



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

TESIS

**ANÁLISIS DE LA MOVILIZACION DE VEHICULOS DE
TRES RUEDAS EN EL OVALO DE CASUARINAS, EN LA
CIUDAD DE ICA EN EL AÑO 2017**

PRESENTADO POR:

MORENO VARGAS OSCARS JHONATHAN

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ICA - PERÚ

2017

DEDICATORIA:

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en todo momento.

A mis Padres, que desde el cielo me mostraron el camino hacia la superación.

AGRADECIMIENTO:

Un agradecimiento especial a mis docentes que me guiaron con buenos sentimientos, hábitos y valores.

RECONOCIMIENTO:

A las autoridades y docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil - Universidad Privada "Alas Peruanas" de Ica, quienes me han brindado el apoyo suficiente para poder realizar el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RECONOCIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1.	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2.	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2.1.	DELIMITACIÓN ESPACIAL	2
1.2.2.	DELIMITACIÓN TEMPORAL	2
1.3.	PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	3
1.3.1.	PROBLEMA PRINCIPAL	3
1.3.2.	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	3
1.4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4.1.	OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	4
1.5.1.	HIPÓTESIS GENERAL	4
1.5.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	4
1.5.3.	VARIABLES (OPERACIONALIZACIÓN)	5
1.6.1	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN7TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	5

a) TIPO DE INVESTIGACIÓN	5
b) NIVEL DE INVESTIGACIÓN	6
1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	6
a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	6
b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	7
1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	7
a) POBLACIÓN	7
b) MUESTRA	7
1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
a) TÉCNICAS	7
b) INSTRUMENTOS	8
1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA	8
a) JUSTIFICACIÓN	8
b) IMPORTANCIA	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	9
2.2 BASES TEÓRICAS	11
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	47

CAPÍTULO III
PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1	CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	52
3.2	ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES	56

CAPÍTULO IV
PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1	PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	74
-----	-----------------------------	----

CAPÍTULO V
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
	CONCLUSIONES	82
	RECOMENDACIONES	84
	FUENTES DE INFORMACIÓN	85

	ANEXOS	88
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	

RESUMEN

El trabajo de investigación desarrollado nos introducirá al manejo de los parámetros mecánicos de un vehículo de tres ruedas conocidos en nuestro Perú como los mototaxis, ya que al ser un vehículo muy atípico el programa de computadoras a emplear no tiene las características de estos vehículos.

Para encontrar estos valores, es necesaria una serie de pasos previos; El estudio comprende la simulación de una intersección y la incorporación de los parámetros físicos de los mototaxis. El área de estudio es una intersección ubicada en la ciudad de Ica, de gran movilización conocida como Avenida De los Maestros, conformada por una vía principal con 2 carriles y una vía secundaria de dos sentidos (un carril en cada sentido) denominada prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera; conocida como ovalo de Casuarinas, como una zona transitada con una amplia cantidad de mototaxis a lo largo del día. La micro-simulación se realizó mediante el empleo del software Vissim. El cálculo de estos perfiles es el núcleo del presente estudio, La metodología empleada para la micro-simulación fue la proporcionada por la Federation Highway Administration (2004). En el desarrollo del modelo se incluyeron visualizaciones bidimensionales y tridimensionales.

Además, se añadieron las características geométricas y el comportamiento de manejo de los conductores; Para obtener los datos, se realizaron 40 mediciones a diferentes vehículos: se elaboró una curva de frecuencias acumuladas ingresada al software, se empleó inventario de tráfico en diferentes mototaxis. Se utilizó la prueba de Randomization Test mediante el uso de la herramienta Statkey, con la que se llegó con un grado de confianza del 95%. Del modelo se obtuvieron otras medidas como colas, tiempos de viaje y velocidades promedio. Finalmente, de los resultados obtenidos del proyecto son el comportamiento mecánico de los mototaxis similares al de los automóviles., se pudo reflejar el hecho que más de una mototaxi ocupe el mismo tramo de vía a la vez.

Palabras clave: vehículo de tres ruedas, congestión, VISSIM, micro-simulación

ABSTRACT

The research work developed will introduce us to the management of the mechanical parameters of a three-wheeled vehicle known in Peru as motorcycle taxis, since being a very atypical vehicle, the computer program to be used does not have the characteristics of these vehicles.

To find these values, a series of previous steps is necessary; The study includes the simulation of an intersection and the incorporation of the physical parameters of motorcycle taxis. The study area is an intersection located in the city of Ica, a large mobilization known as Avenida de los Maestros, consisting of a main road with 2 lanes and a two-way secondary road (one lane in each direction) called Luis avenue extension by Gerónimo de Cabrera; known as Casuarinas oval, as an area covered with a large amount of taxis throughout the day. The micro-simulation was carried out using the Vissim software. The calculation of these profiles is the core of the present study. The methodology used for the micro-simulation was provided by the Federation Highway Administration (2004). In the development of the model two-dimensional and three-dimensional visualizations were included.

In addition, the geometric characteristics and driving behavior of the drivers were added; To obtain the data, 40 measurements were made to different vehicles: a curve of accumulated frequencies entered into the software was elaborated, traffic inventory was used in different mototaxis. The Randomization Test was used by using the Statkey tool, which was reached with a confidence level of 95%. Other measures were obtained from the model, such as queues, travel times and average speeds. Finally, the results obtained from the project are the mechanical behavior of motorcycle taxis similar to that of automobiles. It was possible to reflect the fact that more than one motorcycle taxi occupies the same section of track at the same time.

Keywords: *three-wheeled vehicle, congestion, VISSIM, micro-simulation*

INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular es una de las principales causas del descontento en la población y tiene su origen en la década de los 90, cuando se liberó el servicio de transporte público y permitió la importación de vehículos usados. Esto, sumado al surgimiento de rutas mal diseñadas, empeoró el servicio que se brindaba al usuario y, como rápida medida, se inició la búsqueda de un transporte alternativo. Por ello, en el año 1992, surgió el vehículo de tres ruedas denominado mototaxi, la cual se presentó como una opción para aquellos que necesitaban trasladarse en distancias cortas a un bajo costo; sin embargo, lejos de ser una solución, con el paso de los años, se han ido adueñando de las redes viales, en especial en las zonas donde predominan las clases sociales de bajos recursos.

El aumento constante de vehículos particulares, empresariales y de transporte público, además del comportamiento agresivo de sus conductores, y poco respetuoso de aquellos más vulnerables, nos da a entender que es necesario encontrar soluciones al problema desde otro punto de vista, empleando herramientas que nos permitan comprender la circulación de todo tipo de vehículos y personas involucradas en un área de estudio de nuestras ciudades.

Los estudios realizados para comprender el flujo vehicular y la congestión vehicular, principalmente en intersecciones, se elaboran modelos de tráfico de diversa escala, siendo uno de los más empleados la micro-simulación. Sin embargo, esta herramienta, creada en países desarrollados, no considera como vehículo típico a las de tres ruedas conocidas en nuestra ciudad de Ica como mototaxis ni a sus conductores, quienes presentan un comportamiento agresivo e inusual.

Por ello, se realizará una investigación con la finalidad de determinar sus características geométricas y de operación que permitan representar adecuadamente su comportamiento en la ciudad de Ica. Para ello, se empleará el software de computadora y se analizará la intersección, regulada por prioridad de paso, de la avenida De los maestros con la prolongación de la avenida Luis Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Según (Humberto Lagos, 2013), En los últimos años, el Perú ha tenido una época de bonanza económica que ha surgido gracias a un buen manejo de la política económica. Esta expansión trajo consigo un crecimiento económico exponencial y ocasionó que las familias tengan mayor capacidad de compra; las cuales decidieron gastar su excedente en vehículos para así tener una mejor calidad de vida y posicionarse en un mejor estado socioeconómico.

Según (CAPITAL.PE, 2018) las mototaxis¹ en la ciudad de Lima se han convertido en una alternativa rápida para viajar en tramos cortos y su demanda es alta en los distritos más grandes de nuestra ciudad, se han convertido en una realidad que se suma a nuestro sistema de transportes y según cifras de la ONG Luz Ámbar, cerca de 600 mil de estos vehículos menores se han apoderado de las avenidas y calles en varios distritos capitalinos. El experto Luis Quispe Candia presidente de la ONG luz Ámbar señaló además que la ley vigente solo considera permisos para el tránsito de estos vehículos en zonas alejadas de la ciudad, donde no llegaran los vehículos mayores, pero esta medida no se respeta. Estos vehículos tienen gran demanda de los usuarios que justifican su uso por la 'inmediatez y

¹ El diccionario de la Real Academia Española define el término **mototaxi** como un peruanismo que significa "motocicleta de tres ruedas y con techo que se usa como medio de transporte popular para trechos cortos a cambio de dinero de la misma forma que un taxi.

comodidad' que ofrecen, aunque también hay quienes critican la proliferación de estas unidades e incluso refirieron que hay sujetos que utilizan estos vehículos para cometer asaltos al paso.

Según (Uribe Palacios, 2010), La ciudad de Ica está convertida en un pandemónium debido a la falta de una buena aplicación en la política del manejo del Tránsito Urbano en la localidad, que pinta de cuerpo entero a las autoridades que tenemos.

A esto se sumó el excesivo número de Mototaxis que han incrementado el parque automotor, pisoteando y trasgrediendo el Reglamento de Tránsito vigente a su antojo con piruetas y prácticas temerarias en calles céntricas con pasajeros a bordo, ante la vista y paciencia de la Policía de Tránsito que poco o nada hace por aplicar las normas y sanciones existentes.

Según (CUBA ATAHUA & LOAYZA VERA, 2009), Actualmente el sistema de transporte de la ciudad de Ica genera trastornos sociales, ambientales, de infraestructura, de tiempo y de cobertura haciendo que la ciudad se vuelva caótica, desordenada y contaminada. En ese sentido, es claro que el actual sistema de transporte de la ciudad de Ica adolece de un plan de manejo integral, que no solo mitigue los problemas actuales de movilización, congestión vehicular y tiempos de viajes, si no que desarrolle las condiciones para operar un sistema de transporte sostenible, donde el público usuario este satisfecho por los servicios que se les presta y que minimice los grandes problemas ambientales y de calidad de vida generados por el sistema actual.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Espacial

Esta investigación se desarrolló en la provincia de Ica, ciudad de Ica, en las Avenidas De los Maestros y la Prolongación de la Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera.

1.2.2 Temporal

La investigación se realizó desde febrero de 2016 hasta junio de 2017, logrando desarrollar las técnicas de recopilación de información y depuración de los datos.

1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Problema General

¿Cuál es el nivel del comportamiento e interacción de la circulación vehicular vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017?

1.3.2 Problemas Específicos

¿De qué manera influyen las características de circulación vehicular de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017?

¿De qué manera influyen Aplicar un sistema de software de computadora para representar la interacción de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017?

¿De qué manera influye el comportamiento operacional de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017?

1.4 Objetivos de la Investigación:

1.4.1 Objetivo General:

El objetivo del proyecto es representar, mediante un sistema de software de computadora, el comportamiento e interacción de los

vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.

1.4.2 Objetivos Específicos

Determinar de qué manera son las características de circulación vehicular de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.

Aplicar un sistema de software de computadora para representar la interacción de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.

Determinar el comportamiento operacional de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 Hipótesis general

El nivel de comportamiento e interacción vehicular en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica influye significativamente en la circulación de los vehículos de tres ruedas en el año 2017.

1.5.2 Hipótesis específicas

La circulación de vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica influyen significativamente en la circulación general de vehículos en el año 2017.

La Aplicación de un sistema de software de computadora influye significativamente para representar la interacción de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017

La aplicación de la técnica operacional de fiabilidad influye en la representación del comportamiento operacional de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017

1.5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Comportamiento e interacción vehicular	Circulación vehicular	Cantidad Tipo Tamaño
	Capacidad vehicular	Cilindrada Peso Área de circulación
	Eficiencia vehicular	Velocidad Tiempo de llegada Tiempo de espera
Vehículos de tres ruedas	Comportamiento del conductor	Distancia estacionamiento Emplazamiento en la vía Señales y semaforización
	Mecánica general	Mantenimiento preventivo Alineamiento dirección Equipo de frenos
	Conducción del vehículo	Velocidad de trabajo Estado de vías señalizaciones

Fuente: Elaboración propia

1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

a) Tipo de Investigación

Investigación básica, porque mantiene como propósito recoger información de la realidad y enriquecer el conocimiento científico orientándonos al descubrimiento de principios y leyes. Sánchez y Reyes (2002:13).

Es una investigación de campo, ya que para que se lleve a cabo su elaboración acudimos al lugar de los hechos para poder evidenciar la problemática que está planteada.

Es una investigación cuantitativa ya que en esta se realizó un inventario vehicular, encuestas y se procesó mediante procedimientos estadísticos.

b) Nivel de Investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo y correlacional que pertenecen a los niveles II y III. Sánchez (1996).

1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

a) Método de investigación

Se utilizó el método deductivo pues se analizó las características que son más importantes respecto al problema para la comprensión. Se empleó el método inductivo para posteriormente poder de llevar a cabo el estudio pues mediante esto se llegó a una condición que permitió la solución del problema.

Es observacional porque se propone un modelo que relaciona variables independientes consideradas como supuestas causas, para observar las variables.

b) Diseño de investigación

Es descriptivo porque describe la realidad en el lugar de los hechos en forma directa cuyos datos a recolectar son numéricos, ordinales para determinarlos en frecuencia.

1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) Población

La población se encuentra focalizada en los vehículos que transitan en las avenidas De los maestros y la Prolongación de la avenida Luis Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.

b) Muestra

La investigación considera una muestra no probabilística, carácter causal por conveniencia, es decir se selecciona la muestra tomando en cuenta grupos que han sido formados con razones diferentes a la investigación y quedará conformado por los 1790 vehículos de todo tipo que transitan en el cruce de las avenidas De los maestros y la Prolongación de la avenida Luis Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.

1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a) Técnicas

inventario del tráfico, esta técnica permitirá rescatar datos puntuales y más estructurados a través de la observación que serán formuladas de acuerdo a la investigación, esto será un gran apoyo luego en el proceso analítico que se realizará para poder verificar la relación entre las variables de investigación

b) Instrumentos

El instrumento que fue el inventario de tráfico en la zona de estudio que sirvió para poder evaluar los efectos que ocasionan los factores limitantes sobre la circulación vehicular de vehículos de tres ruedas.

1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

a) Justificación

La presente investigación nace con la necesidad de evaluar las causas por las cuales la circulación de vehículos de tres ruedas denominados mototaxis, determinan un comportamiento en las interacciones de la circulación vehicular en general en el cruce de las avenidas De los maestros y la Prolongación de la avenida Luis Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.

b) Importancia

Es fundamental para conocer los obstáculos que se interponen a una eficaz circulación vehicular en general, al conocerlos podremos informar y generar cultura sobre el tránsito de vehículos de tres ruedas denominados mototaxis en la población como en nuestra autoridad, para que, mediante una gestión prospectiva, lograremos que se inserten en la cultura vehicular de la ciudad.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los orígenes del mototaxi se remontan a Japón en el año 1870, cuando el vehículo era impulsado por personas y los pasajeros eran trasladados en carretas (Rahman et al, 2009).

Cuba F., (2009) plantea en la investigación “Impacto Socio Económico del Uso de Moto taxis en el Transporte Urbano de la Ciudad de Ica, Año 2009” determina el nivel de influencia en la economía del poblador iqueño al usar los mototaxis como unidades de transporte urbano. Para ello se ha utilizado como elementos de observación a los mototaxis que circulan por la ciudad, y el servicio que prestan a los moradores, tomándose una muestra aleatoria en la que se practicó las encuestas tanto a conductores como a usuarios. De ello se obtuvo como resultados que el 47% de los usuarios de transporte urbano prefieren moto taxis, y estos generan como fuentes de trabajo a jóvenes desocupados, haciendo un monto muy importante en el movimiento económico en la ciudad de Ica. Se concluye que el incremento acelerado de estas unidades genera fuentes de trabajo y alto flujo de economía, pero también la contaminación ambiental y acústica más el desorden en transportes, conglomeraciones y no prestan seguridad al usuario.

Martínez V., (México 2010), realiza un estudio denominado “Panorama del Moto taxismo – Centro de Transporte Sustentable de México 2010 donde se analiza la situación del Moto taxismo en la Ciudad de México, como este fenómeno ha ido evolucionando, las razones de su surgimiento y las consecuencias ambientales, de salud y accidentes de tráfico que se han presentado a raíz del surgimiento de los mototaxis. También se muestran las razones tanto socioeconómicas, ambientales, de seguridad vial y públicas por las cuales este tipo de transporte causaría daños irreversibles en los habitantes y en el Ayuntamiento de Tlajomulco. Así mismo, se exponen diversos casos internacionales donde se ha presentado este fenómeno, como en Colombia, en la India, Perú y Brasil, con la finalidad de conocer más a fondo cómo se ha desarrollado el Moto taxismo, cómo funciona, las razones principales por las cuales surgió este tipo de transporte y cuáles son los daños ocasionados en esos países a consecuencia del uso de este sistema.

Sin embargo, es recién hacia el año de 1970 en Nigeria donde aparece como vehículo urbano motorizado, como una respuesta a los problemas de transporte urbano y deficiencia en las redes viales (Díaz, et al, 2011).

Además, fue concebido como un medio de transporte público alternativo a los ya convencionales (buses, taxis, coasters, entre otros), cuyo objetivo, desde un inicio, fue ser un complemento para los demás sistemas de transporte de tal manera que sea una alternativa rápida y más económica en el traslado de los usuarios al momento de realizar sus quehaceres diarios, como viajes a centros de estudio o traslado de víveres, entre otros (Díaz, et al, 2011).

Este vehículo es conocido en diferentes países del mundo por prestar un servicio de puerta a puerta, que facilita el traslado de las personas en tramos cortos dentro de una ciudad, lo que contribuye a reducir el uso de vehículos privados (Akshay et al., 2012).

Este vehículo destaca por su versatilidad en el manejo, su eficiencia en viajes de distancias reducidas y la facilidad con la que se traslada en situaciones de

congestión vehicular, evitando las zonas de congestión que pueda encontrar en su trayecto.

Gran parte del presente estudio es comprender el comportamiento de estos vehículos, para ello es importante conocer sus características geométricas y técnicas. A continuación, se hace mención de ellas, esto nos permitirán entender mejor su operatividad y funcionamiento.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 LOS VEHICULOS EN LA CIUDAD DE ICA

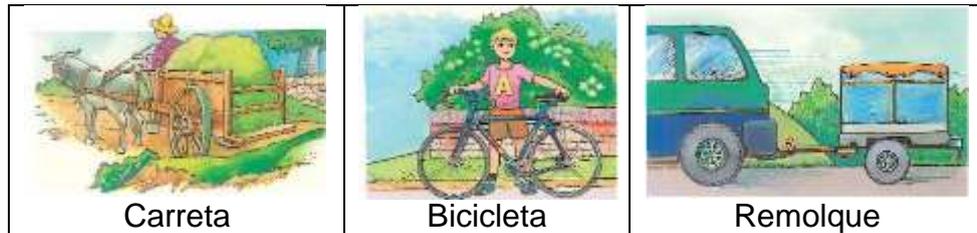
A. EL VEHICULO

Un vehículo es todo artefacto o aparato apto para circular por la vía pública. Como recordarás una vía pública es toda carretera, calle o camino público o particular, de uso común, abierto al público. Los vehículos pueden ser de muchas clases, vamos a estudiar en esta unidad los tipos y grupos más importantes que existen.

- **LOS VEHÍCULOS SIN MOTOR:**

Los vehículos sin motor son todos aquellos que para propulsarse no tienen un motor y tienen que utilizar otro tipo de fuerza, por ejemplo, la fuerza humana, animal o de otro tipo. **Ciclo** Se llama así, en general, los vehículos de dos, tres o más ruedas, que son accionados por el esfuerzo muscular de los ocupantes de este, a través de pedales o manivelas. **Bicicleta** Es el ciclo de dos ruedas. **Remolque**, Es un vehículo que no tiene propulsión y por lo tanto, debe ser arrastrado por un vehículo que tenga motor.

GRAFICO NRO. 01 VEHICULOS SIN MOTOR



Fuente: Elaboración Propia

- **LOS VEHÍCULOS CON MOTOR**

Son todos aquellos vehículos que para propulsarse disponen de un motor. **Motocicletas;** Es un vehículo de dos ruedas provisto de un motor de cilindrada de más de 50 centímetros cúbicos y que haya sido construido para superar los 45 Kms por hora. Las motocicletas también pueden tener sidecar. Turismo; Es el automóvil destinado al transporte de personas. Tienen que tener al menos cuatro ruedas y nueve plazas incluida la del conductor. **Autobús o autocar;** Es el automóvil destinado al transporte colectivo de personas. Deben de tener más de 9 plazas incluidas la del conductor. Existen varios tipos de autocares como por ejemplo los articulados o los de dos pisos.

Camión; Es el automóvil de cuatro ruedas o más, destinado al transporte de mercancías, cuya cabina está separada del resto de la carrocería. La

Cabina no puede tener más de 9 plazas, incluida la del conductor.

Vehículos especiales agrícolas; Son vehículos especialmente concebidos y contruidos para la realización de tareas agrícolas. Hay de muchos tipos como por ejemplo: tractor, motocultor, maquinaria agrícola automotriz, etc. **Vehículos especiales de obras;** Son

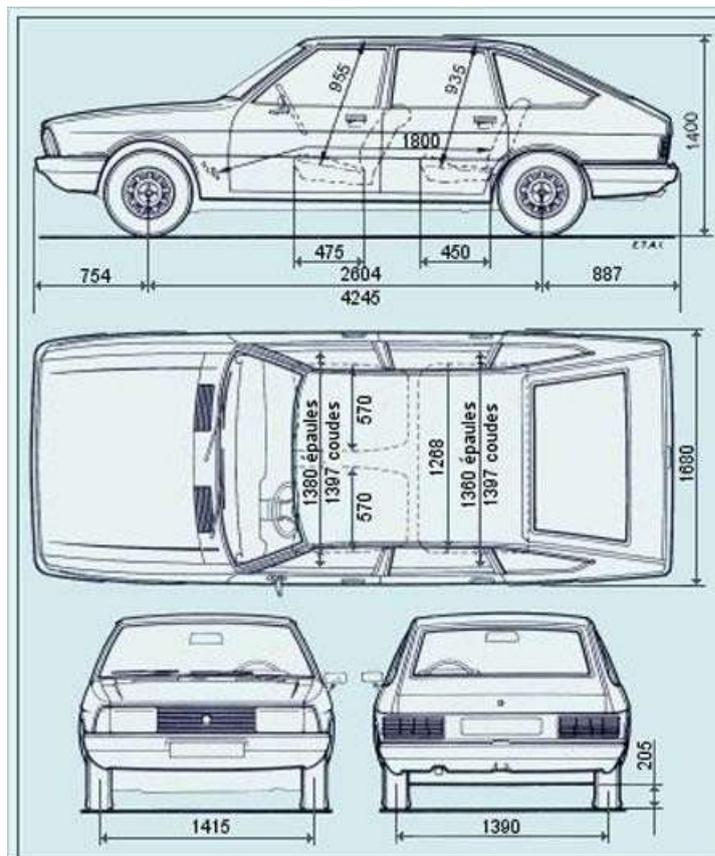
vehículos especialmente concebidos y contruidos para realización de obras. Algunos ejemplos de estos vehículos son: tractor de obra, maquinaria de obra remolcada, maquinaria de obra autopropulsada.

Otros vehículos sin motor; Existen otros vehículos que, aunque están provistos de motor, no se consideran vehículos de motor. Estos son: tranvías, ciclomotores y vehículos para personas de movilidad reducida. **Tranvía;** Es un vehículo que circula por raíles instalados en

la vía. **Ciclomotor**; Es un vehículo de dos o tres ruedas propulsado por un motor de hasta 50 centímetros cúbicos y que, por construcción, no puede superar los 45 Km/h. También se considera ciclomotor el vehículo de cuatro ruedas cuya masa en vacío sea inferior a 350Kg y que, al igual que los ciclomotores de dos o tres ruedas, está provisto de un motor de hasta 50 centímetros cúbicos y una velocidad máxima de 45 Km/h. **Vehículo para personas con movilidad reducida**; Es un vehículo cuya tara no sea superior a 350 Kg. y cuya velocidad máxima no sea superior a 45 Km./h y esté construido especialmente para el uso de personas con alguna disfunción o incapacidad física.

GRAFICO NRO 02

Dimensiones de un automóvil convencional.



Fuente: Romero, 2012

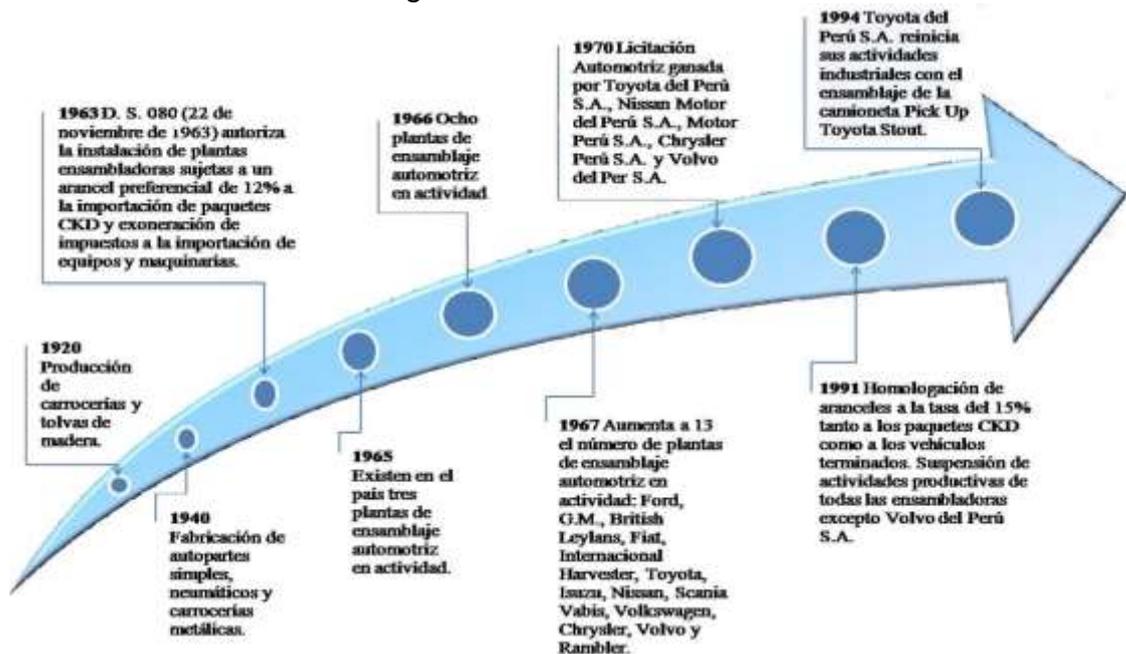
B. EL SECTOR AUTOMOTRIZ

El sector automotriz tuvo sus inicios en la década de los años 20, con la llegada de los primeros vehículos y la producción de carrocerías. A partir

de la década de los 60, en el primer gobierno de Fernando Belaúnde Terry, se decidió apoyar el inicio de una industria automotriz. Así que poco a poco se fueron instalando plantas ensambladoras de marcas, tales como Ford, GM, British Leylans, Fiat, Internacional Harvester, Toyota, Isuzu, Nissan, Scania, Vabis, Volkswagen, Chrysler, Volvo y Rambler. Dichas marcas tuvieron una importante participación de mercado y sobresalieron a nivel latinoamericano. Posteriormente, a fines de la década de los 80 y comienzos de los 90, se suspendieron las actividades de ensamblaje de todas las empresas, excepto Volvo y Toyota, debido al aislamiento económico del país, a la crisis inflacionaria y a decisiones políticas de los gobiernos de turno, según se puede observar en la Figura 1 (Saavedra, s.f.).

GRAFICO NRO 03

Cronología del sector automotriz.



Fuente: "Construcción de material de transporte en el Perú", por C. Saavedra

C. MOTOTAXISTA

Un transporte local, novedoso y hasta sugería cierta sensación de solvencia económica y vanidad. En un inicio se usaba el término 'taxicholo' en alusión a sus choferes de origen provinciano, pero, paulatinamente, esta denominación discriminatoria fue perdiendo vigencia debido a que su

uso se masificó a todos los sectores de la población que buscaban ganarse el pan cotidiano de manera independiente. Cuando menos nos dimos cuenta comenzaron a formalizarse empresas de mototaxis bajo diferentes denominaciones, y, al mismo tiempo, apareció un número significativo de informales o piratas que empezaron a generar los primeros roces entre sus choferes.

De ser una cómoda alternativa para viajes cortos dentro de una localidad se convirtió, de pronto, en la nueva forma de transporte público en directa competencia con los ómnibus, combis y cústeres que utilizamos diariamente. El problema radica en la poca seguridad que ofrecen para sus usuarios y en la ausencia de control y fiscalización por parte de las autoridades municipales.

Cualquiera puede ser un chofer de mototaxi, es paradójico, pero ni siquiera se necesita licencia de conducir, y mucho menos una secundaria completa, basta con tener un vehículo motorizado ambientado para la ocasión. Se estima que son más de 100,000 choferes de mototaxis desarrollando su labor al margen de la ley, incluso vemos muchos adolescentes en el timón de estas unidades y gente de malvivir que utiliza este recurso solo con el propósito de satisfacer sus vicios.

En estas circunstancias, el buen servicio al pasajero pasa a ser la última rueda de estos coches. Demás está hablar de sanciones con multas o decomiso de vehículos porque el imperio de los mototaxis se ha impuesto ante la autoridad edilicia y policial. Hay un descontrol absoluto en las zonas de Acomayo, avenida Grau, san Joaquín, San isidro entre otros; por eso, hay una serie de accidentes, robos al paso y hasta violaciones sexuales porque tampoco existe un registro de los responsables de estas unidades, que hasta tienen la temeridad de insertarse en las carreteras del transporte interprovincial de pasajeros.

Si hace un par de años nos alegrábamos porque se abría un camino para

la erradicación definitiva de las combis, hoy urge buscar una solución inmediata a este inmenso sector electoral que no tiene la mínima intención de ofrecer una alternativa para mejorar el servicio de pasajeros y, mucho menos, circular bajo el rigor de la ley en un marco de vida civilizada. Vale recalcar que, de alguna manera, cada uno de nosotros somos responsables del crecimiento de este nuevo monstruo popular.

Este vehículo cuenta con dos ambientes claramente diferenciados. La parte delantera consta de una cabina simple, destinada para el conductor. En ella podemos encontrar el timón, el tablero para el tacómetro y el indicador de combustible, el pedal de frenado y un asiento bastante sencillo. En la parte posterior, podemos encontrar una cabina para los pasajeros, que cuenta solo con un asiento simple donde pueden entrar sentados un máximo de 3 personas adultas.

En cuanto a sus dimensiones, los mototaxis son considerados vehículos pequeños, ya que no ocupa un área mayor a los 3.5m². Como se puede apreciar en la GRAFICA NRO 04, un vehículo convencional ocupa, aproximadamente, un área de 7.0m², el doble del espacio que ocupa una mototaxi. Esta es una de las razones por las cuales este tipo de vehículos muestra un comportamiento particular, dos mototaxis pueden ocupar el mismo espacio que un automóvil convencional. Esto sumado al comportamiento agresivo de los conductores de estos vehículos, suele generar congestionamiento vehicular en algunas intersecciones.

Una de sus características principales es el número de llantas por eje, en el eje delantero solo cuenta con una llanta, mientras que en el eje posterior cuenta con dos, dando la impresión de tratarse de un triciclo. Esta característica asimétrica que posee este tipo de vehículos les ha hecho acreedor a muchas críticas por tener cierta inestabilidad en los giros bruscos y frente a imperfecciones en la vía. Debido a esto, y sumado al comportamiento de los conductores, hay quienes los consideran como un medio de transporte inseguro, aunque, de acuerdo a un estudio realizado

en el 2012 (Akshay et al, 2012), estos vehículos podrían ser considerados como seguros por su bajo peso y baja velocidad de circulación. A esto se debe añadir el hecho de que no todas las versiones de los mototaxis cuentan con una carcasa completa; Por ejemplo, la versión Estándar no posee puertas para el conductor o los pasajeros, mientras que las versiones Lujo y Súper lujo sí poseen puerta para los pasajeros y es solo la ultima la que posee puerta en la cabina del conductor (Autodisa, 2012).

GRAFICA NRO 05 Dimensiones de un mototaxi



Fuente: Bajaj, 2015

Hasta hace algunos años se podía apreciar en el vehículo un solo faro; sin embargo, en los últimos modelos, desde el año 2014, se cuenta con dos faros en la carcasa delantera, que también ha sido reforzada para reducir

daños en caso de accidentes. Esto aumenta la detección de los mototaxis durante la noche, ya que antes no eran percibidas por los conductores de otros vehículos y se generaban accidentes por estas razones.

Se puede apreciar algunas de las características técnicas más comunes en este tipo de vehículos. Se puede notar que el vehículo es impulsado por un motor de un cilindro de cerca de 200cc, funciona con una caja de 4 velocidades; adicionalmente, se puede agregar la opción de marcha en retroceso; logra alcanzar una velocidad máxima de 65 km/h y opera con una potencia de aproximadamente 9 HP a 5200 RPM. En sus versiones más recientes puede alcanzar los 11 HP a 5000RPM (Bajaj, 2015).

CUADRO NRO 01
Ficha técnica de mototaxi

INFORMACIÓN DEL MOTOR	
Motor:	4 tiempos enfriado por aire forzado (turbina)
Potencia:	8.72 HP @ 5200 rpm
Cilindros:	Un cilindro (198.75 cc)
Lubricación:	Positiva con cárter húmedo
Sistema de encendido:	Electrónica variable (CDI) 12v
Velocidad máxima:	65 km/h
PRESENTACIÓN DE VENTA	
Fórmula rodante:	3×2
Pesos:	Bruto: 670 kg / Neto: 356 kg / Carga: 314 kg
Nº de asientos:	03 (tres)
SEGURIDAD TÉCNICA	
Sistema de arranque:	Eléctrico y manual por palanca.
Sistema de embrague:	Multidisco en baño de aceite.
Sistema de transmisión:	4 velocidades / Retroceso (Opcional)
Sistema de frenos:	Delantero: Hidráulico de tambor.
	Posterior: Hidráulico de tambor.
	Parqueo: Mecánico en ruedas posterior
Nº de ruedas:	Tres (con 02 ejes)
	Delantero: 4.00×8. 4/6 PR
	Posterior: 4.00×8. 4/6 PR
Sistema de suspensión:	Delantero: Sistema tipo McPherson independiente
	Posterior: Amortiguador y resorte

Fuente: Adaptado de Autodisa, 2012

2.2.2 SIMULACIONES DE TRAFICO

En el presente estudio se realizará un modelo de micro-simulación. Para ello, primero es necesario entender las implicaciones que suponen realizar un estudio de esta naturaleza e identificar los diferentes tipos de escala de simulación y demás factores o datos necesarios para poder ejecutar los modelos.

Se define "simulación" como el acto de representar, o pretender ser algo que no es (RAE, 2015). Coss lo define de la siguiente manera:

"La Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema" (Coss, 1994).

En este sentido, podemos entender que la simulación nos permite reflejar la realidad a través de un modelo computarizado y que, mediante este modelo, se nos permite ampliar nuestros conocimientos hacia nuevas perspectivas, de tal manera que se logre una mejora de los sistemas en estudio. Esta herramienta nos permite tener una visión general del sistema en estudio y manejar diversas situaciones de acuerdo a las modificaciones que se pueden ir haciendo al modelo una vez que esté terminado. Esto nos da la ventaja de ver diferentes eventos que puedan suceder en la realidad. Un estudio de simulación comprende diferentes etapas que se deben cumplir antes de poder presentar los resultados del estudio. En primer lugar, se debe identificar claramente el sistema que se desea representar, lo que nos permite tener claro cuáles son sus restricciones y las variables que intervienen en el estudio. Luego, se debe elegir el modelo que se utilizará para el estudio. Se debe tener en cuenta que de esta elección dependerán las variables que se introducirán en el modelo, y cuya recolección de datos podría resultar un inconveniente para el desarrollo de

la investigación. A continuación, se procede a calibrar el modelo para garantizar una simulación certera. Finalmente, con la información proporcionada por el modelo se realiza la interpretación de resultados y se procede a documentar la información recolectada.

Debido a que se trata de un modelo de simulación, se analizarán los objetos en estudio como elementos independientes uno respecto de otro, por lo que se debe trabajar con un modelo estocástico, es decir, no determinístico y definido por elementos aleatorios que se adecúen a nuestras necesidades. Se debe considerar que el tamaño de la muestra a estudiar se determina en función del grado de precisión que deseemos obtener ya que de esto dependen los resultados y las decisiones que tomemos para proponer soluciones en la realidad (Coss, 1994).

La simulación tiene un amplio rango de aplicaciones que pueden ir desde sistemas de inventarios hasta sistemas económicos. La elección de los modelos y programas de simulación dependerá de la naturaleza del estudio a realizar y de los alcances del mismo. Para el presente caso, se realizará una simulación de tráfico vehicular. Esto se explicará en el siguiente apartado.

La simulación ha facilitado el análisis de tráfico vehicular mediante el empleo de modelos de diferentes escalas, desde los cuales se puede enfocar una situación en particular. El U.S Department of Transportation, en el año 2004, enumera una lista de categorías para realizar una simulación (FHA, 2004).

Es importante definir el nivel de detalle que se realizará en el estudio, entre los cuales destacan los modelos microscópicos (alta fidelidad), mesoscópicos (fidelidad combinada) y macroscópicos (baja fidelidad).

2.2.3 PARAMETROS DE EFICIENCIA EN EL TRÁFICO

TRB (2000) define los parámetros de eficiencia como una característica cualitativa o cuantitativa de la vía que provee información sobre el estado del servicio de la misma en el instante estudiado. En otras palabras, los MOE's, por sus siglas en inglés (Measures of effectiveness), indican qué tan óptimo es el funcionamiento de una vía.

Como se ha mencionado anteriormente, las vías son diseñadas para una cierta capacidad, que podría ser excedida por el flujo que circula por esta. En estos casos, los conductores se ven obligados a detenerse o a formar colas hasta que la circulación se reinicie. A continuación, se mencionarán algunos parámetros que determinan la eficiencia de un dispositivo vial que, bajo condiciones ideales, debería mantener una circulación fluida.

A. Demoras

La demora es un parámetro que nos permite determinar cuán eficiente es una intersección ya que mientras menor sean los tiempos de demora, menor será la congestión en dicha intersección. Las demoras pueden producirse debido a señales de control, la generación de colas a lo largo de una vía, o cuellos de botella.

En el TRB (2000) se especifica que, de las tres formas de representar la demora descritas en el manual, para el caso particular de intersección reguladas por señales de pare, como es el caso del presente estudio, se utiliza la demora media por detención como indicador de eficiencia de una vía en estudio.

B. Detenciones

Se define como el acto de detener el vehículo tanto en una intersección semaforizada como no semaforizada. Se puede producir por la formación de colas, señales de pare o ceda el paso. El número de detenciones en una intersección puede ser variable, dependerá del flujo que circula por la vía y del tipo de intersección que se analiza. Por ejemplo, para el caso de una

intersección con señal de pare, cada vehículo se detendrá al menos una vez. En caso de que el flujo supere la capacidad de la vía, ante la formación de colas, es posible que cada vehículo tenga que hacer dos o más paradas (Fernández, 2011).

La evaluación de estos parámetros para solucionar los problemas de la aceptación de capacidad puede ser enfocada desde dos puntos de vista. En primer lugar, se puede emplear la teoría de colas y en segundo lugar podemos enfocarnos en la simulación.

C. Colas

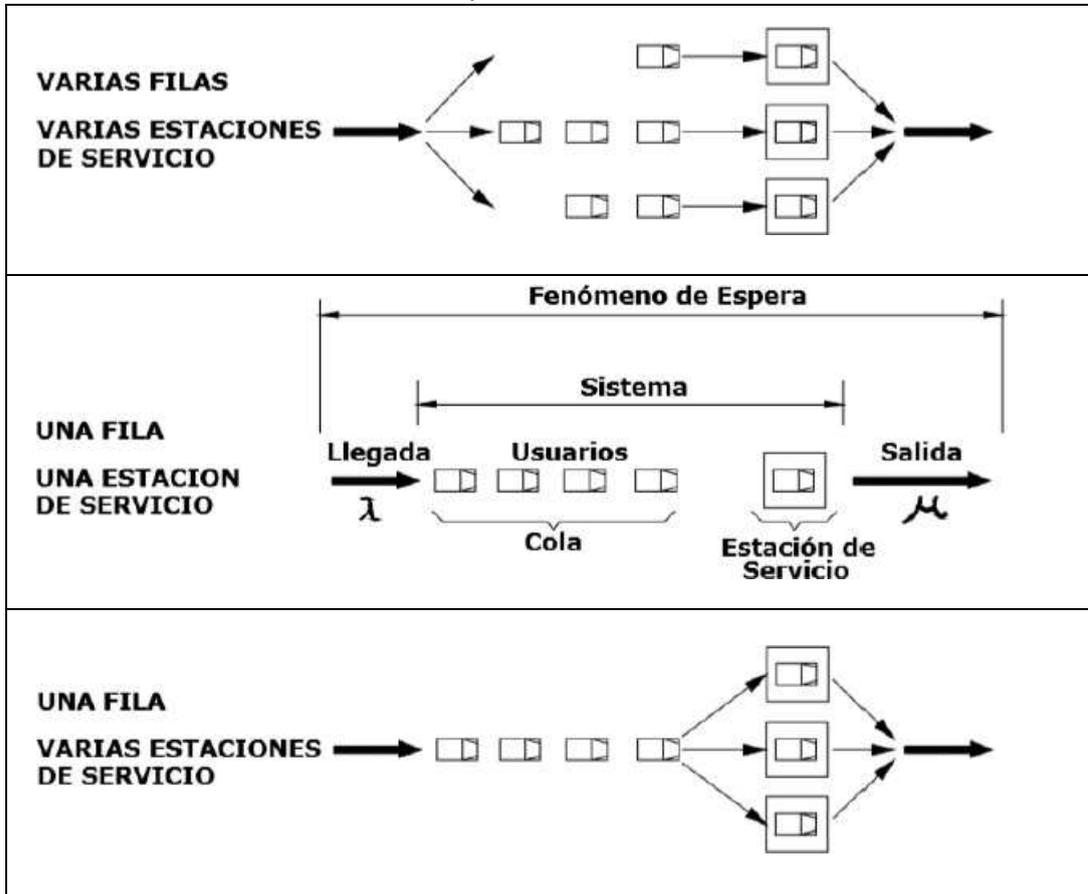
Las colas son un buen indicador de la eficiencia de una vía ya que su presencia supone congestión vehicular, la cual surge cuando la demanda supera la capacidad de una intersección. A pesar de que el flujo se ha detenido, algunos vehículos continúan ingresando a la intersección, lo que hace que sea poco probable que puedan cruzar. En conclusión, lo ideal sería que ningún vehículo se mantenga más de un periodo en espera (TRB, 2000).

De acuerdo a (Fernández, 2011), se especifica que cada cola tiene características distintas que están definidas por tres criterios. El primero es el proceso de llegada, donde se detallan los intervalos de llegada t de cada cliente, ya sean constantes o aleatorios. El segundo es el mecanismo de atención, donde se determina el número de colas presentes y la cantidad de tiempo que se demora un cliente en salir de ella. La tasa de servicio o atención se expresa como μ . Por último, se encuentra la disciplina en la cola, que define los patrones de selección para el siguiente cliente. Por ejemplo, First in First out que atiende por orden de llegada, Last in First out donde se atiende primero al último que llega y prioritario, en donde se atiende primero al de mayor prioridad.

En la GRAFICO NRO 06 se muestran algunos tipos de colas presentados en el libro Ingeniería de Trafico (Cal et al, 1994), donde se puede apreciar que se

pueden formar varias colas en una vía y que cada conductor es libre de colocarse en donde le parezca más conveniente.

GRAFICO NRO. 06
 Tipos de Colas



Fuente: Elaboración Propia, adaptado de cal y mayor (1994)

2.2.4 MODELOS PARA EL TRAFICO

A. Modelación de intersecciones no semaforizadas

Las intersecciones no semaforizadas son las más frecuentes en una red vial. Su correcto análisis es relevante, ya que un funcionamiento deficiente podría afectar todo un sistema de transporte correctamente diseñado. Además, la inexistencia de señalizaciones crea jerarquías entre las vías de la intersección.

Existen dos tipos de intersecciones empleadas en una red de tránsito: intersecciones no controladas e intersecciones reguladas por prioridad, como es el caso de intersecciones con señalización de Pare o Ceda el paso. Para el caso de intersecciones controladas por señales de Pare, se incorporan al modelo las decisiones del conductor que circula por la vía secundaria y que desea ingresar o cruzar la intersección. (HCM, 2000)

B. Modelos de análisis de la capacidad

El análisis de la capacidad para este tipo de intersecciones se realiza con métodos aplicados, en su mayoría, en Estados Unidos y en Europa. En primer lugar, se tiene el modelo teórico de aceptación de brechas, el cual está basado en la brecha crítica y el avance de cola. En segundo lugar, se presenta el método de regresiones empíricas, el cual está justificado en los resultados de las investigaciones realizada por los británicos Kimber y Coombe (1980).

C. Modelo de aceptación de brecha

Como se mencionó anteriormente, este tipo de intersecciones presentan prioridades en las vías, siendo la de mayor prioridad el lugar donde se crean las brechas entre los vehículos. En las vías de menor prioridad los vehículos aprovechan estas brechas para poder cruzar la intersección.

El primer vehículo de la vía secundaria funciona como tapón y se encuentra a la espera de que se presente una brecha mayor a la brecha crítica t_c con la finalidad de poder realizar un movimiento. Posteriormente, el segundo vehículo pasa a la primera posición y se repite el proceso. No

obstante, existe la posibilidad de que más de un vehículo cruce la vía para la misma brecha, el cual se conoce como tiempo de avance de cola t_f .

Para poder calcular la capacidad, se plantean los siguientes supuestos:

- Los vehículos de la vía prioritaria son homogéneos, por lo que las brechas entre vehículos son las mismas en cada intervalo. Por ello, se trabaja con intervalos de tiempo h en lugar de brechas.
- Los conductores de la vía secundaria presentan un comportamiento homogéneo. Por lo tanto, la brecha crítica es la misma para todos los conductores en cada intervalo de tiempo.
- Los vehículos de la vía secundaria son homogéneos, por lo que los tiempos de avance son los mismos para cada vehículo

De esta manera, se tiene que el tiempo h que requiere un vehículo para cruzar la intersección está definido dentro del siguiente intervalo:

$$t \leq h < t + \beta$$

De manera similar, el tiempo h que requieren n vehículos para cruzar la intersección, donde β es el tiempo de avance de cola:

$$t + (n - 1)\beta \leq h < t + n\beta$$

Además, la capacidad es calculada de la siguiente manera:

$$Q_s = \frac{q_p e^{-q_p t_c}}{1 - e^{-q_p t_f}}$$

Donde:

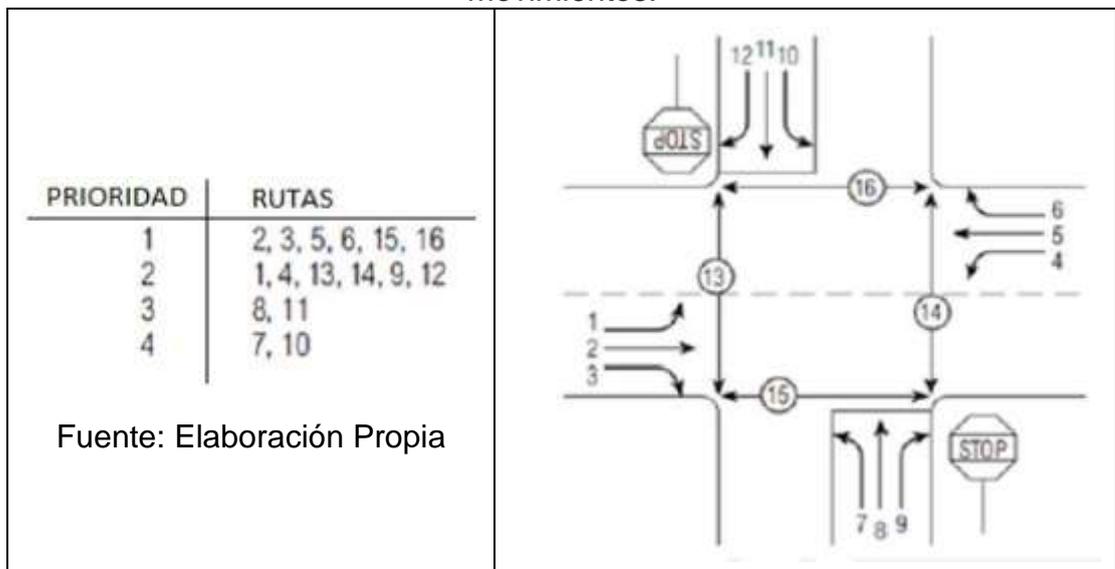
- q_p : Flujo de la vía principal
- Q_s : Capacidad de la vía secundaria
- t_c : Brecha crítica
- t_f : Tiempo de avance de cola

En base a este modelo genérico se han desarrollado otros modelos entre los cuales destacan el modelo de Plak y Cathpole, el modelo de Tanner, el modelo de Gordon y Miller y el modelo de Van Vliet.

El modelo de brechas ha sido criticado debido a los supuestos en los que se basa. Los parámetros necesarios para el desarrollo del modelo son variables ya que dependen de los primeros vehículos de la red secundaria, los cuales no se pueden homogeneizar ya que el comportamiento de cada conductor será, difícilmente, el mismo (Fernandez, 2011).

En contraste a esto se tiene el modelo de brecha para una intersección controlada en jerarquías de movimientos en las vías que forman la intersección, de tal manera que no se generen conflictos al momento de realizar los giros. Los vehículos de la vía secundaria o de menor prioridad se detienen ante la señal de Pare o Ceda el paso y esperan el momento indicado para realizar su maniobra (TRB, 2000).

GRAFICO NRO 07
 Jerarquía en una intersección simple regulada por prioridad de movimientos.



De esta manera, se tienen los flujos de Nivel 1 de jerarquía, los cuales tienen una prioridad absoluta. Los vehículos que se encuentren en este

nivel no tendrían por qué detener su circulación. Además, en este primer nivel se encuentran los vehículos que realizarán maniobras que no interfieran con las de los otros vehículos; de acuerdo con la gráfica, estos flujos serían el 2, 3, 5, 6, 15 y 16. Luego, tenemos el flujo de Nivel 2, cuyos vehículos solo se detienen ante los vehículos que circulan por la vía de Nivel 1. Los movimientos de los vehículos de este nivel se encuentran en interferencia con los del Nivel 1, por ello deben detenerse a la espera de una brecha. Por ejemplo, los vehículos del flujo 1 desean voltear a la izquierda; sin embargo, se ven impedidos por la circulación del flujo 5, por lo que deben detenerse debido a que estos tienen la prioridad. De acuerdo con la gráfica, los flujos 1, 4, 13, 14, 9 y 12 pertenecen a este nivel. Lo mismo sucede con los vehículos de la vía de Nivel 3 que ceden el paso tanto a los vehículos de las vías de Nivel 1 y 2. Se emplea el mismo criterio para los vehículos que circulan por una vía de Nivel 4 (TRB, 2000).

D. Modelo de regresión lineal

El modelo de brecha se basa en supuestos que no resultan muy precisos en la práctica, lo que afecta el cálculo de la capacidad en una intersección. Como medida de solución se propusieron los modelos de regresión lineal.

De acuerdo con Fernández (2011) los modelos de regresión lineal son basados en aproximaciones empíricas realizadas en las intersecciones, lo cual se diferencia del modelo de brecha. Estos modelos nos permiten determinar la capacidad de los movimientos secundarios que se realizan en una intersección, ya sea el giro a la derecha o izquierda desde una vía secundaria a una principal o el giro a la izquierda desde una vía principal a una secundaria.

Los modelos de regresión lineal buscan determinar la capacidad de un movimiento secundario. Esta capacidad se ve disminuida de acuerdo con la cantidad de vehículos que circulan por la vía principal, de la siguiente manera:

$$Q_s = Q_0 - \sum_{i \in P} \alpha_i q_{pi}$$

- Donde:
- Q_s : Capacidad de cada movimiento secundario
 - Q_0 : Capacidad básica de un movimiento secundario
 - P: Conjunto de movimientos prioritarios que se oponen al movimiento secundario
 - q_{pi} : Flujos de los movimientos de P
 - α_i : Impacto marginal de los movimientos P en la capacidad

En el año de 1980, Kimber y Coombe realizaron una serie de experimentos en intersecciones con diversos diseños geométricos para poder determinar la capacidad de estas. Como resultado se obtuvieron los parámetros Q_0 y α_i .

$$Q_s = X(Q_0 + Z - Y \sum_{i \in P} \alpha_i q_{pi})$$

Donde los valores de X, Y y Z dependen de la geometría de la intersección:

$$Z = 14W_M$$

$$Y = 1 - 0.0291W$$

$$X = [1 + 0.099(w - 3.55)][1 + x_1(V_I - 120)][1 + x_2(V_D - 150)]$$

Y las variables geométricas representan lo siguiente:

W_M : Ancho de la mediana de la vía prioritaria

W : Ancho de la vía prioritaria

w : Ancho de la pista de movimiento secundario

V_I, V_D : Visibilidad a la izquierda y derecha del acceso secundario

x_1, x_2 : Parámetros que dependen del movimiento secundario

CUADRO NRO. 02
 Características del conductor

<p>La generación de un número aleatorio produce un valor R para cada comportamiento del vehículo.</p> <p>Aplicando el método de distribución inversa nos proporciona un valor X el cual define la agresividad del conductor.</p> <p>(a) Distribución uniforme discreta</p>	
<p>La distribución implica que conductores agresivos escogen mayor velocidad a flujo libre.</p> <p>(b) distribución discreta relacionando el índice de agresividad del conductor con la velocidad a flujo libre deseado</p>	
<p>La distribución implica que conductores agresivos toman mayores riesgos. Se encuentran dispuestos a aceptar situaciones donde se requieran mayores desaceleraciones para evitar una colisión.</p> <p>(c) distribución discreta relacionando el índice de agresividad del conductor con la desaceleración aceptada durante la maniobra para cambio de carril.</p>	

Fuente: Elaboración propia, adaptado del FHWA, 2004

2.2.5 TEORÍA DE SEGUIMIENTO VEHICULAR

Esta teoría trata de explicar el comportamiento que tendría un vehículo perseguidor respecto de un vehículo líder, el cual se encuentra adelante del primero. Por ejemplo, inicialmente los vehículos se encuentran separados por una distancia relativamente grande; sin embargo, cuando la distancia es menor a la mínima exigida por el vehículo perseguidor, este empieza a desacelerar. Si la distancia fuese muy grande, entonces el vehículo perseguidor tendería a acelerar y el comportamiento del vehículo líder no le afecta.

Además, existe una serie de condiciones que definen esta teoría. En primer lugar, la máxima aceleración dependerá de la velocidad actual del vehículo; es decir, se encuentra limitada.

Por ello, si un conductor maneja más rápido, la aceleración máxima del vehículo será menor. En segundo lugar, la máxima aceleración estará influenciada por el conductor, ya que un conductor hábil podría llegar a tener valores cercanos a la aceleración máxima del vehículo y un conductor principiante tendría valores mucho menores. Por último, un conductor típico tendrá el promedio de los dos tipos de conductores previamente mencionados, lo cual generará valores muchos menores a los que realmente puede ofrecer un vehículo.

Con estos criterios observamos que la aceleración de un vehículo dependerá tanto de las características vehiculares, pero principalmente de los estímulos del conductor.

La FHWA representa la aceleración del vehículo perseguidor mediante la siguiente ecuación:

$$a_f = F(v_l, v_f, s, d_l, d_f, R_f, P_i)$$

Donde:

a_f = aceleración del vehículo perseguidor

v_l, v_f = Velocidades del vehículo líder y perseguidor

s = distancia de separación

d_l, d_f = Desaceleración proyectada del vehículo líder y perseguidor

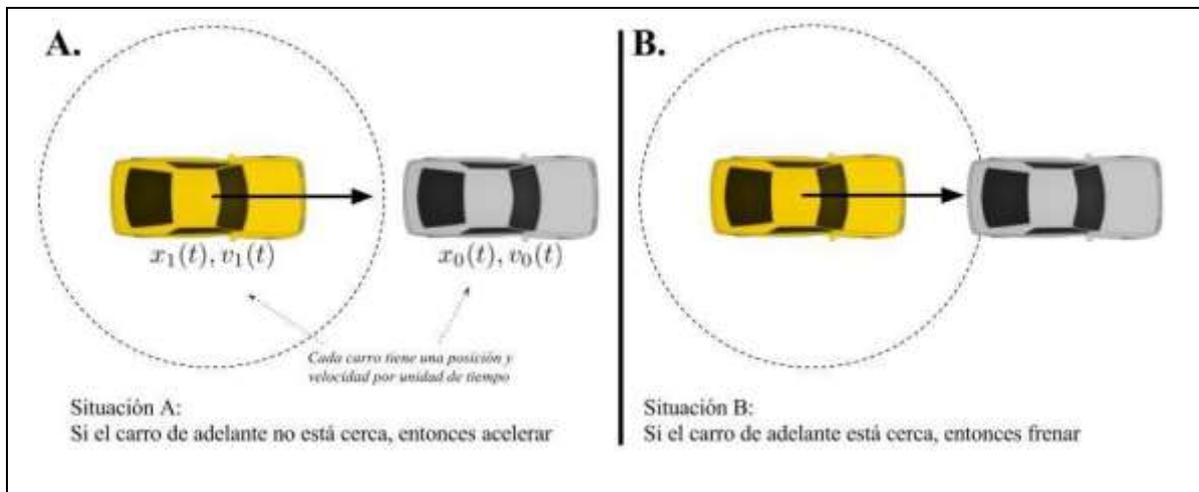
R_f = Tiempo de reacción del conductor perseguidor

P_i = Otro tipo de parámetro

También, subdivide el objetivo del vehículo perseguidor en tres etapas. En primer lugar, se encuentra la percepción, en el cual el vehículo perseguidor recolecta toda la información visual que pueda, esta información dependerá del movimiento del vehículo líder y sus características físicas (implicando las variables mencionadas en la ecuación 16). En segundo lugar, el conductor interpreta toda la información obtenida, clasificando la información considerando su experiencia previa y comparando las habilidades de conducir entre ambos para finalmente tomar una decisión. Por último, el vehículo perseguidor entra en una fase de control en el que puede ejecutar sus acciones con destreza, suavidad y coordinación, teniendo la confianza de haber conseguido suficiente información.

La GRAFICO NRO. 08 muestra los tipos de modelos presentados a lo largo del tiempo. En primer lugar, existen los modelos de un régimen, los cuales emplean una ecuación que involucra todas las situaciones que puede presentar un vehículo al conducir. En segundo lugar, se presentan los modelos de 2 regímenes, los cuales emplean modelos que representan una ecuación para un vehículo a flujo libre y otro para seguimiento vehicular. En tercer lugar, se presentan modelos para más de 2 regímenes, tal como los modelos Carsim y Psico-Físicos. En cuarto lugar, se presentan los modelos que emplean una lógica difusa, ya que emplea condicionales para las respuestas de los vehículos. Por último, se presenta la inteligencia artificial, la cual puede crear movimientos a partir del aprendizaje y adaptación de las situaciones.

GRAFICO 08
 Modelos sobre Congestión vehicular a lo largo del tiempo



Fuente: Elaboración propia, adaptado del FHWA, 2004

A Modelo de Pipes

En el año 1953, Pipes propone un modelo lineal, el cual está basado en el método de un vehículo perseguidor en un solo carril. Asume que la aceleración del vehículo está en proporción con las diferencias de velocidades entre ambos vehículos; es decir, a una distancia segura. Con ello la aceleración queda dada por la siguiente ecuación:

$$a_f(t) = \frac{\lambda}{M} [v_L(t - \tau) - v_F(t - \tau)]$$

Donde "v_L" es la velocidad del vehículo líder, "v_F" es la velocidad del vehículo perseguidor, "M" es la masa del vehículo perseguidor y "λ" es un factor de sensibilidad. En el modelo, el estímulo es la velocidad relativa y la respuesta es la aceleración. No obstante, el modelo no involucra la velocidad deseada por un vehículo ni la distancia entre los vehículos.

B Modelo de la General Motors

En el año 1958, Chandler, en colaboración con otros profesionales, empleó el modelo de Pipes para determinar el tiempo de reacción y la ganancia

constante de un vehículo. En términos psicológicos, la teoría de Pipes es representada de la siguiente forma:

$$\text{RESPUESTA} = \text{SENSIBILIDAD} \times \text{ESTIMULO}_{(t)}$$

La respuesta representa la aceleración del vehículo, el estímulo dependerá de la velocidad relativa entre el vehículo perseguidor y el líder, ya que influye en el espaciamiento entre ambos y la sensibilidad trata de representar la forma en la que el conductor manifiesta su preocupación ante un estímulo dado. Realizando varios ensayos, se determinó que el tiempo de reacción de un vehículo es de 1.5s, mientras que la ganancia constante es de $0.37s^{-1}$. Este modelo emplea la siguiente ecuación derivada de una respuesta psicológica:

$$a_{2,(t+\Delta t)} = \frac{\alpha}{e_t} (v_1 - v_2)$$

Donde:

$a_{2,(t+\Delta t)}$ = aceleración del vehículo de atrás (2) en el momento $t + \Delta t$ (m/s^2)

Δt = tiempo de reacción del conductor (s)

α = parámetro de sensibilidad (m/s)

e_1 = espaciamiento entre los vehículos en el momento t (m)

$v_1 - v_2$ = velocidad relativa del vehículo de delante con respecto al eje de arcos (m/s)

El valor empleado para el parámetro de sensibilidad es de carácter empírico ya que se emplearon dos vehículos pilotos para experimentos de calibración.

C. Modelo de los Automatas Celulares

El modelo es propio del software TRANSIMS, pero su desarrollo se debe a Stanislaw Ulam & John von Neumann en el año 1940. Se basa en dividir la calzada en "secciones de celda" como las mostradas en la figura 8. Para

representar el modelo en la realidad es necesario establecer tres principios básicos que rijan su comportamiento.

En primer lugar, el área de estudio será dividido en una cantidad regular de celdas, llamándose grilla de celdas. En segundo lugar, cada celda tendrá un número finito de "estados o condiciones", el cual dependerá de un instante dado. Finalmente, cada grilla de celdas tendrá dimensiones variables.

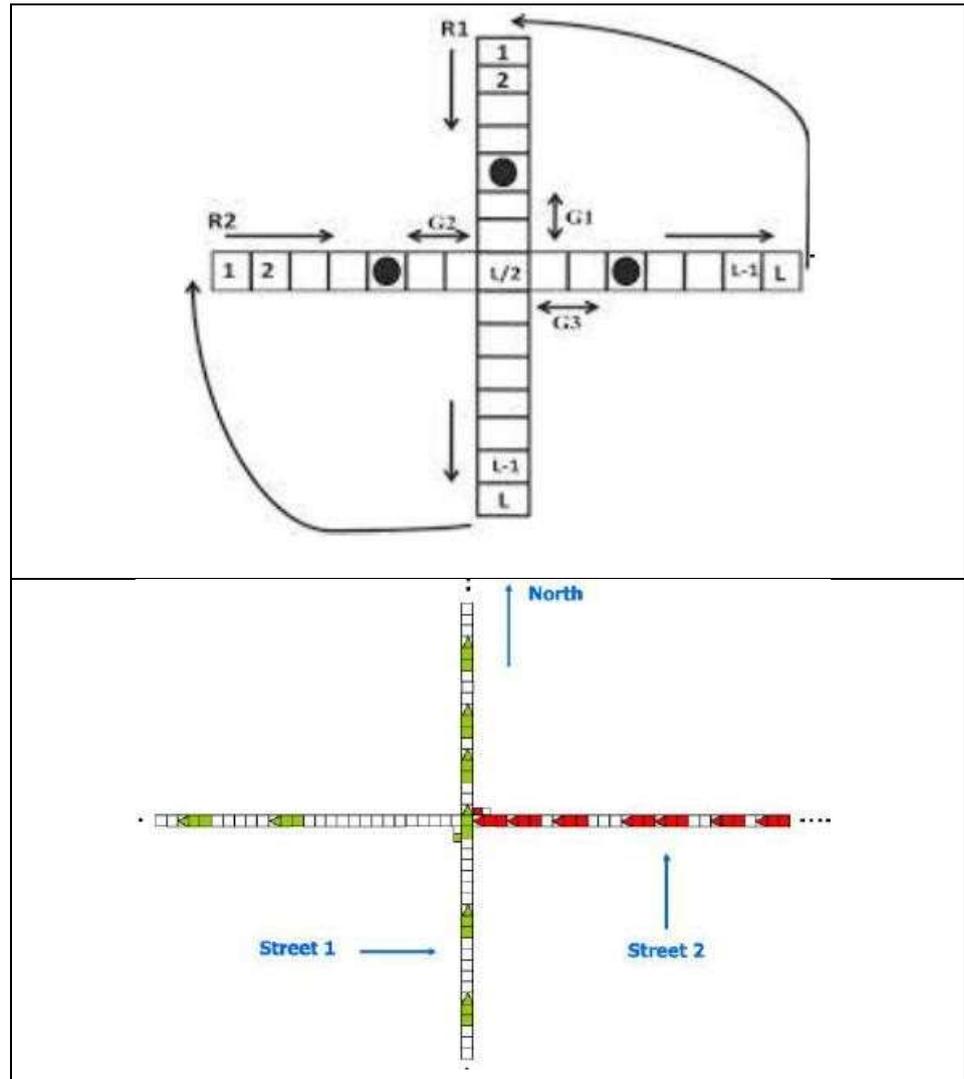
De la GRAFICO NRO 09 se observan carriles divididos en celdas de dimensiones iguales. Además, cada celda queda definida por el número de vehículos que pueden entrar en ella. Por ejemplo, en la figura de la izquierda, cada celda puede contener un vehículo, mientras que, en la figura de la derecha, se necesitan tres celdas para el mismo fin.

Es necesario definir la velocidad del vehículo, la cual se expresa en unidades de celdas/segundo. Luego, cada celda adquiere unos valores de estado, los cuales dependen de cómo se encuentre en un instante de tiempo (Nagel et al., 1992). Por ejemplo, si no existe vehículo alguno en la celda, los valores de estado se encuentran vacíos. En las celdas donde se encuentran los vehículos, adquirirán valores dependiendo del tipo del vehículo que se presente en ellas.

Nagel y Schreckenberg, (1992) aplican este concepto a la teoría de seguimiento vehicular aplicando algunas condiciones. En primer lugar, si la velocidad actual del vehículo es menor a la velocidad máxima del vehículo, este tenderá a acelerar en el siguiente intervalo, aumentando su velocidad una celda por segundo más de la que tenía previamente. En segundo lugar, si la velocidad es mayor que la brecha presentada entre el vehículo líder y uno posterior, se tenderá a desacelerar. Por ejemplo, para una velocidad de 10 celdas/segundo y una brecha de 7 celdas, el vehículo tendrá que desacelerar con la finalidad de no generar una colisión. En tercer lugar, la velocidad decrecerá una celda/hora dependiendo de la

probabilidad de que esto suceda, empleando números aleatorios. Por último, se toma en cuenta los movimientos para cada tipo de vehículo, en donde estos se desplazarán empleando velocidades independientes en celdas/hora.

GRAFICO NRO 09
 Intersección según método autómatas celulares



Fuente: Marzoug et al, 2014 – Foulaadvand, 2010

D. Modelo de Wiedemann

El modelo fue desarrollado por Rainer Wiedemann en el año 1974 en la universidad de Karlsruhe, que es aplicable para tráfico urbano e intersecciones y, posteriormente, se realizó una última actualización en el

año 1999, aplicable para autopistas sin intersecciones. Estos dos modelos, Wiedemann 74 y Wiedemann 99, son empleados en el software VISSIM. Una de las diferencias respecto de los modelos de seguimiento vehicular o de cambio de carril es el estudio de condiciones psicológicas y físicas respecto del comportamiento de los conductores. Por ello es llamado modelo psicofísico. El modelo presenta la capacidad de cambiar de un carril a otro o de iniciar un comportamiento de vehículo perseguidor dependiendo de la situación en la que se presenta.

La forma en la que un conductor maneja un vehículo se presenta de diferentes maneras. Por ello, este modelo considera 4 modos fundamentales de conducir. El primero se denomina modo de conducción libre, en el cual la velocidad oscilará alrededor de una velocidad deseada o permitida. El segundo se denomina modo de aproximación, en el cual el conductor comenzará a desacelerar ya que existe vehículo posterior que impide alcanzar una aceleración máxima. La desaceleración se dará hasta que la diferencia de velocidades entre ambos vehículos sea igual a cero y/o la distancia deseada entre ellos sea segura. El tercero se denomina modo de seguimiento y surge cuando la distancia entre los vehículos es segura y la diferencia de velocidades entre los vehículos oscila alrededor de cero. Por último, se encuentra el modo de frenado y se produce cuando el conductor es obligado a frenar intempestivamente debido a un cambio brusco de velocidad por parte de un vehículo posterior. También se produce cuando un tercer vehículo interviene de forma brusca en el carril. La figura 9 relaciona los 4 modos explicados.

En la gráfica se observan los ejes de Diferencia de velocidad () y Distancia entre vehículos. Además, se observa que el eje vertical divide la gráfica en dos zonas. Una donde la distancia se incrementa y otra donde se acorta. En la zona donde la distancia se incrementa, puede interpretarse que el vehículo de adelante se encuentra viajando cada vez más rápido. En el eje , la diferencia entre las velocidades es cero; es decir, ambos vehículos se encuentran viajando a velocidades iguales. En la otra zona, la distancia

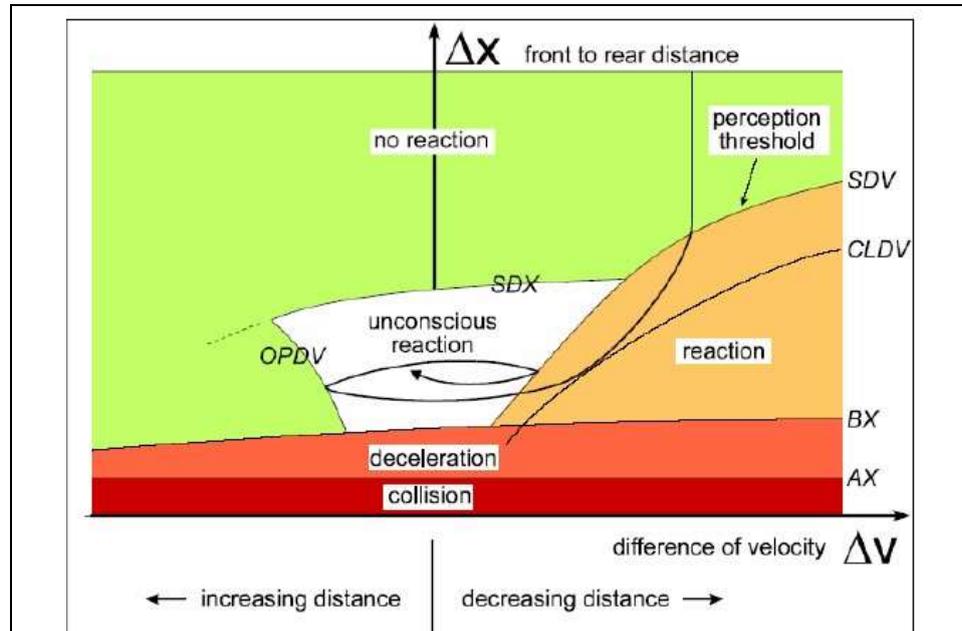
tiende a decrecer debido a una disminución de velocidad por parte del vehículo posterior. La zona llamada colisión indica que la distancia entre los vehículos es menor a la que el conductor considera como una distancia segura. Si la distancia y velocidades entre los vehículos oscila entre la zona de color blanco, el conductor presentará reacciones inconscientes; es decir, las diferencias entre las velocidades y la distancia entre los vehículos no podrán ser detectadas o anticipadas por el conductor, lo cual dificulta su reacción y provoca una reacción inconsciente. En el área de color verde (zona de la izquierda), la distancia entre los vehículos es muy grande, lo cual puede generar una reacción consciente en el vehículo que se encontraba detrás del vehículo líder, provocando una desaceleración consciente. La zona de la derecha nos muestra que la distancia entre los vehículos está acortándose, generando una reacción en el vehículo líder, provocando que este tenga que desacelerar ya que su velocidad es menor a la del otro vehículo.

La distancia mínima de seguimiento deseada por el conductor para una diferencia de velocidades bajas se encuentra dada por dos distancias. La primera es llamada AX, la cual es la distancia deseada por dos vehículos con una diferencia de velocidades igual a 0. La segunda es BX, la cual indica la distancia mínima de seguimiento que es considerada segura por ambos vehículos.

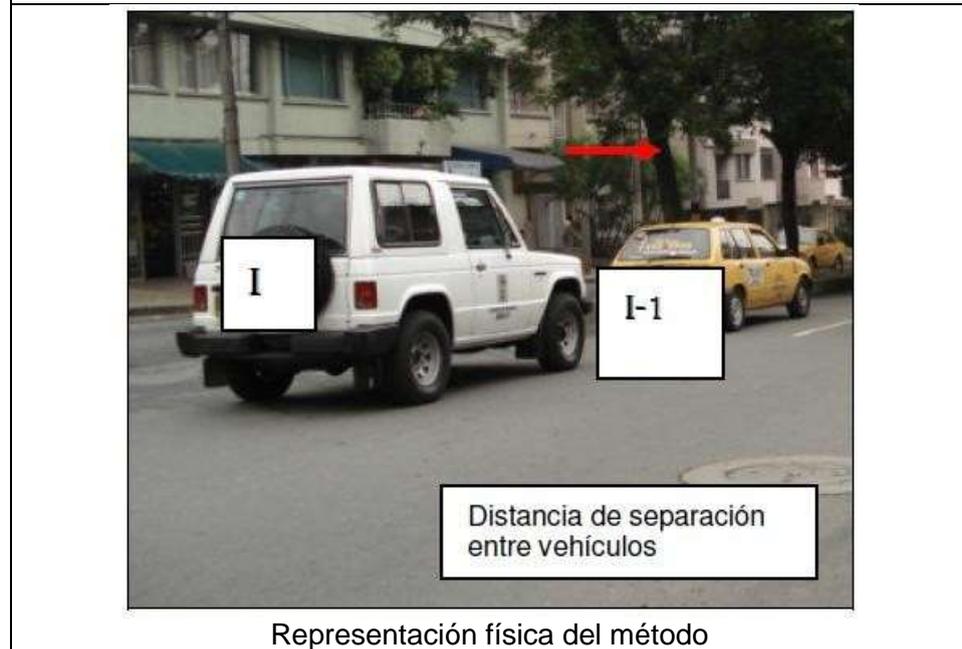
Los umbrales son representados para una unidad de vehículo-conductor (I) que viaja a una velocidad (real). El eje horizontal representa la diferencia de velocidades con valores positivos caracterizando el cierre del proceso (la velocidad del vehículo de en frente (I-1) es más baja).

Y el eje vertical representa la distancia al vehículo de en frente (I-1).

GRAFICA NRO 10
 Modelo de Wiedemann



Sistema Matemático del método



Representación física del método

Fuente: Marzoug et al, 2014 – Foulaadvand, 2010

E. Teoría de Adelantamiento o de Cambio de Carril

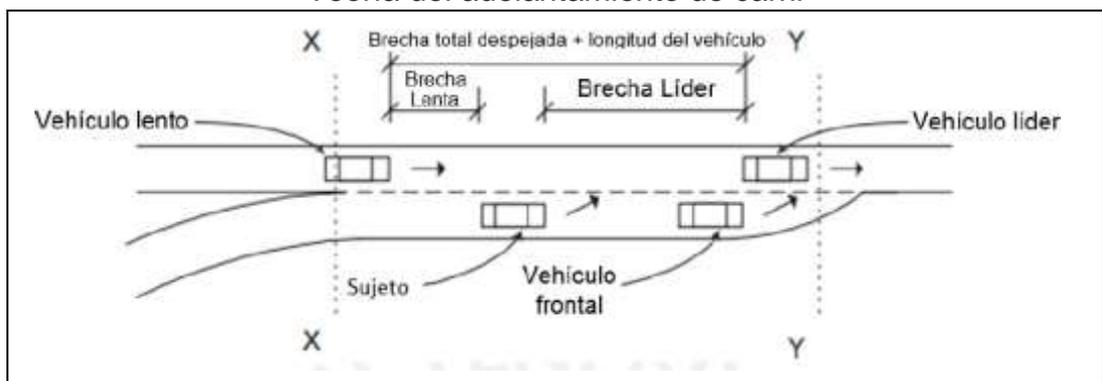
En la GRAFICA NRO. 10 se observa un vehículo sujeto que desea cambiar de carril. A su vez, se presenta un vehículo frontal como en la teoría de seguimiento vehicular. Sin embargo, se toma en consideración dos

vehículos adicionales: un vehículo líder y un vehículo lento. Además, de la gráfica se observan dos brechas adicionales: brecha líder y brecha lenta.

Esta teoría presenta dos tipos de cambios entre carriles. La primera se denomina Cambio de Carril Obligado (CCO), ya que el vehículo sujeto desea cambiar de carril rápidamente, de lo contrario no alcanzaría su destino. La segunda se denomina Cambio de Carril Discreto (CCD), en la cual el vehículo sujeto desea tener unas mejores condiciones de tráfico, por ejemplo, para adelantar un vehículo frontal, ya que este no presenta una velocidad adecuada para el vehículo sujeto.

Esta teoría sigue una serie de patrones para determinar el comportamiento de un vehículo. En primer lugar, se distribuyen los vehículos en diferentes carriles, tal como se observa en la GRAFICA NRO. 11. En segundo lugar, se trata de evitar posibles choques o condiciones de tráfico no deseables, con la finalidad de llegar al destino de forma segura. Por último, se representan las condiciones reales de los movimientos vehiculares.

GRAFICA NRO 11
Teoría del adelantamiento de carril

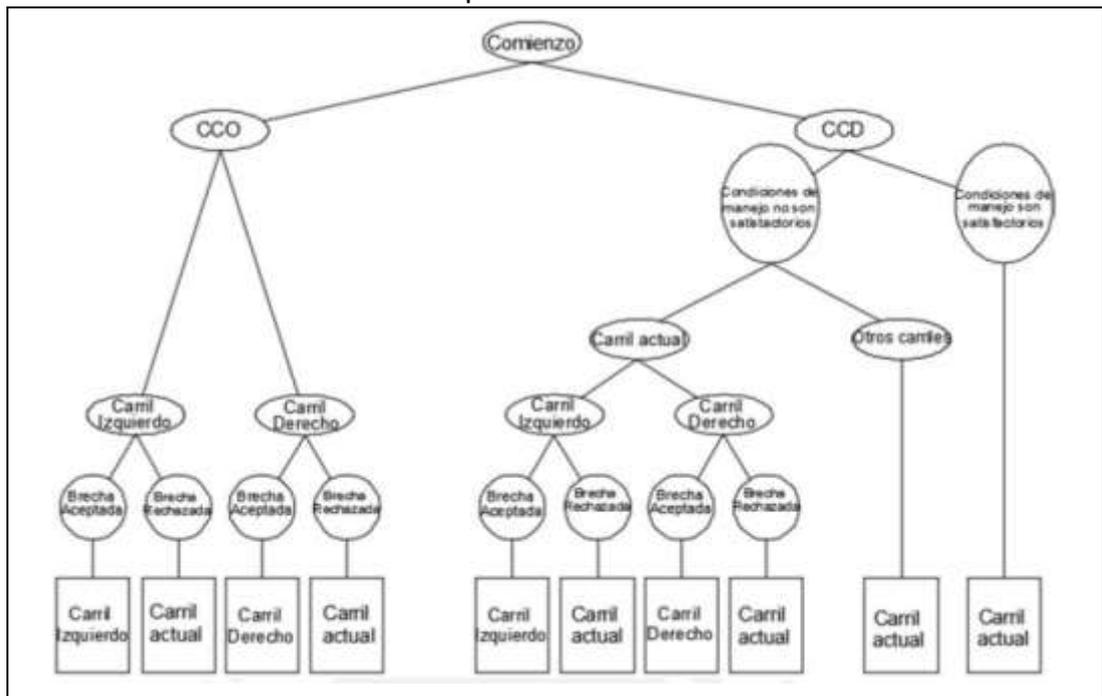


Fuente: Elaboración Propia adaptado Iftekhar 1999

El análisis del vehículo sujeto es mediante un esquema tipo árbol, como se muestra en la GRAFICA NRO 12, donde se presentan dos ramas. La primera menciona el cambio de carril CCO. En ella se presentan dos casos, en los cuales se calculará la brecha lenta para ser comparada con la brecha aceptable por el vehículo sujeto. Por ejemplo, para que el

vehículo sujeto cambie de carril se presentan dos opciones: doblar a la derecha o izquierda. En cualquiera de los casos se tienen dos posibles respuestas, ir al otro carril o continuar en el mismo. El vehículo debe escoger uno de los dos carriles, ya que, si decide quedarse en su carril, no podrá llegar a su destino. La segunda rama presenta el cambio de carril CCD, la cual evalúa las condiciones del conductor. En ambos casos existe la posibilidad de que el vehículo sujeto pueda quedarse en su carril, ya que no perdería su destino final. No obstante, si el conductor determina que las condiciones no son satisfactorias, se optará por cambiar de carril, y las decisiones posteriores se basarán en criterios de aceptación de brechas, similar a la rama CCO.

GRAFICA NRO 12
 Árbol de decisiones para la teoría de cambio de carril



Fuente: Elaboración Propia adaptado Iftekhar 1999

F. Performance de la Calibración

Esta etapa se encarga de comparar los resultados obtenidos con la calibración, con algunos valores definidos en la siguiente tabla tomada de

Winconsin DOT. Para cada criterio y medida tomada que se muestra en la tabla se presenta un objetivo de calibración, el cual se sugiere cumplir.

CUADRO NRO 03 Árbol de decisiones para la teoría de cambio de carril	
Criterios y medidas	Objetivos de calibración
Flujo horario, Modelo versus Campo	
Flujos Individuales	
Entre 15%, para 700 veh/h < Flujo < 2700 veh/h	>85% de los casos
Entre 100 veh/h, para Flujo < 700 veh/h	>85% de los casos
Entre 400 veh/h, para Flujo < 2700 veh/h	>85% de los casos
Suma de todos los Flujos	Entre 5% de la suma total
Estadística de GEH < 5 por cada flujo individual*	>85% de los casos
Estadística de GEH para la suma total	GEH < 4 para la suma total
Tiempo de viaje, Modelo versus observado	
Tiempo de viaje	
Entre 15% (o 1min, si es mayor)	>85% de los casos
Inspeccion Visual	
Velocidad individual	
Relacion Velocidad - Flujo aceptable	Al gusto del analista
Cuellos de botella	
Longitud de cola aceptable	Al gusto del analista
* El calculo de las estadísticas del GHE se realiza de la siguiente manera:	
$GEH = \sqrt{\frac{(E - V)^2}{(E + V)^2}}$	
Donde:	
E= volumen estimado del modelo	
V= registro en campo	
Fuente: Elaboración Propia adaptado de Wisconsin Dot, 2002	

2.2.6 MODELAMIENTO DE LA INFORMACION DEL PROYECTO

El proyecto se realizará el modelamiento de una red vehicular que consta principalmente de vehículos atípicos como los mototaxis. La interacción entre los vehículos y los diferentes comportamientos presentados por cada conductor hace necesario emplear un modelo de carácter microscópico, ya que será necesario analizar al vehículo y su conductor. Además, la dimensión de la red de estudio permite adoptar este modelo, debido a que, al ser una red con un área pequeña, permite estudiar cada vehículo presente en el análisis.

GRAFICO NRO 13

Zona de estudio

Intersecciones de av. De los Maestros y Prolongación av. Luis de Gerónimo de Cabrera



Para poder analizar la interacción entre los mototaxis es necesario escoger una zona donde su presencia sea permanente. Sin embargo, en la red de estudio escogida, no solo se presentan este tipo de vehículos, también existen vehículos de transporte privado y público, como los microbuses. Además, la interacción con

los peatones que circulan por la zona generarán mayor conflicto en la zona de estudio.

Es necesario realizar los estudios de campo en una hora en la que se pueda representar el flujo real de la red de estudio. Por este motivo, se ha elegido un domingo por la mañana, aproximadamente entre las 10 am y 12 pm, para la recolección de datos puesto que la zona de estudio se encuentra muy cerca al mercado mayorista de la ciudad de Ica y en esas horas la zona se vuelve muy concurrida y fluida a la vez.

Para poder realizar la simulación será necesario tomar datos de la zona en estudio y así obtener los parámetros necesarios que solicita el programa **VISSIM** para poder representar el comportamiento de los mototaxis. Para ello, se hará un registro de datos de la intersección av. De los maestros y prolongación de la av. Luis de Gerónimo de Cabrera, desde una planta elevada proporcionada por un pequeño hospedaje ubicado a cerca de la intersección. Con ayuda del registro fílmico se procederá a realizar la calibración del software, por lo que se requerirá de al menos dos horas de grabación. Luego se procederá con la validación del modelo, para lo cual se necesita registrar datos de la zona de estudio en un día y horario diferente a la recolección realizada previamente.

La GRAFICA NRO. 14 muestra la metodología sugerida por la FHWA² para la elaboración de un modelo de micro-simulación. Como primer paso, se debe definir el alcance del proyecto ya que el tiempo, costo, calidad de servicio y la búsqueda de información son variables fundamentales que intervienen en el mismo y podrían detener el desarrollo de un proyecto. El alcance está dividido en alcance geográfico y el alcance temporal. El manual Toolbox Analisis Volumen III (FHWA, 2004) proporciona una guía para poder definir estos tipos. Con respecto al primero, se indica que, si se desea modelar una determinada área, entonces se debe modelar una mayor con la finalidad de tener un modelo más preciso.

² La **Administración Federal de Carreteras (FHWA)** es una división del Departamento de Transporte de los Estados Unidos que se especializa en el transporte por carretera .

GRAFICA NRO 14
Metodología de un proyecto de Micro simulación



Fuente: elaboración Propia

El segundo paso está relacionado a la forma de recolectar los datos para empezar a construir el modelo. Primero se deberán obtener los datos de la geometría y de control, donde se incluyen la regulación de la intersección. Por otro lado, tenemos los datos demandados, en los cuales se encuentran los volúmenes entrantes, matrices origen-destino y las características vehiculares; por ejemplo, cuántos camiones se presentan o cuántos vehículos particulares hay en el lugar. Además, debido a la gran cantidad de variables presentes en los modelos de simulación, es necesario realizar una calibración, es por ello se necesitará tomar datos para realizarla posteriormente.

Las características físicas y mecánicas de los mototaxis no se encuentran contempladas en el software **VISSIM** Por este motivo, es necesario realizar un estudio de campo. Entre las medidas requeridas por el software se encuentran las aceleraciones y velocidades máximas y deseadas, las cuales son características

propias de cada vehículo. Para ello se empleó un dispositivo **GPS**³ (Solo GPS Last Timer), el cual registra datos de aceleración y velocidad (entre otros) para distancias entre 100 y 500 metros. El registro de datos recolectado por el GPS es llevado al software Race Analysis Studio con la finalidad de obtener los datos de aceleración, así como de velocidad.

En el tercer paso se empieza a construir el modelo con los valores recolectados. En primer lugar, se crean "Links"⁴, los cuales nos permiten colocar el número de vías y carriles que van a ser empleados en nuestro estudio.

Es importante tener definida la geometría del lugar a analizar para posteriormente colocar datos de control de tráfico como los semáforos, señalizaciones, paradas, y otros existentes en la intersección. Las demandas y comportamientos de los vehículos también son variables que deben ser añadidos al software. Además, se debe desarrollar e implementar un control que asegure la calidad del modelo y reduzca la cantidad de errores introducidos en el modelo (FHWA).

En el cuarto paso, se verificarán los errores propios del software, valores de entrada colocados, y conflictos observados en la animación. Este paso es importante para tener una exactitud en del modelo respecto del tránsito real. Se debe evitar que existan interferencias entre los vehículos y peatones que puedan significar accidentes en la vida real.

El quinto paso es la calibración del modelo, que tiene como objetivo ajustar una serie de parámetros indicados por el software y por el tipo de área a analizar. Entre la información a calibrar podemos encontrar el conteo de tráfico vehicular, tiempos de viaje, velocidades, capacidades, datos del flujo de saturación, demoras y colas. Esta etapa es fundamental para poder representar mejor las condiciones de la red de estudio. Además, debe realizarse porque los modelos de micro-simulación no incluyen todos los factores posibles que puedan afectar la

³ El **Sistema de Posicionamiento Global**, más conocido por sus siglas en inglés, **GPS** (siglas de **Global Positioning System**), es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo)

⁴ LINK traducido al español es Enlace, forma de unir.

capacidad y las condiciones de tráfico y es necesario encontrar las diferencias entre el modelo y la realidad para poder reflejar la realidad con un 95% de confianza mediante la simulación.

Luego de realizar la calibración se procede a validar el modelo. El procedimiento es similar al del a calibración, pero esta etapa busca confirmar que el modelo es una fiel representación de la zona en estudio en cualquier momento de un día aleatorio.

Una vez calibrado y validado el modelo, se procede con el sexto paso llamado Análisis Alternativos, donde primero se creará un caso base de demanda, la cual deberá ser comparada con varias alternativas del proyecto generadas por el número de corridas realizadas del modelo. Se archivarán aquellas que cumplan con los requisitos, para finalmente generar las salidas respectivas. En el presente estudio, no se realizará este paso ya que realizar una propuesta de solución a los problemas presentados en el área de estudio no forma parte del alcance establecido inicialmente.

La última tarea se denomina Reporte Final, en la cual se documentarán todos los resultados y conclusiones obtenidos para una posterior toma de decisión sobre el proyecto.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

TRANSPORTE TERRESTRE

Es aquel que se lleva a cabo por carreteras, calles, caminos o cualquiera otro sendero que pudiesen llegar a transitar peatones, bicicletas, autos u otros vehículos que no basen su funcionamiento en rieles. En este macro-grupo quedan incluidos también los colectivos, los camiones y las motocicletas.

PLAN URBANO

Es un instrumento urbanístico que interpreta y actúa sobre los procesos de transformación de la ciudad, definiendo los lineamientos y programas para que el

desarrollo urbano resulte equilibrado a través de la acción privada, pero fundamentalmente en la gestión y ejecución de la obra pública. Este Plan debe prever los procesos de cambio, debe ser capaz de superar aquellos hechos negativos existentes en la ciudad, a través de la recuperación de la iniciativa pública y ciudadana, para emprender un proyecto colectivo de ciudad con vistas al futuro.

PLAN DE DESARROLLO URBANO

Un plan de desarrollo urbano expone la necesidad de contar con un plan urbano en el que se expresen las previsiones para la organización y el desarrollo futuro de la Ciudad e instrumenten los reglamentos o normativas necesarias en función de lo previsto por el plan. En aquellos casos que los mismos no se ajusten a las situaciones actuales deberán encarar las modificaciones que correspondan a fin de adecuarse a los nuevos hechos y situaciones.

LINEAMIENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Tendencia dirección o rasgo característico de análisis de un territorio, considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos. Asimismo, hace posible el desarrollo integral de la persona como garantía para una adecuada calidad de vida.

VÍA,

Se considera únicamente a las destinadas para la movilización terrestres compuestas generalmente por calzadas y carriles.

CAMINO,

Se entiende por aquella faja de terreno acondicionado para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las calles de la ciudad.

CALZADA,

Es aquella faja que se ha acondicionado especialmente para el tránsito de vehículos.

CARRIL,

Es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.

TRÁNSITO (TRANSITAR),

Es la acción de ir o pasar de un punto a otro por vías o parajes públicos.

TRÁFICO,

Es el tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras o caminos.

UNIDADES DE TRÁNSITO,

Son los peatones, vehículos y las bestias.

CIRCULACIÓN,

Movimiento de peatones o vehículos por una vía en particular (se refiere al paso de uno solo de ellos en vez de grupos como se refiere la palabra tránsito).

VELOCIDAD DE PUNTO O INSTANTÁNEA,

Es la velocidad de un vehículo en un determinado punto. Velocidad media temporal, es el promedio aritmético de las velocidades instantáneas medidas en un punto determinado durante un periodo dado.

VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL,

Es el promedio aritmético de las velocidades de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de vía.

VELOCIDAD DE RECORRIDO,

Es la relación que tiene la distancia recorrida entre el tiempo total de viaje.

VELOCIDAD MEDIA DE RECORRIDO,

Dada para un grupo de vehículos, es la suma de sus distancias recorridas dividida entre la suma de los tiempos totales de viaje.

VELOCIDAD DE MARCHA,

Es la división entre la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento

EL FLUJO VEHICULAR

Es el volumen de vehículos que transitan en un determinado sentido y dirección, el cual generalmente se da por horas.

TIEMPO DE VIAJE,

Es el tiempo que se demora en ir del origen al destino. Densidad de tránsito, es la relación entre el número de vehículos en una calzada o carril entre la longitud del tramo correspondiente.

DEMORA,

El tiempo perdido por los ocupantes de un vehículo al desplazarse de un punto a otro.

DEMANDA DE TRÁNSITO,

Es el número de vehículos por unidad de tiempo cuyos ocupantes quieren pasar por una sección transversal de una vía, calzada o carril durante cierto periodo de tiempo.

OFERTA VIAL,

Máxima frecuencia con que pueden pasar por esa sección los vehículos que llegan a ella en un momento y circunstancias dadas.

HORA PUNTA O PERIODO PICO,

Es la hora determinada de un día en que la demanda de tránsito alcanza los volúmenes máximos.

VEHÍCULO MEDIO DE DESPLAZAMIENTO

Que puede ser motorizado o no, y sirve para transportar personas o mercancías.

VÍAS TERRESTRES

Sistema de vías públicas incluyendo las concesionadas, así como las privadas, por donde circulan los vehículos, a excepción de las vías férreas.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Confiabilidad y validación del instrumento

3.1.1. Volumen de vehículos en la intersección

Para poder realizar el registro de los datos necesarios primero se determinó el lugar y el momento adecuado para la recolección. La ciudad de Ica cuenta con una gran cantidad de flujo de mototaxis, por lo que se eligió una intersección cercana al mercado de mayoristas. En cuanto a la fecha y horario elegidos, se decidió grabar en un periodo de tiempo en que la circulación de mototaxis sea mayor a la de los demás vehículos. Por lo tanto, se eligió el día domingo 13 de marzo del 2016 entre las 10 am y las 12 pm, horario en el que muchas familias hacen las compras del hogar. Esto nos permitió tomar en cuenta tanto el comportamiento de los mototaxis como de los vehículos particulares, de servicio público y los peatones.

A continuación, se estableció un orden en las direcciones existentes, para así poder evitar confusiones al momento de hacer el conteo vehicular. De esta manera:

Cuadro Nro. 04
 Direcciones de la Intersección a intervenir

Dirección 1	al Este	Prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera, Rumbo a la ciudad de Ica
Dirección 2	al Sur	Avenida De los Maestros, Rumbo a Arequipa
Dirección 3	al Oeste	Prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera, Rumbo a Urbanización Casuarinas
Dirección 4	al Norte	Avenida De los Maestros, Rumbo a la Ciudad de Ica

Fuente: Elaboración Propia

En la GRAFICA NRO 15 se puede apreciar de manera más clara el orden mencionado.

GRAFICA NRO 15
 Zona de estudio desde una vista Satelital



Fuente: Elaboración Propia, usando Google Maps

También es importante que se tomen en cuenta el sistema de movimientos posibles en la zona de estudio.

Para el caso particular en estudio se encontraron 7 opciones de movimiento en

total, siguiendo el orden establecido previamente, las opciones serían las siguientes:

Cuadro Nro. 05
 Sistema de Movilización en la Intersección

Dirección 1	Dirección 3
Dirección 1	Dirección 4
Dirección 2	Dirección 1
Dirección 2	Dirección 3
Dirección 2	Dirección 4
Dirección 3	Dirección 1
Dirección 3	Dirección 4

Fuente: Elaboración propia

Al momento de realizar el conteo se procedió a diferenciar los diferentes tipos de vehículos presentes en la intersección estudiada, tales como autos, mototaxis, microbuses, combis y motos. Del mismo modo, el conteo se realizó para cada dirección. Luego de esta diferenciación, a cada tipo de vehículo se le hizo el seguimiento de sus rutas dentro de las siete posibilidades mencionadas previamente. A manera de resumen, se registró:

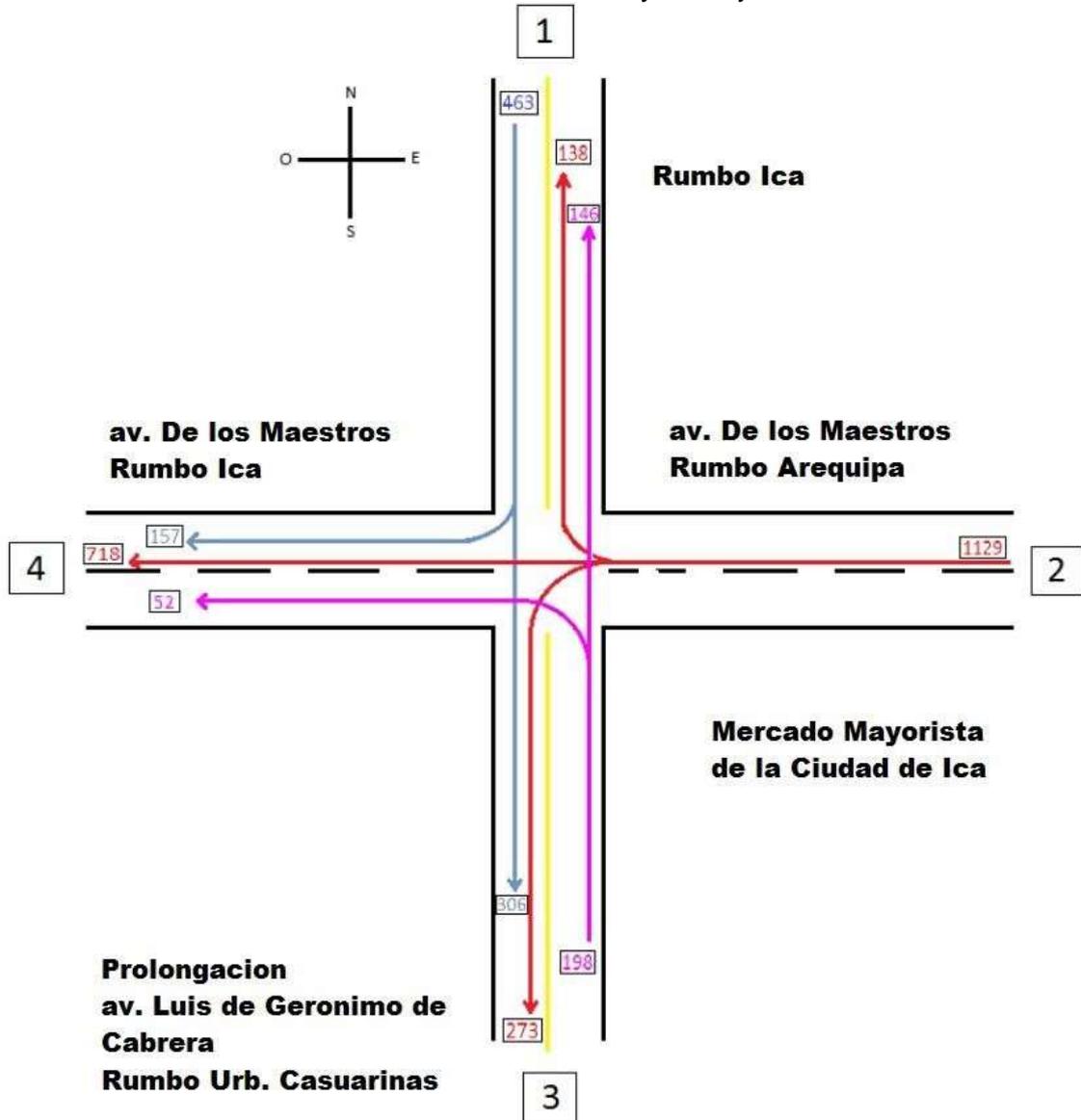
Cuadro Nro. 06
 Resumen de vehículos en inventario, zona de intervención

VEHICULO	CANTIDAD
Automóviles	471
Mototaxis	1169
Microbuses	74
Combis	56
Motos Lineales	7
Camiones	13
TOTAL	1790

Fuente: Elaboración propia

En la GRAFICA NRO 16 se puede apreciar el flujo grama de la intersección estudiada.

GRAFICA NRO 16
 Zona de la Intersección a intervenir y su flujo de transito



Como se puede apreciar en el cuadro Nro. 07, la mayor cantidad de vehículos, tanto en su diferenciación por tipo como por dirección, son las mototaxis.

Esto nos da la certeza de haber elegido adecuadamente la intersección, ya que se puede apreciar mayor interacción entre mototaxis y los demás vehículos.

Cuadro Nro. 07
 Cantidad de vehículos registrados en la intersección, según su movilización

	1-3	1-4	2-3	2-4	2-1	3-1	3-4	TOTAL
AUTO	104	44	21	212	30	46	14	471
MOTO-TAXI	181	104	251	411	107	84	31	1169
MICROBUS	8	3	0	52	0	6	5	74
COMBI	10	5	0	31	1	8	1	56
MOTO LINEAL	3	1	0	0	0	2	1	7
CAMION	0	0	1	12	0	0	0	13
	306	157	273	718	138	146	52	

Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis cuantitativo de las variables

3.2.1. Elaboración de la intersección de estudio

Como primer paso, se debe construir la geometría de la intersección seleccionada, por lo que se importó, de Google Maps, una imagen de dicha intersección. Sobre esta imagen se generan los links y giros pertinentes de acuerdo a la realidad. Para representar los cambios de acceso se utilizaron 7 puntos de giro, de tal manera que se genere una curvatura aceptable y lo más parecido a lo observado en campo.

Para crear los links es necesario conocer las dimensiones de cada carril y el número de vías presentes en la intersección. La primera vía creada es la Avenida De los Maestros (ADLM01) que cuenta con dos sentidos y dos carriles de 3 m de ancho cada uno. Luego, se creó prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (AVPLGC01), con dos sentidos y dos carriles de 3 m de ancho. La tercera vía presente es similar a la segunda, excepto por ser en sentido inverso, a esta la llamamos prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (AVPLGC02). Los giros fueron creados a partir de las rutas observadas. Como se mencionó anteriormente, la GRAFICA NRO.

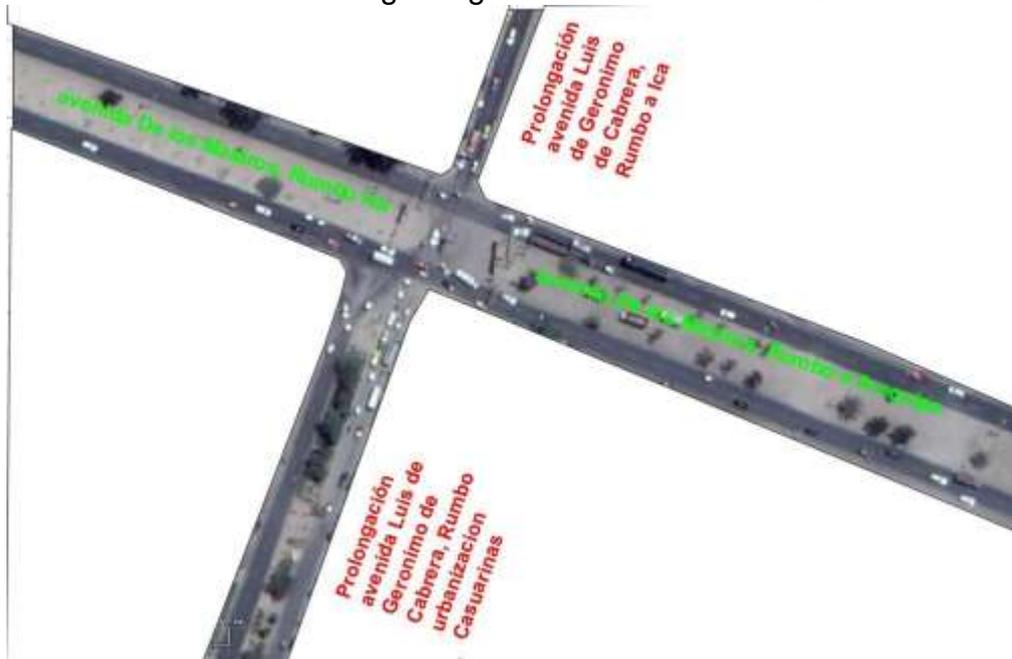
17 muestra todas las rutas posibles, por lo que los giros creados debían permitir el total de maniobras registradas. En GRAFICA NRO. 18 se puede apreciar la imagen ingresada al software y los links creados a partir de ella.

Proceso de levantamiento de información para intersección en estudios

GRAFICA NRO 17
Imagen Obtenida del Google Maps



GRAFICA NRO. 18
Imagen ingresada al software VISSIM



Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se debe observar las particularidades de la intersección a estudiar para poder representarlas en el programa y mantener el realismo. En la vía principal se pueden apreciar zonas de paradas, que son generadas, en su mayoría, por buses que se detienen para la subida o bajada de pasajeros. Por ello, con el objetivo de tener un modelo que considere esta situación, se ha colocado una señal de PARE que obligue solo a los buses a detenerse por un lapso promedio de 5.9 segundos obtenidos a partir del cual se obtiene el cuadro Nro. 08, que muestra los tiempos recolectados del registro de campo.

Cuadro Nro. 08
 Tiempo de para de Buses
 (microbuses, buses interprovinciales)

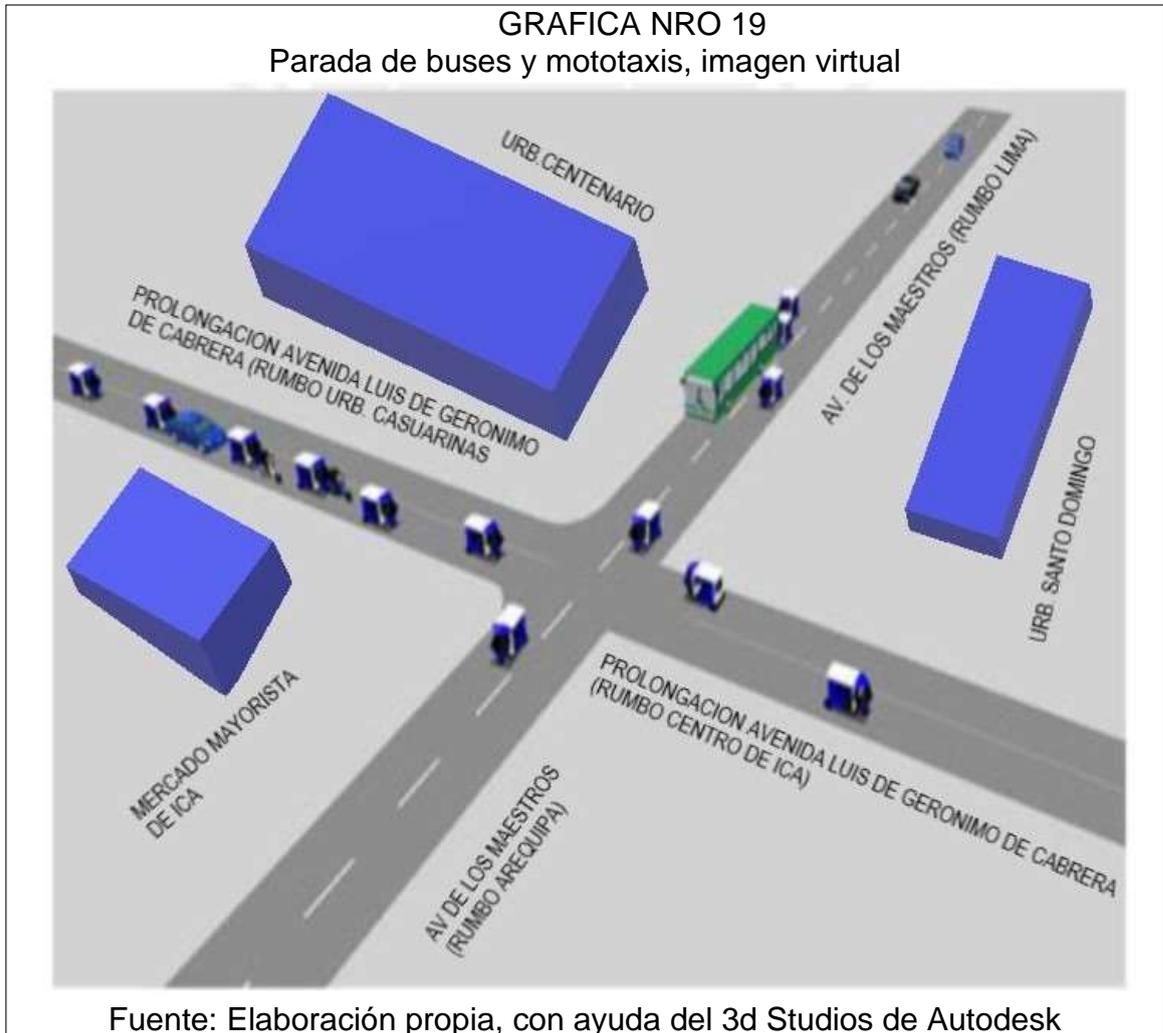
Tiempos de parada de buses				Promedio
7.9	6.4	5.2	5.1	5.9
7.0	5.6	4.3	5.8	
6.3	5.4	4.8	5.4	
7.2	6.2	5.2	6.0	
5.9	6.3	4.7	6.4	

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se simula el paradero informal presente en la intersección. En la GRAFICA NRO. 19 se puede apreciar como un microbús se detiene en la señal de PARE ingresada al software.

Finalmente, se coloca el contador de tiempo de viajes, que registra el tiempo en que un vehículo se demora en ir de un punto fijado a otro. Es importante que se registre el tiempo que demora en cruzar la intersección, ya que de lo contrario no se estaría analizando la intersección propiamente dicha. Por ejemplo, si se coloca el contador en la avenida de los Maestros, antes de la intersección, los resultados obtenidos no serían de utilidad, ya que no se busca analizar el comportamiento de la avenida principal, sino de

la intersección, El contador se coloca en la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera y mide el tiempo en una distancia de 18 metros.



3.2.2. DATOS DE ENTRADAS

En esta etapa se procede a ingresar los valores de entrada al software, tales como la composición de vehículos y volúmenes. Es importante indicar que cualquier error cometido al momento de ingresar los datos afectara directamente en los resultados obtenidos puesto que estos parámetros son la base para el modelamiento de cualquier red de tráfico.

La composición vehicular fue calculada con ayuda del CUADRO NRO 09, en la cual se observan todos los tipos de vehículos que circularon en la intersección y su elección de ruta. Podemos observar, también, un detalle en

particular sobre las rutas que toman los vehículos que circulan por la Av. De los maestros, especialmente para los microbuses, combis y camiones. Los tres tipos de vehículos van de frente; además, solo las combis giran a la derecha y los camiones a la izquierda.

Para lograr esta condición particular, se han creado dos composiciones vehiculares para la avenida en cuestión. A la composición "2 – 4" se le asignó solo los automóviles y las mototaxis, mientras que a la composición "2 – 4 público" se le asignó los microbuses, combis y camiones. Al hacer esto se divide en dos el volumen total de vehículos que ingresan a la intersección por esta avenida, por lo que se debe mantener el orden para evitar confusiones en los siguientes pasos. Con este artificio, se logra mantener la condición mencionada en el párrafo anterior y así evitar que los vehículos en mención realicen movimientos que no se dan en la realidad. En el CUADRO NRO. 10 se muestra la demanda de los vehículos por cada vía de acceso.

Cuadro Nro. 09
 Composición vehicular de la intersección.

Nombre	Auto	Moto-taxi	Microbús	Combi	Moto lineal	Camión
1 - 3	0.320	0.616	0.024	0.032	0.009	-
2 - 4	0.255	0.745	-	-	-	-
2 - 4 público	-	-	0.536	0.330	-	0.134
3 - 1	0.303	0.581	0.056	0.045	0.015	-

Fuente: Elaboración propia

Una vez que la composición vehicular está definida se procede a ingresar los volúmenes para cada vía. De la tabla 3 se obtienen estos valores, así se tiene que para la Avenida De los Maestros, y manteniendo la división realizada anteriormente, se tiene un volumen de 1032veh/h que incluye automóviles y moto-taxis y 97 veh/h de microbuses, combis y camiones. Por otro lado, la prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo al centro de Ica) y prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo a la urbanización CASUARINAS) se tienen 198 veh/h y 463 veh/h respectivamente. A cada uno de las vías se le asigna la composición vehicular correspondiente, de lo contrario no se estarían reflejando los flujos relativos reales. Debido a que se

trata de una intersección simple y sin mayor complejidad, se elige el tipo de volumen exacto para cada uno de los accesos.

Cuadro Nro. 10
 Composición vehicular de la intersección

Vía	Volumen	Comp. Vehicular
Av. De los Maestros (rumbo a Arequipa)	1032.0	2 - 4
Av. De los Maestros (rumbo a Ica)	97.0	2 - 4 publico
Prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo al Centro de Ica)	198.0	3 - 1
Prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo a la urbanización Casuarinas)	463.0	1 - 3

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Elección de Ruta

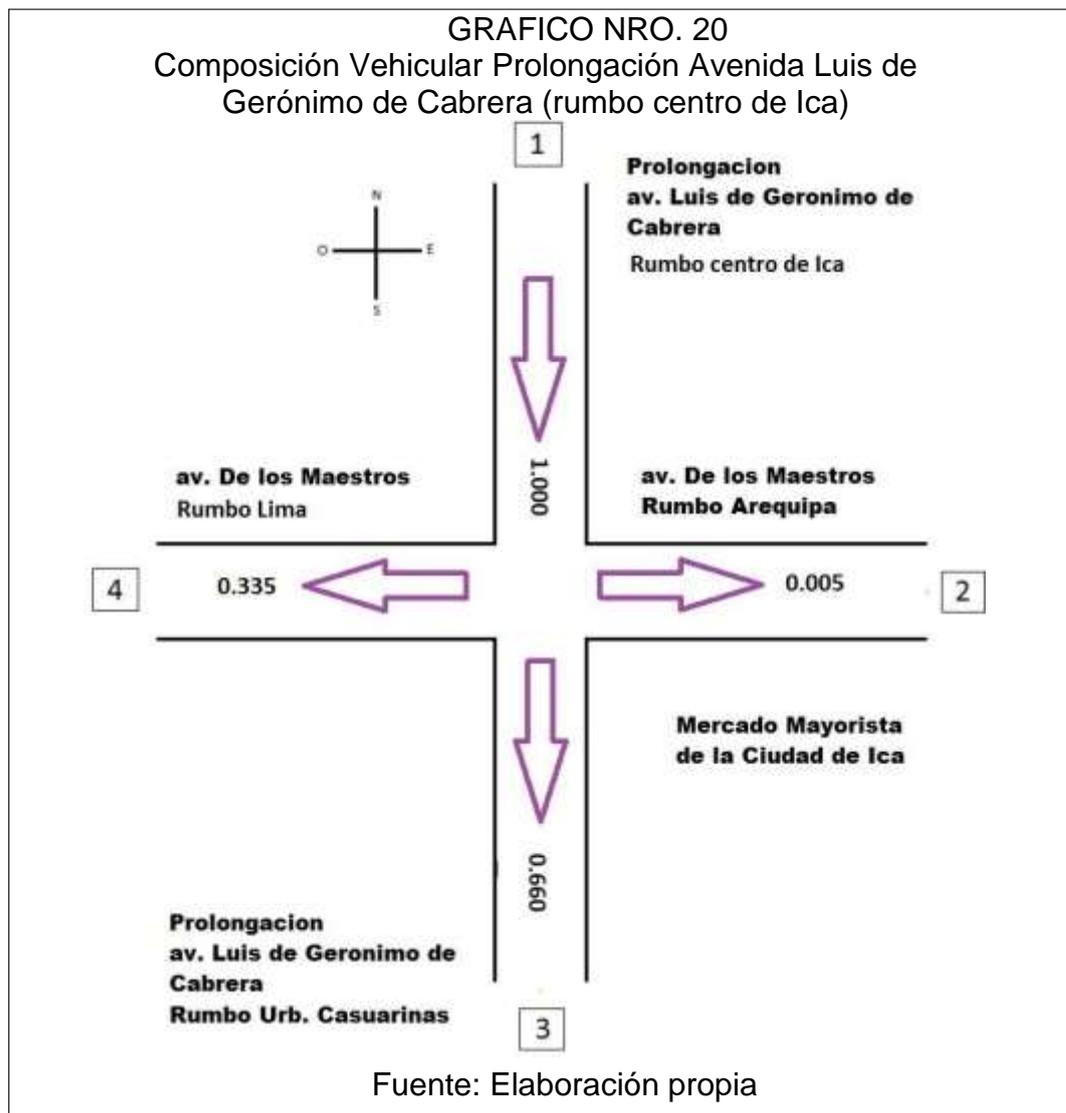
El proyecto que representar, mediante el software VISSIM debe reflejar datos muy similares a la de la intersección. Para ello se debe escoger la ruta que deben seguir los vehículos que circular por cada vía de acceso. El flujo grama mostrado al inicio de este trabajo de investigación sirve de mucha utilidad para el ingreso de datos, ya que nos refleja los porcentajes que resultan de cada cambio de acceso respecto del volumen de entrada. Se debe tener en cuenta que ciertos vehículos no realizan giros, como el caso de los microbuses en la Av. De los Maestros.

Un detalle importante al momento de seleccionar las rutas es considerar los carriles por los cuales se iniciarán los giros. Para el caso de la prolongación avenida Luis Gerónimo de Cabrera, en sus dos sentidos, no hay ningún inconveniente ya que cada sentido tiene un solo carril, por lo que el giro se realiza por el carril respectivo a cada sentido. Sin embargo, para la Av. De los Maestros, al tener dos carriles, se pudo observar que cada posible giro era realizado por el carril correspondiente. Es decir, el giro hacia la derecha es realizado a partir del carril derecho y el giro hacia la izquierda, a partir del carril derecho.

Cuadro Nro. 11				
Rutas elegidas por flujo vehicular de la intersección				
Acceso	Vía	Destino	Flujo Relativo	tipo de vehículo
1	Prolongación Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo centro de Ica)	Prolongación Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo a urb. casuarinas)	0.660	todos
		Avenida De los Maestros (rumbo a Lima)	0.335	
		Avenida De los Maestros (rumbo Arequipa)	0.005	
2	Avenida de los maestros (rumbo a lima)	Avenida de los maestros (rumbo a Arequipa)	0.636	automóvil y moto-taxi
		Prolongación Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo centro de Ica)	0.122	
		Prolongación Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo a centro Ica)	0.242	
3	Avenida de los maestros (rumbo a Arequipa)	Prolongación Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo Urb. casuarinas)	0.095	automóvil
		Prolongación Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo centro de Ica)	0.125	Automóvil, Camión y Combi
		Avenida de los maestros (rumbo a Lima)	0.780	todos
4	Prolongación Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo Urb. Casuarinas)	Avenida de los maestros (rumbo a Lima)	0.265	todos
		Prolongación Avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo centro de Ica)	0.730	
		Avenida de los maestros (rumbo Arequipa)	0.005	

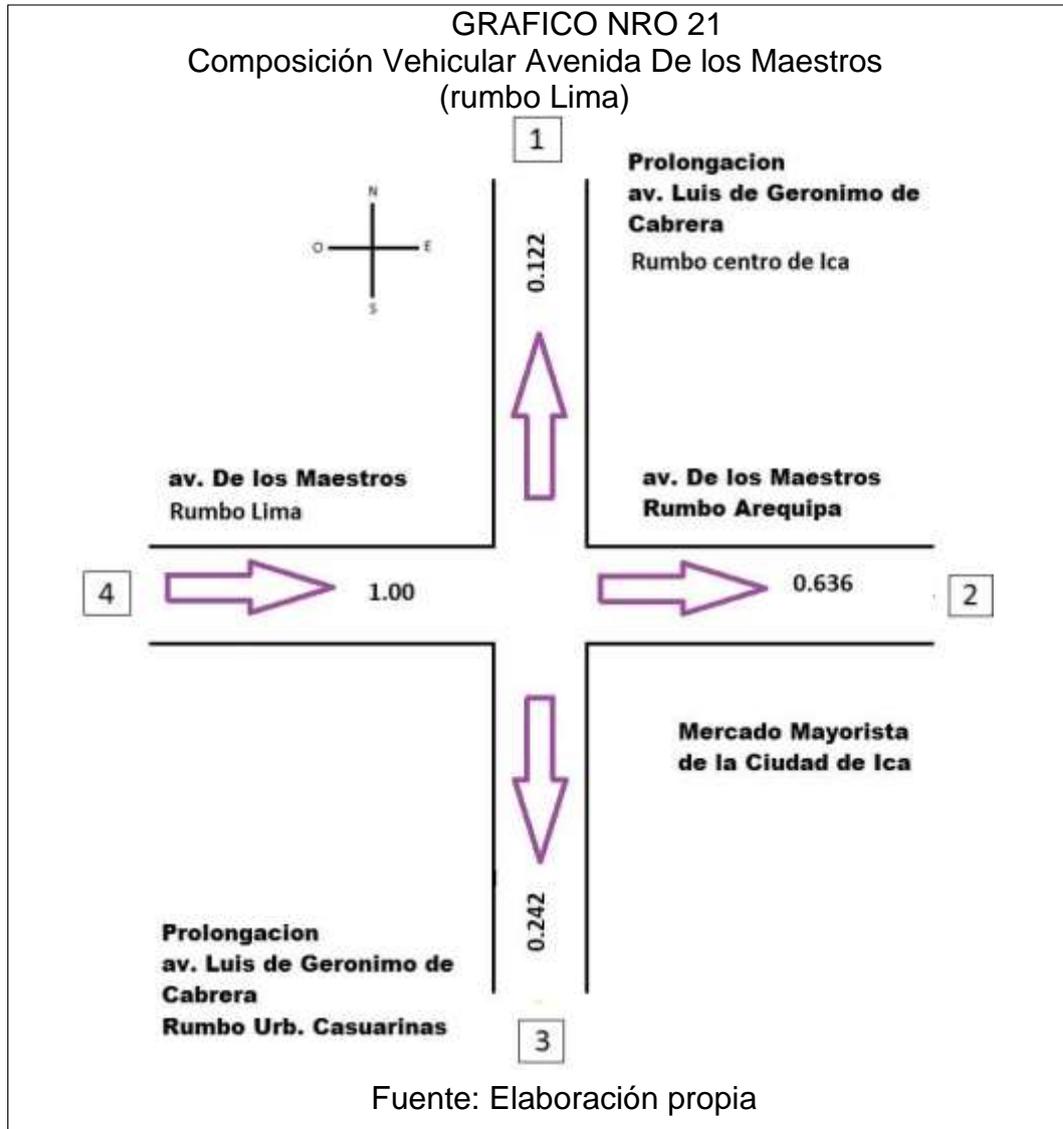
Se debe recalcar que los flujos relativos son obtenidos a partir de la información presentada en la Cuadro nro. 11. Por ejemplo, Para el acceso prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo al centro de Ica), se tiene que el 34.00% de los vehículos giran hacia la Av. De los Maestros, mientras que el restante 66.00% sigue recto sin giro. Para el

acceso la prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera se crearon 4 rutas para poder diferenciar el flujo por tipo de vehículos, ya que no todos optaban por las 3 opciones que se presentó en el flujo grama. Por ello se creó una ruta solo para combis que giraban hacia la prolongación avenida Luis de Gerónimo de Cabrera (rumbo a la Urbanización Casuarinas); para camiones que se dirigen hacia avenida De los Maestros y para microbuses, combis y camiones que se dirigen de frente sin giro.

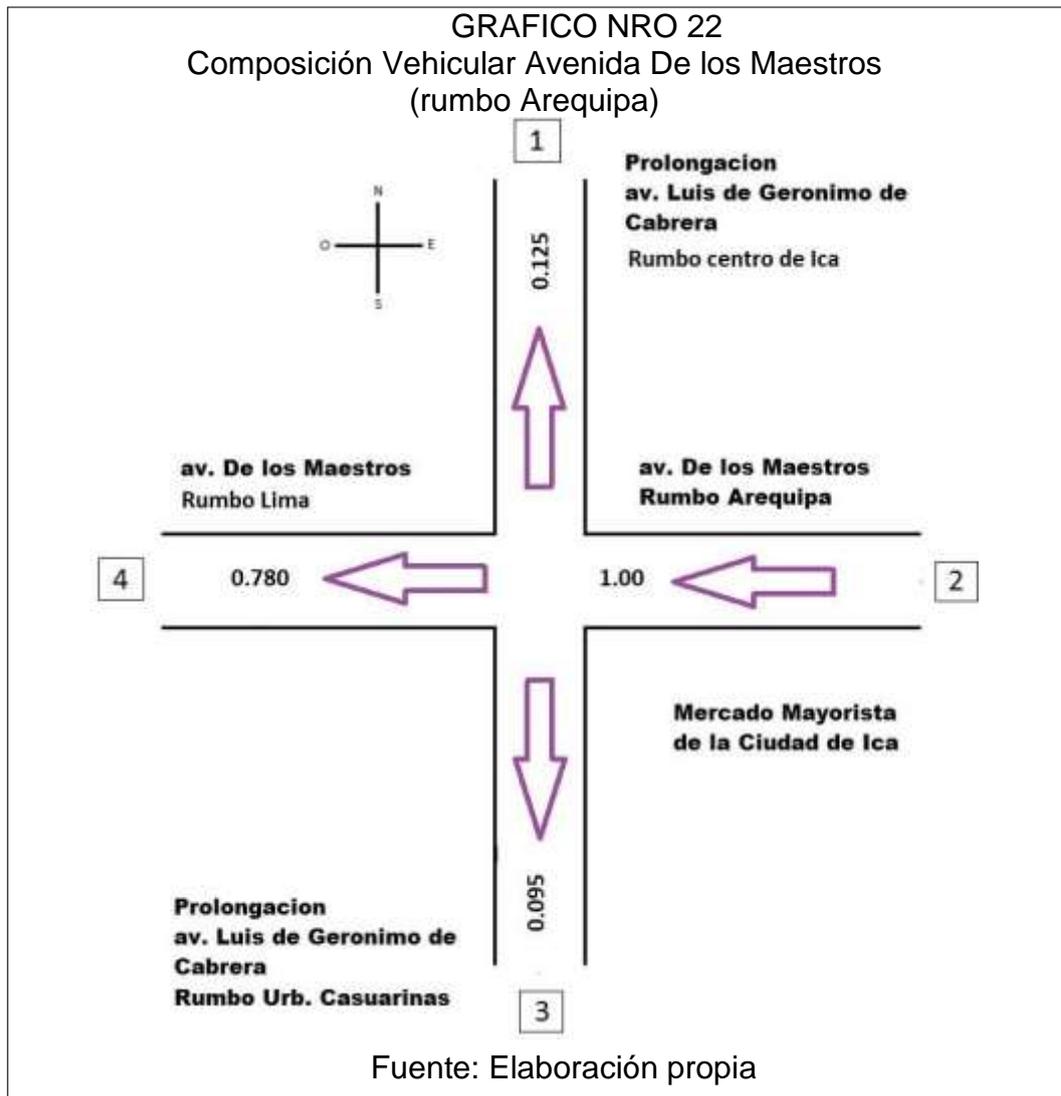


En el GRAFICO NRO 20 se puede apreciar las diferentes rutas posibles por cada acceso. Como se puede notar en la imagen, la mayor intensidad determinada por 1.000 marca el acceso por el que se inicia el desplazamiento de los vehículos, mientras que las composiciones 0.335,

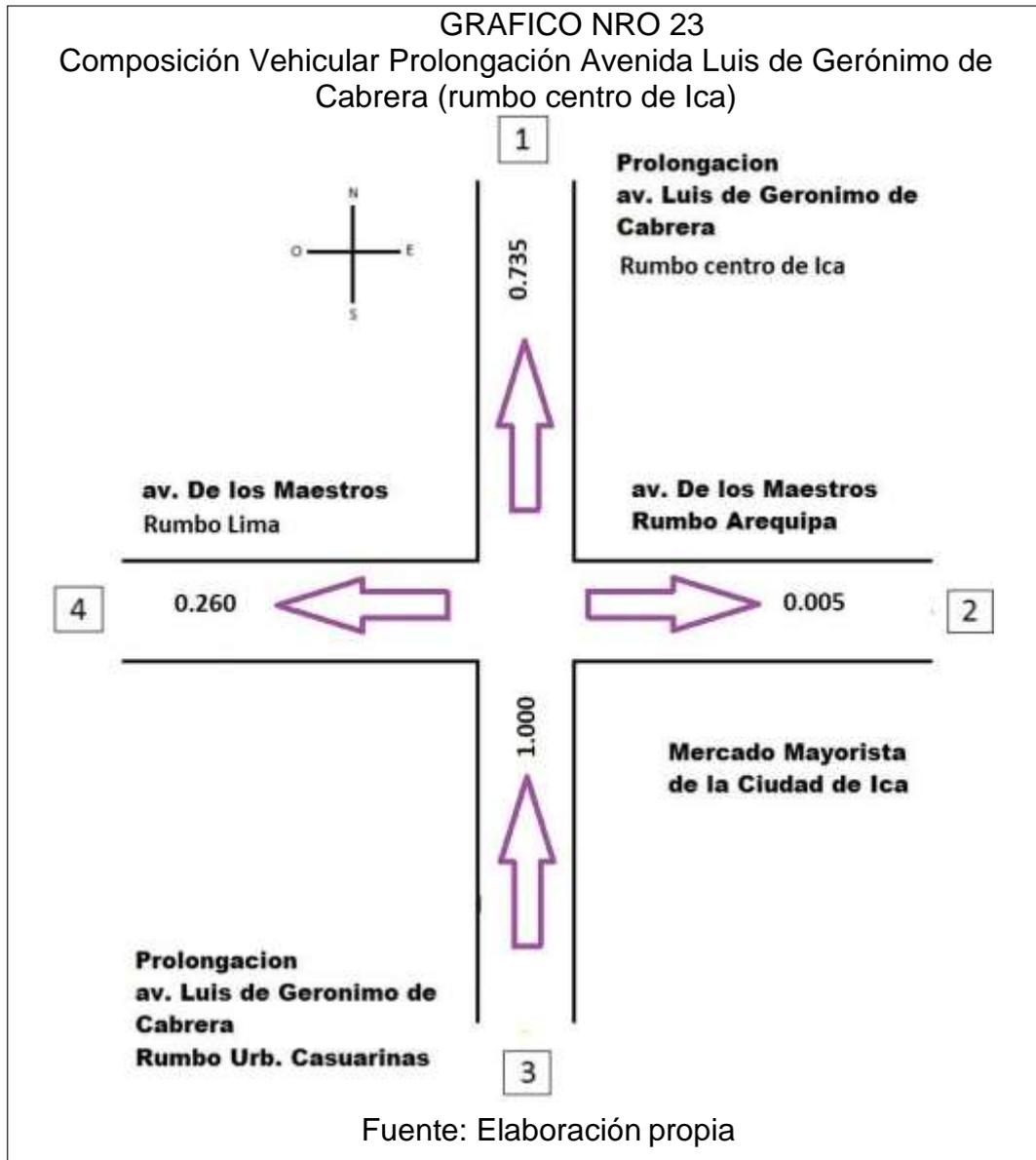
0.660 y 0.005 menos intenso determinan el destino de los vehículos que hacen uso de la vía.



En el GRAFICO NRO 21 se puede apreciar las diferentes rutas posibles por cada acceso. Como se puede notar en la imagen, la mayor intensidad determinado por 1.000 marca el acceso por el que se inicia el desplazamiento de los vehículos, mientras que las composiciones 0.242, 0.636 y 0.122 menos intenso determina el destino de los vehículos que hacen uso de la vía.



En el GRAFICO NRO 22 se puede apreciar las diferentes rutas posibles por cada acceso. Como se puede notar en la imagen, la mayor intensidad determinado por 1.000 marca el acceso por el que se inicia el desplazamiento de los vehículos, mientras que las composiciones 0.125, 0.780 y 0.095 menos intenso determina el destino de los vehículos que hacen uso de la vía.



En el GRAFICO NRO. 23 se puede apreciar las diferentes rutas posibles por cada acceso. Como se puede notar en la imagen, la mayor intensidad determinada por 1.000 marca el acceso por el que se inicia el desplazamiento de los vehículos, mientras que las composiciones 0.260, 0.735 y 0.005 menos intenso determina el destino de los vehículos que hacen uso de la vía.

Áreas de Conflicto

Una vez que se tienen las rutas definidas se hace una primera corrida del modelo para observar el comportamiento de los vehículos. Lo que se observa al ver la simulación es que existen cruces entre vehículos que siguen rutas diferentes. Esto en la vida real representa un accidente, por lo cual el modelo debe ser corregido. Para esto se selecciona la opción "Conflict Areas" que nos muestra las zonas en la que se producen estos cruces entre vehículos. Una de las características de este comando es que muestra las zonas de conflicto sin resolver en color amarillo y va cambiando de color de acuerdo a la prioridad que le asignemos. Es decir, el color verde indica que tiene prioridad sobre el rojo. En la GRAFICA NRO 24 y 25, se observa que existe una gran cantidad de zonas de conflicto que son generadas por los cruces entre los giros de la intersección y a las posibilidades de ir recto sin giro.



La Av. De los Maestros es una vía principal, por lo que los vehículos que circulan en ella tienen prioridad sobre aquellos que lo hacen en la prolongación av. Luis de Gerónimo de Cabrera. Al momento de establecer las prioridades en el software, estas fueron asignadas a las direcciones 2-

1- 2-3 y 2-4. A su vez, los giros de la avenida principal son preferentes respecto de los giros de las otras vías. Sin embargo, las vías secundarias tienen prioridad si ocurre algún giro por parte de la avenida principal.

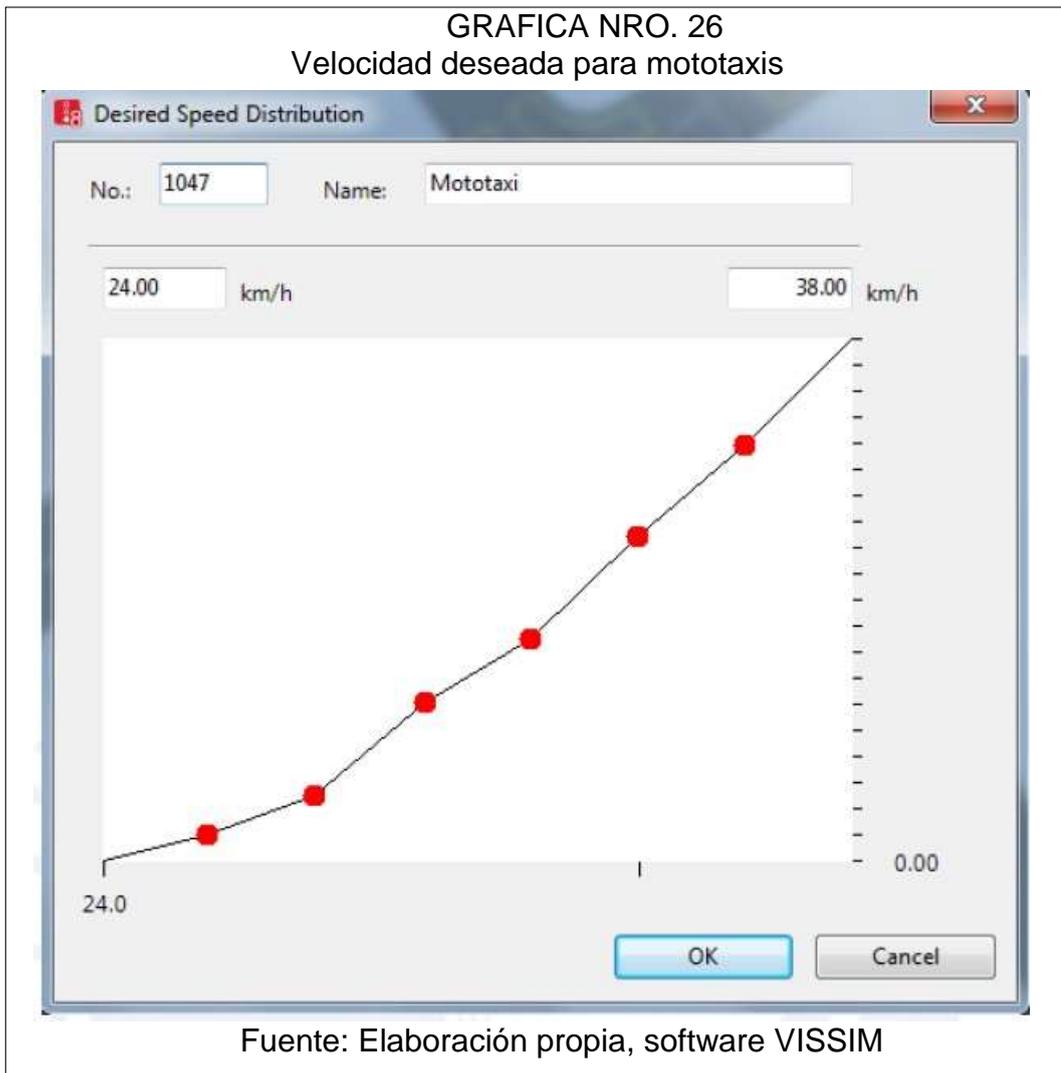


Comportamiento del mototaxi

Para poder representar fielmente a los mototaxis en el software es necesario ingresar las características del comportamiento de estos vehículos. Debido a que VISSIM no contempla las características de este tipo de vehículos, se deben crear nuevas distribuciones para cada uno de los campos que definan su comportamiento como la velocidad deseada, las aceleraciones máximas y deseadas y, por último, la desaceleración.

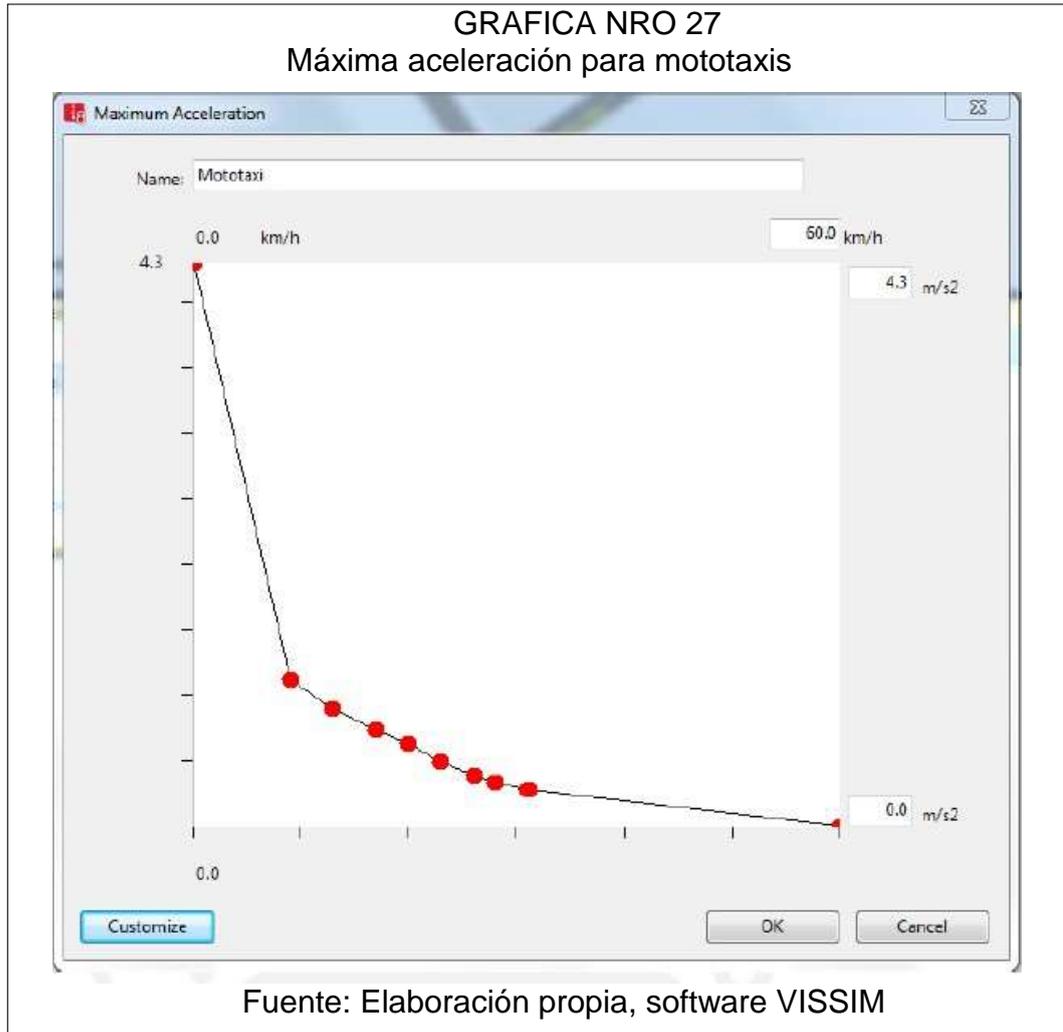
Primero se ingresará la velocidad deseada de los mototaxis, para lo cual se parte de la figura 6, donde se mostró el histograma elaborado a partir de los datos recolectados. Se crea una nueva distribución y, al editar los valores con dicha información, se obtiene la gráfica mostrada en la GRAFICA NRO 26.

GRAFICA NRO. 26
Velocidad deseada para mototaxis



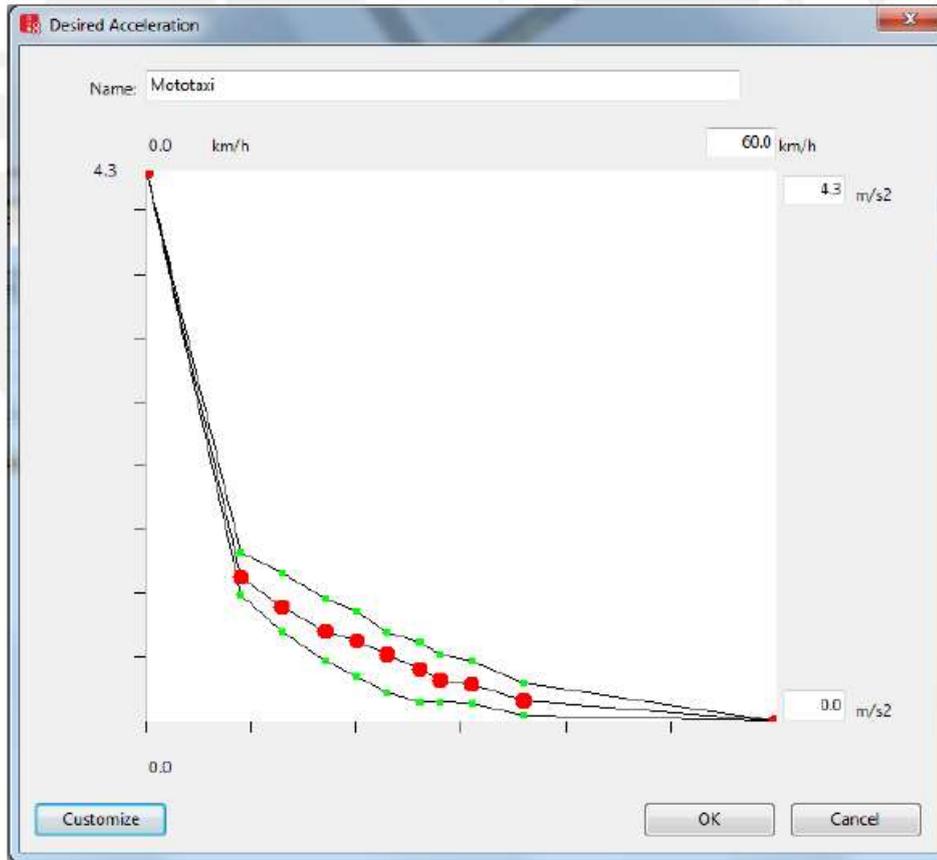
De manera similar ocurre con la aceleración máxima y deseada. Se debe crear una distribución para poder ingresar los valores obtenidos. Anteriormente se explicó que, para nuestro caso de estudio, ambas aceleraciones serían consideradas iguales. Sin embargo, por un lado, en la GRAFICA NRO 27,

GRAFICA NRO 27
Máxima aceleración para mototaxis



la aceleración máxima está representada por la curva de tendencia obtenida en el acápite 1.2; por otro lado, en la GRAFICA NRO 28, la aceleración deseada está representada por un rango de valores que abarca el conjunto de datos mostrados en el mismo acápite. Se planteó de esta manera para que los mototaxis no se vean restringidos a tener una aceleración regida solo por la ecuación polinómica que define la curva de tendencia, sino para que adopten su aceleración de manera más realista.

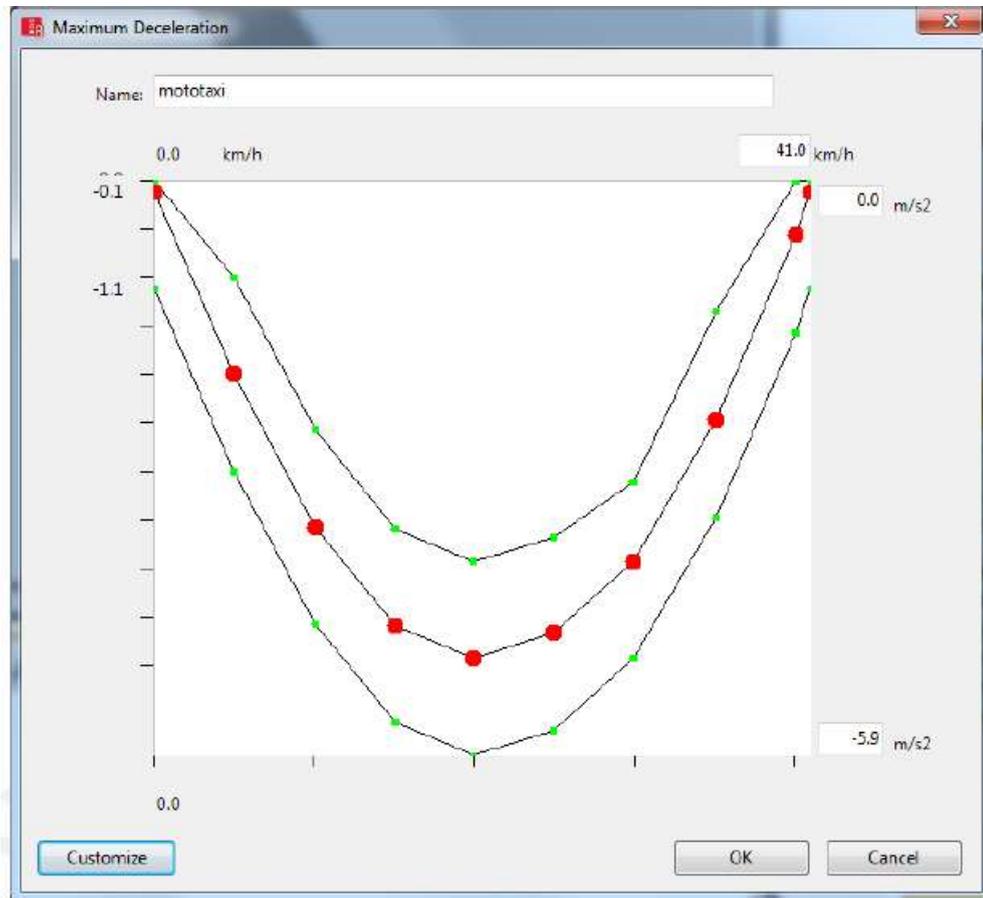
GRAFICA NRO 28
Curva de Velocidad deseada para mototaxis



Fuente: Elaboración propia, software VISSIM

Por último, se crea la distribución de la desaceleración máxima. En la GRAFICA NRO. 29 podemos apreciar la gráfica de la desaceleración máxima ingresada a VISSIM. Se puede apreciar que se asignó un rango de valores para que se mantenga el comportamiento obtenido anteriormente.

GRAFICA NRO. 29
Curva de Velocidad deseada para mototaxis



Fuente: Elaboración propia, software VISSIM

CAPÍTULO IV

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1 Prueba de hipótesis

Para poder contrastar se define el comportamiento de los conductores que manejan las moto-axis y demás vehículos presentes en la intersección. Debido a que este tipo de vehículos prima en la zona de estudio y, para este caso particular, el comportamiento de los demás vehículos es similar al de los mototaxis, se utilizará el mismo comportamiento para toda la red. Por ello, se utilizó el modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann propuesto en 1974, descrito líneas arriba. En el software, se tiene la opción de elegir el tipo de seguimiento a utilizar por lo que se escoge la opción "Wiedemman 74".

Se creó un nuevo comportamiento de conductores al que se denominó "mototaxis", como se puede apreciar en la figura 37. Para poder definir el modelo de seguimiento se estableció un valor de 20 cm como la distancia entre vehículos detenidos, debido a que los conductores de estos vehículos tienden a frenar recién al acercarse demasiado al vehículo posterior cuando este se detiene, por lo que quedan separados una distancia mínima. Como se puede apreciar en la figura 36, esta distancia fue calculada en campo, mediante la recolección de varios valores. Sin embargo, el valor mostrado en el CUADRO NRO. 12 es el promedio obtenido.

Una vez que se tiene construido el modelo base, se procede a correr la simulación para obtener los primeros resultados mostrados en el cuadro nro. 9. Como se mencionó en el acápite anterior, se eligieron 25 corridas para obtener una mayor precisión, normalmente se recomienda realizar 15 corridas al software, pero se optó por un número mayor para tener la certeza de que la cantidad sea mayor que la mínima.

El promedio y la desviación estándar de los tiempos hallados serán de ayuda para verificar que el número de corridas fue, efectivamente, el adecuado para el caso de estudio. Se puede apreciar, que, para la primera corrida, un vehículo cualquiera, en promedio, se demora 4.44 segundos en recorrer los 18 metros establecidos para medir este parámetro de eficiencia.

Cuadro Nro. 12
 Tiempos de Viajes Primera
 Simulación

CORRIDA	TIEMPO DE VIAJE
1	4.76
2	5.65
3	3.95
4	4.00
5	4.15
6	4.34
7	4.06
8	3.97
9	4.31
10	4.80
11	4.57
12	4.74
13	4.28
14	4.48
15	4.04
16	4.11
17	4.67
18	3.97
19	4.35
20	4.25
21	4.69
22	4.78
23	4.82

24	4.04
25	5.30
promedio	4.44
Desv. Est.	0.44

Como se mencionó anteriormente, es necesario comprobar el número mínimo de corridas necesarias para nuestro modelo. Se realizó un primer análisis para un número de corridas de 10. Como se observa en el CUADRO NRO 13, se exige un número mínimo de corridas de 25. Realizando el mismo procedimiento, pero para un número de corridas de 14, se observa que se exige una corrida mínima de 24, por lo que la condición aún no se cumple. Luego, al tomar un número de corridas de 23, se cumple con la condición de corridas mínimas. Por lo Tanto, se ha asumido el número de corridas igual a 25, que verifica que el valor asumido inicialmente era correcto

Cuadro Nro. 13
 Medidas de tendencia central

Indicadores	Av. De los Maestros
	E-O
Media	4.44
Desviación Estándar	0.44
C	0.40

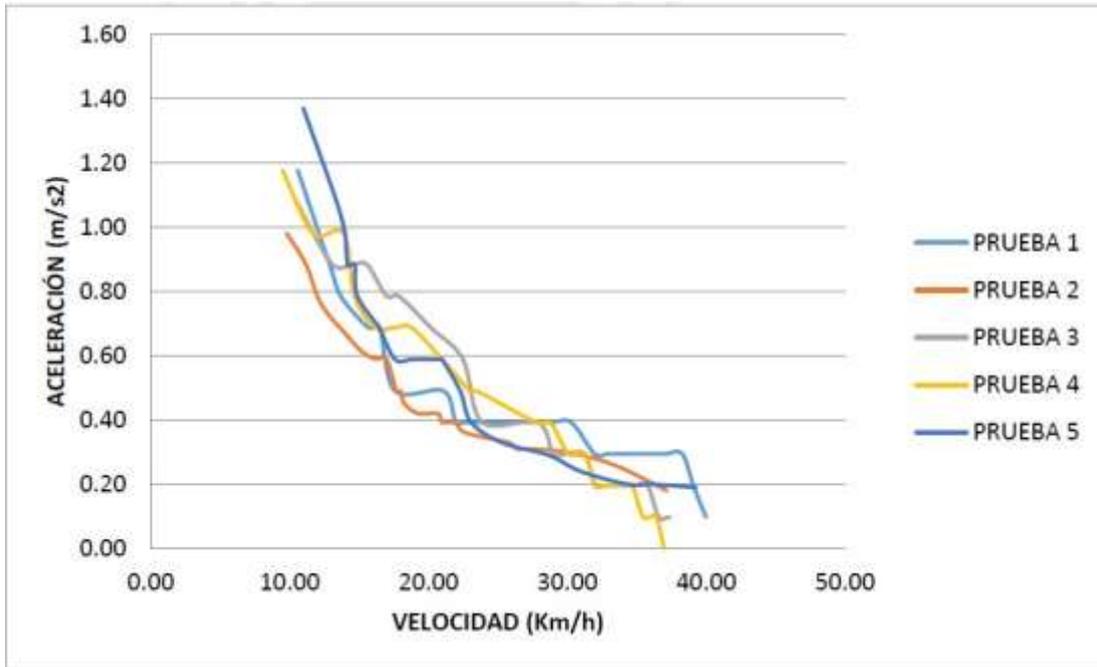
n	10.0000	14.0000	23.0000
n-1	9.0000	13.0000	22.0000
(alpha/2)	0.0250	0.0250	0.0250
t	2.2622	2.1604	2.0739
corrida mínima	25.0000	24.0000	23.0000

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En cuanto al comportamiento operativo de las mototaxis, podemos apreciar una tendencia similar a las que presentan los demás vehículos, debido a que son impulsados por motores que consumen gasolina. De esta manera, para iniciar el movimiento se requiere cierta aceleración. Luego, cuando el vehículo ya está en movimiento, para aumentar las velocidades se requiere cada vez menos aceleración, y por ende un menor consumo de combustible. En la GRAFICA NRO. 30 podemos apreciar este comportamiento obtenido mediante el registro de las velocidades y aceleraciones obtenidas a partir de la circulación de moto-taxis. En total se realizaron las pruebas en 5 mototaxis distintos con conductores diferentes. Se puede apreciar que las 5 pruebas muestran una tendencia similar entre ellas, estos datos fueron procesados.

GRAFICA NRO 30
Velocidades de los Vehículos



Fuente: Elaboración Propia, usando el Minitab

Luego de haber calibrado y validado el modelo, se puede ingresar a la sección de listas y ver los resultados generales que proporciona el software. Así, se sabe que a la intersección ingresó un promedio de 1572 vehículos en total. Este valor no coincide con la cantidad total de vehículos contabilizados, y esto se debe a que los vehículos restantes circulan en el modelo durante los primeros 600 segundos de estabilización. Además, se obtiene la velocidad promedio registrada en la intersección y las demoras producidas.

Cuadro Nro. 14
Resultados Obtenidos en la Simulación

Corrida	Velocidad	Demoras	Ingreso de veh.
1	18.56	16.10	1563
2	16.34	20.86	1568
3	20.63	12.48	1558
4	19.68	13.90	1546
5	18.96	15.42	1554
6	19.33	14.68	1570
7	20.38	12.83	1577
8	21.14	11.73	1562
9	19.98	13.49	1569
10	18.42	16.21	1572
11	19.68	13.94	1592
12	17.46	18.48	1553
13	18.97	15.22	1572
14	19.83	13.74	1598
15	18.79	15.56	1587
16	19.79	13.86	1559
17	20.22	13.35	1580
18	19.50	14.42	1580
19	20.20	13.16	1571
20	19.20	14.91	1559
21	19.42	14.33	1597
22	18.77	15.73	1594
23	18.61	16.05	1576
24	21.49	11.21	1559
25	16.83	20.05	1581
Promedio	19.29	14.87	1572
Des. Est.	1.21	2.30	14

Fuente: elaboración Propia

En el cuadro nro. 14 se pueden apreciar las velocidades promedio registradas para cada una de las corridas del software. De esta manera, se tiene un promedio global de 19.29 km/h en la intersección. Similar sucede con las demoras presentes en el modelo, que muestra un promedio de 14.87 segundos producidos, en su mayoría, por los tiempos de espera que se generan para cruzar la intersección.

Si bien estos resultados han sido obtenidos a partir del software, no pueden ser objeto de comparación respecto de la realidad debido a que no se tomaron sus valores análogos ya que no forma parte del alcance del presente estudio. Por lo tanto, estos resultados se toman a manera de guía o referencia de lo que está sucediendo en la intersección modelada.

Al momento de revisar la simulación en 3D se pudo apreciar que el comportamiento de los mototaxis es tal cual se puede ver en la realidad. En la GRAFICA NRO. 31 podemos apreciar que estos vehículos no mantienen un orden armonioso al momento de trasladarse de un punto a otro. Además, se puede ver que, debido al comportamiento asignado, se genera el movimiento lateral esperado y se pueden ver más de un vehículo ocupando la misma sección de la vía.



CONCLUSIONES

A partir de la primera hipótesis se puede concluir que los mototaxis, al tratarse de un vehículo no convencional y que presenta un comportamiento particular y diferente de los demás tipos de vehículos, pueden ser representadas en el software VISSIM 8.0 en tanto se tenga disponible la información de su comportamiento mecánico y las características del comportamiento de los conductores de la zona en estudio. Se puede afirmar esto con certeza ya que el modelo fue calibrado con un 95% de confianza y, visualmente, refleja las características propias del área en cuestión presentes en las informaciones registradas.

Un objetivo logrado a lo largo de esta investigación fue incorporar el comportamiento mecánico de los mototaxis. Esto se logró a partir de las gráficas de aceleración y desaceleración obtenidas, que fueron ajustadas mediante curvas de regresión que reflejan fielmente los datos recolectados. Se puede hacer esta afirmación ya que los coeficientes de determinación (R^2) son cercanos a 1. Por lo tanto, el comportamiento mecánico de los mototaxis es correctamente simulado en el software y puede ser utilizado a futuro en propuestas de rediseño o investigaciones, no solo de la zona de estudio de la presente investigación, sino en cualquier lugar que incluya el modelo de mototaxi empleado.

Para analizar el modelo se requirió tener resultados estadísticamente satisfactorios para poder afirmar nuestras hipótesis. Es por eso que representar todos los eventos presentes en la filmación resulta innecesario, pero se debe tener en cuenta los datos indispensables para lograr un comportamiento fiel a la realidad. Por ejemplo, no fue necesario incorporar a las personas dentro de nuestra área de estudio ya que presentaban flujos muy reducidos y su interacción con los vehículos no afectaba directamente los resultados. De manera similar, representar exactamente la distribución de los tiempos de paradas presentes en el paradero informal no influye

sustancialmente en los resultados debido a que se obtuvieron tiempos muy cercanos entre sí.

En las hipótesis iniciales se planteó evaluar la posibilidad de representar dos mototaxis en un solo carril. Este comportamiento es común en las calles de Ica, ya que las dimensiones de este tipo de vehículos y, muchas veces, de la calzada permiten este comportamiento. Se debe mencionar que este comportamiento no es restringido a un solo carril de la vía, por lo que se puede apreciar hasta 3 mototaxis viajando juntos a lo ancho de la Avenida De los Maestros. A partir de esto, se puede concluir que este comportamiento depende directamente de las dimensiones del modelo que se asigne a cada vehículo, del ancho de la calzada y del comportamiento lateral asignado. Es importante actualizar los parámetros de comportamiento lateral para que se ajusten al comportamiento real de este tipo de vehículos, para esto se deben realizar inspecciones en campo que permitan ajustar valores aproximados.

Finalmente, en las filmaciones, se observa a los mototaxis con libertad para moverse a lo largo de ambas calzadas, cambiando de carril cuando es necesario o actuando en modo de vehículo perseguidor. Por ello, el otorgar a los mototaxis un comportamiento tanto de seguimiento como lateral nos pudo brindar valores muy similares a los obtenidos en campo con una desviación estándar de 0.086, lo cual comprueba que ambos comportamientos fueron ideales para nuestro caso de estudio.

RECOMENDACIONES

Es importante mencionar que, si bien las características mecánicas pueden ser aplicables a otras zonas de estudio, las velocidades obtenidas, presentadas mediante el histograma de velocidades, y el comportamiento de los conductores especificados en el presente estudio, no pueden ser asumidos como constantes en cuanto al desempeño general de este tipo de vehículos. Por lo tanto, se recomienda, si se desea hacer uso de la información y resultados mostrados en esta investigación, tener en consideración que las velocidades y comportamientos son variantes de acuerdo con la zona de estudio y deben ser hallados nuevamente.

Se debe destacar la importancia que toman los valores ingresados en el comportamiento de los conductores, independientemente del tipo de vehículos. A lo largo del desarrollo del modelo, se pudo observar la influencia que tiene en los parámetros de eficiencia. Por ello se recomienda ampliar los alcances del presente estudio, para obtener un comparativo en cuanto al desempeño del modelo frente a diferentes condiciones ajustables del modelo de seguimiento vehicular. Basados en el mismo principio, resultaría interesante establecer una comparación entre el comportamiento estándar propuesto por el software VISSIM para vehículos urbanos y el propuesto en esta tesis para los mototaxis. Sin embargo, debido a la naturaleza variable de estos de acuerdo con la zona de estudio, no se podrían generalizar los resultados a obtener.

En términos generales, se puede decir que el procedimiento seguido para poder representar fielmente a las mototaxis puede ser aplicado para cualquier otro tipo de vehículo que no esté incluido en el software Vissim ya sean patines, bicicletas motorizadas, patinetas y demás. Esta información en conjunto podría dar un mejor resultado si es aplicada a un estudio de vida pública, que permita analizar la interacción de los peatones con los demás vehículos que los rodean.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliografía

Akshay, et al. (2012). Sustainable Urban Transport in India: Role of the Autorickshaw Sector. Washington, USA.

Arif Mehmood, et al. (2002). *Application of System Dynamics in Car-following Models*. Waterloo.

Autodisa. (2012). *Autodisa*. Retrieved Noviembre 10, 2015, from <http://autodisa.pe/torito/?p=12>

Cal y Mayor, et al. (1994). *Ingeniería de Tráfico* (7 ed.). México, D.F.

CAPITAL.PE. (26 de FEBRERO de 2018). CAPITAL. Obtenido de <http://www.capital.com.pe/actualidad/600-mil-mototaxis-se-desplazan-sin-control-de-municipalidades-distritales-en-lima-noticia>.

Coss, R. (1994). *Simulación, un enfoque práctico*.

CUBA ATAHUA, F. M., & LOAYZA VERA, R. (2009). *Impacto socio-económico del uso de mototaxis en el transporte urbano en la ciudad de Ica*. Ica: oficina general de investigación.

Díaz, et al. (2011). Un transporte urbano no convencional en África Subsahariana: el mototaxi. *VIAL*.

Federal Highway Administration. (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software*. Georgetown.

Fernandez, R. (2008). *Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular*. Santiago de Chile.

Fernández, R. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Humberto Lagos, B. Q. (09 de Junio de 2013). Cuestiones Sociales. Obtenido de cuestiones sociales: <https://cuestionessociales.wordpress.com/2013/06/09/el-problema-vial-en-el-peru/>

Johansson, F. (2013). *Microscopic Modeling and Simulation of Pedestrian Traffic*. Norrkoping.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). Reglamento Nacional de Vehículos. Lima.

Minitab Inc. (2015). *Soporte de Minitab*. Retrieved Noviembre 13, 2015, from <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/hypothesis-tests/basics/what-is-a-critical-value/>

Nagel, et al. (1992). *A cellular automaton model for freeway traffic*. Koln.

Ni, D. (2016). *Traffic Flow Theory: Characteristics, Experimental Methods, and Numerical Techniques*. Oxford: Elsevier Inc.

Panwai, et al. (2005). *Comparative Evaluation of Microscopic Car-Following Behavior*.

Radelat, G. (2003). *Principios de Ingeniería de Transito*. Institute of Transportation Engineers.

Rahman, M., D'Este, G., & Bunker, J. (2009). Non-motorized public transpor development: present scenario and future approach in developing cities. *Queensland University of Technology*.

Real Academia Española. (2015, Setiembre 29). *Real Academia Española*.

Retrieved from <http://lema.rae.es/drae/?val=simulaci%C3%B3n>

Rickert, et al. (2008). *Two Lane Traffic Simulations using Cellular Automate*.
Koln.

Romero, G. (2012, Marzo 25). *Taller de Factores Humanos*. Retrieved
Marzo 21, 2016, from <http://gladys-romero.blogspot.pe/2012/03/investigacion.html>

Uribe Palacios, R. (25 de Junio de 2010). *Tiemporealica*. Obtenido de
Tiemporealica: <http://tiemporealica.blogspot.pe/2010/06/transito-vehicular-en-ica-es-un-caos.html>

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANÁLISIS DE LA MOVILIZACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRES RUEDAS EN EL OVALO DE CASUARINAS, EN LA CIUDAD DE ICA EN EL AÑO 2017

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
<p>Problema Principal</p> <p>¿Cuál es el nivel del comportamiento e interacción de la circulación vehicular vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿De qué manera influyen las características de circulación vehicular de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017?</p> <p>¿De qué manera influyen Aplicar un sistema de software de computadora para representar la interacción de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017?</p> <p>¿De qué manera influye el comportamiento operacional de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017?</p>	<p>Objetivo Principal</p> <p>El objetivo del proyecto es representar, mediante un sistema de software de computadora, el comportamiento e interacción de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar de qué manera son las características de circulación vehicular de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.</p> <p>Aplicar un sistema de software de computadora para representar la interacción de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.</p> <p>Determinar el comportamiento operacional de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.</p>	<p>Hipótesis Principal</p> <p>El nivel de comportamiento e interacción vehicular en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica influye significativamente en la circulación de los vehículos de tres ruedas en el año 2017.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>La circulación de vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica influyen significativamente en la circulación general de vehículos en el año 2017.</p> <p>La Aplicación de un sistema de software de computadora influye significativamente para representar la interacción de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.</p> <p>La aplicación de la técnica operacional de fiabilidad influye en la representación del comportamiento operacional de los vehículos de tres ruedas en el cruce de las avenidas De los Maestros y la prolongación de la avenida Luis de Gerónimo de Cabrera en la ciudad de Ica en el año 2017.</p>	<p>VARIABLE 1: Comportamiento e interacción vehicular</p> <p>VARIABLE 2: Vehículos de tres ruedas</p>	<p>X1: Circulación vehicular</p> <p>X2: Capacidad vehicular</p> <p>X3: Eficiencia vehicular</p> <p>Y1: Comportamiento del conductor</p> <p>Y2: Mecánica general</p> <p>Y3: Conducción del vehículo</p>