

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MODELADO DEL TRÁFICO VEHICULAR USANDO PROMODEL PARA DISMINUIR LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA AV. MARIO URTEAGA CUADRAS 1 HASTA 6 DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de

Ingeniero Industrial

Autores:

Marco Antonio Galvez Saldaña

Brayean Paul Silva Sanchez

Asesor:

Ing. Mg. Wilson Alcides Gonzales Abanto

DEDICATORIA

Marco Antonio Gálvez Saldaña
Dedicado a mí esfuerzo, a mis sueños,
a mis ilusiones, a mis familiares y
Dios por darme la fuerza.

Brayean Paul Silva Sánchez
A mis padres, familiares, amigos,
y Dios por ser mi guía.

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento al profesor Wilson Gonzales Abanto por sus enseñanzas para mejorar la investigación. Es un profesor con muchas ganas de enseñar, siempre le recordaré los buenos momentos de sus clases y muy preocupado por los aprendizajes de sus estudiantes.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
TABLA DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FÍGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I.....	10
INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Objetivos	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4. Hipótesis.....	14
1.4.1 Hipótesis general	14
CAPÍTULO II.....	15
MÉTODO	15
2.1 Tipo de investigación	15
2.1.1 Tipo de investigación:	15
2.1.2 Diseño de investigación: Experimental:.....	16
2.2 Población y muestra.....	17
2.2.1 Población:.....	17
2.2.2 Muestra:.....	17
2.3 Matriz de operacionalización de variables	18
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	19
2.5 Procedimiento.....	19
2.5.1. Primera etapa:	19
2.5.2. Segunda etapa:	19
2.5.3. Tercera etapa:.....	20
2.6 Aspectos éticos.....	21
CAPÍTULO III.....	22

RESULTADOS	22
3.1. Diagnóstico Actual del Problema de estudio	22
3.1.1. Datos Generales	22
3.1.2. Variable Independiente: Modelado del Tráfico vehicular	23
3.1.3. Variable Dependiente: Congestión Vehicular	27
3.2. Modelado del tráfico Vehicular	30
3.2.1. Aplicación de una herramienta tecnológica	30
3.2.2. Variable Independiente: Modelado del Tráfico vehicular.	31
3.2.3. Variable Dependiente: Congestión Vehicular.	33
3.3. Simulación de las alternativas de solución	35
3.3.1 Alternativa 1: Aplicación de Pico y Placa:	35
3.3.2 Alternativa 2: Retiro de las motos en el bloque 2 y 3:	39
3.3.3 Alternativa 3: Oleada verde:	42
3.4. Determinación la mejor alternativa de solución	46
 CAPÍTULO IV.	 47
 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	 47
4.1 Discusión	47
4.2 Conclusiones	49
 REFERENCIAS.....	 51
 ANEXOS	 55
ANEXO N° 1. Se muestra la ficha para recolectar datos, adaptada de (León, 2019).	55
ANEXO N° 2. Validación de instrumento de investigación basado en la fuente (León, 2019)	56
ANEXO N° 3. Validación de instrumento de investigación, a través de juicios de expertos, basado en la fuente (León, 2019)	57
ANEXO N° 4. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 1.....	58
ANEXO N° 5. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 2.....	59
ANEXO N° 6. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 3.....	60
ANEXO N° 7. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 4.....	61
ANEXO N° 8. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 5.....	62
ANEXO N° 9. Layout de ProModel.	63
ANEXO N° 10. Locaciones ingresadas a ProModel.....	64
ANEXO N° 11. Entidades utilizadas para la simulación	65
ANEXO N° 12. Arribos	66
ANEXO N° 12. Procesamiento en el simulador	67

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	18
TABLA2 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	19
TABLA3 DIMENSIONES Y PORCENTAJES DE FLUJO DE LOS VEHÍCULOS	23
TABLA4 MEDIDAS DE LAS CALLES DE MARIO URTEAGA	25
TABLA5 PROMEDIO DE VEHÍCULOS EN CADA BLOQUE.....	26
TABLA6 DENSIDAD VEHICULAR	28
TABLA7 FLUJO VEHICULAR.....	29
TABLA8 MEDICIÓN DEL TIEMPO	30
TABLA9 CANTIDAD DE ARRIBOS EN EL SISTEMA.....	32
TABLA10 DENSIDAD VEHICULAR.....	33
TABLA11 FLUJO VEHICULAR.....	34
TABLA12 TIEMPO DE LAS ENTIDADES	35
TABLA13 CANTIDAD DE ARRIBOS AL SISTEMA- PICO Y PLACA	36
TABLA14 DENSIDAD VEHICULAR PICO Y PLACA.....	37
TABLA15 FLUJO VEHICULAR PICO Y PLACA	38
TABLA 16 CANTIDAD DE ARRIBOS EN EL SISTEMA SIN MOTOTAXIS EN EL BLOQUE 2 Y 3	39
TABLA 17 DENSIDAD VEHICULAR SIN MOTOS EN EL BLOQUE 2 Y 3.	40
TABLA 18 FLUJO VEHICULAR SIN MOTOTAXIS EN EL TRAMO 2 Y 3.....	41
TABLA19 CANTIDAD DE ARRIBOS EN EL SISTEMA EN LA OLEADA VERDE	43
TABLA 20 DENSIDAD VEHICULAR EN LA OLEADA VERDE	44
TABLA 21 FLUJO VEHICULAR EN LA OLEADA VERDE.....	45
TABLA 22 TABLA RESUMEN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 <i>EN LA IMAGEN SE OBSERVA LA MUESTRA DE ESTUDIO</i>	17
FIGURA 2 <i>FUNCIONES DEL SOFTWARE PROMODEL</i>	21
FIGURA 3 <i>CALLES DEL LUGAR DE ESTUDIO</i>	23
FIGURA 4 <i>DIMENSIONES DEL VEHÍCULO CON SU RESPECTIVA DISTANCIA DE SEGURIDAD</i>	24
FIGURA 5 <i>LA AVENIDA MARIO URTEAGA</i>	27
FIGURA 6 <i>SIMULACIÓN DEL TRÁNSITO</i>	31
FIGURA 7 <i>GRÁFICA DE CANTIDAD DE ARRIBOS AL SISTEMA</i>	32
FIGURA 8 <i>DENSIDAD VEHICULAR</i>	33
FIGURA 9 <i>FLUJO VEHICULAR</i>	34
FIGURA 10 <i>CANTIDAD DE ARRIBOS – PICO Y PLACA</i>	36
FIGURA 11 <i>DENSIDAD VEHICULAR PARA PICO Y PLACA</i>	37
FIGURA 12 <i>FLUJO VEHICULAR MÉTODO PICO Y PLACA</i>	38
FIGURA 13 <i>CANTIDAD DE ARRIBOS DE LAS ENTIDADES SIN MOTOTAXIS EN LOS BLOQUES 2 Y 3</i>	40
FIGURA 14 <i>DENSIDAD VEHICULAR SIN MOTOS EN EL TRAMO 2 Y 3</i>	41
FIGURA 15 <i>FLUJO VEHICULAR SIN MOTOS EN EL TRAMO 2 Y 3</i>	42
FIGURA 16 <i>ARRIBOS AL SISTEMA OLEADA VERDE</i>	43
FIGURA 17 <i>DENSIDAD VEHICULAR PARA LA OLEADA VERDE</i>	44
FIGURA 18 <i>FLUJO VEHICULAR PARA LA OLEADA VERDE</i>	45

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>ECUACIÓN 1</i> PROMEDIO PONDERADO	24
<i>ECUACIÓN 2</i> DENSIDAD VEHICULAR	27
<i>ECUACIÓN 3</i> FLUJO DE VEHÍCULOS.....	29

RESUMEN

Esta investigación se centra el estudio de la congestión vehicular en la avenida Mario Urteaga de la ciudad de Cajamarca. El objetivo fue desarrollar alternativa de solución que permitan disminuir la congestión vehicular ya que es una avenida altamente transitada en las horas denominas punta. A partir del estudio realizado, se encontró que los vehículos en mayor circulación las son las mototaxis con un 64% del total aproximadamente. De las tres propuestas planteadas, pico y placa, sin mototaxis en los tramos 2 y 3 y la oleada verde, siendo la mejor la última, porque permitiría disminuir el tráfico vehicular encontrando como resultados, la densidad cambia de 2.18 a 1.57 y el flujo vehicular de 8.85 a 6.39 de las mototaxis, considerando la solución más pertinente porque los parámetros en arribos se mantienen, modificándose solo los tiempos de los semáforos; en la simulación se consideró dos horas de estudio y 10 réplicas, esta alternativa podría aliviar la congestión vehicular.

Palabras clave: Congestión vehicular, densidad vehicular, flujo vehicular, ProModel y simulación.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El transporte es el medio más importante en la sociedad ha evolucionado desde las carretas hasta los trenes de alta velocidad que existen en los países desarrollados, este es utilizado para satisfacer las necesidades de las personas. Sin embargo, a finales del siglo xx y el siglo actual el transporte es un problema, debido a que muchas ciudades en el mundo se han urbanizado de una manera rápida y con un crecimiento desmedido y desorganizado (García & Seguel, 2019). El crecimiento poblacional ha permitido un desarrollo socioeconómico para la población; además, ha significado una creciente movilización de la población a sus lugares de trabajo, centros comerciales, centros educativos, entre otros (Aarón et al., 2019b). La movilización masiva de la población ha producido congestión vehicular convirtiéndose en un problema de muchas ciudades en desarrollo o de las grandes capitales del mundo (Rodríguez Urrego et al., 2017) (Tapia et al., 2018).

Los factores son diversos que se pueden atribuir a este problema, tales como: inadecuada infraestructura vial, un incremento significativo del parque automotor, falta de un buen sistema de transporte público, falta de una buena gestión de distribución de sentidos de las vías, semaforización, ancho de las vías, entre otros (Aarón et al., 2019b) (Moreira et al., 2018). Por otro lado, la congestión vehicular tiene efectos negativos en la población, unos de los principales son los económicos dado por la demora de un vehículo genera costos debido a un mayor uso de gasolina, energía, desgaste en las partes del móvil (Annette, 2004) (Huang et al., 2013). Además, degrada la salud produciendo enfermedades cardiovascular, respiratorias y estrés por la abundante contaminación sonora (Morelli et al., 2015) (León et al., 2018) (Aarón et al., 2019b).

Según los estudios, el tráfico vehicular se generó por el crecimiento del parque automotor, en Europa existen más de 120 millones, en la capital de México hay más de 3 millones de automóviles

(Ruiz et al., 2019). Además, para América Latina se espera un crecimiento acelerado en la flota vehicular, los indicadores de las proyecciones muestran que se triplicarán en los próximos 25 años, considerándose un cálculo aproximado de más de 200 millones de vehículos para el año 2050. Se considera que la región tiene la tasa de crecimiento más rápido en el mundo del parque motorizado con una cifra aproximada de 4,5 % anual. La tasa casi se ha duplicado de 100 vehículos por 1.000 habitantes a 170 por 1.000 habitantes desde el año 2000; la tasa anual del crecimiento de la flota mayor es de 9.5% y la menor de 3.3% para Perú y Venezuela respectivamente, en los años 2010-2020 (Viscidi, 2017).

Para mitigar el problema de congestión vehicular se han ido aplicando ciertas medidas, como se mencionan a continuación, sistemas de control de tránsito, construcción de nuevas vías, mejora de la señalización, redistribuyendo el tránsito, sistemas de semaforización ; medida de restricción el tránsito vehicular conocida como “pico” y “placa”, esta fue aplicada en varias ciudades de América Latina (Herrera et al., 2018). Además, el avance de la ciencia ha permitido aplicar métodos sofisticados para solucionar el problema de congestión; por ejemplo, las simulaciones las cuales son herramientas poderosas para analizar datos de cualquier área y se pueden realizar predicciones, comportamientos, tendencias, etc; en la gestión del transporte permite estudiar modelos complicados y analizar por medio de algoritmos matemáticos (Souza et al., 2019).

La simulación permite evaluar de diversos escenarios y los parámetros de entrada pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades. Estos métodos se están empleando, por ejemplo, en una ciudad de Riohacha en Colombia, mediante simulación se modela el flujo vehicular de las zonas más congestionadas, el uso de softwares de alta funcionalidad como PTV Vissim 8 y Vensim PLE, les permitió conocer los carriles en conflicto, este análisis permite tomar mejores decisiones para mejorar el transporte (Aarón et al., 2019a). Además, los semáforos pueden ser ajustados a las necesidades del tránsito, con la cantidad de vehículos que se encuentran en espera mediante un sistema “On Line” que se ajusta a una situación particular de acuerdo a la hora y del día de la semana,

esto sirve para horas punta, este sistema funciona mediante unos sensores y simulaciones en tiempo real (Jiménez & Sarmiento, 2011).

Nuestro país no es ajeno al problema de congestión vehicular, se tiene una ley que se relaciona con el tránsito. Ley 27181 Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre 1999, permite que las Municipalidades Provinciales declaren vías saturadas, sea por congestión o contaminación, con fines de implementar concesiones de rutas de transporte público para corregir estas externalidades (Ministro de Transportes y Comunicaciones). En la ciudad de Lima se implementaron corredores viales; sin embargo, la situación de tránsito no ha mejorado como lo esperaban las autoridades. Además, para mejorar el transporte se aplicó la municipalidad de Lima la ordenanza conocida como "HORA PICO Y PLACA" (Municipalidad de Lima, 2019). Esta ordenanza fue considerada por la población poco útil para mejorar el tráfico caótico que existe en la ciudad capital del Perú.

La ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en la sierra norte del Perú, desde los años noventa viene experimentando un crecimiento demográfico y urbano de forma acelerada, debido al crecimiento económico en la región impulsado por la minería. En algunos sectores urbanos existe un crecimiento desordenado en la ciudad y con poca capacidad vial, sumado el crecimiento del parque automotor que genera congestión, como (Salazar & Nicola, 2017) menciona "datos del diagnóstico para el Plan de Desarrollo Urbano de Cajamarca se podría decir que al año 2015 la capacidad de las vías es deficiente en 60%, generando ello congestionamiento vehicular en horas punta". En la investigación de tesis por (León, 2019) de la reprogramación de semáforos de una calle principal del casco urbano, realizó la programación con el software promodel, lo cual le permitió realizar una disminución de los indicadores de la congestión vehicular.

En la ciudad de Cajamarca, las cuadras 1 hasta la 6 de la Av. Mario Urteaga, existe tráfico de todo tipo de unidades móviles (bicicletas, motocicletas, moto taxis, taxis, autos particulares, camionetas, buses, combis, etc.), sin existir ningún tipo de restricción en el tráfico de éstas y generando congestionamiento en horas punta. En tal sentido, esta investigación se centra en buscar

alternativas de solución mediante el uso de herramientas de simulación como el ProModel para evaluar y medir las variables de estudio modelamiento del tráfico y la congestión vehicular; además, es una propuesta que tendría un impacto positivo en el ciudadano.

Modelado del tráfico vehicular es un concepto que surge en años 30's, estudiado por primera vez por Bruce Douglas Greenshields, él aplicó métodos de fotografía y matemáticos para medir la variable flujo de tránsito vehicular (Álvarez Méndez, 2016). El tráfico vehicular se puede definir como el flujo de automóviles en una calle, avenida o autopista, el incremento acelerado del flujo vehicular genera la congestión vehicular en un punto específico o área (Borja & Santiago, 2017). En esta investigación se busca modelar el tráfico vehicular aplicando el software ProModel, la aplicación de softwares permite construir modelos que consideren de forma global los fenómenos a estudiar que están presenten dentro del sistema, y no como entes separados o aislados, además, se puede obtener diagnósticos de los problemas y evaluar posibles alternativas de solución (Flores et al., 2015).

La congestión vehicular se define como el volumen de móviles que produce una alta demanda de espacio que el disponible en las vías o se puede decir como la saturación de exceso de demanda de vías, esta se produce mayormente en las horas punta que son por las mañanas, a medio día e iniciando la noche por la gran movilización de las personas (Romero, 2018). Además, la congestión vehicular se observa en las zonas céntricas de las ciudades, esto genera pérdida de tiempo, un mayor gasto en combustible y componentes de los vehículos porque genera desgaste (Borja & Santiago, 2017). Este problema se podría solucionar mediante una señalización adecuada, restringiendo el tránsito vehicular en horas punta, verificando la disponibilidad de carriles para la circulación y una semaforización sincronizada.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el modelado del tráfico vehicular usando ProModel disminuirá la congestión vehicular en la Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Modelar el tráfico vehicular usando ProModel para disminuir la congestión vehicular en la Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Evaluar el estado actual del tráfico vehicular en la Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca haciendo uso del software ProModel.
- ✓ Simular las alternativas de solución que permitan disminuir la congestión vehicular en la Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca.
- ✓ Determinar la mejor alternativa de solución que permita disminuir la congestión vehicular en la Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta la 6.

1.4. Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

- ✓ El modelado del tráfico vehicular usando ProModel disminuirá la congestión vehicular en la Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca.

CAPÍTULO II.

MÉTODO

2.1 Tipo de investigación

2.1.1 Tipo de investigación:

Según el propósito:

De tipo Aplicada: Se aplica para la resolución de problemas del entorno real por ejemplo, la mejora de producción de las industrias, en la agricultura, tratamiento de enfermedades, entre otros (GESTIÓN, 2019). Entonces de acuerdo a su propósito esta investigación es aplicada ya que resolvería el problema de la congestión vehicular en horas punta en la Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca, además la simulación de un modelo con ayuda del software PROMODEL, para poder reducir el tráfico en dichas cuadras de la Av. Mario Urteaga, cuyo modelo puede ser utilizado como guía por otros investigadores en otras partes del planeta.

Según el Enfoque:

De tipo Cuantitativa: El enfoque cuantitativo presenta las características: Refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación, puedes formular la siguiente pregunta ¿cada cuánto ocurren y con qué magnitud el fenómeno o evento a estudiar?, la recolección de los datos se fundamenta en la medición los cuales permiten medir la validez de la hipótesis. Otra característica, el problema de investigación debe estar delimitado para facilitar el estudio. Las mediciones por su naturaleza reportadas mediante números (cantidades) y estos son analizados mediante métodos estadísticos. (Sampieri et al., 2013). Esta investigación es de este tipo porque se tendrá medidas cuantificas, además, mediante uso de ProModel podremos determinar la cantidad de unidades vehiculares

que pueden circular por cada carril en las cuadras de la 1 a la 6 de la Av. Mario Urteaga, sin generar congestión vehicular.

Según el Alcance:

De tipo Correlacional: Cuando un estudio es correlacional tiene como objetivo conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más variables, pero mínimo tiene que existir dos variables de estudio, en una muestra o contexto en particular. Para conocer el grado de relación entre variables, se realizan las mediciones de cada una y luego se cuantifica la relación que tienen entre sí, y la correlación se sustenta con las hipótesis, las cuales pueden ser sometidas a pruebas (Sampieri et al., 2013). La investigación es de tipo correlacional ya que realizaremos un análisis de relación entre dos variables de modelado del tráfico vehicular la congestión vehicular.

2.1.2 Diseño de investigación: Experimental:

Experimental: De acuerdo a (Babbie, 2016) la palabra experimento tiene por lo menos dos definiciones, una general y otra particular. La general se define como “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias. Cuando nos referimos a “experimentar” se puede entender como la mezcla de sustancias químicas y vemos la reacción provocada; la definición de experimento es la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados o efectos, por otro lado, a la acepción particular de experimento, tiene relación con un sentido científico, está relacionado con la manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para observar el efecto sobre una o más variables dependientes. Es decir, los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.” (Sampieri et al., 2013). Esta investigación tiene diseño experimental, debido a que se plantea el uso de carriles en función del tipo de vehículo para disminuir la congestión vehicular y para una mejor optimización de los resultados se utilizará el software ProModel para simular la congestión.

A continuación, se presenta la tabla de operacionalización de variables de estudio para esta investigación.

Tabla1

Operacionalización de Variables.

Tipo de Variable	Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente	Modelado del tráfico vehicular	Según (Silva, 2019) el tráfico es verificar el correcto orden entre el tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, entre otros. Sin embargo, el tráfico puede ser interrumpido por problemas de congestión vehicular, y convirtiéndose en un problema.	Entidades	Cantidad de móviles
			Cantidad de locaciones	# de tramos
			Arribos	La frecuencia o tiempo de llegada de los móviles
Variable Dependiente	Congestión Vehicular	La congestión vehicular se define como el volumen de móviles en un determinado espacio disponible en las vías, también, es el exceso de demanda de vías para la circulación, mayormente se produce en horas punta que son por las mañanas, a medio día e iniciando la noche por la gran movilización de las personas (Romero, 2018)	Densidad vehicular	Cálculo cantidad de vehículos por área
			Flujo de vehículos	% de vehículos por tiempo.
			Tiempo	El tiempo de viajar de un punto a otro.

Nota: En la tabla se observa la operacionalización de las variables de estudio.

Tabla2

Técnicas e instrumento de recolección

Técnicas	Instrumentos	Análisis de datos
<p>Observación directa: Por el tipo de investigación se ajusta a esta técnica de recolección de datos. Debido a que se realizara un registro sistemático de comportamientos observables (Sampieri et al., 2013)</p>	<p>Ficha de observación: En este instrumento nos permite anotar las ocurrencias del objeto de estudio. El instrumento fue adaptado tomado de la investigación de (León, 2019); ver en el anexo 1, y la validación basados en mismo autor, ver anexos 2 y 3.</p>	<p>Software ProModel: Este sistema nos permitió modelar los datos y además realizar algunas predicciones para mejorar el tránsito.</p>

Nota: En la tabla se observa la técnica empleada, los instrumentos y el análisis de datos que se emplearán en la presente investigación.

2.5 Procedimiento

El procedimiento se realiza en las siguientes etapas:

2.5.1. Primera etapa:

Para el desarrollo de investigación se elaboró una ficha de observación la cual consta de 15 ítems enfocados a la recolección de los datos de las variables de estudio, esta fue adaptada y la validación autor (León, 2019), ver en los anexos 1, 2 y 3.

2.5.2. Segunda etapa:

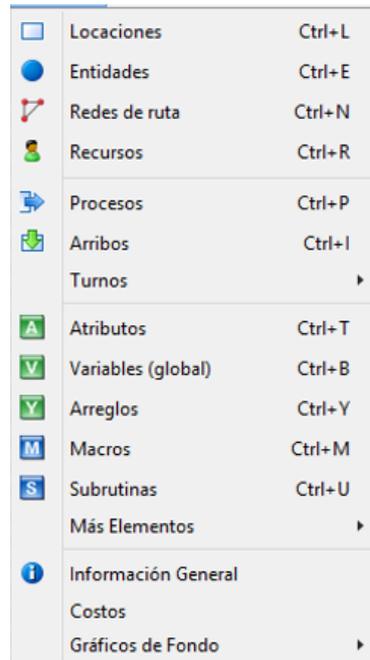
Para la recolección de datos se hizo un cuaderno de campo a partir los ítems del anexo 1, este consta de tablas o cuadros, el cual nos permitió registrar la información como los tiempos de demora de los arribos, cantidad unidades que arribaron en un periodo de tiempo, las unidades (fueron mototaxis, combis de transporte público, entre otros), los datos fueron registrados por 5 días para poder tener un mejor análisis de estudio, ver anexos 4, 5, 6, 7 y 8. Además se tomó las medidas de longitud de las de calles de la av. Mario Urteaga cudras 1

hasta la 6. A partir de los datos recolectados se realizó el estudio de las variables independiente y dependiente. En la recolección de datos se emplearon 3 observadores para registrar la información de los puntos de estudio, se recolectaba la información en forma sincronizada todos los observadores registraron al mismo tiempo.

2.5.3. Tercera etapa:

Los datos fueron analizados mediante el uso de la tecnología, para tal fin se utilizó el **Software ProModel**, este nos permitió modelar los datos y además realizar algunas predicciones y ajustes de mejorar en el tránsito. En la figura 02 se muestra, las funciones que fueron empleadas en la simulación. Por ejemplo, las locaciones son representadas por las calles (representados como tramos en el estudio) las entidades son los vehículos (combis, mototaxis, autos), arribos es la cantidad de vehículos que ingresan al sistema. Además, el uso y las funciones ingresadas en el simulador como el layout, localizaciones, entidades y arribos, se pueden ver los anexos 09 al 13.

Funciones del software ProModel.



Nota: En la imagen se muestra los recursos usados del software ProModel.

2.6 Aspectos éticos

El termino ético se define como el "conjunto de normas morales que rigen la conducta de la persona en cualquier ámbito de la vida" (RAE, 2022). En tal sentido, los aspectos éticos en la investigación fueron. El respeto a la vida de cualquier ser viviente no se utilizó ningún ser vivo para experimentar o ver el efecto causa después de una manipulación; el respeto a las ideas de otros autores, mediante el uso correcto de citando y referenciando de acuerdo al manual de citación APA séptima versión, en el documento todas las ideas fueron citas de otros autores y en su mayoría se utilizó el parafraseo; el diseño del instrumento fue basado en el autor (León, 2019), el cual está citado y referenciado y la validación se usó del mismo autor mencionado ver los anexos 2 y 3. Se puede afirmar que el documento es original debido a que la mayoría de ideas plasmadas son producto de la investigación realizada, y se puede afirmar fehacientemente que en todo el documento no hay plagio o copia de otros trabajos.

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

3.1. Diagnóstico Actual del Problema de estudio

3.1.1. Datos Generales

El lugar de estudio fue la Av. Mario Urteaga cuadras 1 hasta 6 de la ciudad de Cajamarca. Se tomó este sector como parte de estudio, debido a que es una zona que tiene un alto congestionamiento en las horas denominadas punta, esto se da por la gran concentración y concurrencia que existe en este sector. En este lugar se encuentran las siguientes instituciones educativas Santa Teresita (nivel primario y secundario), José Gálvez Egusquiza y I.E. N° 82012, de acuerdo a la Institución de Estadística de la Calidad Educativa (ESCALE, 2019) asisten alrededor de 3000 estudiantes, esta concurrencia significativa en un determinado periodo de tiempo produce una alta congestión vehicular. Además, existe un hospital y varios centros de atención médica, y también, es una vía que lleva al centro y a los mercados de la ciudad, muchas personas trabajar en esta zona, las cuales tienen que movilizarse.

En la figura 03 se puede observar el objeto de estudio, se tiene un ingreso vehicular por el óvalo El Inca, algunos abandonan por el Jr. Ayacucho y al mismo tiempo ingresan de vehículos a Mario Urteaga por este punto. En el punto de ingreso o salida del Jr. Cinco Esquinas no es tan significativo a partir de la observación realizada, en consecuencia no se toma como referencia para el estudio. En el Jr. G. Urrelo existe una intersección donde se puede observar ingreso y salida de vehículos a Mario Urtega, en el Jr. San Salvador es el punto donde salen todas las mototaxis y finalmente en el punto de Dos de Mayo salen todos los vehículos.

Además, de acuerdo a las mediciones realizadas del ancho de la calle, solo puede soportar dos vehículos de forma paralela.

Figura 3

Calles del lugar de estudio.



Nota: En la imagen se muestra el lugar de estudio de la investigación.

Fuente: Adaptado de: (Google Maps, 2020)

3.1.2. Variable Independiente: Modelado del Tráfico vehicular

a. Entidades:

Entidades se representan como los flujos de entrada y salida en la simulación, las entidades en la investigación son los vehículos. En el sector de estudio circulan los siguientes tipos de vehículos, transporte público: combis, mototaxis y taxis y transporte privados: autos y camionetas. En mayor proporción transitan mototaxis.

Tabla3

Dimensiones y porcentajes de flujo de los vehículos

Entidades (Vehículos)	Longitud (m)	Porcentaje de vehículos (%)
Combi	5.990	25
Mototaxi	2.635	50
Auto	4.425	15
Camioneta	5.330	10

Nota: Los valores de longitud fueron tomados de las fichas técnicas de los vehículos y los porcentajes son un aproximado de la recolección de datos.

Por la diversidad de vehículos que circulan por la vía, se calculó un promedio ponderado de la longitud, para esto se usó la siguiente ecuación.

$$\bar{l} = \frac{\sum x_i y_x}{n} \quad \text{Ecuación 1 Promedio ponderado}$$

Donde: x_i : Es la longitud de los vehículos

y_i : Es el porcentaje

n : Representa el total en porcentaje.

Haciendo uso de la ecuación 1 se calculó la longitud promedio.

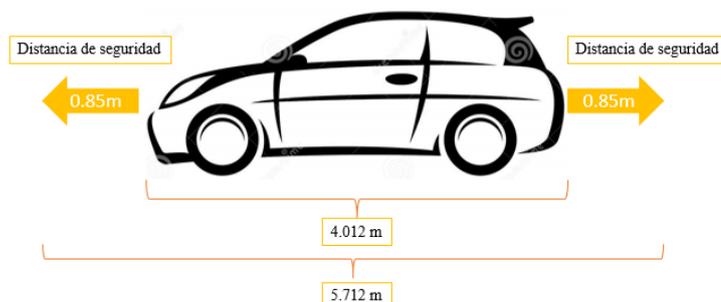
$$\bar{l} = \frac{5.990 \times 25 + 2.635 \times 50 + 4.425 \times 15 + 5.330 \times 10}{100}$$

$$\bar{l} = \frac{401.175}{100} = 4.012 \text{ m}$$

A partir del resultado obtenido se puede aproximar el espacio que necesita un vehículo, incluyendo la distancia de seguridad, la cual permite al conductor maniobrar y no colisionar con un vehículo que está al frente. En el reglamento nacional de tránsito no especifica una distancia mínima entre vehículos, solo se menciona en el artículo 92 “conservar la distancia suficiente entre el vehículo que conduce y el vehículo que lo precede, que le permita si se produce la detención de éste, una maniobra segura, teniendo en cuenta la velocidad y las condiciones de la vía” Ministerio de Comunicaciones y Transporte (MTC, 2020)

Figura 4

Dimensiones del vehículo con su respectiva distancia de seguridad.



Fuente: Adaptado de: (Dreamstime, 2020)

b. Cantidad de locaciones:

Las locaciones son los lugares fijos, en la investigación se representa como locaciones a las calles del lugar de estudio de Av. Mario Urtega de las cuales se les denomina tramos, existen seis tramos, iniciando desde el Ovalo Inca hasta Dos de Mayo, estas fueron juntados en cuatro tramos para temas de estudio, de acuerdo a la observación directa hay entradas que no afectan de forma significativa al estudio, debido a que puede ingresar una unidad en los periodos de tiempo establecidos. En la siguiente tabla se muestra las longitudes de cada calle estudiada y el número máximo de vehículos que puede contener en los dos carriles disponibles, en un instante de tiempo.

Tabla4

Medidas de las calles de Mario Urteaga

Locaciones (Tramos)	Longitud (m)	Máximo de entidades que soporta las locaciones
Tramo 01	71	25
Tramo 02	260	90
Tramo 03	156	54
Tramo 04	60	21

Nota: En la tabla se puede observar las medidas de dimensiones de las calles en metros, y la cantidad de carros como máximo que pueden soportar las vías. En su mayoría de vehículos son combis y moto taxi (torito). El cálculo es haciendo uso de los datos de la tabla 03.

c. Arribos.

Los arribos son la cantidad de entidades que llegan al sistema, en el caso de la investigación se contabilizó la cantidad de vehículos que ingresaron al sistema en un determinado tiempo (se consideró 5 minutos cada frecuencia) por el punto inicial Mario Urteaga 1, por el Jr. Ayacucho y el Jr. G. Urrelo; además, los abandonos del sistema que fueron en Ayacucho, Urrelo, San

Salvador y Dos de Mayo. En la siguiente tabla 5 se muestran las medidas promedias que fueron realizadas por cinco días de observación directa.

Tabla5

Promedio de vehículos en cada bloque.

Calles	Frecuencia	Ingreso desde el inicio			Salida		INGRESOS
		Combi	Mototaxi	Otros	Mototaxi	Combi	Otros
Bloque 1	5 min	11	16	11	7		
	5 min	12	17	10	7		
	5 min	10	17	11	5		
	5 min	10	17	12	7		
	5 min	12	17	13	6		
Bloque 2	5 min	11	9	11	10	2	11
	5 min	12	11	10	12	1	9
	5 min	11	11	11	13	1	12
	5 min	12	10	12	10	1	10
	5 min	11	10	13	13	1	10
Bloque 3	5 min	10	10	11	20		11
	5 min	11	8	10	20		12
	5 min	10	10	11	21		11
	5 min	11	10	12	20		9
	5 min	9	7	13	20		13
Bloque 4	5 min	10	0	11		10	11
	5 min	11	0	10		11	10
	5 min	10	0	11		10	11
	5 min	11	0	12		11	12
	5 min	9	0	13		9	13

Nota: Las mediciones corresponden a un promedio de cinco días de estudio, a la cantidad de vehículos en cada tramo. La toma de datos se inició al mismo tiempo al inicio de cada tramo desde las 7:50 a.m. hasta las 8:15 a.m.

3.1.3. Variable Dependiente: Congestión Vehicular

a. Densidad Vehicular

La densidad vehicular es la cantidad de vehículos por unidad de longitud, en este se puede considerar como una densidad lineal, debido que existe una división en la parte central de la vía, y por ser tan pequeña, solo alcanza un vehículo en cada carril.

Figura 5

La avenida Mario Urteaga.



Nota: En la imagen se muestra la avenida de estudio.

La densidad vehicular se denota como con la letra “D”

$$D = \frac{\#vehículos}{longitud} \quad \text{Ecuación 2 Densidad vehicular}$$

A partir de la ecuación 2, se calcula la densidad vehicular de forma indirecta. La longitud de la calle fue multiplicada por dos debido a que son dos carriles, para tener el espacio real donde pueden ocupar los vehículos.

Densidad vehicular

Calles	Total de vehículos	Distancia x 2 (m)	Densidad vehicular	Densidad Promedio
Bloque 1	38	142	0.266	0.277
	40	142	0.279	
	38	142	0.266	
	39	142	0.277	
	42	142	0.297	
Bloque 2	42	520	0.080	0.084
	42	520	0.081	
	46	520	0.088	
	44	520	0.084	
	44	520	0.085	
Bloque 3	41	312	0.131	0.134
	41	312	0.131	
	42	312	0.135	
	42	312	0.135	
	43	312	0.138	
Bloque 4	21	120	0.173	0.180
	21	120	0.173	
	21	120	0.175	
	22	120	0.187	
	23	120	0.190	

Nota: En la tabla se muestra la densidad vehicular desde la cuadra 1 a la cuadra 6. La densidad en este caso es la concentración de vehículos en una distancia, se puede considerar que esta densidad es momentánea debido a que los móviles están en constante movimiento.

b. Flujo de vehículos.

La medida del flujo vehicular es la frecuencia de vehículos que pasan por un determinado punto. En el trabajo de investigación a flujo se le denota como "q". Además para medir el flujo se utiliza la siguiente ecuación.

$$q = \frac{\#vehículos}{tiempo} \quad \text{Ecuación 3 Flujo de vehículos}$$

Tabla7

Flujo Vehicular

Calles	Frecuencia	Total de vehículos	Flujo vehicular	Flujo promedio
Bloque 1	5 min	38	7.56	7.872
	5 min	40	7.92	
	5 min	38	7.56	
	5 min	39	7.88	
	5 min	42	8.44	
Bloque 2	5 min	42	8.32	8.696
	5 min	42	8.44	
	5 min	46	9.16	
	5 min	44	8.72	
	5 min	44	8.84	
Bloque 3	5 min	41	8.20	8.368
	5 min	41	8.20	
	5 min	42	8.40	
	5 min	42	8.40	
	5 min	43	8.64	
Bloque 4	5 min	21	4.16	4.312
	5 min	21	4.16	
	5 min	21	4.20	
	5 min	22	4.48	
	5 min	23	4.56	

Nota: En la tabla se muestra el flujo vehicular en cada bloque estudiado, se puede observar en los tres primeros bloques el flujo es mayor en comparación con el último tramo.

El tiempo de demora de ir desde el punto inicial al punto final de la avenida Mario Urteaga.

Tabla8

Medición del tiempo

	t1 (s)	t2 (s)	t3 (s)	t4 (s)	t5 (s)
Vehículo público	139	129	150	135	130

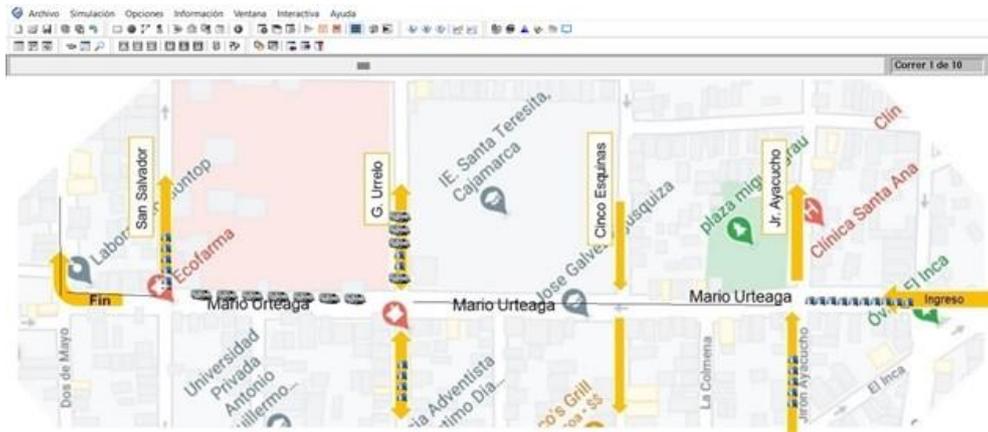
Nota: En la tabla se muestra las medidas de tiempo que demora en ir un vehículo desde el punto inicial al final.

3.2. Modelado del tráfico Vehicular

3.2.1. Aplicación de una herramienta tecnológica

Se empleó ProModel para la modelar de la variable independiente. ProModel es un simulador que permite observar la animación de un proceso y optimización, se pueden plantear modelos los cuales pueden ser simulados y optimizados. Además, se menciona que "permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, servicios, call centers, manejo de materiales, etc"(ProModel, 2022). En tal sentido, por la versatilidad del programa, se empleó para analizar el tráfico vehicular. En la siguiente imagen se puede observar el layout del simulador.

Simulación del tránsito.



Nota: En la imagen se muestra el Layout

3.2.2. Variable Independiente: Modelado del Tráfico vehicular.

ProModel nos permitió realizar múltiples replicas, en este caso se hicieron 10 réplicas por cada caso analizado, las cuales son importantes en un estudio de investigación porque se puede obtener información más precisa de las variables de estudio, y periodos de tiempos más prolongados.

a. Cantidad de Locaciones

Las locaciones para este estudio son consideradas, las calles consideradas como bloque 1, 2, 3 y 4, los ingresos en la calle Ayacucho y Guillermo Urrelo y las salidas en Ayacucho, Guillermo Urrelo, San Salvador y Dos de Mayo, en total de locaciones fueron 10, ProModel solo permite 20 locaciones como máximo, por lo tanto no hubo problema en el uso del programa.

b. Entidades

En el caso de las entidades, hemos definido a los vehículos que al menos realizan un tramo de recorrido, las entidades son consideradas, las mototaxis, las combis de servicio público, y otros que agrupa a los taxis y las camionetas, en este caso porque estos vehículos circulan en forma errática, y no constante como las mototaxis o camionetas.

c. Arribos

Los arribos son los vehículos que ingresan al sistema, en la simulación se consideró tres puntos de arribos, uno principal donde ingresan las combis, las motos, taxis, el segundo y tercero solo motos debido que es la mayor proporción de ingresos al sistema. Se analizó en un periodo de 2 horas de acuerdo a la consideración de hora punta desde 6: 30 A.M. Hasta 8:30 A.M. por la mayor cantidad de personas que se movilizan a sus centros de estudios y laborales. Se realizó 10 réplicas, en la siguiente se muestra los resultados obtenidos.

Tabla9

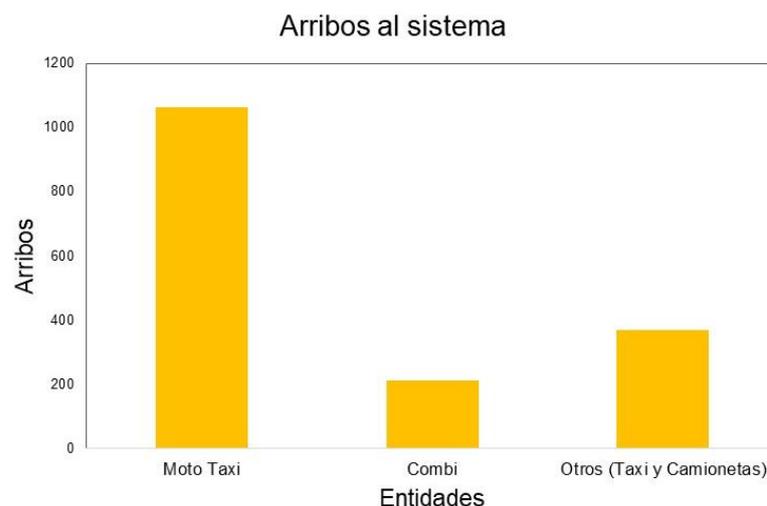
Cantidad de arribos en el sistema.

N°	Entidades	Arribos
1	Moto Taxi	1062
2	Combi	211
3	Otros (Taxi y Camionetas)	370

Nota: En la tabla se puede observar la mayor cantidad de arribos corresponde a las mototaxis.

Figura 7

Gráfica de cantidad de arribos al sistema



Nota: En la imagen se puede apreciar que las mototaxis representan el mayor número de unidades que circulan, en el sistema.

3.2.3. Variable Dependiente: Congestión Vehicular.

a. Densidad Vehicular.

A partir de la información recolectada, de la cantidad de arribos proyectados en dos horas, se calculó la densidad para el periodo de hora punta calculada en el sistema, la longitud de recorrido para las motos se considera 486 m porque termina su proceso en el bloque 3, y de las combis y otros se tiene una longitud de 547.

Tabla10

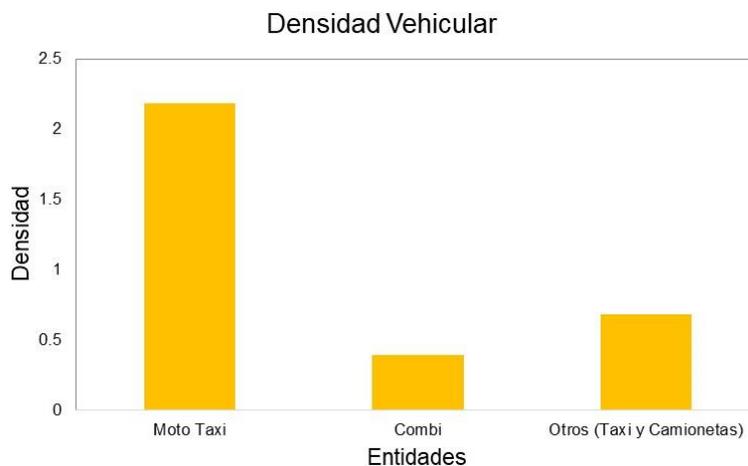
Densidad Vehicular

Entidades	Arribos	Densidad Vehicular
Moto Taxi	1062	2.18
Combi	211	0.39
Otros (Taxi y Camionetas)	370	0.68

Nota: De acuerdo a los resultados se observa los vehículos en mayor proporción son las mototaxis, por consiguiente, son las con mayor densidad, después, sigue otros tipos de móviles. Sin embargo debemos considerar que hay movimiento continuo, y la densidad es en el periodo de tiempo establecido.

Figura 8

Densidad vehicular



Nota: Se observa que las motos tienen la mayor densidad alcanzado a 2.18

b. Flujo Vehicular:

El flujo vehicular calculado los datos proporcionados por el software, tomando un tiempo de 2 horas.

Tabla11

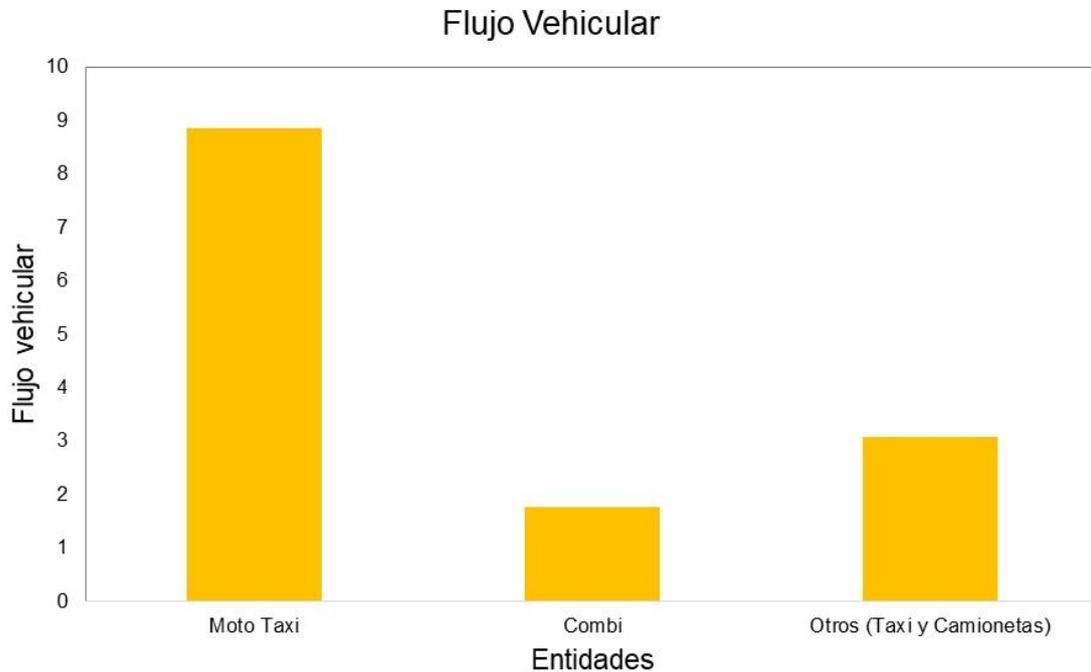
Flujo Vehicular

Entidades	Arribos	Flujo Vehicular
Moto Taxi	1062	8.85
Combi	211	1.75
Otros (Taxi y Camionetas)	370	3.08
Total	1643	13.69

Nota: El mayor flujo vehicular se presenta con las mototaxis, en forma conjunta el flujo vehicular es de 13.69.

Figura 9

Flujo vehicular



Nota: El mayor flujo vehicular es para las mototaxis teniendo como valor de 8.85, y los otros móviles alcanza un valor de 3.08.

c. **Tiempo:** El tiempo que demora cada entidad en todo el viaje.

Tabla12

Tiempo de las entidades

Entidades	t (min)
Moto Taxi	1.56
Combi	1.82
Otros (Taxi y Camionetas)	1.86

Nota: En la tabla se puede observar el mayor tiempo se lo lleva a los taxis y camionetas, seguido de las combis.

3.3. Simulación de las alternativas de solución

3.3.1 Alternativa 1: Aplicación de Pico y Placa:

En varias ciudades de Latinoamérica se ha aplicado el método de pico y placa, para mejorar la fluidez del tránsito, por consecuencia del estudio realizado mediante la observación directa y la simulación, el mayor flujo es los vehículos que corresponden a las mototaxis. En la investigación se consideró disminuir los ingresos en dos principales puntos en el ovalo el inca e ingreso Ayacucho, en un 40 %.

a. **Variable Independiente:** Modelado del Tráfico vehicular

Cantidad de Arribos:

En este proceso de simulación solo se considera la dimensión arribos debido es la única que se está cambiando, y las otras dimensiones quedan igual, además, para determinar las dimensiones de densidad y flujo vehicular, se necesitó conocer la cantidad de arribos al sistema. Como se puede observar en la tabla 13, la cantidad de arribos en motos es de 727, es una disminución significativa que podría aliviar el tráfico en una hora punta.

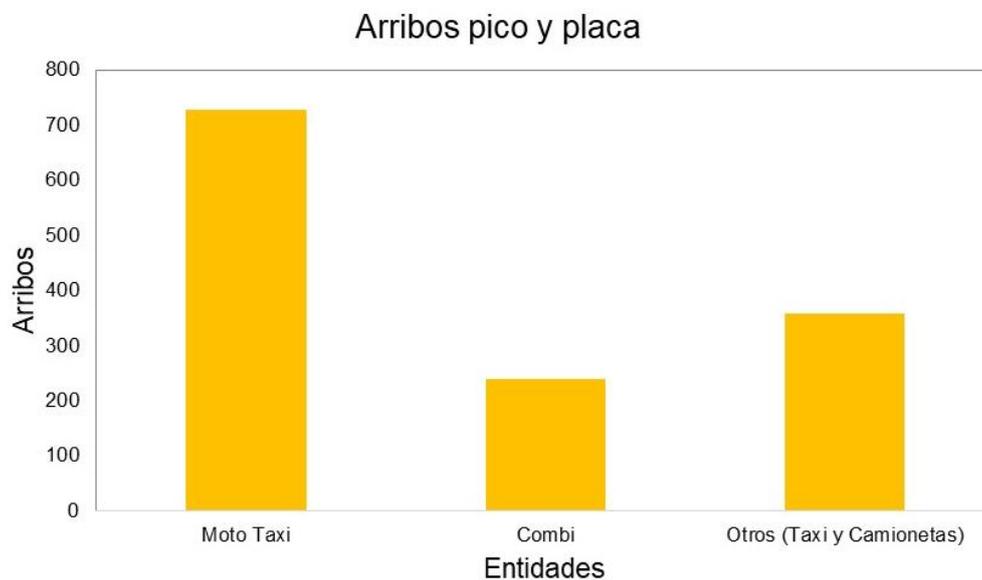
Cantidad de arribos al sistema- pico y placa

N°	Entidades	Arribos
1	Moto Taxi	727
2	Combi	240
3	Otros (Taxi y Camionetas)	358

Nota: En la tabla se puede observar la mayor cantidad de arribos corresponde a las motos.

Figura 10

Cantidad de arribos – pico y placa



Nota: En la gráfica se puede observar que solo hay un cambio en las mototaxis, debido a que a la restricción aplicada en los ingreso al sistema.

b. Variable Dependiente: Congestión Vehicular

En este caso está centrada en dos dimensiones densidad vehicular y flujo vehicular.

Densidad Vehicular:

La densidad vehicular considerando pico y placa, la longitud motos de recorrido de 486 m desde el bloque 1 hasta bloque 3, y de las combis y otros se tiene una longitud de 547, los

datos de densidad para combis y otros no hay un cambio porque se mantienen fijas en el estudio.

Tabla14

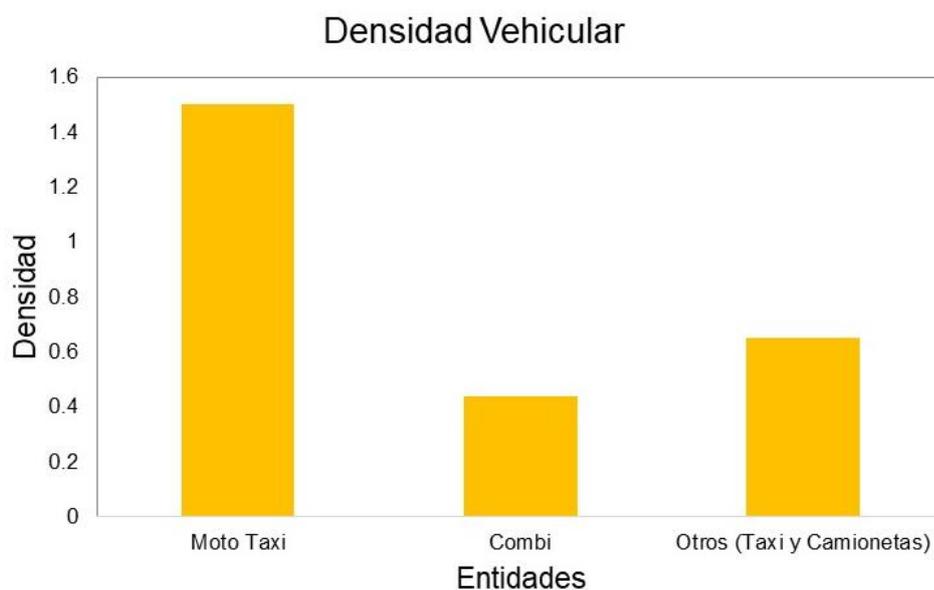
Densidad Vehicular pico y placa

Entidades	Arribos	Densidad Vehicular
Moto Taxi	727	1.50
Combi	240	0.44
Otros (Taxi y Camionetas)	358	0.65

Nota: De acuerdo a los resultados se puede observar las mototaxis tienen una mayor densidad.

Figura 11

Densidad Vehicular para pico y placa



Nota: Como los vehículos que más transitan son las motos, consecuencia presentan la mayor densidad.

Flujo Vehicular:

El flujo vehicular para el caso aplicando pico y placa, tomando un tiempo de 2 horas.

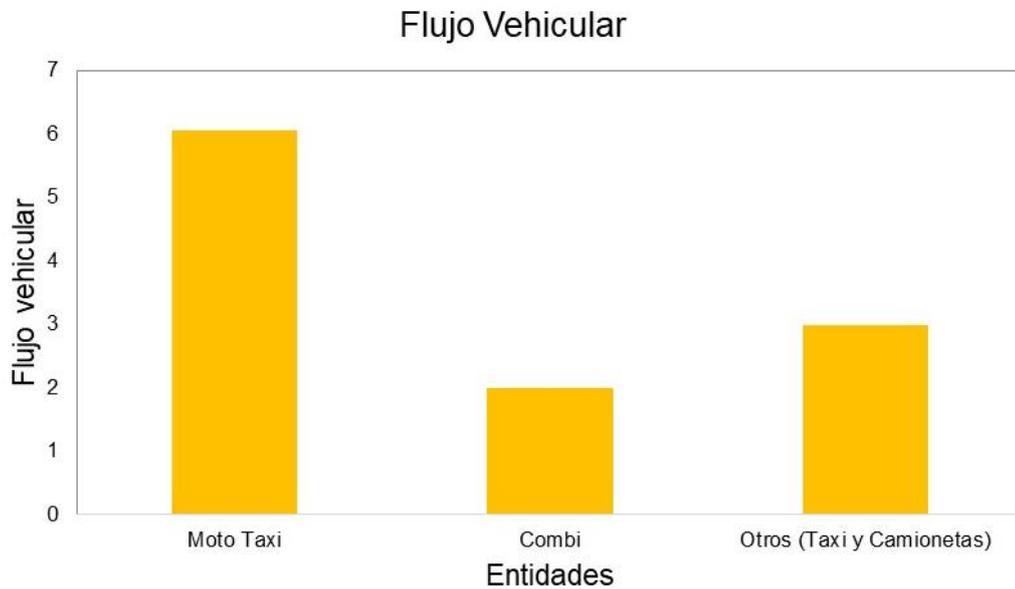
Flujo vehicular pico y placa

Entidades	Arribos	Flujo Vehicular
Moto Taxi	727	6.06
Combi	240	2.00
Otros (Taxi y Camionetas)	358	2.98

Nota: El mayor flujo vehicular se presenta con las mototaxis.

Figura 12

Flujo vehicular método pico y placa



Nota: En la imagen se puede observar que hay una reducción del flujo vehicular.

Mediante la aplicación de pico y placa, y basándonos en las entidades de mayor cantidad que son los mototaxis, en la simulación se obtuvo un resultado de 8.85 (ver tabla 11) de flujo de mototaxis, con la posible solución se redujo a 6.06 (ver tabla15), esto significa una reducción de 25% del flujo, lo cual nos permite inferir que podría ser válido la aplicación de este método.

3.3.2 Alternativa 2: Retiro de las motos en el bloque 2 y 3:

La segunda alternativa que se propone, es retirar el ingreso de las motos a los bloques 2 y 3, se consideró este tipo de alternativa debido al horario llegan muchas personas, a realizar diversas actividades. En consecuencia la densidad y el flujo vehicular debido al ingreso de mototaxis incrementan de manera significativa. Por otro lado, los otros arribos considerados combis y autos y camionetas no se modifican.

a. **Variable Independiente:** Modelado del Tráfico vehicular

Cantidad de Arribos:

Es similar al caso de pico y placa, solo se considera la dimensión arribos debido es la única dimensión que está cambiando, y las otras quedan igual.

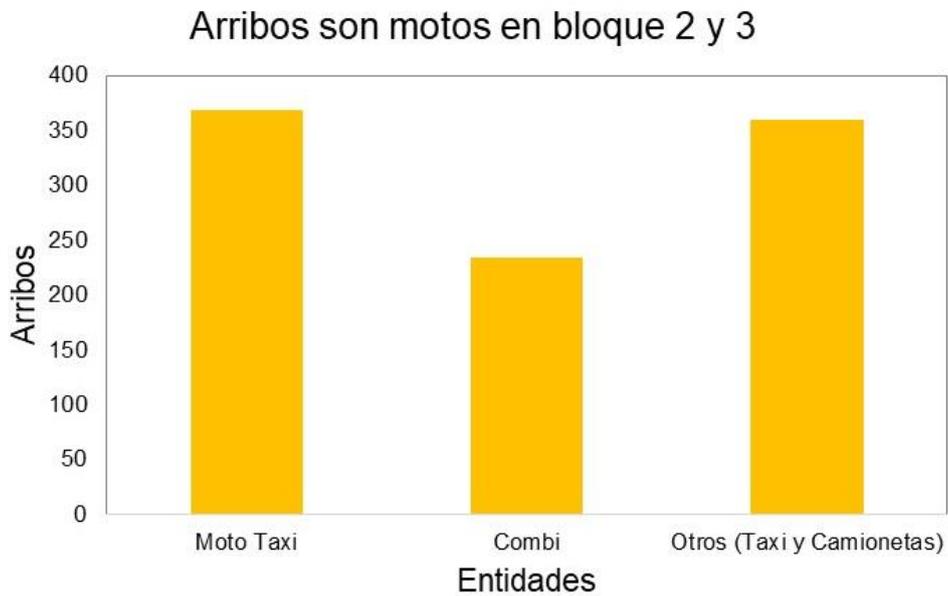
Tabla 16

Cantidad de arribos en el sistema sin mototaxis en el bloque 2 y 3

N°	Entidades	Arribos
1	Moto Taxi	368
2	Combi	234
3	Otros (Taxi y Camionetas)	359

Nota: En la tabla se muestra los arribos de las mototaxis que solo ingresa al bloque 1, y de las combis y otras unidades que hacen el recorrido completo.

Cantidad de arribos de las entidades sin mototaxis en los bloques 2 y 3



Nota: En la gráfica se muestra los mototaxis realizando movimiento solo en el tramo 1, y las combis y otros móviles en todo el recorrido.

b. Variable Dependiente: Congestión Vehicular

Se analizó dos dimensiones densidad vehicular y flujo vehicular.

Densidad Vehicular:

La longitud total para el recorrido de las entidades combi y otros móviles se mantiene en 547 m, y para entidad mototaxis solo hace el recorrido de del primer bloque 71 m.

Tabla 17

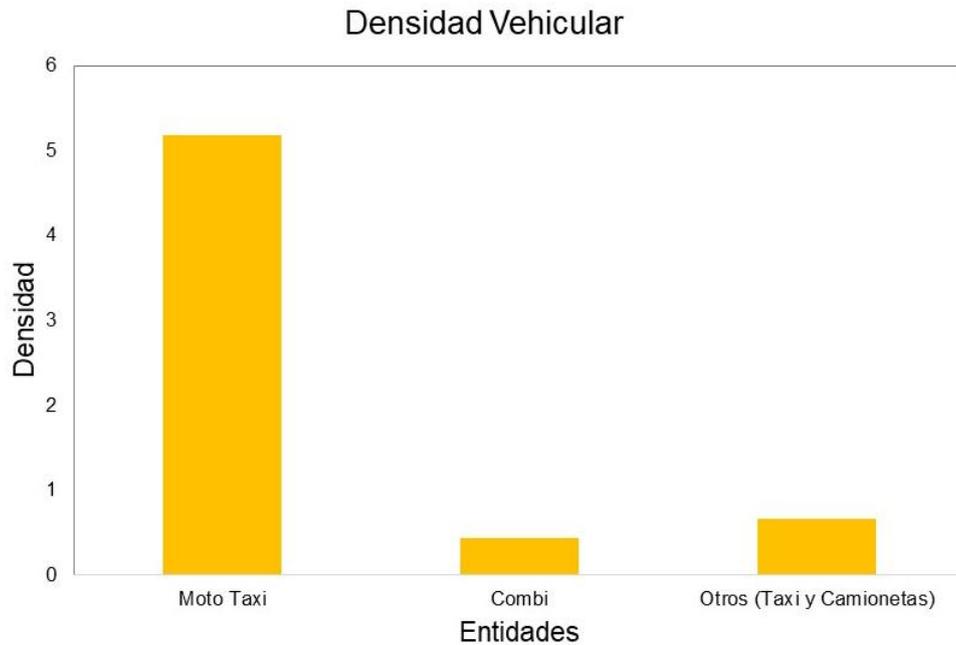
Densidad Vehicular sin motos en el bloque 2 y 3.

Entidades	Arribos	Densidad Vehicular
Moto Taxi	368	5.18
Combi	234	0.43
Otros (Taxi y Camionetas)	359	0.66

Nota: De acuerdo a los resultados se puede observar las mototaxis en el tramo 1 existe una mayor congestión.

Figura 14

Densidad vehicular sin motos en el tramo 2 y 3.



Nota: En la gráfica se puede observar que en el tramo 1 existe una alta densidad de las mototaxis, y la densidad vehicular de las combis y otros es similar

Flujo Vehicular:

El flujo vehicular para la alternativa 2, tomando un tiempo de 2 horas.

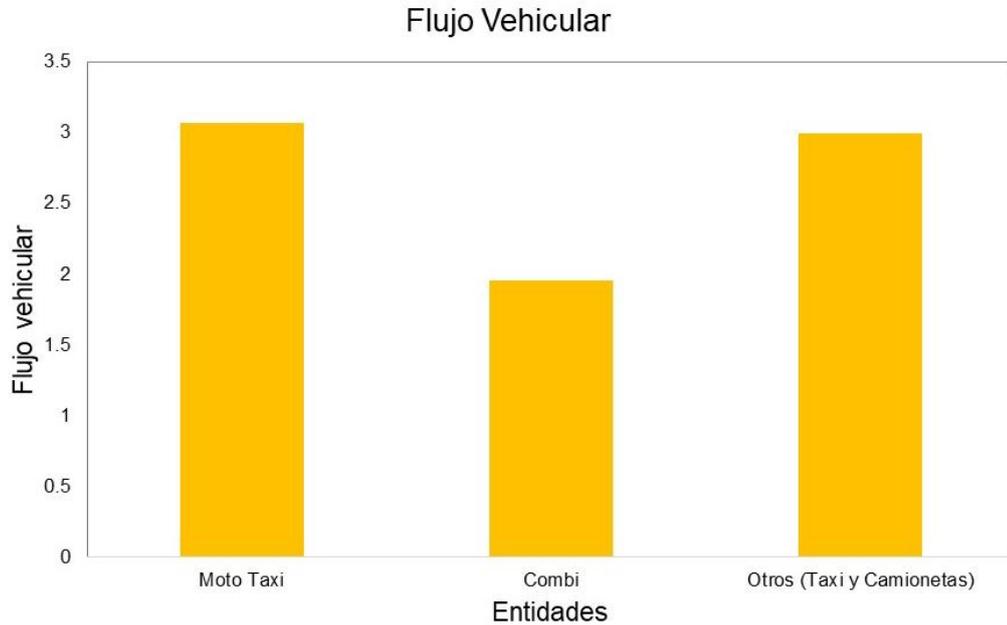
Tabla 18

Flujo vehicular sin mototaxis en el tramo 2 y 3

Entidades	Arribos	Flujo Vehicular
Moto Taxi	368	3.07
Combi	234	1.95
Otros (Taxi y Camionetas)	359	2.99

Nota: En el tramo 1 se muestra un flujo alto, en los otros tramos no cambia porque los arribos son los mismos.

Flujo vehicular sin motos en el tramo 2 y 3



Nota: En la gráfica se puede observar que en el tramo 1 existe una alta densidad de las mototaxis, y la densidad vehicular de las combis y otros es similar que el caso anterior.

Como se puede observar de la información obtenida, para las mototaxis la densidad y el flujo puede ser analizado en el tramo 1, en los tramos 2 y 3 es cero, lo cual se dispondría más espacio para las otras entidades, por consiguiente el tránsito sería más fluido.

3.3.3 Alternativa 3: Oleada verde:

En este caso se propone una oleada verde, al final del bloque 2 y bloque 4 existen dos semáforos, se sincronizan que ambos se encuentren activos por un periodo de 2 minutos y bloqueados por 30 segundos.

a. **Variable Independiente:** Modelado del Tráfico vehicular

Cantidad de Arribos:

En la oleada verde se analizó por un tiempo de 2 horas y con 10 replicar, similar con los otros casos, para poder realizar una adecuada comparación.

Tabla19

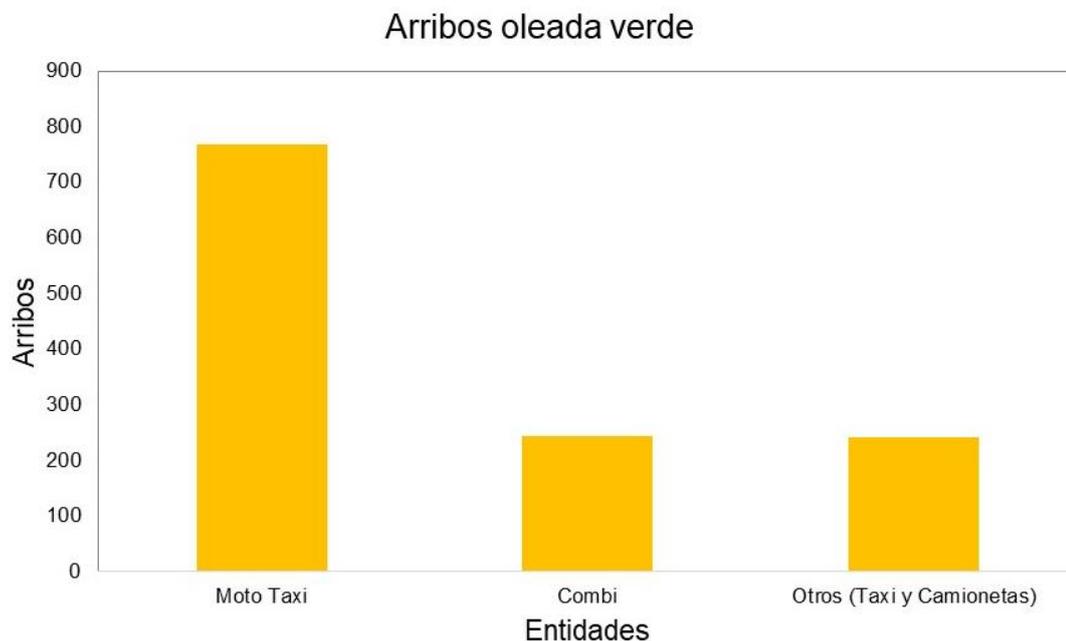
Cantidad de arribos en el sistema en la oleada verde

N°	Entidades	Arribos
1	Moto Taxi	767
2	Combi	243
3	Otros (Taxi y Camionetas)	241

Nota: Se puede observar que hay una gran afluencia de mototaxis de 767.

Figura 16

Arribos al sistema oleada verde



Nota: Los arribos son siempre mayor para las mototaxis.

b. Variable Dependiente: Congestión Vehicular

Se analizó las dos dimensiones densidad vehicular y flujo vehicular para la oleada verde, después de aplicar las condiciones se observa que hay una mejora para el movimiento de las entidades estudiadas.

Densidad Vehicular:

La longitud total para el recorrido de las entidades combi y otros se mantiene en 547 m, y para entidad mototaxis es 487 m.

Tabla 20

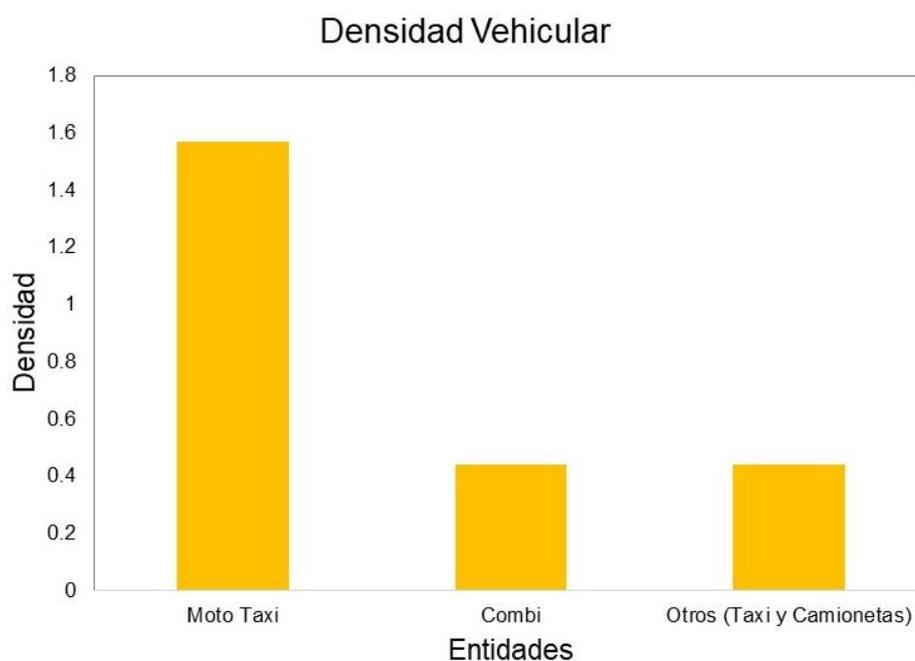
Densidad Vehicular en la oleada verde

Entidades	Arribos	Densidad Vehicular
Moto Taxi	767	1.57
Combi	243	0.44
Otros (Taxi y Camionetas)	241	0.44

Nota: La densidad disminuye de forma significativa como en la propuesta de la oleada verde.

Figura 17

Densidad vehicular para la oleada verde



Flujo Vehicular:

El flujo vehicular en la oleada verde, tomando un tiempo de 2 horas y 10 réplicas.

Tabla 21

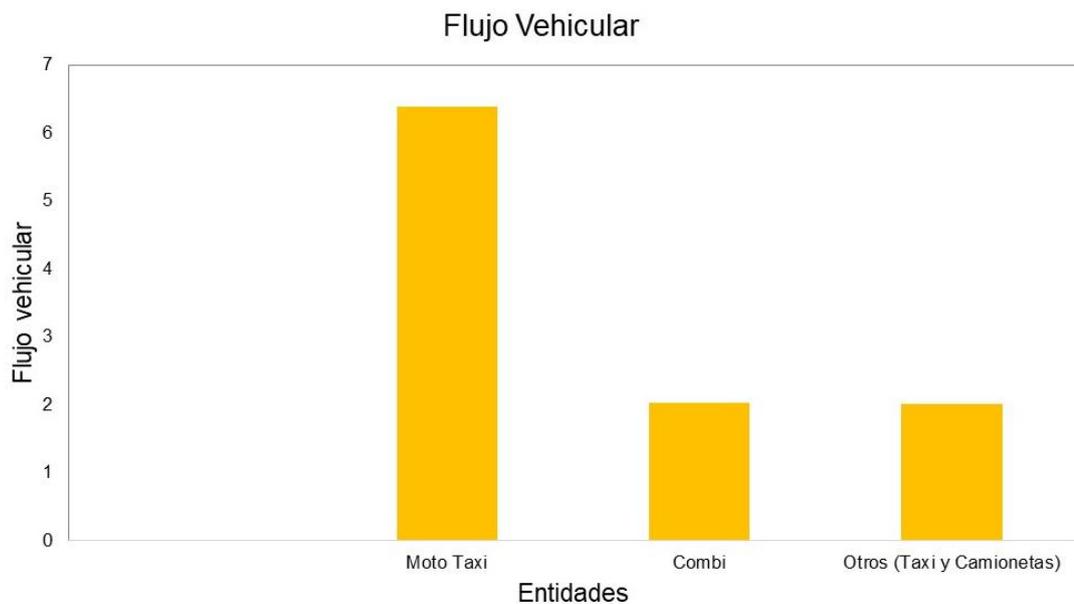
Flujo vehicular en la oleada verde

Entidades	Arribos	Flujo Vehicular ($\frac{\# \text{vehículos}}{\text{min}}$)
Moto Taxi	767	6.39
Combi	243	2.02
Otros (Taxi y Camionetas)	241	2.01

Nota: El mayor flujo vehicular se presenta con las mototaxis.

Figura 18

Flujo vehicular para la oleada verde



Nota: El flujo cambia de forma significativa, con respecto a las otras propuestas, permite que flujo de vehículos menos congestionado cambiando los tiempos de los semáforos en el bloque 2 y bloque 4.

Se considera que es una mejor propuesta con respecto a las otras, primero porque no se limita el ingreso de las unidades, todas hacen los mismos recorridos.

3.4. Determinación la mejor alternativa de solución

Tabla 22

Tabla resumen de las alternativas propuestas

Dimensión	Entidades	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Densidad	Mototaxis	1.50	5.18	1.57
	Combis	0.44	0.43	0.44
	Otros (Taxi y Camionetas)	0.65	0.66	0.44
Flujo vehicular	Mototaxis	6.06	3.07	6.39
	Combis	2.00	1.95	2.02
	Otros (Taxi y Camionetas)	2.98	2.99	2.01

Nota: En la tabla se presenta un resumen de las tres propuestas, a partir de los resultados la alternativa 3 es mejor porque dinamiza mejor el flujo vehicular sin necesidad de restringir los ingresos. Sin embargo, se puede ver en otros tipos de vehículos no hay cambios en las dimensiones pero sus arribos no son significativos como el caso de las mototaxis, estas son la que generan la mayor congestión.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De la observación realizada, los problemas fundamentales de la congestión vehicular en el año 2020 en la ciudad de Cajamarca es una inadecuada infraestructura vial, un incremento significativo del parque automotor y una falta de una buena gestión de distribución de sentidos de las vías, estando de acuerdo con los autores (Aarón et al., 2019b) (Moreira et al., 2018) que mencionan sobre los problemas del tráfico en el siglo XXI. Desde el estudio realizado, se podría decir que son pocas vías que nos llevan al centro histórico y mercados, disponibles para el transporte público, además, se puede mencionar la falta de disponibilidad de carriles, el lugar donde se centró la investigación solo hubo dos carriles disponibles. En estos carriles disponibles la mayor concentración de unidades vehiculares corresponde a las mototaxis, se puede considerar una representación del 50% del total.

A partir de los datos recolectados, se analizó la densidad y flujo vehicular que existen en la avenida Mario Urteaga en horas punta, sin embargo, cabe precisar que la investigación se desarrolló en un año atípico, donde existieron restricciones vehiculares, tanto público y privado. A partir de los datos recolectados, analizado en los cuatro tramos y en total de unidades que ingresan es de, la densidad representa un 0.168 y el flujo de 7.312. Tenemos que consideras, los valores de densidad y flujo vehicular no son constantes en el tiempo, estos dependen de la cantidad de unidades que circulan, ambas variables se relacionan de forma proporcional, este incremento o disminución depende de la hora.

Asimismo, para tener una mejor perspectiva y evaluar diversos escenarios, de las dimensiones de estudio, se utilizó la una herramienta tecnológica, ProModel, porque nos permitió cambiar los parámetros de entrada y ser modificados de. La aplicación de los software no es ajeno en el año 2020, en otras investigaciones se emplearon estas herramientas, por ejemplo, en la ciudad de Riohacha en Colombia, se aplicó la simulación para modelar el flujo vehicular de las zonas más congestionadas,

el uso de softwares de alta funcionalidad como PTV Vissim 8 y Vensim PLE (Aarón et al., 2019a). La importancia del uso de este software, se puede realizar múltiples replicas con un periodo de tiempo que se pueden ajustar a las necesidades de la investigación, se ajustó la simulación en tiempo de 2h, se obtuvo como resultado que circulan 1642 vehículos aproximadamente, la mayor representación correspondientes a mototaxis siendo aproximadamente el 65%, el modelamiento se aplicó con 10 réplicas. Calculando la densidad vehicular promedio es de 2.18, 0.39, y 0.68 para los mototaxis, combis, y otros (taxis y camionetas) respectivamente, existió la mayor densidad para las mototaxis, lo cual es coherente porque son las unidades que tienen mayor ingreso al sistema. La dimensión flujo vehicular promedio es de 8.85, 1.75, 3.08 para los mototaxis, combis, y otros (taxis y camionetas) respectivamente, existió la mayor flujo para las mototaxis, los resultados son aproximados para los primeros bloques.

Por otro lado, se propone una implementación de tres alternativas de solución, la primera pico y placa para un determinado horario en el lugar de estudio, modelando los datos con una disminución de un 40% de unidades vehiculares, centrándose solamente en la mototaxis de acuerdo a los resultados son la que existen en mayor volumen, existe una mejora porque hay una disminución a 1325 unidades. La densidad cambia de 2.18 a 1.50 y el flujo vehicular de 8.85 a 6.06 de las mototaxis, las otras unidades de estudio no hay variación porque sus parámetros siguen siendo los mismo. A modo de propuesta puede ser que las mototaxis con placa par ingresen en días pares y la de placa impar en días impares, esto podría aliviar un poco el problema de tráfico en la avenida estudiada. Además, estos tipos de normativa no son ajenas en nuestro país, en la ciudad de Lima se implementó este tipo de relación vial para mejorar el transporte, como se menciona la municipalidad de Lima para mejorar el tránsito elevó la siguiente ordenanza conocida como "HORA PICO Y PLACA" (Municipalidad de Lima, 2019). Podría ser una posible solución a nuestro problema, como se puede ver en los resultados antes mencionados.

La segunda se consideró, retirar las mototaxis de los tramos 2 y 3 debido a que es el punto de mayor congestión. Sin embargo, en el tramo 1 existiría una gran densidad de 5.18 y flujo de 3.07 y la otras entidades como las combis y otros vehículos no hay cambios. Desde nuestro punto de vista está propuesta podría mejorar el tránsito, pero, podría ocasionar un malestar por parte de los transportistas restringiendo el acceso en toda la vía analizada. Y por último, se considera la modificación de los tiempos de los semáforos que hay en el tramo 2 y 4, donde permanezcan en verde en forma sincronizada, determinado la densidad vehicular promedio es de 1.57, 0.44, y 0.44 para los mototaxis, combis, y otros (taxis y camionetas) respectivamente, y el flujo vehicular promedio es de 6.39, 2.02, 2.01 para los mototaxis, combis, y otros (taxis y camionetas) respectivamente, existió la mayor flujo para las mototaxis, los resultados son aproximados para los primeros bloques, como se puede observar que existe una disminución de la densidad y el flujo vehicular de las mototaxis, considerando una alternativa pertinente la cual podría solucionar el problema del tráfico vehicular.

Además una posible explicación al crecimiento del parque automotor es debido a al crecimiento poblacional de la ciudad de Cajamarca, entre los años 2007 y 2017 fue de 2.0% promedio anual (INEI, 2018). Este aumento significativo en la población, también ha implicado un crecimiento en su parque automotriz consecuencia de ello un problema de congestión vehicular, que puede visible a la vista para los cuidados Cajamarquinos.

4.2 Conclusiones

Como ciudadanos y preocupados por el bienestar de la comunidad surgió el estudio de esta problemática y dar una posible solución al problema. De la investigación realizada se encontró que los vehículos de mayor circulación en la avenida Mario Urteaga son las mototaxis que representan un 64%. Además, es fácil observar que son en mayor proporción que circulan en la ciudad de Cajamarca.

Se propuso las siguientes alternativas de solución, aplicar pico y placa en los horarios de alto flujo para las mototaxis, se podría restringir desde las 7:00 a.m. hasta las 8:30 a.m. a las mototaxis de acuerdo a al número de las placas, está propuesta es en base a nuestros resultados obtenidos, que la densidad cambia de 2.18 a 1.50 y el flujo vehicular de 8.85 a 6.06 de las mototaxis. De acuerdo a los resultados mejoraría el tráfico en la zona estudiada. La segunda alternativa, retirará las unidades de mototaxis del tramo 2 y 3, la densidad es 5.18 y flujo es 3.07, en las otros tramos la densidad y el flujo sería de 0, lo cual aliviaría el tránsito de forma significativa. Y por último, se le denomina la oleada verde, a la modificación de los tiempos de los semáforos, obteniendo como densidad vehicular promedio es de 1.57, 0.44, y 0.44 para los mototaxis, combis, y otros (taxis y camionetas) respectivamente, y el flujo vehicular promedio es de 6.39, 2.02, 2.01 para los mototaxis, combis, y otros (taxis y camionetas) respectivamente, se considera que es la mejor propuesta porque no restringe el acceso a los tramos analizados. Además, cabe mencionar el exceso de tráfico trae efectos secundarios para la salud de los pobladores, contaminación sonora, afectando la parte auditiva, enfermedades de las vías respiratorias.

Concluyendo, se puede afirmar que se ha cumplido con los objetivos trazados en la investigación, además, la implementación de una herramienta tecnológica permitió tener resultados para diversos escenarios y con múltiples replicas lo cual lleva hacer un mejor análisis de los resultados.

REFERENCIAS

- Aarón, M. A., Gómez, C. A., Fontalvo, J., & Gómez, A. J. (2019a). Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de La Guajira usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao. *Información Tecnológica*, 30(1), 321-321-332. Food Science Source. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000100321>
- Aarón, M. A., Gómez, C. A., Fontalvo, J., & Gómez, A. J. (2019b). Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de La Guajira usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao. *Información tecnológica*, 30(1), 321-332. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000100321>
- Álvarez Méndez, J. (2016). *Modelado de tránsito y optimización del flujo vehicular en paralelo*. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/18922>
- Annette, P. (2004). Exposure to Traffic and the Onset of Myocardial Infarction. *The New England Journal of Medicine*, 10.
- Babbie, E. R. (2016). *The Basics of Social Research*. Cengage Learning. https://books.google.com.pe/books?id=croaCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=The+Basics+of+Social+Research&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=The%20Basics%20of%20Social%20Research&f=false
- Borja, C., & Santiago, I. (2017). *Modelado de tráfico vehicular en avenidas a partir de datos estadísticos*. 76.
- Dreamstime. (2020). *Bosquejo del coche ilustración del vector. Ilustración de coche—19048931*. Dreamstime. <https://es.dreamstime.com/imagen-de-archivo-bosquejo-del-coche-image19048931>
- ESCALE. (2019). *Servicios Educativos—ESCALE - Unidad de Estadística Educativa*. <http://escale.minedu.gob.pe/padron-de-ieee>
- Flores, D. J. M. M., Esquivias, M. T., & Fernandez, V. F. (2015). *Simulación con Promodel para la sincronización de semáforos*. https://www.academia.edu/18097937/Simulaci%C3%B3n_con_Promodel_para_la_sincronizaci%C3%B3n_de_sem%C3%A1foros

- García, R. M., & Seguel, L. I. (2019). Urban Sustainability: Analysis to Scale Neighborhood in the Temuco City, Chile. *Arquiteturarevista; São Leopoldo*, 15(1), 103-116.
- GESTIÓN, N. (2019, diciembre 27). *Fotogalerías: ¿Cuáles son los diversos tipos de investigación científica y sus caract* | NOTICIAS GESTIÓN PERÚ. Gestión; NOTICIAS GESTIÓN. <https://gestion.pe/fotogalerias/cuales-son-los-diversos-tipos-de-investigacion-cientifica-y-sus-caracteristicas-noticia/>
- Google Maps. (2020). *Google Maps*. Google Maps. <https://www.google.com/maps/@-7.1568626,-78.5127394,19.44z>
- Herrera, N. I. H., Mora, S. L., & Torres, E. R. G. (2018). Integración de herramientas para la toma de decisiones en la congestión vehicular. *Dyna*, 85(205), 363-370.
- Huang, J., Deng, F., Wu, S., Lu, H., Hao, Y., & Guo, X. (2013). The impacts of short-term exposure to noise and traffic-related air pollution on heart rate variability in young healthy adults. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 23(5), 559-564. <https://doi.org/10.1038/jes.2013.21>
- INEI. (2018). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1558/06TOMO_01.pdf
- Jiménez, M., & Sarmiento, I. (2011). Sistema Adaptativo De Control Y Optimización Del Tráfico De Un Corredor Vial Semaforzado. Aplicación a La Ciudad De Medellín. *Dyna*, 78(169), 71-78.
- León, J. (2019). Reprogramación de semáforos usando ProModel para disminuir la congestión vehicular en una vía semaforizada en la ciudad de Cajamarca. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22361>
- Moreira, J. S., León, C. C., Zambrano, G. R., & Joel, C. M. J. (2018). *Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular [Parameters influencing in the vehicular overcrowding]*. 24(4), 16.
- Morelli, X., Slama, R., Foraster, M., Basagana, X., Aguilera, I., Corradi, E., Ducret-Stich, R., Phuleria, H., Ragetti, M. S., Künzli, N., Deltell, A., Rivera, M., & Thomasson, A. (2015). Short-term associations between traffic-related noise, particle number and traffic flow in three European

cities. Atmospheric Environment, 103, 25-25-33. Scopus®.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.12.012>

MTC. (2020). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones—MTC*. <https://www.gob.pe/mtc>

Municipalidad. (2019). *Ordenanza que establece restricciones al tránsito vehicular en vías del área metropolitana-ORDENANZA-Nº 2164.*

<http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-que-establece-restricciones-al-transito-vehicular-ordenanza-no-2164-1790630-1/>

ProModel. (2022). *ProModel*. <http://promodel.com.mx/promodel/>

RAE. (2022). *Diccionario de la lengua española | Edición del Tricentenario*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/>

Rodríguez Urrego, D., Garnica Quiroga, V., Gómez Castro, L. Y., & Portela Cárdenas, C. A. (2017). ANÁLISIS VEHICULAR EN LA CARRERA 7 DE BOGOTÁ D.C. INTERSECCIÓN DE ESTUDIO CARRERA 7 X CALLE 116. *Ingeniare, 23*. <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.2.2885>

Romero, F. J. (2018, noviembre 29). CONGESTIONAMIENTO VEHÍCULAR, EL PROBLEMA A VENCER. *Pasajero7*. <http://www.pasajero7.com/congestionamiento-vehicular-problema-a-vencer/>

Ruiz, M. E., Mayorga, C. M., Aldas, D. S., & Reyes, J. P. (2019). El costo y la percepción en la sociedad por congestión vehicular causada por el transporte público urbano en la ciudad de Ambato, Ecuador. *The cost and perception in society of vehicular congestion caused by urban public transport in the city of Ambato., 40(43)*, 1-13.

Sampieri, R. H., Salazar, N. E. Z., & Torres, C. P. M. (2013). *Metodología de la investigación para bachillerato*. McGraw-Hill. <https://books.google.com.pe/books?id=E5ZTnwEACAAJ>

Silva, E. F. L. (2019). *PROPUESTA DE MEJORA VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS MIGUEL GRAU Y GULMAN EN LA CIUDAD DE PIURA, PIURA.*

Souza, F. de, Verbas, O., & Auld, J. (2019). Mesoscopic Traffic Flow Model for Agent-Based Simulation. *Procedia Computer Science, 151*, 858-863.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.118>

Tapia, V., Carbajal, L., Vásquez, V., Espinoza, R., Vásquez-Velásquez, C., Steenland, K., & Gonzales,

G. F. (2018). Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2,5 y 10), dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 190.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250>

Viscidi, L. (2017). *La energía del transporte: Un enfoque en el transporte urbano en América Latina*. 33.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Se muestra la ficha para recolectar datos, adaptada de (León, 2019).

N°	ÍTEMES	Cita	Coherencia				Claridad				Sugerencias
			Ponderación				Ponderación				
			0	1	2	3	0	1	2	3	
01	Cantidad de cola en cada calle.	Quevedo, Juan, 2019. «Reprogramación de semáforos usando ProModel para disminuir la congestión vehicular en una vía semaforizada en la ciudad de Cajamarca». <i>Universidad Privada del Norte.</i>									
02	Tiempo de interlegada promedio de cada vehículo particular.										
03	Tiempo de interlegada promedio de cada vehículo público.										
04	Tiempo de todo el recorrido de la avenida de un vehículo particular.										
05	Tiempo de todo el recorrido de la avenida de un vehículo público.										
06	Cantidad de flujo de vehículos										
07	Velocidad promedio de los vehículos particulares.										
08	Velocidad promedio de los vehículos públicos.										
09	Longitud del recorrido que hacen los vehículos en el sistema.										
10	Longitud de cada tramo										
11	Tamaño promedio de cada móvil										
12	Cantidad de calles alimentadoras al sistema										
13	Punto donde existe mayor tiempo de detenimiento de los vehículos										
14	Cantidad de intersecciones existen en todo el trayecto analizado										
15	Cantidad de elementos que soporta como máximo el software a utilizar.										

Alternativas de respuestas van de 0 al 3 y tienen las siguientes expresiones:

Ponderación	Niveles de medición
0	Muy en desacuerdo
1	Desacuerdo
2	De acuerdo
3	Muy de acuerdo

Firma y Sello

ANEXO N° 2. Validación de instrumento de investigación basado en la fuente (León, 2019)

ANEXOS

Anexo N°1: Validación del instrumento.

Diseñado por José Luis Ventura-León

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: GUIA DE ENTREVISTA

Estimado(a) experto(a):
Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir la CONGESTIÓN VEHICULAR EN UN SISTEMA VIAL. En ese sentido, solicito pueda evaluar los siguientes ítems en dos criterios: Coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido:	Ricardo Fernando Ortega Mestanza		
Grado académico:	Bachiller	Magister <input checked="" type="checkbox"/>	Dóctor
Área de Formación académica	Ingeniería Industrial		
Áreas de experiencia profesional	Gestión / Investigación / de Operaciones. SIM.		
Tiempo de experiencia profesional en el área	2 a 4 años	5 a 10 años <input checked="" type="checkbox"/>	10 años a más

II. Criterios de Calificación

a. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 3: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3

b. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3

Diseñado por José Luis Ventura-León

Nº	ÍTEMES	Citas bibliográficas	Coherente				Claridad				Sugerencias
			0	1	2	3	0	1	2	3	
	Ponderación										
	Ítems										
1	¿Cuánto es la cantidad de cola promedio en cada calle?	Basado en: Hillier y Lieberman, 2010. Mathur, 1996.			/				/		
2	¿Cuántos segundos duran las fases de los semáforos?				/				/		
3	¿Cuánto duran los desfases entre semáforos?				/				/		
4	¿Cuál es la interlegada promedio de los vehículos a las calles del sistema?				/				/		
5	¿Con cuántas calles alimentadoras cuenta el sistema?				/				/		
6	¿Con cuántas calles principales cuenta el sistema?				/				/		
7	¿Cuál es el tiempo promedio de un automóvil en la cola de espera?				/				/		
8	¿Cuál es el recorrido que hacen los automóviles en el sistema?				/				/		
9	¿Cuál es el porcentaje de entrada y salida de los automóviles al cruzar de una calle a otra?				/				/		
10	¿Con cuántas intersecciones semaforizadas cuenta el sistema?				/				/		
11	¿Cuántos elementos como máximo permite modelar la versión a utilizar del software?				/				/		
12	¿Cuánto es el tiempo promedio que dura un automóvil en el sistema?				/				/		
13	¿Cuál es la longitud y capacidad de cada tramo del sistema?				/				/		
14	¿Cuánto es el tamaño promedio de un automóvil?				/				/		
15	¿Cuál es la velocidad promedio en que circulan los automóviles?				/				/		

alternativas de respuesta van de 0 al 3 y tienen las siguientes expresiones:

0 1 2 3
Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy de acuerdo


 Firma y Sello
 Ing. Fernando Ortega M.

ANEXO N° 4. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 1.

Calles	Frecuencia	Ingreso desde el inicio			Salida			Ingresos
		Combi	Mototaxi	Otros	Mototaxi	Combi	Otros	Motos
Bloque 1	5 min	12	19	13	9			
	5 min	11	18	10	7			
	5 min	10	18	12	6			
	5 min	11	22	15	8			
	5 min	13	16	14	8			
Bloque 2	5 min	13	10	13	10	2		9
	5 min	10	11	10	12	0		7
	5 min	16	12	12	10	1		12
	5 min	13	14	15	11	2		11
	5 min	10	8	14	12	1		13
Bloque 3	5 min	11	9	13	21			12
	5 min	10	6	10	17			11
	5 min	15	14	12	27			13
	5 min	11	14	15	22			8
	5 min	9	9	14	27			18
Bloque 4	5 min	11	0	13		11	13	0
	5 min	10	0	10		10	10	0
	5 min	15	0	12		15	12	0
	5 min	11	0	15		11	15	0
	5 min	9	0	14		9	14	0

ANEXO N° 5. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 2.

Calles	Frecuencia	Ingreso desde el inicio			Salida			Ingresos
		Combi	Mototaxi	Otros	Mototaxi	Combi	Otros	Motos
Bloque 1	5 min	11	15	11	4			
	5 min	12	16	10	4			
	5 min	10	15	7	7			
	5 min	8	19	10	6			
	5 min	14	21	14	6			
Bloque 2	5 min	13	11	11	5	1		12
	5 min	13	12	10	12	2		6
	5 min	9	8	7	16	0		18
	5 min	12	13	10	6	1		9
	5 min	11	15	14	15	1		7
Bloque 3	5 min	12	18	11	33			15
	5 min	11	6	10	21			15
	5 min	9	10	7	16			6
	5 min	11	16	10	23			7
	5 min	10	7	14	21			14
Bloque 4	5 min	12	0	11		12	11	
	5 min	11	0	10		11	10	
	5 min	9	0	7		9	7	
	5 min	11	0	10		11	10	
	5 min	10	0	14		10	14	

ANEXO Nº 6. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 3.

Calles	Frecuencia	Ingreso desde el inicio			Salida			Ingresos
		Combi	Mototaxi	Otros	Mototaxi	Combi	Otros	Motos
Bloque 1	5 min	10	16	10	6			
	5 min	11	18	9	5			
	5 min	9	19	9	2			
	5 min	13	12	11	1			
	5 min	12	17	13	4			
Bloque 2	5 min	10	10	10	14	1		8
	5 min	11	15	9	15	3		9
	5 min	9	17	9	18	1		8
	5 min	13	11	11	16	0		8
	5 min	12	13	13	15	2		5
Bloque 3	5 min	9	4	10	10			6
	5 min	8	9	9	22			13
	5 min	8	7	9	14			7
	5 min	13	3	11	11			8
	5 min	10	3	13	10			7
Bloque 4	5 min	9	0	10		9	10	
	5 min	8	0	9		8	9	
	5 min	8	0	9		8	9	
	5 min	13	0	11		13	11	
	5 min	10	0	13		10	13	

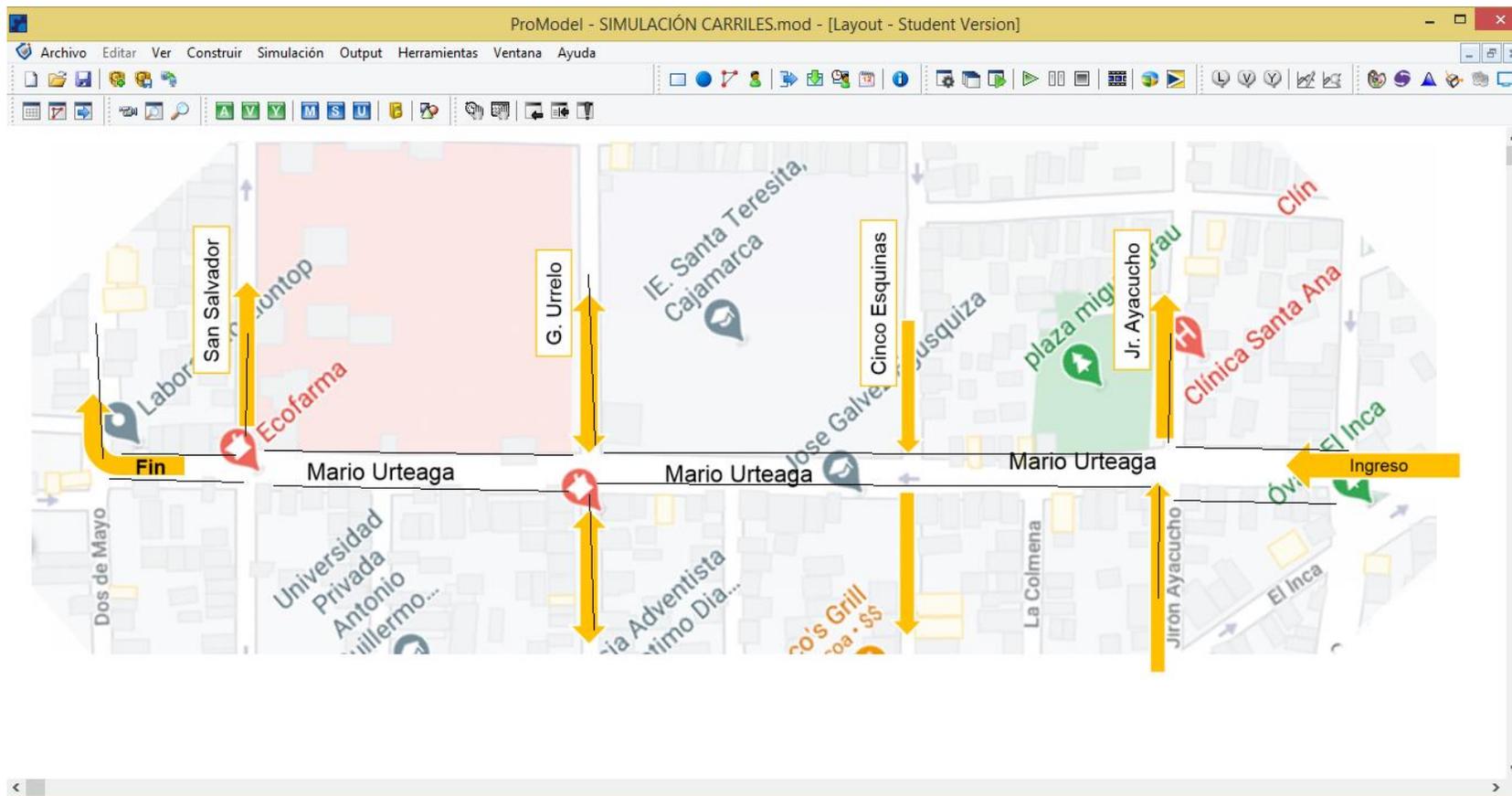
ANEXO N° 7. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 4.

Calles	Frecuencia	Ingreso desde el inicio			Salida			Ingresos
		Combi	Mototaxi	Otros	Mototaxi	Combi	Otros	Motos
Bloque 1	5 min	10	15	10	10			
	5 min	14	16	11	8			
	5 min	10	17	14	5			
	5 min	9	16	12	10			
	5 min	11	15	13	8			
Bloque 2	5 min	10	5	10	10	2		10
	5 min	14	8	11	9	1		12
	5 min	10	12	14	10	0		10
	5 min	9	6	12	8	2		11
	5 min	11	7	13	11	2		10
Bloque 3	5 min	8	5	10	13			8
	5 min	13	11	11	21			10
	5 min	10	12	14	24			12
	5 min	7	9	12	18			9
	5 min	9	6	13	21			15
Bloque 4	5 min	8	0	10		8	10	
	5 min	13	0	11		13	11	
	5 min	10	0	14		10	14	
	5 min	7	0	12		7	12	
	5 min	9	0	13		9	13	

ANEXO N° 8. Datos de los arribos y de los tiempos de llega de las unidades de estudio, en día 5.

Calles	Frecuencia	Ingreso desde el inicio			Salida			Ingresos
		Combi	Mototaxi	Otros	Mototaxi	Combi	Otros	Motos
Bloque 1	5 min	10	15	12	8			
	5 min	13	19	10	9			
	5 min	10	15	14	7			
	5 min	11	17	11	10			
	5 min	10	15	13	6			
Bloque 2	5 min	10	7	12	9	2		14
	5 min	13	10	10	12	1		10
	5 min	10	8	14	13	3		14
	5 min	11	7	11	8	0		11
	5 min	10	9	13	12	1		13
Bloque 3	5 min	8	12	12	24			12
	5 min	12	8	10	20			12
	5 min	7	9	14	24			15
	5 min	11	10	11	24			14
	5 min	9	10	13	23			13
Bloque 4	5 min	8	0	12		8	12	
	5 min	12	0	10		12	10	
	5 min	7	0	14		7	14	
	5 min	11	0	11		11	11	
	5 min	9	0	13		9	13	

ANEXO N° 9. Layout de ProModel.



ANEXO N° 10. Locaciones ingresadas a ProModel

Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...	Notas...
	CARRIL_01_BLOQUE_01	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo	
	CARRIL_02_BLOQUE_01	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	SALIDA_AYACUCHO	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	INGRESO_AYACUCHO	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	CARRIL_01_BLOQUE_02	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	CARRIL_02_BLOQUE_02	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	SALIDA_URRELO	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	INGRESO_URRELO	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	CARRIL_01_BLOQUE_03	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	CARRIL_02_BLOQUE_03	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	SALIDA_SAN_SALVADOR	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	CARRIL_1_BLOQUE_04	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	CARRIL_02_BLOQUE_04	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	
	SALIDA_DOS_DE_MAYO	INFINITE	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo, FIFO	

ANEXO N° 11. Entidades utilizadas para la simulación

Icono	Nombre	Velocidad (mpm)	Estadist	Notas...
	MOTO_TAXI	50	Series de tiempo	
	COMBI	50	Series de tiempo	
	OTRO	50	Series de tiempo	

Gráficas

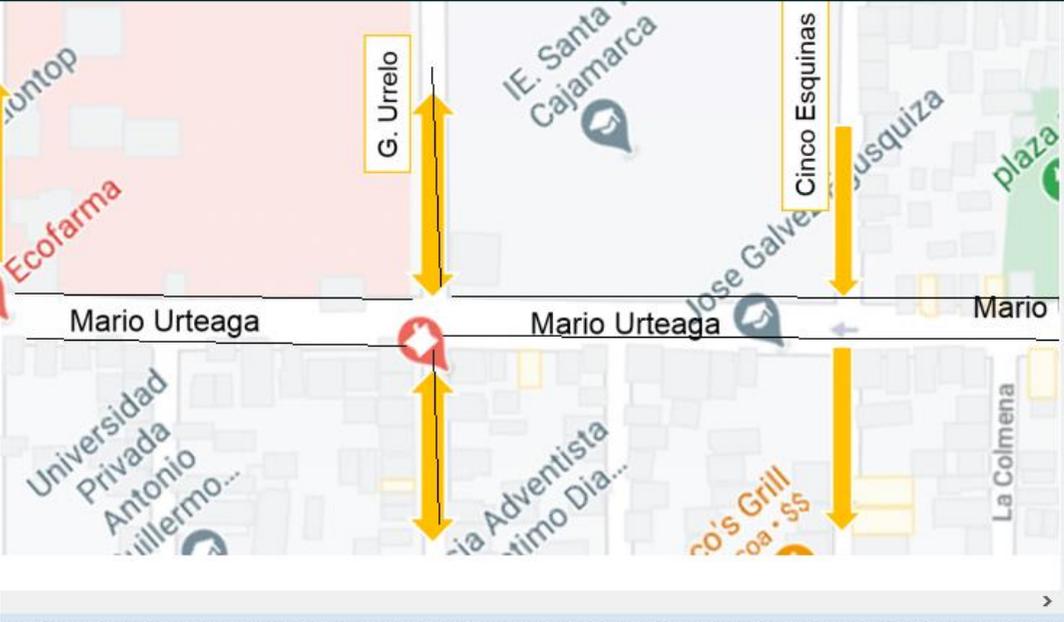
Nuevo

Editar Borrar

Sólo Correa Transportadora:

Ancho: m

Largo: m



The map shows the intersection of Mario Urteaga street with G. Urrelo and Cinco Esquinas streets. Yellow arrows indicate the direction of traffic flow. A red star icon is placed at the intersection of Mario Urteaga and G. Urrelo. The map also shows various landmarks like Ecofarma, Universidad Privada Antonio Guillermo..., and IE. Santa Cajamarca.

ANEXO N° 12. Arribos

Entidad...	Locación...	Cant. por Arribo...	Primera Vez...	Ocurrencias	Frecuencia	Lógica...	Deshab.
MotoTaxi	Bloque01	E(16)	0	inf	5 min		No
Combi	Bloque01	E(10)	0	inf	5 min		No
OTROS	Bloque01	E(11)	0	INF	5 min		No
MotoTaxi	Ingreso_Ayacucho	E(10)	0	INF	5 min		No
MotoTaxi	Ingreso_G.Urrelo	E(12)	0	inf	5 min		No

ANEXO N° 12. Procesamiento en el simulador

Proceso [1]			Enrutamiento para MotoTaxi @ Bloque01 [1]				
Entidad...	Locación...	Operación...	Blk	Salida...	Destino...	Regla...	Lógica de Movimiento...
MotoTaxi	Bloque01	Move For 10 sec	1	MotoTaxi	Bloque_02	0.59 1	
Combi	Bloque01	Move For 10 sec		MotoTaxi	Salida_Ayacucho	0.41	
OTROS	Bloque01	Move For 10 sec					
MotoTaxi	Salida_Ayacucho						
MotoTaxi	Bloque_02	Move For 30 secWait 30 sec					
MotoTaxi	Ingreso_Ayacucho						
Combi	Bloque_02	Move For 30 secWait 30 sec					
OTROS	Bloque_02	Move For 30 secWait 30 sec					
MotoTaxi	Salida_G.Urrelo						
MotoTaxi	Bloque_03	Move For 20 sec					
Combi	Salida_G.Urrelo						
Combi	Bloque_03	Move For 20 sec					
OTROS	Bloque_03	Move For 20 sec					
MotoTaxi	Salida_Salvador						
Combi	Bloque_04	Move For 10 secWait 30 sec					
OTROS	Bloque_04	Move For 10 secWait 30 sec					
Combi	Salida_Dos_Mayo						
OTROS	Salida_Dos_Mayo						
MotoTaxi	Ingreso_G.Urrelo						