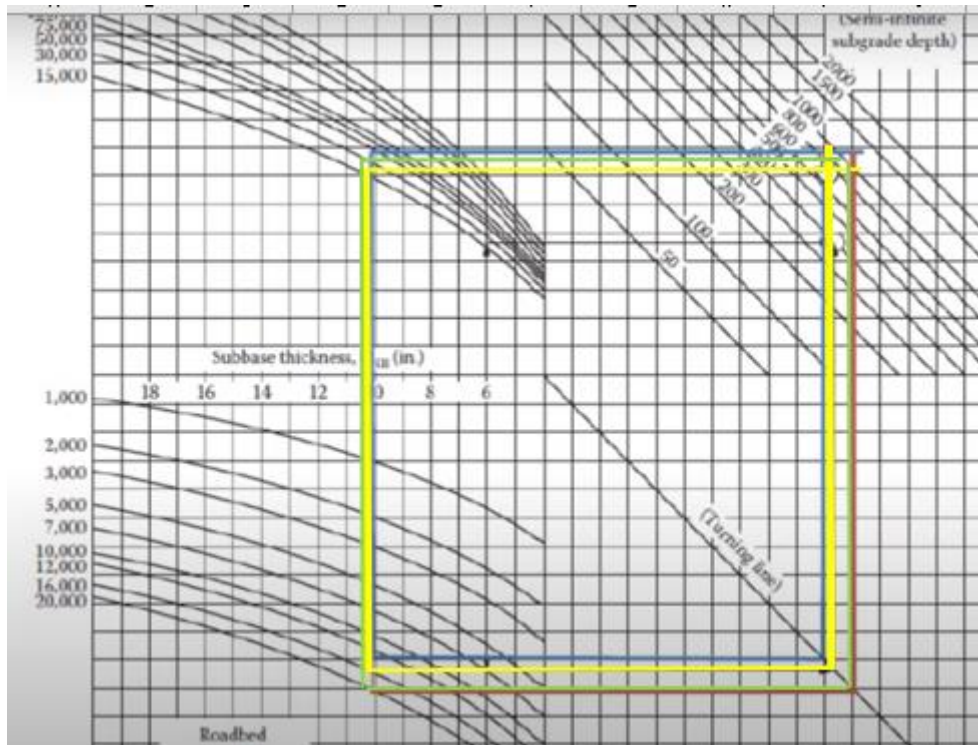
$$ME = 2555 \times CBR^{0.64} = 20069 \text{ psi}$$

Utilización del ABACO Calculo valor K

$$K = 750$$

**Figura 41**

*ABACO calculo valor K*



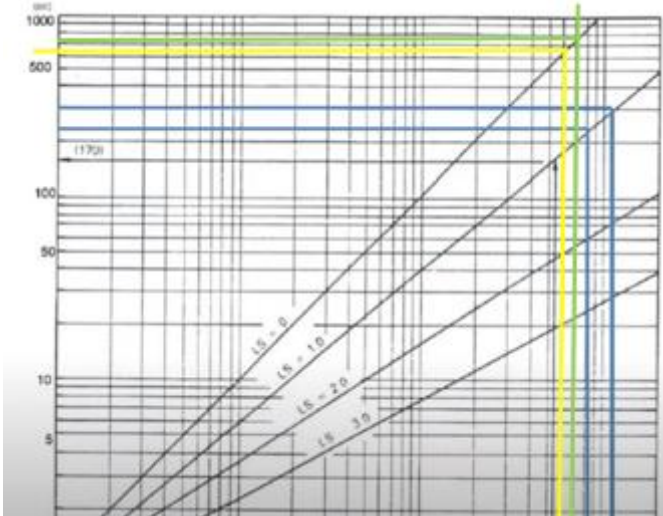
Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)

Utilización del ABACO Perdida potencial de Soporte Corregido

$$LS = 1$$

**Figura 42**

*ABACO perdida potencial de soporte corregido*



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)

**2. Determinar la D**

**Módulo de elasticidad del concreto**

$F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2 = 2987 \text{ psi}$

$$E_c = 57000x(f_c)^{0.5}$$

$E_c = 98.511 \text{ lb/in}^2$

**Módulo de rodadura a la Flexo tracción S'c**

$S'c = 45 \text{ kg/cm}^2 = 640.05 \text{ psi}$

**Transferencia de carga "J"**

Concreto con pasadores  $J=2.8$

**Tabla 37**

Valores de coeficiente de transmisión de carga J

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8-4.4	2.8	3.8

Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)

### Coeficiente de drenaje "CD"

Tiene una condición de drenaje buena

$$x = \frac{100xllueve}{12}$$

Llueve = 5

X= 41.667

Cd =1

### Tabla 38

Valores recomendados del coeficiente de drenaje  $m_i$  para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)

### Perdida de Serviciabilidad

$\Delta$  PSI = 1.5

**Tabla 39**

*Diferencial de servicialidad ( $\Delta$  PSI) según rango de tráfico*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	1.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	1.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	1.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	1.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	1.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	1.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	1.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	1.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	1.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	1.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	1.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	1.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	1.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		1.20

Fuente: Elaboración Propia

Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)

**Confiabilidad**

R = 90%

**Tabla 40**

Valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar normal (Zr)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	100,000	150,000	65%	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)

Desviación Estándar Rígido So

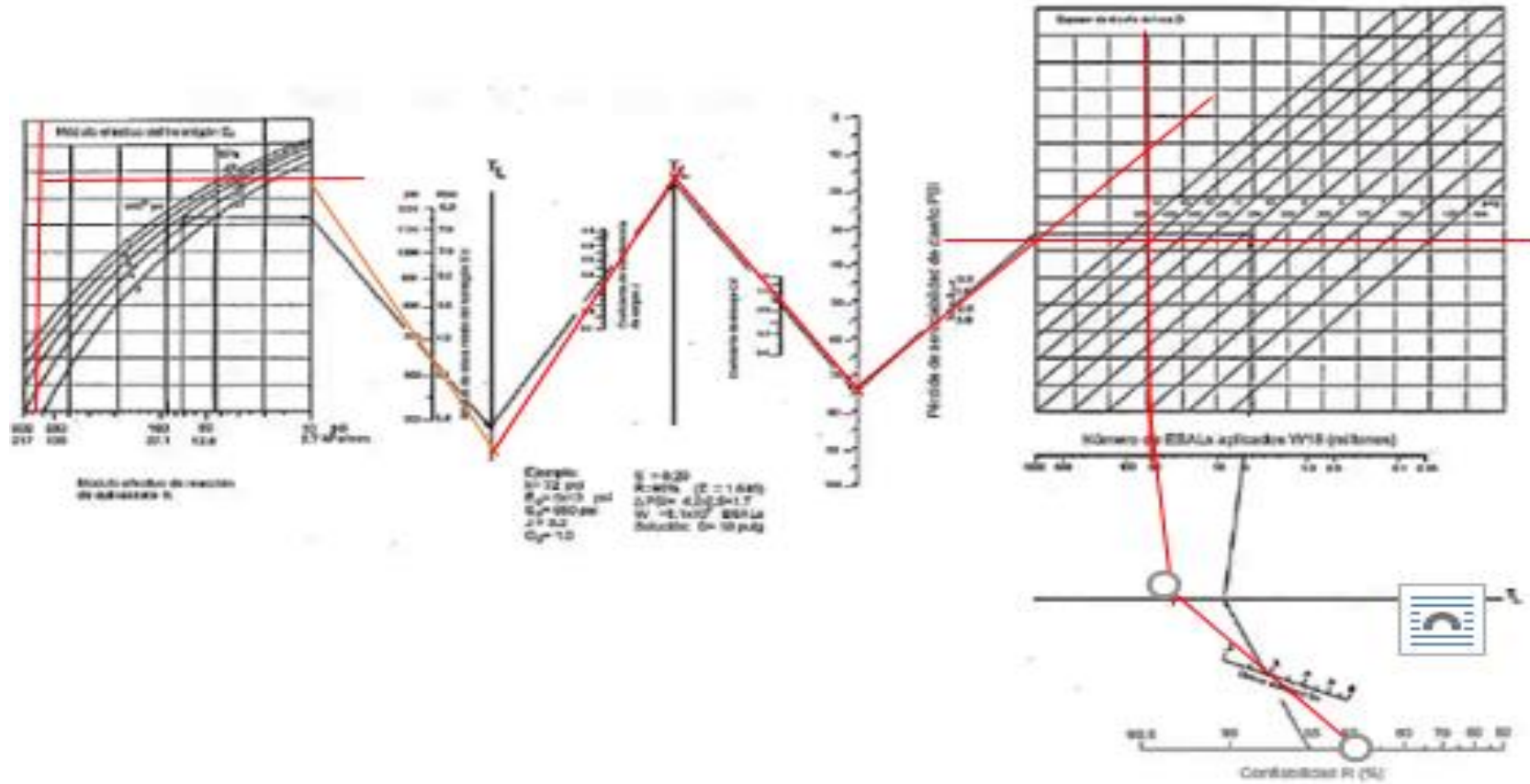
So =0.35

El rango sugerido por AASHTO está comprendido entre  $0.30 < So < 40$  siendo

So=0.35

**Figura 43**

*Cálculo de espesor de losa ABACO AASHTO para diseño de pavimento rígido*



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)



**Tabla 41**

*Resultado de espesores de las capas estructurales*

**CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMAS DE CONCRETO Y PARA UN FACTOR  $j=2.8$  PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS**

EE		5 000.001-7 500.000	7 500.001-10 000.000	10 000.001-12 500.000	12 500.001-15 000.000	15 000.001-20 000.000	20 000.001-25 000.000	25 000.001-30 000.000	
		TP8	TP9	TP10	TP11	TP12	TP13	TP14	
CBR < 6%	$M_k \leq 185$ PCI (52 MPa/m)	23 cm 15 cm (*)	24 cm 15 cm (*)	26 cm 15 cm (*)	27 cm 15 cm (*)	27 cm 15 cm (*)	29 cm 15 cm (*)	30 cm 15 cm (*)	
	$M_k > 185$ PCI (52 MPa/m)	23 cm 15 cm	24 cm 15 cm	26 cm 15 cm	27 cm 15 cm	27 cm 15 cm	29 cm 15 cm	30 cm 15 cm	
$\geq 6\%$ CBR < 10%	$M_k \leq 223$ PCI (63 MPa/m)	23 cm 15 cm	24 cm 15 cm	26 cm 15 cm	26 cm 15 cm	27 cm 15 cm	29 cm 15 cm	30 cm 15 cm	
	$M_k > 223$ PCI (63 MPa/m)	23 cm 15 cm	24 cm 15 cm	26 cm 15 cm	26 cm 15 cm	27 cm 15 cm	29 cm 15 cm	30 cm 15 cm	
$\geq 10\%$ CBR < 20%	$M_k \leq 279$ PCI (79 MPa/m)	23 cm 15 cm	24 cm 15 cm	26 cm 15 cm	26 cm 15 cm	27 cm 15 cm	29 cm 15 cm	30 cm 15 cm	
	$M_k > 279$ PCI (79 MPa/m)	23 cm 15 cm	24 cm 15 cm	25 cm 15 cm	26 cm 15 cm	26 cm 15 cm	29 cm 15 cm	29 cm 15 cm	
CBR $\geq 30\%$	$M_k \leq 373$ PCI (105 MPa/m)	22 cm 15 cm	23 cm 15 cm	25 cm 15 cm	25 cm 15 cm	26 cm 15 cm	28 cm 15 cm	29 cm 15 cm	
	$M_k > 373$ PCI (105 MPa/m)	22 cm 15 cm	23 cm 15 cm	25 cm 15 cm	25 cm 15 cm	26 cm 15 cm	28 cm 15 cm	29 cm 15 cm	

Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014)

Losa de concreto de 25 cm  
Sub rasante granular de 15 cm

## IV. RESULTADOS

### Estadística Descriptiva

### Análisis Descriptivo de las Variables

### Prueba de Normalidad

#### 1. Dimensión Flujo

#### Flujo ingreso – primera cuadra Calle Palmeras

Tabla 42

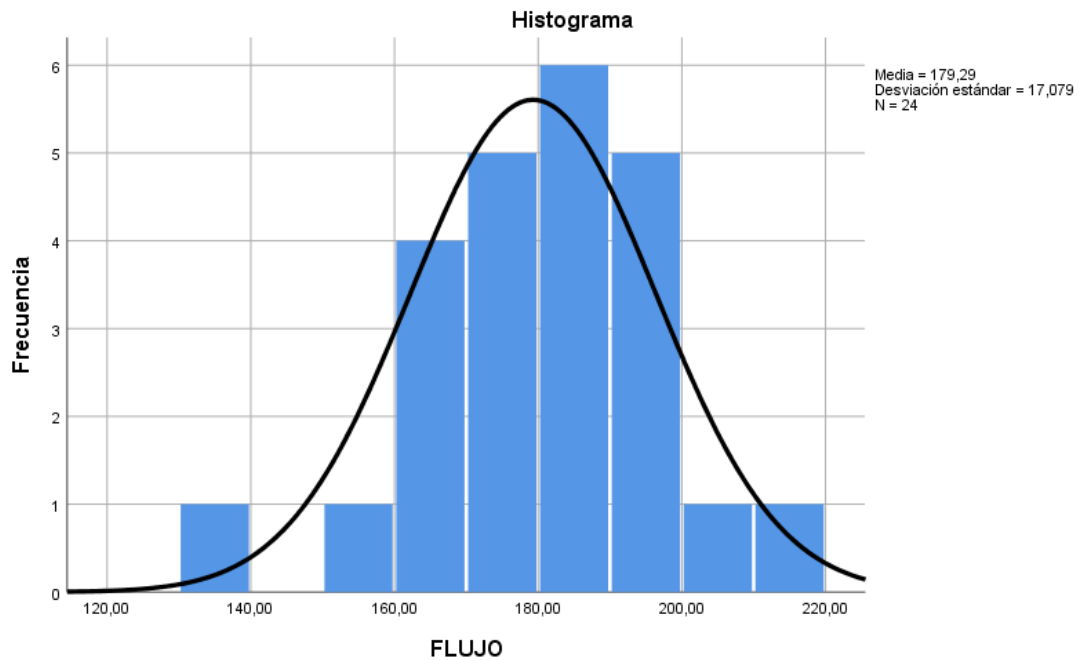
*Datos procesados flujo ingreso - primera cuadra Calle Palmeras*

Casos					
Válido		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
24	100,0%	0	0,0%	24	100,0%

Fuente: Propia del autor

Figura 44

Histograma flujo ingreso - primera cuadra Calle Palmeras



Fuente: Propia del autor

**Tabla 43**

*Pruebas de normalidad – flujo ingreso -primera cuadra Calle Palmeras*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro- Wilk <sup>a</sup>		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
FLUJO INGRESO	,103	24	,200 <sup>*</sup>	,986	24	,976

Fuente: Propia del autor

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.976

Si P-valor >  $\alpha$

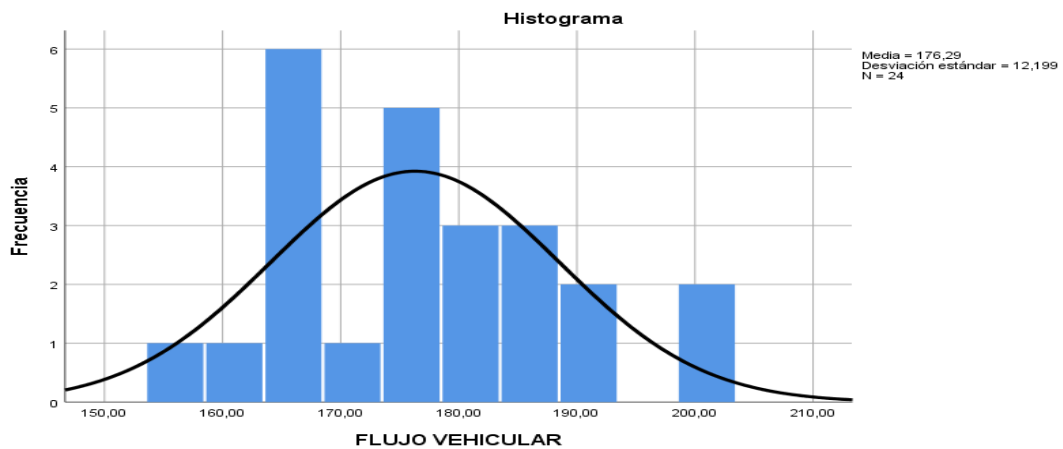
### Interpretación

En la tabla de pruebas de normalidad, tenemos una muestra de 24 elementos en la dimensión del flujo perteneciente al flujo de ingreso de la primera cuadra de Calle Palmeras donde en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el p-valor 0.976 siendo este resultado mayor que 0.05, por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

### Flujo Salida – Primera Cuadra Calle Palmeras

**Figura 45**

*Histograma flujo - salida primera cuadra Calle Palmeras*



Fuente: Propia del autor

**Tabla 44**

*Pruebas de normalidad – flujo salida - primera cuadra Calle Palmeras*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flujo Salida	,110	24	,200 <sup>*</sup>	,970	24	,666

Fuente: Propia del autor

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.666

Si P-valor >  $\alpha$

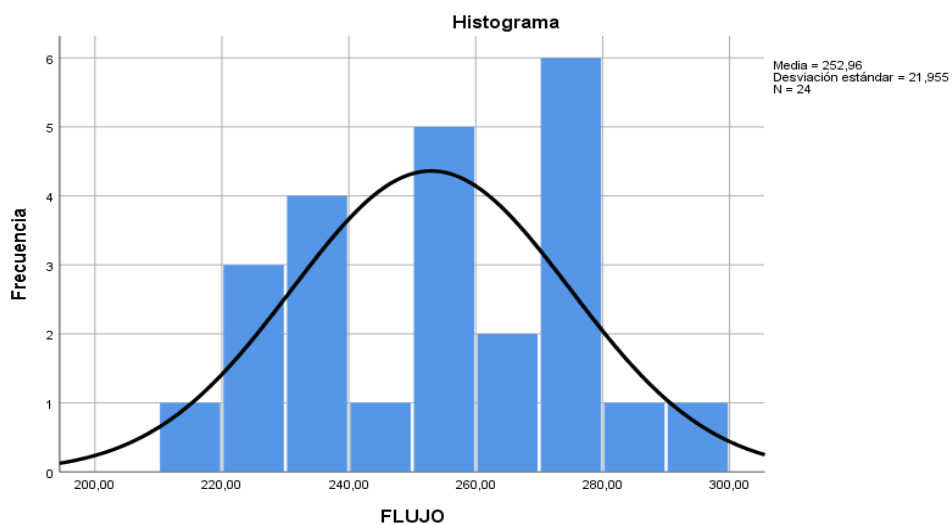
**Interpretación**

En la tabla de pruebas de normalidad, tenemos una muestra de 24 elementos la dimensión flujo perteneciente al flujo de salida de la primera cuadra de Calle Palmeras donde en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor de p-valor 0.666 siendo este resultado mayor a 0.05, por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

**Flujo Ingreso – Primera Cuadra Av. Velasco Astete**

**Figura 46**

*Histograma flujo ingreso - primera cuadra Av. Velasco Astete*



Fuente: Propia del autor

**Tabla 45**

*Pruebas de normalidad – flujo ingreso - primera cuadra Av. Velasco Astete*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLUJO	,127	24	,200*	,958	24	,401

Fuente: Propia del autor

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.401

Si  $P\text{-valor} < \alpha$

### **Interpretación**

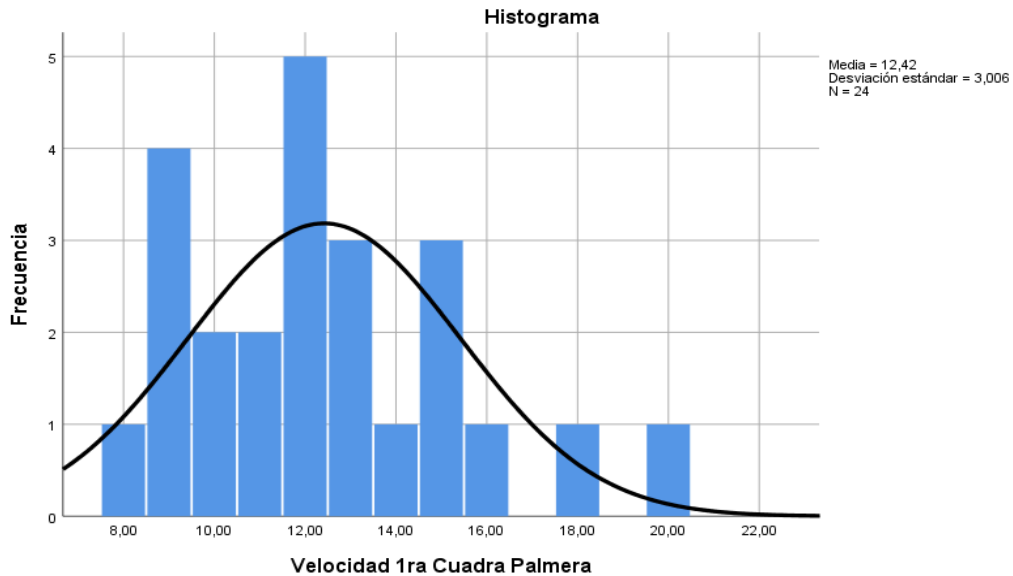
En la tabla de pruebas de normalidad, tenemos una muestra de 24 elementos la dimensión flujo perteneciente al flujo de entrada de la primera cuadra de la Av. Velasco Astete donde en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor de p-0.401 siendo este resultado mayor a 0.05, por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

## 2. Dimensión Velocidad

### Velocidad Ingreso – Primera Cuadra Calle Palmeras

**Figura 47**

*Histograma velocidad ingreso - primera cuadra Calle Palmeras*



Fuente: Propia del autor

**Tabla 46**

*Pruebas de normalidad – velocidad ingreso - primera cuadra Calle Palmeras*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Velocidad ingreso	,138	24	,200*	,947	24	,193

Fuente: Propia del autor

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.193

Si P-valor <  $\alpha$

### Interpretación

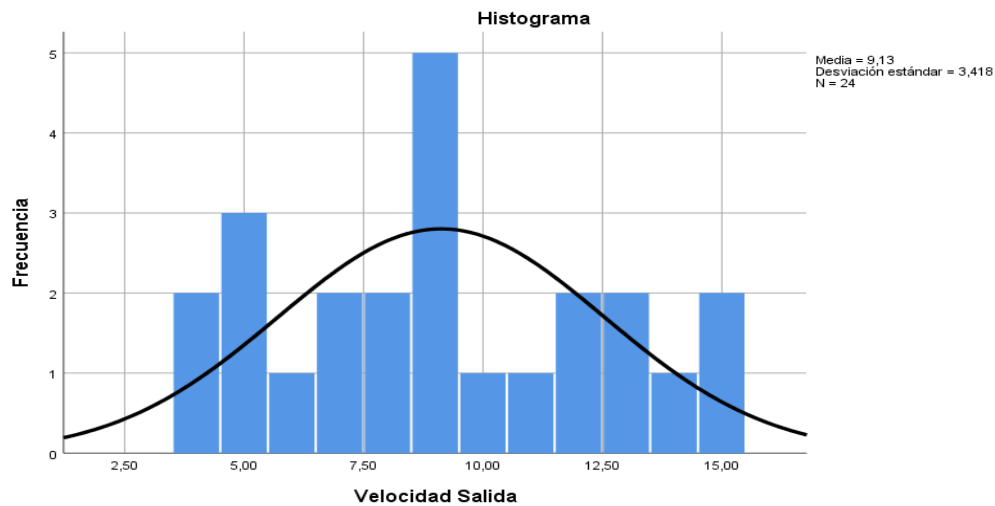
En la tabla de pruebas de normalidad, tenemos una muestra de 24 elementos la dimensión velocidad perteneciente a la velocidad de ingreso de la primera cuadra de Calle Palmeras donde en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor

de p-valor 0.193 siendo este resultado mayor a 0.05, por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

## Velocidad Salida – Primera Cuadra Calle Palmeras

**Figura 48**

*Histograma velocidad salida - primera cuadra Calle Palmeras*



Fuente: Propia del autor

**Tabla 47**

*Pruebas de normalidad – velocidad salida - primera cuadra Calle Palmeras*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Velocidad Salida	,140	24	,200*	,948	24	,241

Fuente: Propia del autor

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.241

Si P-valor >  $\alpha$

### Interpretación

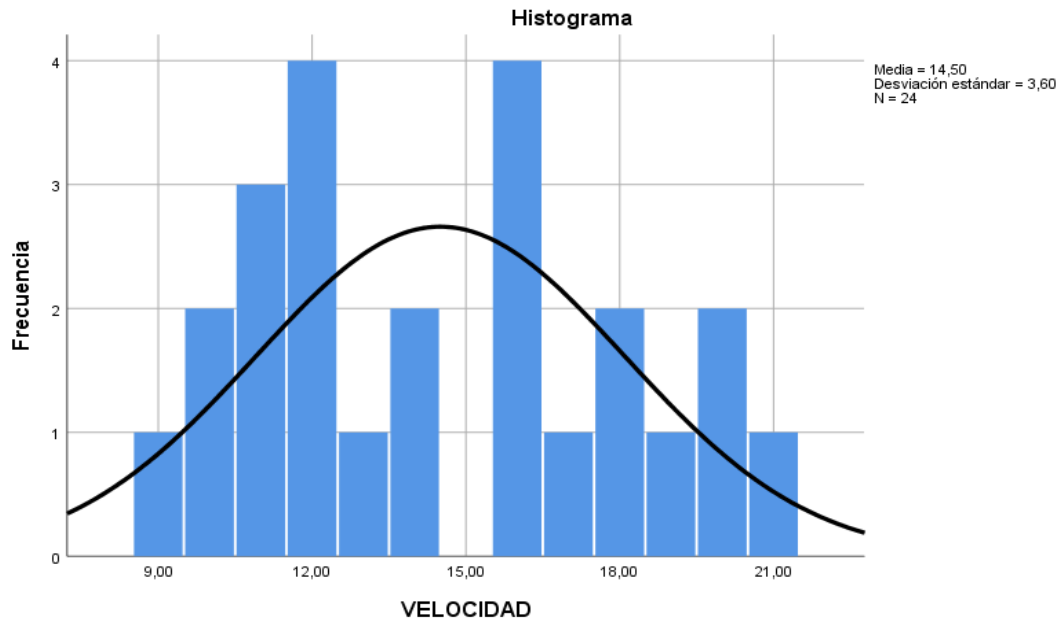
En la tabla de pruebas de normalidad, tenemos una muestra de 24 elementos la dimensión velocidad perteneciente a la velocidad de salida de la primera

cuadra de Calle Palmeras donde en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor de p-valor 0.241 siendo este resultado mayor a 0.05, por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

### Dimensión Velocidad Ingreso – Primera cuadra Av. Velasco Astete

**Figura 49**

*Histograma velocidad ingreso – primera cuadra Av. Velasco Astete*



Fuente: Propia del autor

a) Nivel de significancia (N.S.): 0.05

**Tabla 48**

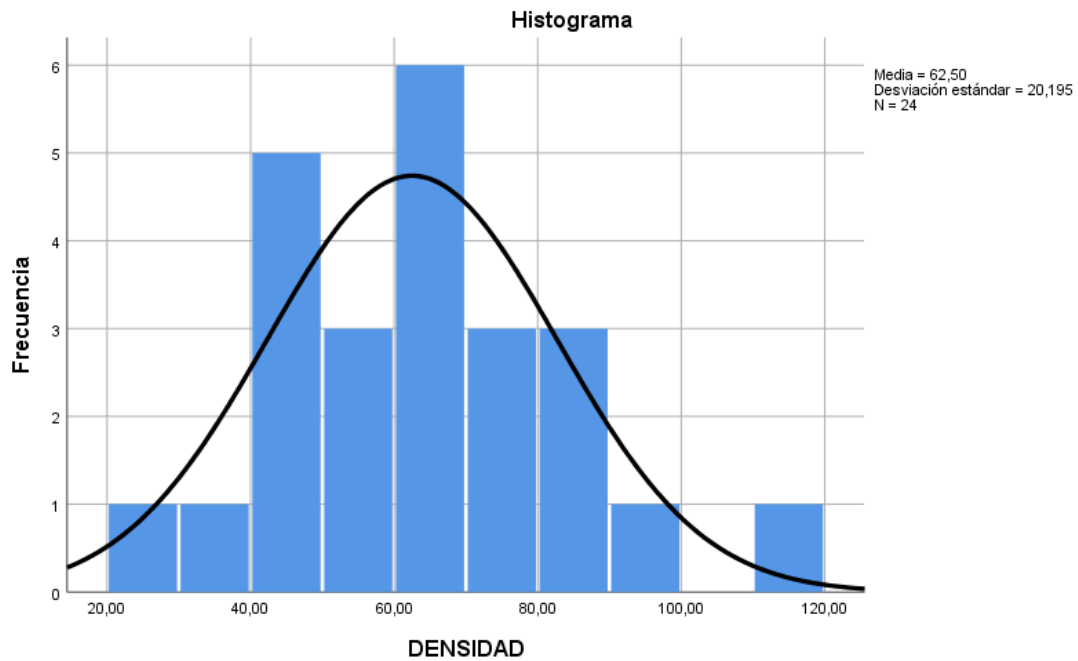
*Pruebas de normalidad - velocidad ingreso – primera cuadra Av. Velasco Astete*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
VELOCIDAD	,173	24	,061	,939	24	,153



**Figura 50**

*Histograma de la densidad – primera cuadra Av. Velasco Astete*



Fuente: Propia del autor

- \*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
- a. Corrección de significación de Lilliefors

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.153

Si  $P\text{-valor} < \alpha$

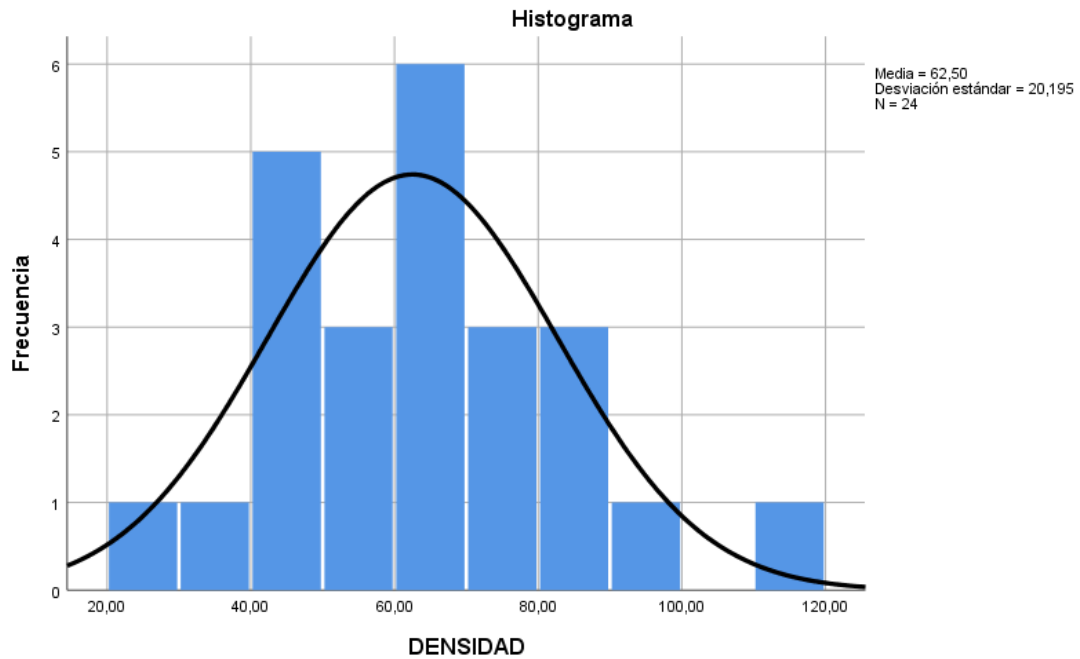
### **Interpretación**

En la tabla de pruebas de normalidad, con una muestra de 24 elementos la dimensión de la velocidad del tráfico vehicular en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor de p-valor  $0.153 > 0.05$ , por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

## a.1. Dimensión Densidad – Primera Cuadra Palmeras

**Figura 51**

*Histograma de la densidad – primera cuadra Calle Palmeras*



Fuente: Propia del autor

**Tabla 49**

Pruebas de normalidad – densidad - primera cuadra Calle Palmeras

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DENSIDAD	,137	24	,200*	,974	24	,765

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia del autor

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.765

Si P-valor <  $\alpha$

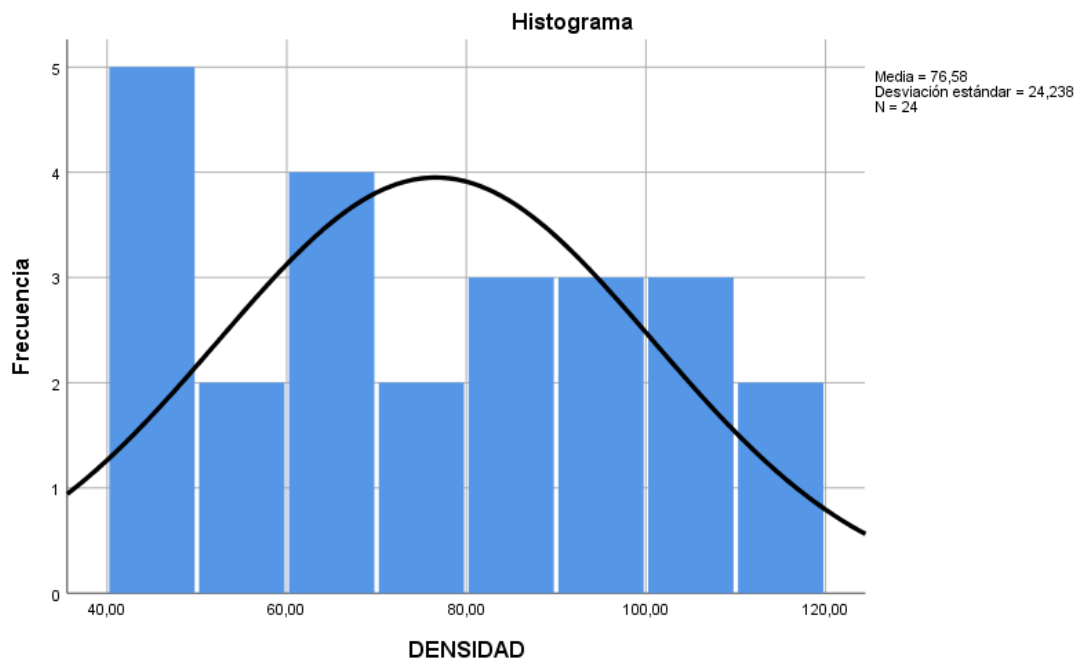
## Interpretación

En la tabla de pruebas de normalidad, con una muestra de 24 elementos la dimensión de la densidad del tráfico vehicular en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor de p-valor  $0.765 > 0.05$ , por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

### a.1. Dimensión Densidad – Primera Av. Velasco Astete

**Figura 52**

*Histograma de la densidad – primera cuadra Av. Velasco Astete*



Fuente: Propia del autor

**Tabla 50**

*Pruebas de normalidad – densidad – primera cuadra Av. Velasco Astete*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DENSIDAD	,127	24	,200*	,931	24	,104

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.104

Si  $P\text{-valor} < \alpha$

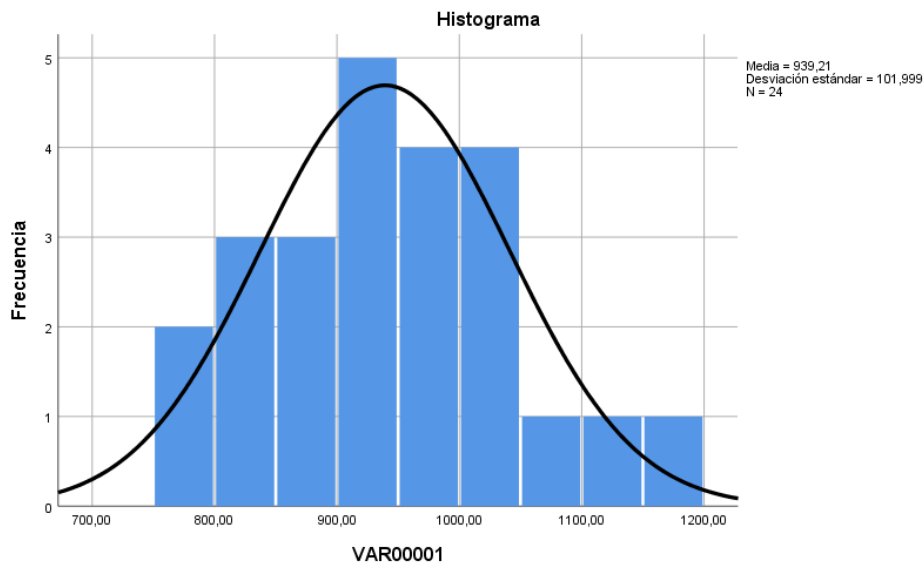
### Interpretación

En la tabla de pruebas de normalidad, con una muestra de 24 elementos la dimensión de la densidad del tráfico vehicular en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor de  $p\text{-valor } 0.104 > 0.05$ , por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

#### a.1. Dimensión Capacidad Vial Ingreso– Primera Cuadra Palmeras

**Figura 53**

*Histograma de la capacidad vial ingreso - ingreso– primera Cuadra Palmeras*



**Tabla 51**

*Pruebas de normalidad - capacidad vial - ingreso– primera cuadra Calle Palmeras*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	GI	Sig.	Estadístico	GI	Sig.
Capacidad	,085	24	,200*	,984	24	,951

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.951

Si  $P\text{-valor} < \alpha$

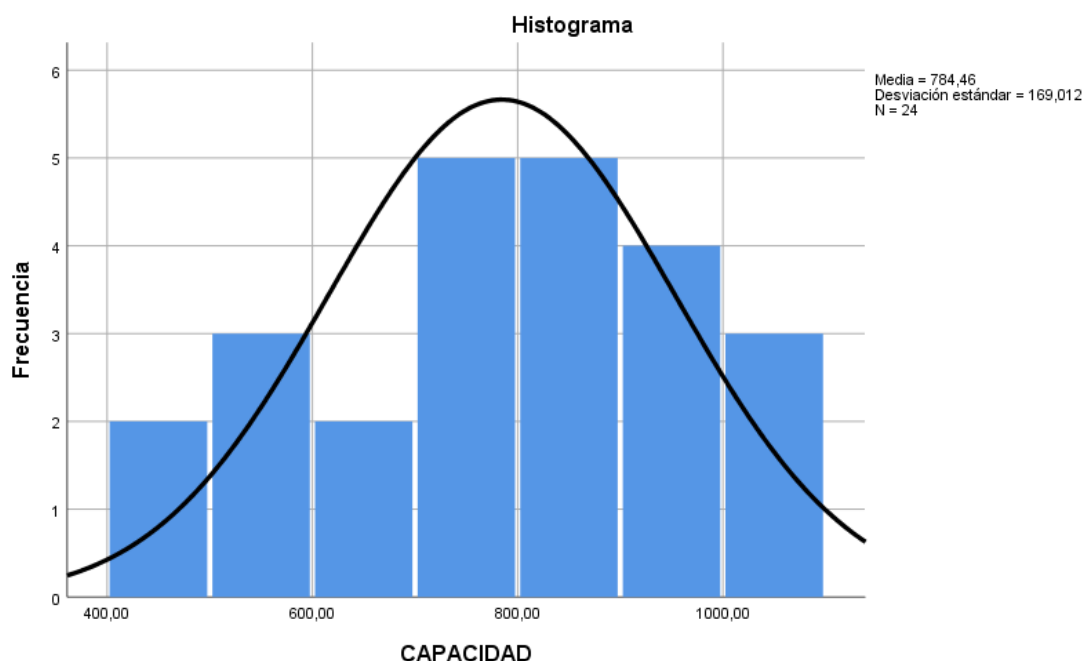
## Interpretación

En la tabla de pruebas de normalidad, con una muestra de 24 elementos la dimensión de la Capacidad Vial ingreso en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor de p-valor  $0.951 > 0.05$ , por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

### a.1. Dimensión Capacidad Vial Salida – Primera Cuadra Palmeras

**Figura 54**

*Histograma de la capacidad vial salida – primera cuadra Calle Palmeras*



Fuente: Propia del autor

**Tabla 52**

*Pruebas de normalidad - capacidad vial salida – primera cuadra Calle Palmeras*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
CAPACIDAD	,101	24	,200*	,953	24	,311

Fuente: Propia del autor

Se tiene:

n: 24

$\alpha$ : 0.05

P-valor: 0.311

Si  $P\text{-valor} < \alpha$

## Interpretación

En la tabla de pruebas de normalidad, con una muestra de 24 elementos la dimensión de la Capacidad Vial en la prueba de Shapiro- Wilk presenta el valor de p-valor  $0.311 > 0.05$ , por consiguiente, se acepta la hipótesis nula.

## Estadística Inferencial

### Aplicación Inferencial de las Variables

## PRUEBA N°01 - FLUJO DEL TRÁFICO VEHICULAR

### a) Prueba de Hipótesis

**H<sub>a</sub>:** El modelado del flujo del Tráfico Vehicular Si impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.

**H<sub>0</sub>:** El modelado del flujo del Tráfico Vehicular No impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.

### b) Nivel de significancia: 0.05

### c) Elección de la Prueba de Hipótesis:

Correlación de Pearson como prueba de hipótesis.

### d) Estimación del p-valor:

**Tabla 53**

*Correlaciones flujo – capacidad*

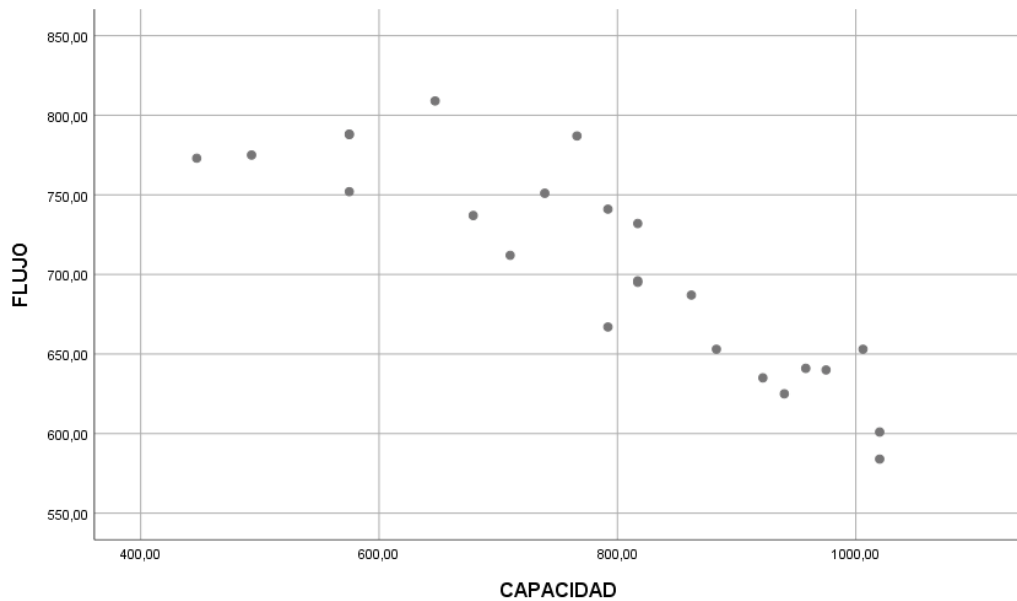
		CAPACIDAD	FLUJO
CAPACIDAD	Correlación de Pearson	1	-,879**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
FLUJO	Correlación de Pearson	-,879**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La figura, muestra la relación indirecta entre la dimensión flujo que pertenece a la variable tráfico vehicular, con la dimensión capacidad vial de la variable diseño geométrico vial, interpretándose a un mayor flujo se tiene una menor capacidad vial.

**Figura 55**

*Dimensiones flujo - capacidad*



**e) Toma de decisión:**

El valor de  $p = 0,00 < 0,05$  se acepta la hipótesis de investigación  $H_a$ , además se tiene una Correlación de Pearson de valor  $0.879 < r < 1$ , lo que nos indica una correlación muy alta.

**f) Interpretación**

Existe una relación inversa entre el flujo del Tráfico Vehicular. Por tanto, si impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial

## PRUEBA N°02 - VELOCIDAD DEL TRÁFICO VEHICULAR

### a) Prueba de Hipótesis

**H<sub>a</sub>:** El modelado de la velocidad del Tráfico Vehicular Si impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.

**H<sub>0</sub>:** El modelado de la velocidad del Tráfico Vehicular No impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.

b) **Nivel de significancia (N.S.):** 0.05

c) **Elección de la Prueba de Hipótesis:**

Correlación de Pearson como prueba de hipótesis.

d) **Estimación del p-valor:**

**Tabla 54**

*Correlaciones de velocidad – capacidad*

		VELOCIDAD	CAPACIDAD
VELOCIDAD	Correlación de Pearson	1	,981**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
CAPACIDAD	Correlación de Pearson	,981**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

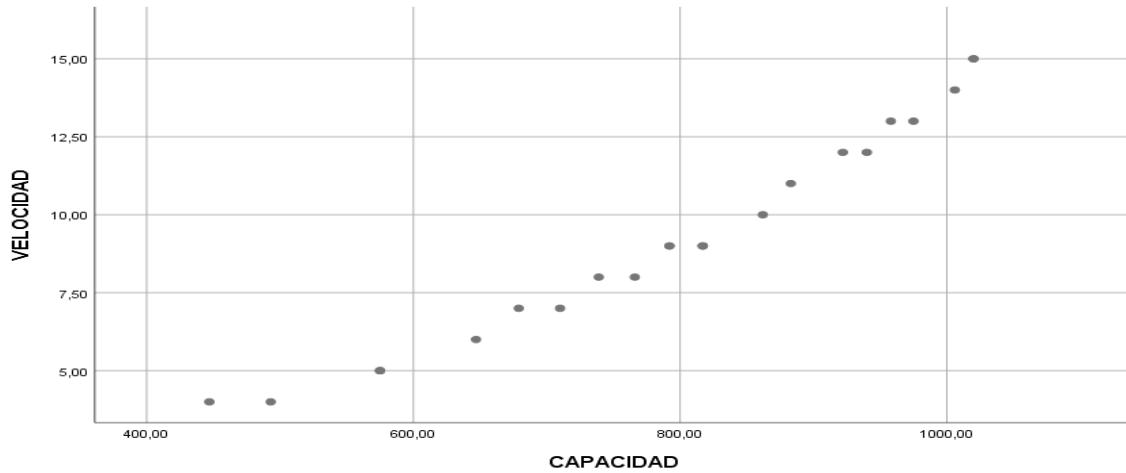
Fuente: Propia del autor

La figura, muestra la relación directa entre la dimensión velocidad que pertenece a la variable tráfico vehicular, con la dimensión capacidad vial de la variable diseño geométrico vial, interpretándose a una menor velocidad se tiene una mayor capacidad vial.



**Figura 56**

*Dimensiones velocidad - capacidad*



Fuente: Propia del autor

**e) Toma de decisión:**

El valor de  $p = 0,00 < 0,05$  se acepta la hipótesis de investigación  $H_a$ , además se tiene una Correlación de Pearson de valor  $0.981 < r < 1$ , lo que nos indica una correlación muy alta.

**f) Interpretación**

Existe una relación directa entre la velocidad del Tráfico Vehicular Si impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial

**PRUEBA N°03 - DENSIDAD DEL TRÁFICO VEHICULAR**

**a) El planteo de la Hipótesis Especifica 3**

**$H_a$ :** El modelado de la densidad del Tráfico Vehicular Si impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.

**$H_0$ :** Ha: El modelado de la densidad del Tráfico Vehicular No impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras.

- b) **Nivel de significancia (N.S.):** 0.05
- c) **Elección de la Prueba de Hipótesis:**  
Correlación de Pearson como prueba de hipótesis.

d) **Estimación del p-valor:**

**Tabla 55**

*Correlaciones densidad – capacidad*

		CAPACIDAD	DENSIDAD
CAPACIDAD	Correlación de Pearson	1	-,976**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
DENSIDAD	Correlación de Pearson	-,976**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Propia del autor

e) **Toma de decisión:**

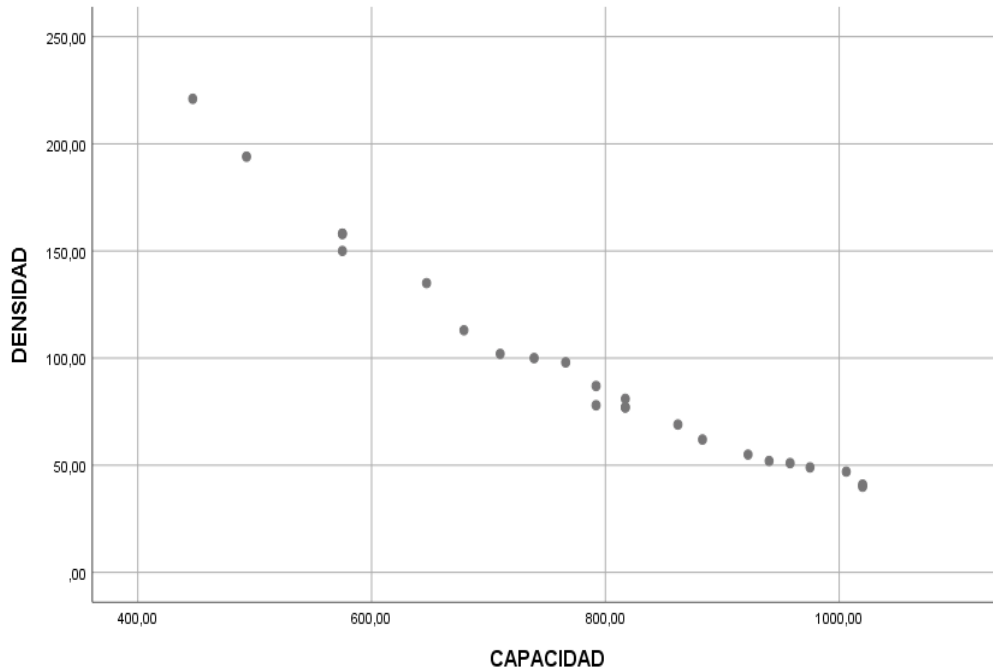
El valor de  $p = 0,00 < 0,05$  se acepta la hipótesis de investigación  $H_a$ , además se tiene una Correlación de Pearson de valor  $-0.976 < r < 1$ , lo que nos indica una correlación muy alta.

g) **Interpretación**

La figura, muestra la relación indirecta entre la dimensión densidad que pertenece a la variable tráfico vehicular, con la dimensión capacidad vial de la variable diseño geométrico vial, interpretándose a una mayor densidad se tiene una menor capacidad vial.

**Figura 57**

*Dimensiones densidad - capacidad*



Fuente: Propia del autor

**f) Toma de decisión:**

El valor de  $p = 0,00 < 0,05$  se acepta la hipótesis de investigación  $H_a$ , además se tiene una Correlación de Pearson de valor  $0.976 < r < 1$ , lo que nos indica una correlación muy alta.

**g) Interpretación**

Existe una relación indirecta entre la densidad del Tráfico Vehicular Si impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial

**PRUEBA DE NORMALIDAD – TRAFICO VEHICULAR – CAPACIDAD VIAL**

La dimensión Flujo es la dimensión representativa de la variable Tráfico Vehicular, de igual forma la dimensión capacidad vial es la dimensión representativa de la variable Diseño Geométrico.

**Tabla 56**

*Prueba de normalidad – tráfico vehicular – capacidad vial*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tráfico Vehicular	,093	24	,200*	,986	24	,973
Capacidad Vial	,085	24	,200*	,984	24	,951

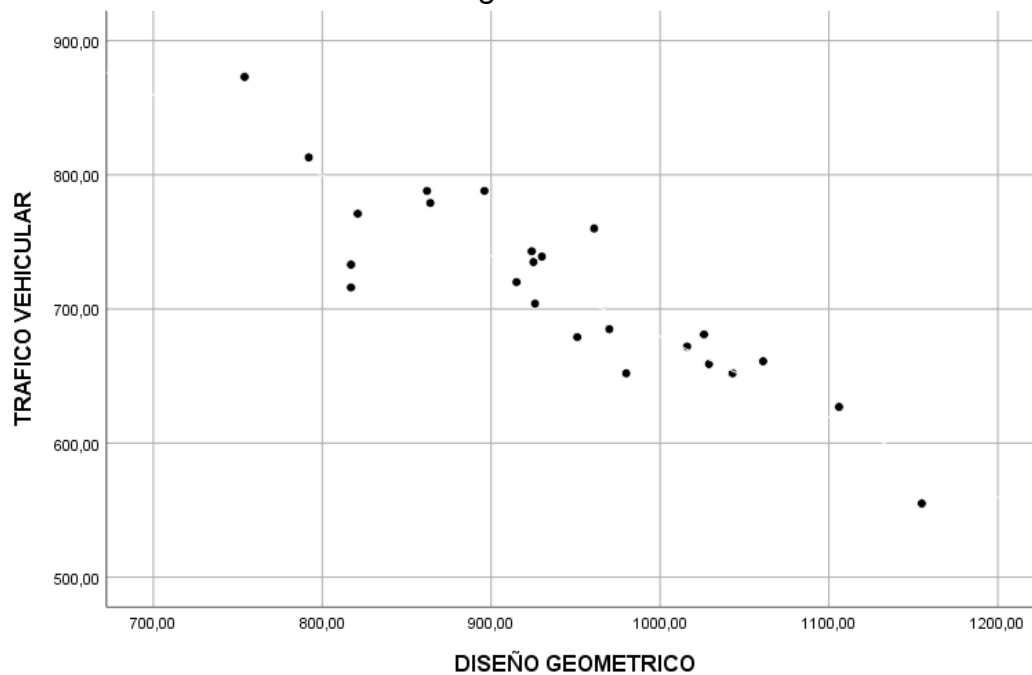
\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia del autor

**Figura 58**

*Variable tráfico vehicular – diseño geométrico*



Fuente: Propia del autor

por consiguiente, en la figura se expresa una relación indirecta entre del Tráfico Vehicular y la Diseño Geométrico. Entendiéndose que la variable a mayor Tráfico vehicular menor es la variable del Diseño Geométrico vial, lo que significa que la variable Geometría vial no abastece al incremento del tráfico vehicular.

**Tabla 57***Correlaciones - tráfico vehicular – capacidad vial*

		Flujo Vehicular	Capacidad Vial
Tráfico Vehicular	Correlación de Pearson	1	-,889**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
Capacidad Vial	Correlación de Pearson	-,889**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Propia del autor

## V. DISCUSIÓN

Discusión 1: De acuerdo al autor (White-Box Flight Simulator Built With System Dynamics To Support Urban Transportation Decision-Making and Address induced Travel Demand, 2020), quien utilizó en su modelamiento, la Metodología de Dinámica de Sistemas para entender el comportamiento, del fenómeno de congestión debido a la demanda de viajes, generando la necesidad de incrementar la capacidad de la vía para mantener las características adecuadas de flujo libre.

En nuestra investigación la dinámica de sistemas a través del modelado tiene un impacto positivo, debido a que nos permitió conocer el fenómeno actual del tráfico vehicular y eventos futuros, con la finalidad de alcanzar un diseño geométrico más eficiente. Además, la saturación de las vías, no solo se debe a la demanda de vehículos sino también a la presencia del comportamiento de la reducción de la velocidad quien genero un incremento del flujo vehicular, a su vez también causa una reducción de la capacidad vial.

Discusión 2: De acuerdo al autor (MISARI, 2020), señala en sus resultados que la prueba de estadística realizada a la variable flujo vehicular en relación a la variable capacidad vial tiene como resultado el coeficiente de correlación de Pearson P 0.416, por consiguiente, tiene una relación directa. Además, por parte de (BENAVIDES, 2021), en su investigación luego de un análisis concluye que la relación flujo - capacidad vial en la intersección en estudio, demostró que a un aumento del flujo vehicular hay una disminución de la velocidad.

En cuanto a nuestra investigación el impacto del flujo del tráfico vehicular en la capacidad de la vía del diseño geométrico vial, se obtuvo una Correlación de Pearson de valor P -0.879, lo que nos señala una correlación muy alta. Además, existiendo una relación indirecta determinando que a mayor flujo vehicular obtenemos una menor capacidad vial.

Discusión 3: Por otra parte, (RÍOS, 2018), manifiesta que las fallas técnicas en las intersecciones no se deben a un exceso de vehículos, en vista que los volúmenes están por debajo de lo requerido en una vía urbana con intersecciones semaforizadas de 2 carriles, para lo cual se propone medidas un rediseño de las

intersecciones que consistiría en añadir carriles divididos de giro a la izquierda, optimización y sincronización de semáforos accionados por el tránsito, mostrándose como resultados las demoras totales se redujeron en un 92%, generando menor consumo de combustible como consecuencia mejora el medio ambiente. La velocidad promedio, pasa de 9 km/hr a 35 km/hr.

En nuestra investigación referente al impacto de la velocidad del tráfico vehicular en la capacidad de la vía del diseño geométrico Vial, se reafirmó que la velocidad tiene una relación directa con la capacidad de la vía donde su correlación de Pearson es 0.981, originando de esta manera una mejorar en la fluidez de la vía, debido al rediseño de la curva de la vía de la Av. Velasco Astete hacia la Calle Palmeras.

Discusión 4: Por otra parte, el autor (Diagnosis and analysis of the behavior of the vehicular flow and service level from the Javier Prado Avenue - Lima, Perú), concluye que mientras menor sea el valor de la capacidad de la vía, mayores problemas de congestión presentara la vía. Esto nos muestra relación de la densidad vehicular con la capacidad de la vía.

En cuanto a nuestra investigación referente al impacto de la densidad del tráfico vehicular en la capacidad de la vía del diseño geométrico vial, se demostró una relación indirecta con una correlación de Pearson  $P -0.976$  entre la densidad del tráfico vehicular y la capacidad de la vía. Por lo tanto, nos indica cuanto mayor sea la densidad esto reducirá la capacidad de la vía y se presentara el fenómeno del congestionamiento.

## VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: Respecto al representar el comportamiento con el Modelo del Tráfico Vehicular en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, se concluye que el uso de la teoría basado en la hidrodinámica de la revisión de literatura se adapta a la metodología de Dinámica de Sistemas, donde se tomó la dimensión del flujo vehicular para representar el Tráfico Vehicular y la capacidad vial para representar al Diseño Geométrico, se obtuvo una correlación de Pearson = - 0.889, lo cual se demuestra una relacionadas indirectamente, indicándonos que a un incremento del tráfico vehicular se reduce el espaciamiento entre vehículos llegando a superar la capacidad máxima de la vía, por tanto el diseño geométrico va quedado desfasado.

Conclusión 2: Respecto a determinar el impacto del Modelado del Flujo del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, de los datos procesados, se obtiene el valor  $P = 0.00 < 0.05$ , por tanto, se tiene una relación indirecta debido a que el valor de Correlación de Pearson = -0.879, lo que indica que tiene una correlación muy alta, indicando que ante un incremento del flujo vehicular en la vía de estudio obtendremos una reducción en la capacidad vial originándose un congestionamiento.

Conclusión 3: Respecto a determinar el impacto del Modelado de la Velocidad del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, de los datos procesados, se obtiene el valor  $P = 0.00 < 0.05$ , por tanto, se tiene una relación directa debido a que el valor de Correlación de Pearson = 0.981, lo que indica que tiene una correlación muy alta, indicando que ante un incremento de la velocidad vehicular en la vía de estudio obtendremos un incremento de la capacidad, siendo proporcional su comportamiento.

Conclusión 4: Respecto a determinar el impacto del Modelado de la densidad del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la



Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, de los datos procesados, se obtiene el valor  $P = 0.00 < 0.05$ , por tanto, se tiene una relación indirecta debido a que el valor de Correlación de Pearson = - 0.976, lo que indica que tiene una correlación muy alta, indicando que ante un incremento de la densidad vehicular en la vía de estudio obtendremos una reducción en la capacidad vial originándose un congestionamiento.

Conclusión 5: Respecto a describir el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras. Teniendo en cuenta los resultados determinamos por la velocidad de diseño, donde los resultados se ajustan a una autopista, y la zona de estudio está conformada por una avenida y calles donde la velocidad máxima es de 30 Km/h y por estar ubicadas en zona urbana, motivo por lo cual no podemos diseñar la vía con estas características. Por lo tanto, se toma la velocidad operación con un percentil 85 dándonos un resultado de 15Km/hr. Por consiguiente, se utiliza la tabla de radios mínimos en intersecciones sin canalizar de acuerdo al (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018) obteniendo su velocidad  $\leq 15\text{km/hr}$ . Para una curva circular con radio 15m con un ángulo de giro de  $90^\circ$  para vehículos pesados.

Conclusión 6: Respecto a describir el tipo de pavimento este será rígido, debido al valor del IMDA que es más de 6000 vehículos y además el tránsito de vehículos pesados como el T3S3.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Recomendación 1: Se recomienda el uso de la Metodología de Dinámica de Sistemas a través del modelado, debido a su facilidad de relacionar las variables exógenas, endógenas y estado en el comportamiento de un sistema complejos, tal como es el tráfico vehicular que presenta un comportamiento dinámico.

Recomendación 2: Respecto al flujo se recomienda mejorar la curva de la intersección de la Av. Velasco Astete y Calle Palmeras donde se presenta una deficiencia para el giro de los vehículos pesados. Además, una ampliación de la calzada con 4 carriles, 2 carriles de subida y 2 carriles de bajada en la Primera Cuadra de la Calle Palmeras.

Recomendación 3: En cuanto al modelado del tráfico vehicular con respecto a su dimensión velocidad se recomienda usar esta variable como una variable de estado, como un comportamiento aleatorio dinámico en función del tiempo.

Recomendación 4: Se recomienda tener en cuenta la densidad en la vía para poder determinar políticas de acceso de vehículos pesados en horas valles y así evitar el congestionamiento y el deterioro del pavimento. Además, su interrelación con otros elementos para un mejor entendimiento de su comportamiento.

Recomendación 5: Se recomienda mejorar el ángulo de giro de la curva de la Primera cuadra de la Av. Velasco Astete con dirección a la Primera cuadra de Palmeras, para los vehículos pesados de longitudes mayores como es T3S3, ya que actualmente viene invadiendo el carril de salida de la Primera cuadra de Palmeras.

Recomendación 6: Se recomienda para la Calle Palmeras un pavimento rígido.

## REFERENCIAS

*A review of speed flow density study of two different road indian road and their comparison.* **Goyal, Pranjali y Gulghane, Akshay. 2020.** marzo - abril de 2020, International Journal of Scientific Research & Engineering Trends, Vol. 6.

*A stochastic behaviour model of a personal mobility under heterogeneous low-carbon traffic flow.* **LEE, S, y otros. 2021.** 2021, Emerging Technologies, Vol. 128.

*A Study of Urban City Traffic Congestion Governance.* **HE, Shou kui y LI, Jing. 2019.** Chongqing : s.n., enero de 2019, Revista internacional arbitrada de ingeniería y ciencia (IRJES), Vol. 8.

*Algunas reflexiones sobre la teoría general de sistemas y el enfoque sistémico en las investigaciones científicas.* **DE LA PEÑA, G y Velázquez, R. M. 2018.** 2, Cuba : s.n., 2018, Revista Cubana de Educación Superior, Vol. 37, págs. 31-44.

*Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de Guajira Usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao.* **ARON, Marlin A, y otros. 2019.** 1, Bogota : Información tecnológica, 2019, Informacion Tecnologica, Vol. 30, págs. 321-332.

*Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de La Guajira usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao.* **AARÓN, Marlin A., y otros. 2019.** Colombia : s.n., 2019, Información Tecnológica, Vol. 30, págs. 321-332.

*Analyzing urban traffic demand distribution and the correlation between traffic flow and the built environment based on detector data and POIs.* **WANG, S, y otros. 2018.** 2, China : s.n., 2018, European Transport Research Review, Vol. 10.

**ARAUJO, Cueva, JORGE Ivan y Burneo, Fiestas, Claudia. 2020.** *Modelación del tránsito y diseño geométrico de la av. andrés avelino CÁCERES – sector castilla, Piura.* Piura : Universidad de Piura, 2020. Tesis - Pre Grado.

*Artificial intelligence-based vehicular traffic flow prediction methods for supporting intelligent transportation systems.* **BOUKERCHE, Azzedine, TAO, Yanjie y SUN, Peng. 2020.** 2020, Revista Computer Networks, Vol. 182, pág. 107484.

*Assessment of scenarios of vehicular decongestion in Bogota D.C., using ´system dynamics.* **Franco, C, Mendez, G. A. y Espitia, J. 2015.** 1, 2015, using ´system dynamics. ´, Vol. 20, págs. pp. 209–231.

**BASTIDAS, Portilla, ANDRÉS Aníbal y SOTO, Pruna, SEBASTIÁN Santiago. 2020.** *Estudio y Modelación de Tráfico en la Avenida General Rumiñahui desde el Puente Nueve hasta el redondel del Colibrí y su incidencia en la intersección de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.* Sangolquí - Ecuador : s.n., 2020. Tesis - Pre Grado.

**BENAVIDES, Pinchao, Tania Lorena. 2021.** *Evaluación Del Tráfico Vehicular Para Dar Solución Al Congestionamiento En La Intersección Entre La Av. Rodrigo Pachano Y Manuelita Sáenz De La Ciudad De Ambato.* Ambato - Ecuador : s.n., 2021. Tesis Pre Grado.

**CAL Y MAYOR, Rafael y CÁRDENAS, James. 2018.** *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones.* Novena edición. Mexico : Grupo, Alfaomega, 2018. pág. 736. ISBN: 978-607-538-217-3.

**CÁRDENAS, Grisales, James. 2019.** *Diseño geométrico de carreteras.* 3ra edición. Bogota : Ecoe ediciones., 2019. pág. 512. ISBN: 978-958-771-801-0.

**CULLEN, Sophia. 2019.** *Causes And Effects Of Suburban Traffic Dynamics. A Case Study In A Municipality Close To Munich.* 2019. Tesis de Master.

**DE LEO, Eduardo, ARANDA, Diego y GASTON, Andres. 2020.** *Introduccion a la dinamica de sistemas.* Argentina : s.n., 2020.

*Diagnosis and analysis of the behavior of the vehicular flow and service level from the Javier Prado Avenue - Lima, Perú.* **FLORES González, Leonardo, y otros.** Lima : s.n.

*Effect of vehicle composition on saturation flow at signalised intersections in mixed traffic conditions.* **SUSHMITHA, Sushmitha y RAVISHANKAR, KVR. 2020.** 7, 2020, Revista IET Intelligent Transport Systems, Vol. 14, págs. 647-656.

**El Peruano, Norma. 2018.** Diario Oficial El Peruano. 2018.

**GARCÍA, Juan Martín. 2017.** *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas: dinámica de sistemas con VENSIM PLE.* 2017.

**GLOBAL TRAFFIC SCORECARD, INRIX. 2020.** inrix.com. *inrix.com.* [En línea] 2020. <https://inrix.com/scorecard/>.

**HERNÁNDEZ, Sampieri, FERNÁNDEZ, Collado, C y BAPTISTA, Lucio, M. 2018.** *Metodología de la Investigación.* s.l. : McGRAW-HILL, 2018.

- KNOOP, V. L. 2018.** *Introduction to Traffic Flow Theory: An introduction with exercises.* 2nd edition. s.l. : Delft University of Technology, 2018. ISBN: 978-94-6366-062-4.
- MENDOZA, Dueñas, Jorge. 2020.** *Topografía y geodesia.* Segunda edición. Lima - Peru : Maraucano E.I.R.L, 2020.
- MENDOZA, J. 2020.** *Diseño Geométrico de Carretera.* 2020.  
*Microscopic analysis of signalized intersections in heterogeneous traffic conditions.*
- HAJI, Saad Ayoob, MATHAI, Rohith Saju y KUMAR, Manish. 2021.** 2021, International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES), Vol. 9, págs. 10-12.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, MTC. 2018.** *Glosario de Términos”, de uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial.* Lima : s.n., 2018.
- . **2018.** *Manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018.* Lima : Diario Oficial El Peruano, 2018.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, mtc. 2014.** *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos:.* 2014.
- MISARI, Luis. 2020.** *Capacidad vial y flujo vehicular en la carretera PE.* 3SB. Universidad Peruana Los Andes. Huancayo : s.n., 2020. Tesis Pre grado.  
*Modelación y calibración de la intersección ubicada entre las carreteras 23 y 21 con las calles 45 y 48 en la ciudad de Bucaramanga.*
- CATELLANOS ALMEYDA, Valentina, RODRIGUEZ TORRES, Christian O y BAEZ TRUJILLO, Claudia. 2018.** 1, Bucaramanga : Ingenierías USBMed, enero - junio de 2018, Ingenierías USBMed, Vol. 9, págs. 9-17.
- MTC. 2018.** *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico.* MANUAL, D. CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO (DG-2018), Normas Peruanas. : s.n., 2018.
- Multi-agent deep reinforcement learning for urban traffic light control in vehicular networks.* **WU, Tong, y otros. 2020.** 1-1, Santiago : coordinación editorial de este proyecto estuvo a cargo de Alberto Bull, 2020, IEEE Transactions on Vehicular Technology.
- Multi-vehicle tracking with microscopic traffic flow model-based particle filtering.*
- SONG, D, y otros. 2019.** Canada : s.n., 2019, Automatica, Vol. 105, págs. 28–35.

**NAVARRO HUDIEL, Sergio. 2019.** *Diseño y cálculo geométrico de viales - alineamiento horizontal.* Esteli - Nicaragua : Universidad Nacional de Ingeniería, 2019.

**ÑAUPAS, Paitán, Humberto, y otros. 2018.** *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis.* 5a. Bogotá : Ediciones de la U, 2018. ISBN 978-958-762-876-0.

**PIZARRO, Lilian. 2019.** Reporte Obligado. [En línea] 5 de 9 de 2019. <https://reporteobligado.com/reportes-obligados/cusco-atrapado-en-el-trafico-vehicular>.

**Policía Nacional del Perú, PNP. 2022.** *Carta N°001-2021-VII-MACREPOL/RP CUS-DIVOPUS/UTSEVI-INST.* CUSCO, Policia Nacional del Peru. CUSCO : s.n., 2022. pág. 01, CARTA.

*Procesos de modelación matemática y modelación estadística en tiempos contemporáneos: similitudes y diferencias.* **HERNÁNDEZ, Rosa Virginia . 2021.** 7, Colombia : s.n., 2021, REVISTA BOLETÍN REDIPE, Vol. 10.

**QUAASSDORFF, C. 2018.** *Development Of A Microscale Traffic Emission Simulation System. Application To Madrid For The Definition Of Quality Improvement Measures.* Madrid : s.n., 2018. Tesis Doctoral.

*Research on traffic congestion based on system dynamics: the case of chongqing, China. Complexity.* **Su, Y, Liu, X y Li, X. 2020.** 2020, págs. 1–13.

*Revisión teórica de los modelos de orientación educativa.* **GONZÁLEZ Benito, Ana. 2018.** 2, Huancayo : s.n., 2018, Caribeña de Investigación Educativa, Vol. 2, págs. 43-60.

**RÍOS, Cardich, E M. 2018.** *Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con INFRAWORKS y SYNCHRO 8.* Piura : s.n., 2018. Tesis - Pre Grado.

*Safety Indicators for Heterogeneous Non Lane Based Traffic- A Case Study at Outer Ring Road-Delhi.* **Bhargav Naidu, M y Chhabra, R. 2018.** 10, India : s.n., 2018, Indian Journal of Science and Technology, Vol. 11, págs. 1-11.

*Study on Capacity of Road with Vehicle Characteristics and Road Geometrics.* **LAVANYA, P, y otros. 2018.** 2, Gudur - India : s.n., 2018, International Journal of Engineering Trends and Applications, Vol. 5.

*The Brazilian Urban Mobility Policy: The Impact In São Paulo Transport System.* **De Lorena Diniz Chaves, G, Fontoura, W. B y Ribeiro, G. M. 2018.** Rio de Janeiro : s.n., 2018, Transport Policy.

*The General Principles of the Transportation Simulation Model.* **ZENINA, Nadezda , MERKURYEV, Yuri y ROMANOV , Andrejs. 2020.** s.l. : WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS and CONTROL, 2020, Vol. 15.

**TOM TOM, Traffic Index Ranking. 2020.** Traffic Index Ranking. [En línea] 2020. [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/ranking/](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/).

*Toward the formalization of macroscopic models.* **RASHID, Adnan, y otros. 2020.** USA : s.n., 2020, IEEE ACCESS, Vol. 8.

*Traffic Parameters Survey Methodology for Traffic Modelling of Intersections: Case of Study Lima.* **ARCE, Diego. 2020.** 2020, IEEE ANDESCON IEEE , págs. 1-6.

*Vehicular traffic, crowds, and swarms. From kinetic theory and multiscale methods to applications and research perspectives.* **ALBI, G, y otros. 2019.** 2019, Mathematical Models and Methods in Applied Sciences.

**WEN, Long, Jin. 2021.** *Introduction to Network Traffic Flow Theory: Principles, Concepts, Models and methods.* 1er edición. s.l. : Elsevier, 2021. pág. 262.

*White-Box Flight Simulator Built With System Dynamics To Support Urban Transportation Decision-Making and Address induced Travel Demand.* **ANGARITA, Zapata, J. S, ANDRADE, Sosa, H. H y MASEGOSA, A. D. 2020.** 3, Colombia : s.n., setiembre de 2020, Scientia Et Technica, Vol. 25, págs. 438-447.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de la variable

**TÍTULO:** Modelado del Tráfico Vehicular y su impacto en el Diseño Geométrico Vial, Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.

VARIABLE DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Tráfico Vehicular	Tráfico Vehicular. Define el tráfico vehicular como los vehículos individuales y sus interacciones, además, toma en cuenta las señales de tráfico y los cambios de carril para cada vehículo (Quaassdorff, 2018)	El tráfico vehicular o traffic flow se mide en función de sus dimensiones, la densidad, velocidad y el flujo. La información del comportamiento del tráfico se empezará mediante la observación y la ficha de aforo vehicular donde se realizará el conteo vehicular en las diferentes vías que compone la intersección.	Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Numero vehículos (volumen) ingresan</li> <li>Numero vehículos (volumen) salen</li> <li>Intervalo de tiempo</li> </ul>	Razón	<b>Enfoque de investigación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuantitativo</li> </ul> <b>Tipo de investigación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicada</li> </ul> <b>Diseño de la investigación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>No experimental – transversal</li> </ul> <b>Nivel de investigación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Descriptivo</li> </ul> <b>Población</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Puntos críticos de tráfico vehicular identificados en el Distrito de Wanchaq en la Ciudad de Cusco.</li> </ul> <b>Muestra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intersección Av. Velasco Astete y la calle Palmeras en el distrito de Wanchaq, Ciudad del Cusco</li> </ul> <b>Técnica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>La Observación</li> </ul> <b>Fichas de Recopilación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha de características Geométricas</li> <li>Ficha de aforo vehicular</li> </ul>
			Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de viaje</li> <li>Distancia recorrida</li> </ul>	Intervalo	
			Densidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tasa de Flujo</li> <li>Número de vehículos</li> <li>Longitud de vía</li> <li>Espaciamiento promedio entre vehículo</li> <li>Ancho de calzada</li> </ul>	Razón	
Diseño Geométrico	Es una faja de terreno, destinado al tránsito de vehículos. La comodidad, seguridad económica compatibilidad con el medio ambiente dependerá del diseño de la misma; es por ello que el diseño de carretera es considerado como el elemento fundamental en la creación de la vía. (Mendoza J., 2020)	El Diseño Geométrico se inicia con el levantamiento topográfico de la zona de estudio donde se determinará la pendiente y teniendo el volumen de tránsito empezaremos con los cálculos matemáticos y geométrico para plasmarlo en los planos de planta, perfil y sección transversal	Topografía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pendiente Longitudinal</li> <li>Ancho de vía</li> <li>Distancia horizontal</li> </ul>	Razón	
			Capacidad de la Vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Volumen de Transito</li> </ul>	Razón	
			Geometría de la Vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad de Operación</li> <li>Radio de Giro</li> <li>Curva Horizontal</li> <li>Sección Transversal</li> </ul>	Razón	

**AUTOR:** Propio de los autores



## Anexo 2: Matriz de consistencia

**TITULO:** Modelado del Tráfico Vehicular y su impacto en el Diseño Geométrico Vial, Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<b>Problema General</b> ¿De qué manera el Modelado del Tráfico Vehicular impacta en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.	<b>Objetivo General</b> Determinar el impacto del Modelado del Tráfico Vehicular en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.	<b>Hipótesis General</b> Ha: El Modelado del Tráfico Vehicular impacta en el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.	Independiente	Tráfico Vehicular	Flujo	Ficha de aforo vehicular	<b>Enfoque de investigación</b> • Cuantitativo <b>Tipo de investigación</b> • Aplicada <b>Diseño de la investigación</b> • No experimental – transversal <b>Nivel de investigación</b> • Descriptivo <b>Población</b> • Puntos críticos de tráfico vehicular identificados en el Distrito de Wanchaq en la Ciudad de Cusco. <b>Muestra</b> • Intersección Av. Velasco Astete y la calle las Palmeras en el distrito de Wanchaq, Ciudad del Cusco <b>Técnica</b> • La Observación <b>Fichas de Recopilación</b> • Ficha de características Geométricas • Ficha de aforo vehicular
<b>Problema Especifico</b> 1. ¿De qué manera se representa el comportamiento con el Modelado del Tráfico Vehicular en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.	1. Representar el comportamiento con el Modelo del Tráfico Vehicular en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.				Velocidad		
2. ¿De qué manera el Modelado del Flujo del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.	2. Determinar el impacto del Modelado del Flujo del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.	1. Ha: El modelado del Flujo del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.			Densidad		
3. ¿De qué manera el Modelado de la Velocidad del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.	3. Determinar el impacto del Modelado de la Velocidad del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.	2. Ha: El modelado de la Velocidad del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.	Dependiente	Diseño Geométrico	Topografía	Ficha característica geométrica	
4. ¿De qué manera el Modelado de la Densidad del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.	4. Determinar el impacto del Modelado de la Densidad del Tráfico Vehicular en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.	3. Ha: El modelado de la Densidad del Tráfico Vehicular impacta en la capacidad de la vía del Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco.			Capacidad de la vía diseño		
5. ¿Cuál es el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.	5. Describir el Diseño Geométrico Vial en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.						
6. ¿Cuál es el pavimento en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021?.	6. Describir cual es el diseño de la estructura de pavimento en la Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, 2021.				Geometría de la vía		

**AUTOR:** Propio de los autores





Modelado del Tráfico Vehicular y su  
impacto en el Diseño Geométrico Vial,  
Intersección Av. Velasco Astete y Calle  
Palmeras, Cusco, año 2021

Facultad de  
Ingeniería y  
Arquitectura

Escuela  
Profesional de  
Ingeniería Civil

**FICHA – CARACTERISTICAS GEOMETRICAS**

<b>Autores</b>	Lizbeth Pareja Zegarra, Fredy Salas Merino.						
<b>Departamento</b>		<b>Provincia</b>		<b>Distrito</b>		<b>Fecha</b>	
<b>Nombre de la Vía</b>						<b>Longitud de la Vía</b>	
<b>Sentido de Vía</b>		<b>Ancho de Calzada</b>		<b>Nº Carriles</b>			
<b>Ancho de Carril</b>		<b>Ancho de Berma</b>		<b>Pendiente Longitudinal (%)</b>			

## Anexo 4: Validez

### INFORME DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Angel Abelardo Paraja Ocampo  
 Institución donde labora: Consultor Independiente - Ex Director 1970-CUSCO  
 Especialidad: Ingeniería Civil  
 Instrumento de validación: Ficha de Afaro Vehicular  
 Autor del instrumento: Fredy Salas Merino  
Lizbeth Pareja Zegarra

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades con los elementos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Tráfico Vehicular en sus dimensiones en indicadores, conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento manifiesta su vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológica, innovación y legal inherente a la variable: Tráfico Vehicular.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permitan hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Tráfico Vehicular.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La relación de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
PUNTAJE TOTAL						48

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable).

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido y puede ser aplicado en la investigación

Angel Paraja  
**ANGEL ABELARDO PARAJA OCAMPO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú  
 C.I.P. Reg. N° 15130

Cusco, 03 de Febrero del 2022

## INFORME DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Angel Abelardo Pareja Ocampo  
 Institución donde labora: Consultor Independiente - Ecuador INC. CIVIL  
 Especialidad: Inge Civil  
 Instrumento de validación: Ficha - Características Geométricas  
 Autor del instrumento: Lizbeth Pareja Zegarra, Fredy Salas Merino.

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades con los elementos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <u>Diseño Geométrico</u> en sus dimensiones en indicadores, conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento muestra su vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológica, innovación y legal inherente a la variable: <u>Diseño Geométrico</u> .			X		
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permitan hacer inferencia en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable: <u>dimensiones e indicadores</u> .					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoge a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de esta dimensión de la variable: <u>Diseño Geométrico</u> .			X		
METODOLOGÍA	La relación entre la teoría y el instrumento propuestos responde al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
FERTILIDAD	La relación de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>47</b>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se logra un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable).

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido y puede ser aplicado en la investigación

  
ANGEL ABELARDO PAREJA OCAMPO  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú  
 C.I.P. Reg. N° 15130

Fecha: 03 de FEBRERO del 2022



## INFORME DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Paniagua Charon Cesar  
 Institución donde labora: Docente invitado EPE-UAC Municipalidad Distrital  
 Especialidad: Ing Civil Geomática Geodésica  
 Instrumento de validación: Ficha Características Geométricas  
 Autor del instrumento: Lizbeth Pareja Zegarra, Fredy Salas Merino

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades con los elementos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <u>Diseño Geométrico</u> en sus dimensiones en indicadores, conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento manifiesta su vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológica, innovación y legal inherente a la variable: <u>Diseño Geométrico</u> .					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permitan hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoge a través de los ítems del instrumento, permite analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <u>Diseño Geométrico</u> .				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La relación de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>46</b>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable).

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido y puede ser aplicado en la  
investigación

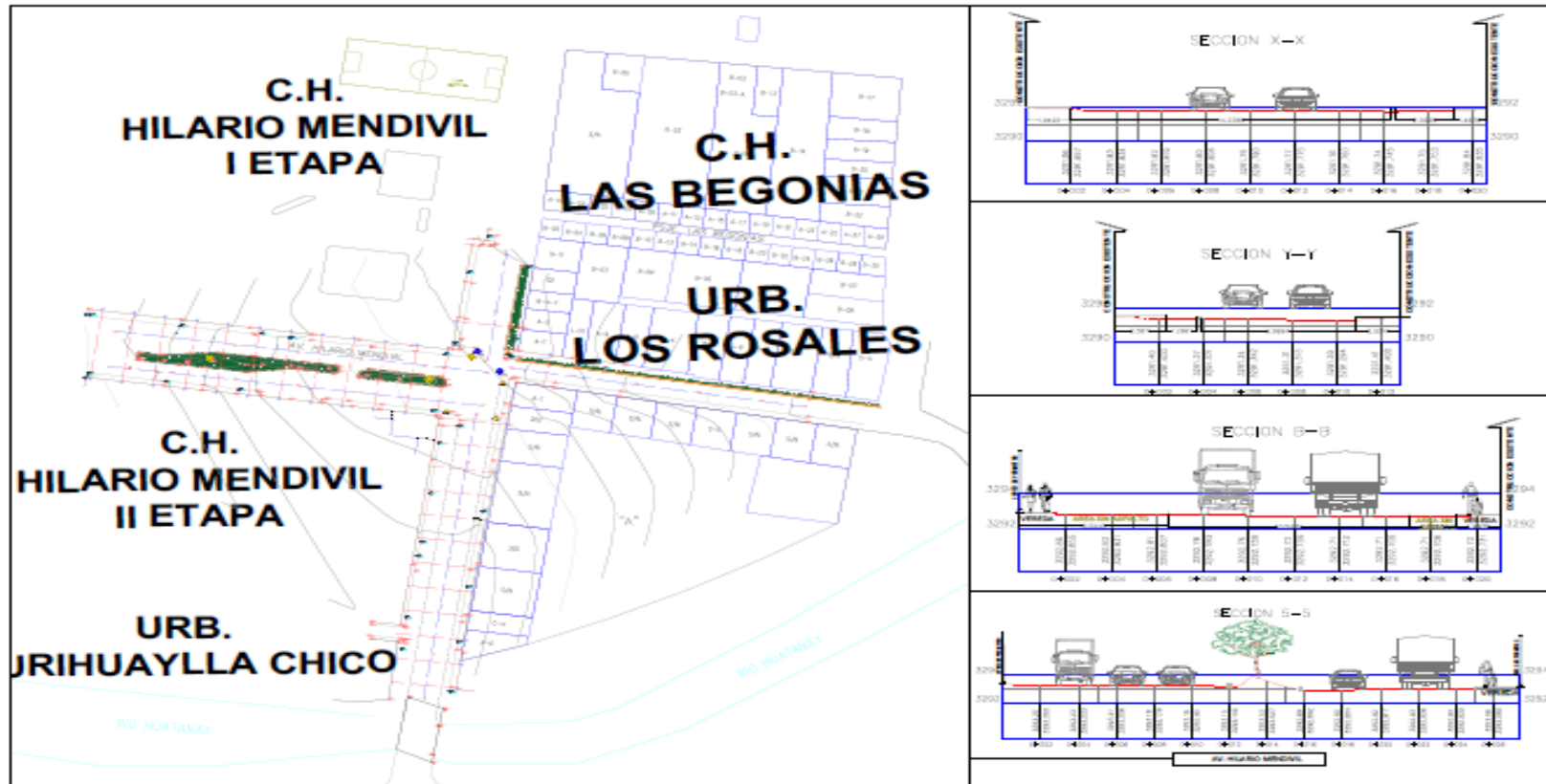
Cusco, 24 de febrero del 2022

3



Cesar Paniagua Charon  
 INGENIERO CIVIL

Anexo 5: Plano topográfico



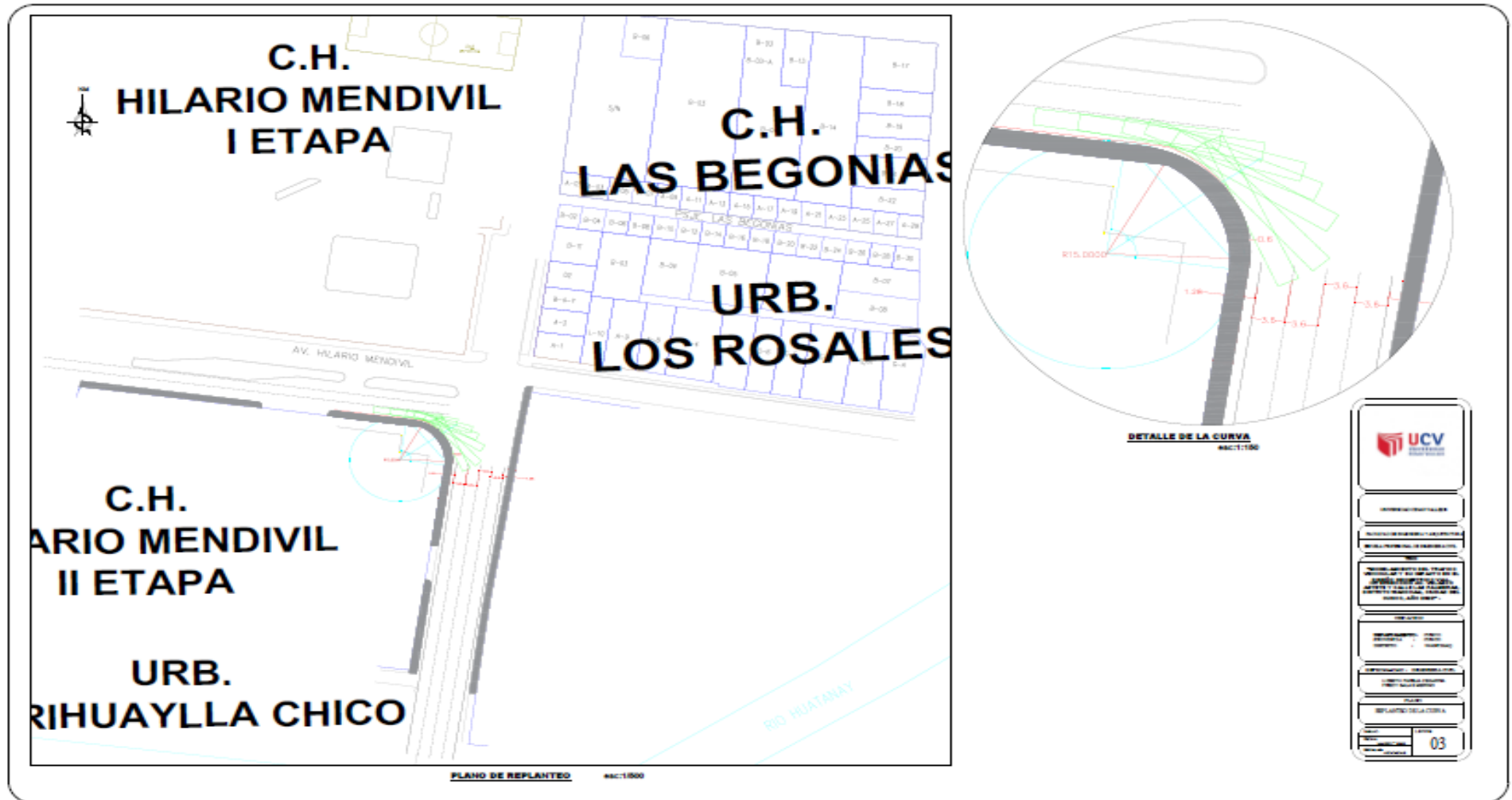
UCV  
UNIVERSIDAD CAYUEÑA DE VENEZUELA

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA
FECHA:	15/05/2018
ELABORADO POR:	ING. CAROLINA GARCÍA
REVISADO POR:	ING. CAROLINA GARCÍA
APROBADO POR:	ING. CAROLINA GARCÍA
PROFESOR:	ING. CAROLINA GARCÍA
ESTUDIANTE:	ING. CAROLINA GARCÍA
GRUPO:	01






Anexo 7: Plano de propuesta de diseño geométrico



## Anexo 8: Solicitud y autorización por la empresa y/o entidad publica

**TITULO:** Modelado del Tráfico Vehicular y su impacto en el Diseño Geométrico Vial, Intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, año 2021.

1. Policía Nacional del Perú – Unidad de Transito y Seguridad Vial PNP

	<b>PERÚ</b>	<b>Ministerio del Interior</b>	<b>Policía Nacional del Perú</b>	<b>Sub Dirección General de la Policía Nacional del Perú</b>	<b>VII Región Policial</b>
---	-------------	--------------------------------	----------------------------------	--	----------------------------

**"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"**

Cusco, 14 de febrero de 2022.

**CARTA N° 001-2021-VII-MACREPOL/RP CUS-DIVOPUS/UTSEVI-INST.**

SEÑOR (A) : Lizbeth PAREJA ZEGARRA.  
Bach. Ingeniería Civil.- **C U S C O.**

ASUNTO : Brinda información, por motivos que se indica.  
REF. : CARTA N° 003-2022/LPZ.


Es grato dirigirme a Ud., para expresarle mi cordial saludo y a la vez responder al documento de la referencia, el mismo que fue recepcionado en fecha 03 de febrero de 2022 en la Unidad de Transito y Seguridad Vial PNP Cusco, con respecto a la información solicitada esta Unidad de la PNP. Conforme a las coordinaciones del caso en cuanto a la transitabilidad de los vehículos por el Distrito de Wanchaq, se llego a establecer los puntos críticos en cuanto a congestión vehicular por lo que se informa lo siguiente:


- Intersección Av. Velasco Astete y calle Palmeras.
- Intersección Av. 28 de Julio con calle los Sauces
- Intersección Av. Jorge Chávez con calle Unión
- Ovalo Libertadores.
- Velasco Astete, altura del Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.
- La Av. De la cultura a la altura de la I.E. Inca Garcilaso de la Vega, carril de bajada y en horarios determinados.
- Ovalo Pachacutec con Confraternidad.

Es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos más distinguidos y alta estima.

KLMA/wap.

Atentamente

  
CIP: 30862875  
WALTER AVENDAÑO PÉREZ  
SB PNP  
JEFE DE LA OF. INSTRUCCIÓN UTSEVI C.

V° B°  
  
OA-364235  
KATHERINE L. MARTINEZ ALARCON  
TNTE PNP  
JEFE (E) UTSEVI-PNP-CUSCO

