



Universidad  
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**Influencia del diseño de un sistema de líneas de espera aplicado en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo-Junín para la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016**

**Irvin Eduardo Ledesma Ureta**

Huancayo, 2017

Tesis para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

## **AGRADECIMIENTO**

La investigación ha sido un largo proceso de aprendizaje que no habría podido culminarse sin la ayuda de instituciones y personas, a quienes quiero demostrarles mi gratitud. Quisiera empezar agradeciendo a la Municipalidad de Huancayo por facilitarme información para la investigación, sin ella no hubiera sido posible la culminación de esta tesis

De igual forma agradezco a la ingeniera Nilda Velapatiño Cochachi por darme su constante apoyo, por los aportes que me ha brindado para la culminación de la tesis y por su paciencia, tiempo y por motivarme cada día a la culminación de este proyecto. Estaré infinitamente agradecido

Finalmente agradezco a la gerencia de tránsito y transportes de la municipalidad del Huancayo que colaboraron activamente en la participación de brindar información durante la investigación que fue de mucha utilidad para la simulación actual del circuito estudiado en la ciudad de Huancayo en la región de Junín.

## **DEDICATORIA**

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que obtuve hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general

## ÍNDICE

PORTADA .....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE .....	iv
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. CARACTERIZACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.2. OBJETIVOS .....	10
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	10
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
1.3. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN .....	11
1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	13
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
2.1.1. ARTÍCULOS CIENTÍFICOS .....	15
2.1.2. TESIS .....	17
2.1.3. ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN.....	19
2.2. BASES TEÓRICAS .....	20
2.2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	20
2.2.2. METODOLOGÍAS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	31
2.2.3. DISEÑO DE MODELO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	32
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	33
2.3.1. DEFINICIONES GENERALES DE LA TEORÍA DE COLAS.....	33
2.3.2. DEFINICIONES GENERALES DE TRÁNSITO .....	35
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	36
3.1. MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
3.1.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....	43
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	44

3.2.1.	TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	44
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	44
3.3.1.	POBLACIÓN.....	44
3.3.2.	MUESTRA .....	44
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		45
4.1.	RESULTADOS .....	45
4.1.1.	TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	45
4.1.2.	INFLUENCIA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA MEJORA DEL MECANISMO DE SERVICIO EN LOS SEMÁFOROS .....	45
4.1.3.	INFLUENCIA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA MEJORA DEL PROCESO DE ENTRADA EN LOS SEMÁFOROS.....	50
4.1.4.	INFLUENCIA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA MEJORA DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA EN LOS SEMÁFOROS.....	51
4.1.5.	INFLUENCIA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA MEJORA DE LA MOVILIDAD VEHICULAR .....	52
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	53
CONCLUSIONES.....		55
RECOMENDACIONES .....		56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		57
ANEXOS.....		62

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evolución de la población a nivel provincial.....	5
Tabla 2. Racionalización de las variables .....	14
Tabla 3. Llegadas y salidas promedio de vehículos por ciclo/hora.....	37
Tabla 4. Resultado obtenidos de la teoría de colas .....	38
Tabla 5. Porcentaje de error del modelo simulado por salidas .....	42
Tabla 6. Tabla Programación de tiempos del servidor - Actual .....	43
Tabla 7. Tabla Programación de tiempos del servidor- Propuesta.....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proyección de la población urbana, 1950-2050 .....	2
Figura 2. Cambio en la densidad de población, 1990-2005 .....	2
Figura 3. Densidad de población estimada de América Latina y el Caribe, 2010 .....	3
Figura 4. Parque Automotor Nacional 1990-2014.....	4
Figura 5. Parque Automotor en circulación a nivel Nacional, según departamento, 2005-2013.....	5
Figura 6. Tramo Moquegua-Arequipa 2016 .....	7
Figura 7. Tramo libertad-Moquegua 2016.....	7
Figura 8. Tramo Real- Arequipa 2016.....	8
Figura 9. Tramo Real- Ancash 2016 .....	9
Figura 10. Ubicación Geográfica del circuito de estudio I.....	12
Figura 11. Ubicación Geográfica del circuito de estudio II.....	12
Figura 12. Componentes del sistema de colas .....	21
Figura 13. Una línea, un servidor .....	25
Figura 14. Una línea, servidores secuenciales .....	25
Figura 15. Una línea, múltiples servidores .....	25
Figura 16. Varias Líneas, Múltiples servidores .....	26
Figura 17. Modelo Teórico .....	32
Figura 18. Comportamiento de los Automóviles en el circuito .....	37
Figura 19. Validación modelo, establecer escalada.....	39
Figura 20. Validación modelo, desarrollo del circuito .....	40
Figura 21. Validación modelo, Volumen del Circuito .....	41
Figura 22. Validación modelo, Tiempo de los Servidores.....	42
Figura 23. Demoras por Vehículo en todos los intervalos (situación actual) .....	46
Figura 24. Demoras al parar por vehículo en todos los intervalos (situación actual) .....	47
Figura 25. Demoras por vehículo en todos los intervalos (mejorado) .....	48
Figura 26. Demoras al parar por vehículo en todos los intervalos (mejorado) .....	49
Figura 27. Resumen general del circuito estudiado .....	50
Figura 28. Resumen general del circuito estudiado .....	51
Figura 29. Resumen general del circuito estudiado .....	52
Figura 30. Resumen general del circuito estudiado .....	53

## RESUMEN

Este trabajo de investigación muestra la conducta del tránsito vehicular de la zona que abarca la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad, haciendo uso, como herramienta de interpretación y análisis, el programa de simulación Synchro 8 (Software), por lo cual son necesarios los elementos del sistema de líneas de espera enfocados en el tránsito vehicular actual, los cuales comprenden: duración de ciclo de los semáforos (Número de segundos en verde, ámbar y rojo), los tiempos de desajuste entre los servidores (Desfases) , ingreso promedio de automóviles al circuito por hora, salidas promedio de automóviles del circuito por hora, entre otras. Estos componentes se adquirieron realizando trabajo de campo en la zona de estudio en intervalos de 15 minutos para identificar las horas pico y determinar la hora donde existe mayor congestión vehicular en el circuito estudiado. Una vez conseguido los componentes del sistema de líneas de espera, se desarrolló el comportamiento del fenómeno estudiado en el software mencionado (Synchro 8) realizando su respectiva simulación. En el módulo de estadística del programa se obtuvieron los resultados del sistema, el cual ha permitido comparar la situación actual con el modelo teórico que se está utilizando-(Sistema de líneas de espera). Con este cotejo entre lo teórico y lo actual se logró obtener una simulación representativa, ya que el margen de error promedio fue 3.5% por lo cual se considera que la simulación es representativa para el trabajo de investigación. Por otra parte, el modelo actual y teórico demuestran que las líneas de espera-colas del sistema se encuentran colapsadas debido a que el ingreso promedio de vehículos es mayor a la salida promedio de vehículos. Por último, plantea una programación de tiempos en los semáforos del circuito, con el objetivo de reducir la congestión vehicular en el sistema actual de la población objetivo.

**Palabras clave:** Tiempos de ciclo, teoría de colas, modelo teórico, Simulación, Synchro 8.

## **ABSTRACT**

This research shows the behavior of vehicular traffic in the area that covers Cajamarca street between Ancash and Libertad streets, using the Synchro 8 (Software) simulation program as an interpretation and analysis tool, whereby the components are required of the system of waiting lines focused on the current vehicular traffic, which comprise: cycle time of the traffic lights (Number of seconds in green, amber and red), the times of mismatch between the servers (Defaults), average revenue of automobiles per hour, average outputs of cars of the circuit per hour, among others. These components were acquired by performing field work in the study area at 15-minute intervals to identify the peak hours and determine the time where there is greater vehicular congestion in the studied circuit. Once the components of the waiting line system were obtained, the behavior of the phenomenon studied in the mentioned software (Synchro 8) was developed, performing its respective simulation. In the statistical module of the program the results of the system were obtained which allowed to compare the current situation with a theoretical model that is being used - Waiting line system. With this comparison between the theoretical and the current, it was possible to obtain a representative simulation, since the average margin of error was 3.5%, which is why the simulation is considered to be representative for the research work. On the other hand, the current and theoretical model show that the queuing lines of the system are collapsed because the average vehicle revenue is higher than the average vehicle output. Finally, it proposes a schedule of times at the traffic lights of the circuit, with the aim of reducing vehicular congestion in the current system of the target population.

**Keywords: Cycle times, queuing theory, theoretical model, Simulation, Synchro 8.**

## INTRODUCCIÓN

En el presente, los problemas que surgen en cada momento deben solucionarse de una forma eficiente, eficaz y rápida donde se pueda identificar el beneficio, el rendimiento, la conveniencia al aplicar la propuesta de mejora seleccionada mucho antes de realizar la implementación que conlleva gastos elevados innecesarios. Por estas razones la interpretación, análisis de modelos matemáticos inmersos en una simulación aplicado en contextos reales han ganado un valor muy importante para las organizaciones tanto públicas como privadas, que de una manera u otra desean hallar soluciones a estas dificultades.

Una herramienta de gran importancia como método de estudio para analizar, explicar y comparar diferentes actividades que se dan en el día a día como la actividad automovilística, manufactureras y administrativas entre otros, es la simulación. En esta investigación se utiliza esta herramienta para comprender el comportamiento del circuito comprendido entre las calles Ancash y Libertad en la calle Cajamarca de la ciudad de Huancayo para mejorar el tránsito vehicular.

En el capítulo I, se plantea la caracterización y formulación del problema, los objetivos que se pretenden alcanzar con la presente investigación, la justificación y delimitación, las hipótesis y descripción de las variables. En el capítulo II, se presenta los antecedentes de la investigación, presentando una recopilación de algunos artículos, tesis y artículos de divulgación que tienen que ver con el objeto de esta investigación, también se presentan las bases teóricas y finalmente la definición de términos básicos. En el capítulo III, contiene el método y alcances de la investigación, diseño de la investigación, población y la muestra. Y en el último capítulo, se muestra los resultados de la aplicación del “Enfoque Metodológico” donde se implementa las temáticas tratadas conceptualmente en el capítulo II, presentando una propuesta que permita conocer en qué grado el sistema de líneas de espera ayuda a mejorar la movilidad vehicular de dicho circuito; además en este capítulo se tomó en cuenta la prueba de hipótesis. Por último, en la parte final consta de varias conclusiones que demuestran la importancia de la investigación y los beneficios de utilizar simulación, así como también las recomendaciones para investigaciones futuras con el objetivo de seguir indagando en este tipo de estudios dando solución a problemas cotidianos.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. CARACTERIZACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA**

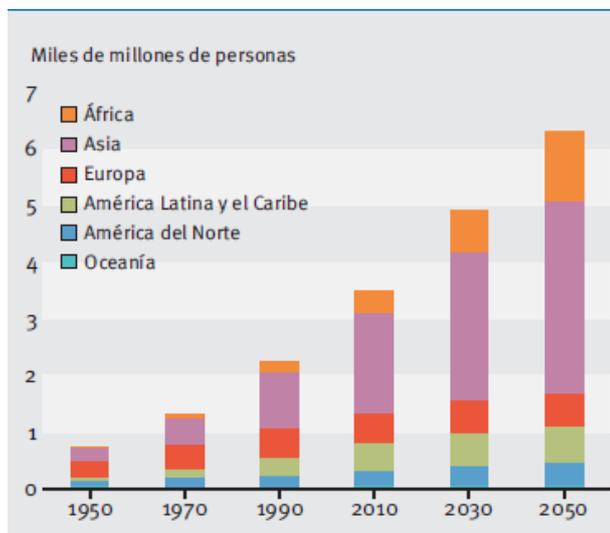
A través de los siglos se puede observar la evolución que ha tenido el tránsito a medida que también evolucionan, tanto el camino como el vehículo; además con la aparición del vehículo de motor y por la tendencia a su uso privado, se fueron incrementando los problemas de tránsito urbano, debido a que paralelamente surgieron los vehículos de transporte público facilitando así el congestionamiento de las ciudades de todo el mundo <sup>1</sup>

En los últimos años se ha incrementado de una forma exponencial el grave problema del tránsito porque el crecimiento poblacional, tanto urbano como rural, se ha incrementado, por ejemplo, si tomamos las ventas solo del segundo trimestre del 2015, se cuenta un total de 33,222,861 automóviles inmersos en las vías de todo el mundo, además en la figura N°1 se puede observar una proyección hasta el año 2050 señalando el crecimiento poblacional en miles de millones de personas, aumentando así la adquisición de vehículos y dando lugar al congestionamiento vehicular y es un hecho que todo país, todo estado o ciudad tendrá que contrarrestar el problema para evitar así ser víctima de la era motorizada.

---

<sup>1</sup> CAL y otros. *Ingeniería de Tránsito transportes 5° Edición*. México, 1978

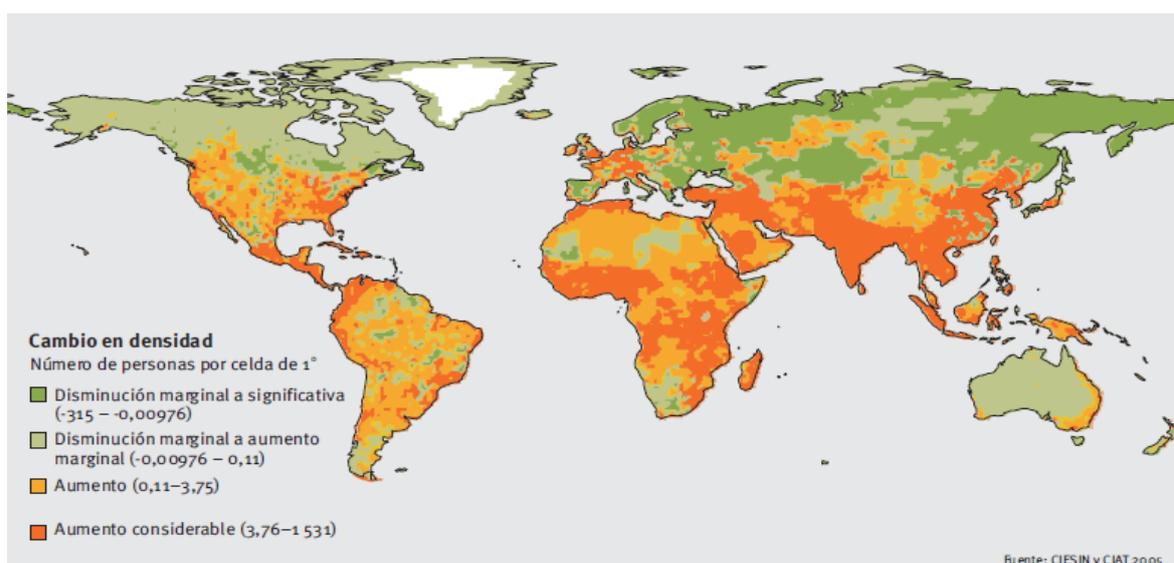
**Figura 1.**  
**Proyección de la población urbana, 1950-2050**



Fuente: Extraído de (UN, 2014)

Y no tan solo es el crecimiento de cada país por sí solo, también se debe tomar en cuenta las inmigraciones generando un cambio en la densidad de cada país elevando su crecimiento mayor de lo esperado. Por lo cual, las regiones donde hubo mayor cambio en la densidad poblacional son Europa, El Caribe y América Latina como se puede observar en la figura N°2

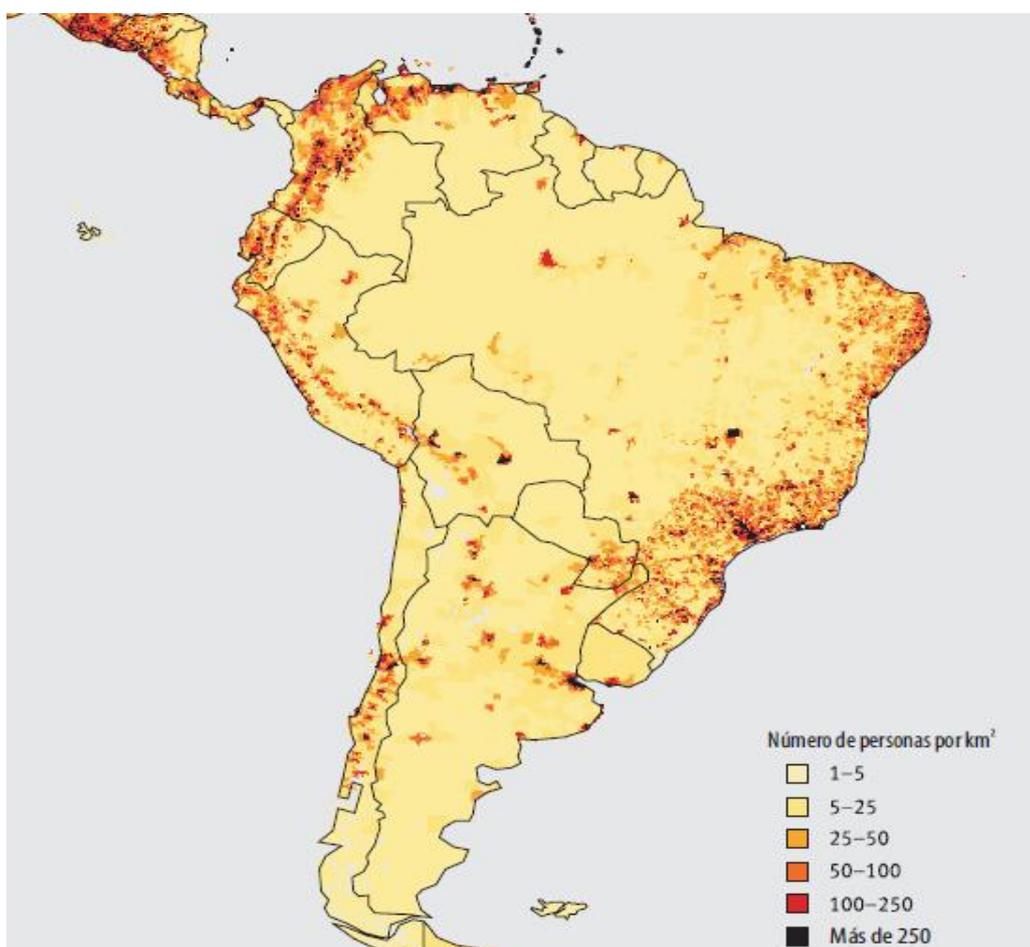
**Figura 2.**  
**Cambio en la densidad de población, 1990-2005**



Fuente: CIES IN y CIAT 2005

Un factor muy importante para tomar en cuenta es la densidad poblacional en la totalidad de los países, sin embargo nos centraremos en América Latina, donde la densidad poblacional de dicho lugar está fluctuando entre de 5 a 100 personas por kilómetro cuadrado, y hablando específicamente de Perú hay varios lugares donde la fluctuación es de 25 a 100 personas por kilómetro cuadrado en promedio, especialmente en la costa y sierra como se puede observar en la figura N°3.

**Figura 3.**  
**Densidad de población estimada de América Latina y el Caribe, 2010**

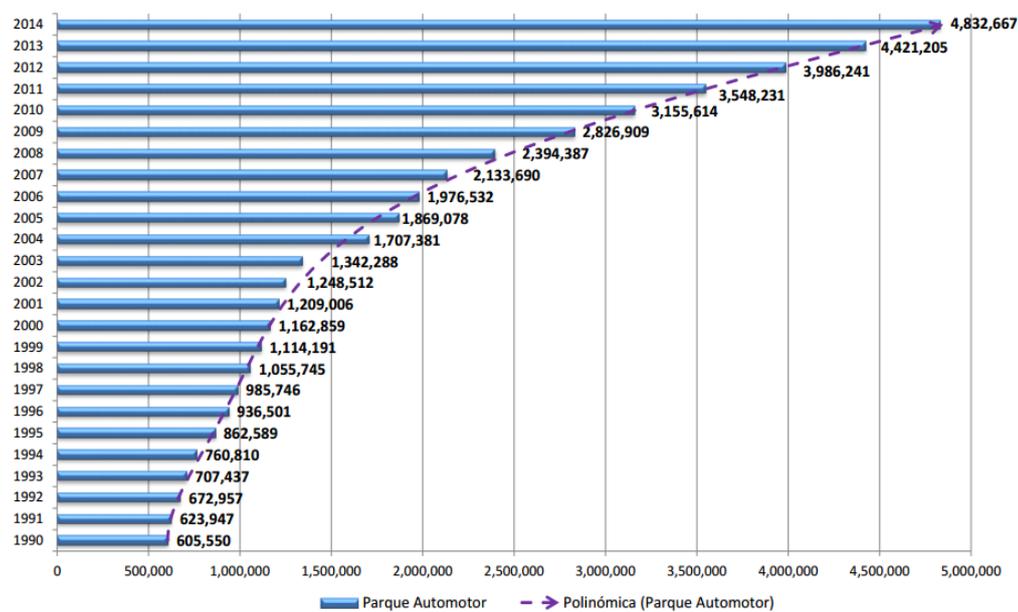


**Fuente: CIESIN y CIAT 2005**

Por ende, la población está creciendo a pasos agigantados, además el automóvil tiene tendencia a ser privado, por lo tanto, el crecimiento de la población y del congestionamiento son directamente proporcionales; además no solo es un problema regional o local, es un problema mundial como se mostró anteriormente. En el Perú el crecimiento del parque automotor en los años 2013-2014 aumentó un

9.31% como se puede observar en la figura N°4, conllevando así un incremento de la congestión vehicular

**Figura 4.**  
**Parque Automotor Nacional 1990-2014**



**Fuente: MTC – Secretaria Técnica del Consejo Nacional de Seguridad Vial**

Con el constante crecimiento del país con una tasa de 0.97% anual, según CIA World Factbook, y a su vez el crecimiento en su parque automotor, da origen al congestionamiento, no solo en los departamentos sobrepoblados, sino también en las provincias como es el caso de Junín, como se puede observar en la figura N°5. El crecimiento del parque automotor en el departamento de Junín es de 6.73 % en los años 2013-2014 por lo cual ha empeorado el tránsito vehicular especialmente en su capital que es la ciudad de Huancayo.

**Figura 5.**  
**Parque Automotor en circulación a nivel Nacional, según departamento, 2005-2013**

Departamento	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Total</b>	<b>1 440 017</b>	<b>1 473 530</b>	<b>1 534 303</b>	<b>1 640 970</b>	<b>1 732 834</b>	<b>1 849 690</b>	<b>1 979 865</b>	<b>2 137 837</b>	<b>2 223 092</b>
Amazonas	2 020	2 103	2 168	2 218	2 292	2 390	2 407	2 400	2 351
Áncash	19 382	19 757	20 354	21 001	21 309	22 086	23 322	25 418	26 786
Apurímac	3 816	3 879	3 916	3 934	3 973	3 969	3 966	4 039	4 048
Arequipa	79 544	81 293	84 829	91 674	98 270	106 521	118 985	134 533	143 914
Ayacucho	3 919	3 969	4 153	5 404	5 572	5 716	5 784	5 941	5 950
Cajamarca	9 501	10 256	11 255	12 383	13 563	15 107	17 320	19 673	20 849
Cusco	35 705	36 204	37 592	39 688	42 175	45 090	48 491	53 675	57 222
Huancavelica	1 061	1 080	1 103	1 216	1 291	1 319	1 317	1 323	1 298
Huánuco	10 886	10 836	10 892	11 255	11 382	11 864	12 576	13 476	13 899
Ica	22 753	22 834	23 170	25 498	25 691	26 135	26 419	26 551	26 305
<b>Junín</b>	<b>43 648</b>	<b>44 454</b>	<b>46 091</b>	<b>47 769</b>	<b>49 404</b>	<b>51 094</b>	<b>53 118</b>	<b>56 237</b>	<b>57 762</b>
La Libertad	153 777	152 847	153 251	155 411	156 646	158 672	162 026	167 325	170 255

**Fuente: Ministerio de transportes y Comunicaciones, Superintendencia Nacional de los Registros Públicos, Autoridad Portuaria Nacional**

En el departamento de Junín en la ciudad de Huancayo de acuerdo a la Tabla N°01, se observa un crecimiento de 4.01% del año 2005 al 2007 siendo uno de las provincias que más está creciendo respecto a las otras.

**Tabla 1.**  
**Evolución de la población a nivel provincial**

Provincia	Población 1993	Población 2005	Población 2007
<b>Chanchamayo</b>	114045	150128	168949
<b>Chupaca</b>	0	51340	51878
<b>Concepción</b>	64785	61728	60121
<b>Huancayo</b>	437391	448355	466346
<b>Jauja</b>	104828	99620	92053
<b>Junín</b>	39627	33045	30187
<b>Satipo</b>	9425	93685	193872
<b>Tarma</b>	115686	10435	112230
<b>Yauli</b>	65229	49383	49838
<b>Total</b>	1035841	1091619	1225474

**Fuente: Censos de Población y Vivienda 1993,2005 y 2007; elaboración propia**

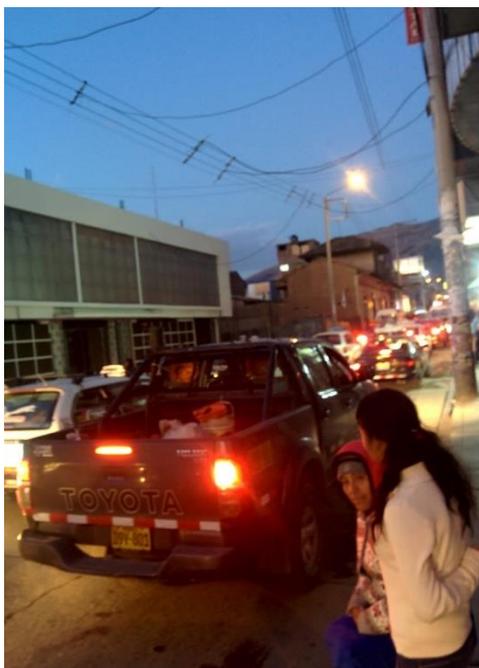
En la actualidad, según las cifras proporcionadas por la Gerencia de Tránsito y Transportes de la Municipalidad Provincial de Huancayo (MPH), la ciudad cuenta con un parque automotor de 11 mil 636 vehículos, entre unidades formales y de servicio público, si agregamos esta cantidad al número de unidades no formales y vehículos particulares, la cifra asciende a los 70 mil vehículos que circulan en la Ciudad Incontrastable.

Según la información de la Gerencia de Tránsito, en Huancayo circulan cerca de 527 vehículos de transporte masivo, 1859 combis o camionetas rurales, 1690 autos colectivos, 528 taxis independientes y 6731 taxis afiliados a empresas. En cuanto al servicio de carga vehicular, existen 244 unidades registradas y en servicio escolar hay 35 unidades formales reconocidas.

Esta cifra rebasa por completo la capacidad para el tránsito de las calles de Huancayo, una ciudad caracterizada por el comercio que está afrontando problemas con la movilidad vehicular; por ejemplo, una de las calles que presenta este problema es la calle Cajamarca, el cual cuenta con 14 líneas de transporte público, según el informe N°0762-2016-PRSL/GTT/MPH **Ver Anexo 11** y si a eso agregamos el transporte privado más los otros vehículos, afecta gravemente a la población en el desenvolvimiento de sus actividades cotidianas, debido a la demora en los recorridos en ese circuito de la ciudad de Huancayo.

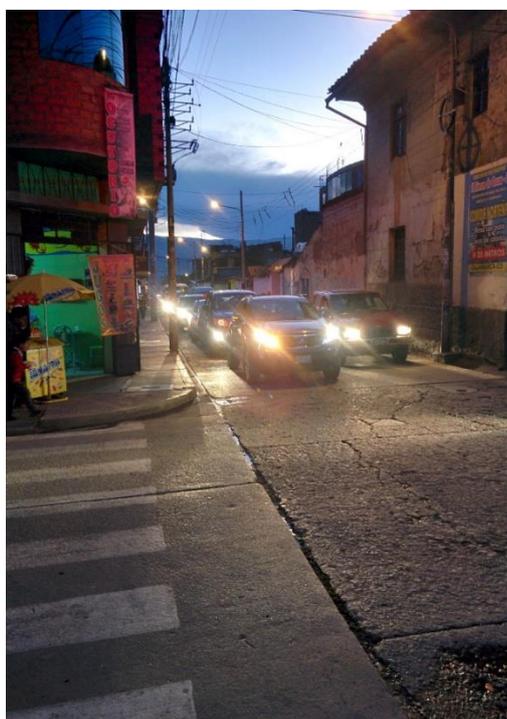
Además, la “factibilidad” de construir nuevas vías o aumentarlas nos obliga a buscar otros métodos o formas de solucionar el problema sin generar mayores inconvenientes.

**Figura 6.**  
**Tramo Moquegua-Arequipa 2016**



**Fuente: Propia**

**Figura 7.**  
**Tramo libertad-Moquegua 2016**



**Fuente: Propia**

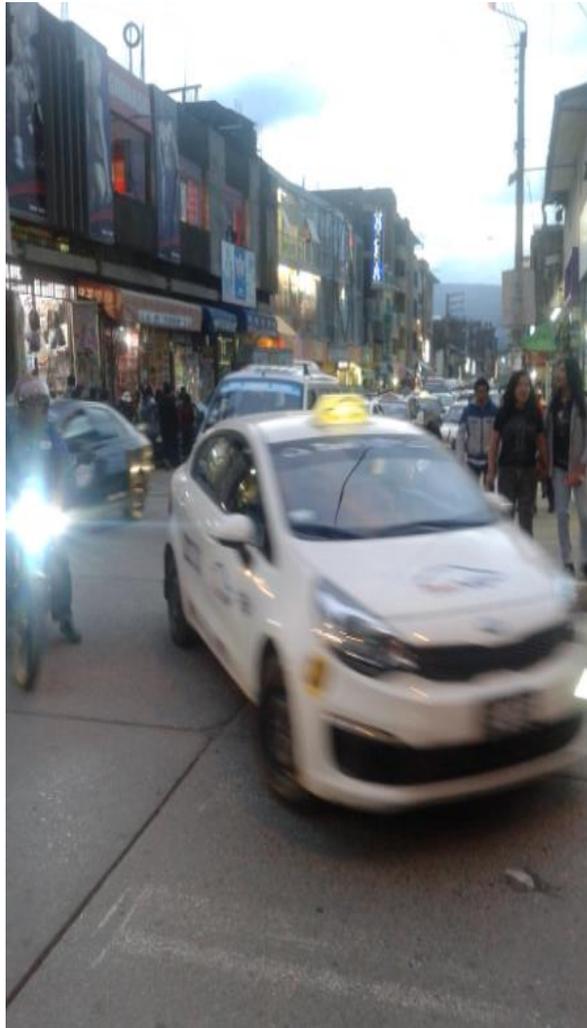
La calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad es una de las rutas más utilizadas para desplazarse dentro de la ciudad representando gran importancia, porque cuenta con un gran movimiento de vehículos y peatones debido a que es una zona comercial. El no atender la movilidad en este tramo de la calle Cajamarca ocasiona un congestionamiento en el centro de Huancayo. Es por eso que la reprogramación de los tiempos en los servidores, en este caso los semáforos, toma un papel protagónico porque rige el flujo de vehículos que son atendidos en un lapso de tiempo; pudiendo evitar obstaculizar las intersecciones, provocando un pésimo funcionamiento de la movilidad en esta zona.

**Figura 8.**  
**Tramo Real- Arequipa 2016**



**Fuente: Propia**

**Figura 9.**  
**Tramo Real- Ancash 2016**



**Fuente: Propia**

### **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **A. Problema general**

¿De qué manera el diseño del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo-Junín influye en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016?

## **B. Problemas específicos**

- ¿De qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora del mecanismo de servicio en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016?
- ¿De qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora del proceso de entrada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016?
- ¿De qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora la capacidad del sistema en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Real y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín, influye en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora del mecanismo de servicio en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016
- Determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora del proceso de entrada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016
- Determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora la capacidad del sistema en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016

### **1.3. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN**

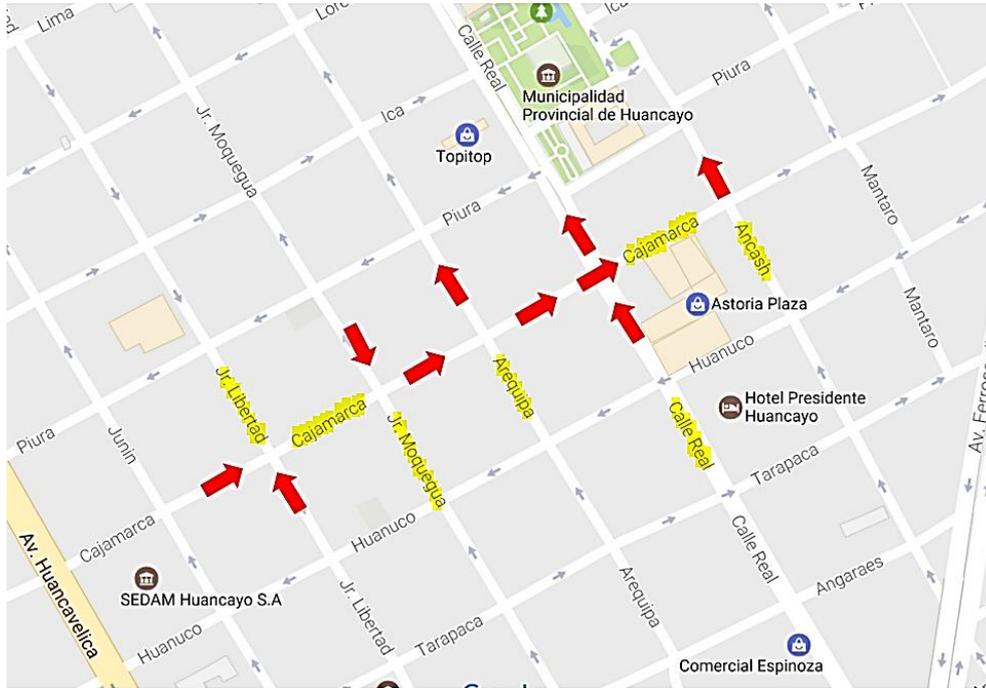
Debido al gran aumento de vehículos en la ciudad de Huancayo, tanto públicos como privados, generando el incremento del congestionamiento vehicular en diversas zonas de la ciudad de Huancayo, como es el caso de la calle Cajamarca por el cual pasan 14 líneas de transporte público se tiene la necesidad de mejorar la movilidad vehicular de la calle mencionada entre las calles Ancash y Libertad.

Para mejorar la movilidad vehicular se piensa determinar de qué manera el diseño del Sistema de Líneas de Espera aplicada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín influye en la mejora de la movilidad vehicular

El fin de este trabajo de investigación es realizar una simulación de diferentes cambios de ciclos en el área de estudio que comprende la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín y sus intersecciones en la ciudad de Huancayo, para encontrar una óptima propuesta de programación de tiempos en los servidores generando mayor tasa de servicio, mayor salida de vehículos por ciclo, reduciendo el número de vehículos en espera y por lo tanto una reducción del congestionamiento automotriz en la ciudad. Para cumplir con el objetivo de mejorar la movilidad vehicular aplicando el sistema de líneas de espera, el estudio tendrá una duración de 10 meses el cual generará a todas las personas de esta zona una reducción de los tiempos en el desplazamiento que habitualmente recorren.

Por lo tanto, una buena simulación en los tiempos en los semáforos mejorará la movilidad vehicular en el circuito mencionado mejorando así la movilidad vehicular evitando los “delays” que existen.

**Figura 10.**  
**Ubicación Geográfica del circuito de estudio I**



Fuente: Google Earth

**Figura 11.**  
**Ubicación Geográfica del circuito de estudio II**



Fuente: Google Earth

## **1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### **A. Hipótesis de Investigación:**

El diseño del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín influye positivamente en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016.

### **B. Hipótesis específicas**

- El diseño del sistema de líneas de espera influye positivamente en la mejora del mecanismo de servicio en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016.
- El diseño del sistema de líneas de espera influye positivamente en la mejora del proceso de entrada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016.
- El diseño del sistema de líneas de espera influye positivamente en la mejora la capacidad del sistema en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016.

**Tabla 2.**  
**Racionalización de las variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	SUBDIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Sistema de líneas de espera	Es el efecto resultante cuando la demanda de un servicio supera la capacidad de proporcionar dicho servicio, este sistema se considera como la estructura básica para la construcción de la teoría de colas	<b>Teoría de colas:</b> Es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Estas se presentan cuando clientes llegan a un lugar demandando un servicio a un servidor el cual tiene cierta capacidad de servicio	Mecanismo de servicio	Nº de carros esperando en un semáforo	Investigación aplicada
			Proceso de Entrada	El número esperado de llegadas por unidad de tiempo	<b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b>
			Capacidad del sistema	El tiempo esperado de servicio	Investigación Explicativa
					<b>DISEÑO</b>
Movilidad Vehicular	Es el Desplazamiento de los vehículos en un circuito determinado con un Volumen de tránsito determinado	Volumen del Tránsito	—————	Vehículos que pasan por unidad de tiempo	Experimental

**Fuente: Propia**

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ARTÍCULOS CIENTÍFICOS**

El artículo científico de (ROLES, y otros, 2009). Que tiene como título “Control y simulación de tráfico urbano en Colombia: Estado del arte “, cuyo objetivo fue de plantear una revisión de las estrategias de control y plataformas de simulación de sistemas de tráfico más utilizadas en el mundo, con el propósito de caracterizar el nivel de desarrollo del país en el estudio e implementación de estrategias de control de tráfico urbano. La investigación conduce a mostrar qué tan apropiadas son las estrategias de control de tránsito aplicadas en las redes urbanas del país. El trabajo aporta estrategias de control en redes urbanas y de plataformas de simulación más utilizadas alrededor del mundo.

El artículo científico de (OSORIO, y otros, 2010) Que tiene como título “A simulation-based optimization framework for urban traffic control”, cuyo objetivo fue de realizar la optimización basada en la simulación computacional para las redes urbanas congestionadas y de evaluar el desempeño de este método con un problema de control de señales en tiempo fijo para subredes en la ciudad de Lausanne. La investigación conduce a mostrar herramientas detalladas apropiadas para realizar el análisis y para identificar los esquemas de gestión del tráfico. El trabajo aporta un modelo que combina la información de un modelo de simulación de tránsito microscópico con un modelo de red de cola analítica.

El artículo científico de (SALIMIFARD, y otros, 2013). Que tiene como título “Modeling and Simulation of Urban Traffic Signals”, cuyo objetivo fue de aplicar la herramienta de simulación Arena para el modelado y simulación del sistema de señal de tránsito urbano. La investigación muestra que la herramienta Arena puede ser usado en la simulación de sistema de señales de tránsito, a pesar de que Arena no está diseñado para el modelado de control de señales de tráfico urbano. El trabajo aporta un caso de estudio para ilustrar como la herramienta de simulación Arena es capaz para modelar el sistema de tránsito.

El artículo científico de (ALLENDE, y otros, 2005). Que tiene como título “Modelo de optimización con restricciones de equilibrio para el control de semáforos” cuyo objetivo fue aplicar modelos de optimización para encontrar los tiempos en las fases adecuados que permitan disminuir las longitudes de cola en los carriles. La investigación analiza un problema de control óptimo de semáforos para un cruce de dos carreteras con los dos sentidos de circulación. El trabajo aporta un modelo exacto y cíclico que describe la evolución de las longitudes de las colas como una función del tiempo y de los instantes de cambio.

El artículo científico de (CHANCA, y otros, 2004). Que tiene como título “Simulación microscópica de tráfico urbano y su aplicación en un área de la ciudad de Zaragoza” cuyo objetivo ha sido el de obtener una herramienta para simular tránsito. La investigación experimenta con las distintas políticas de control antes de ponerlas en funcionamiento en la red semaforica y observa el comportamiento del tránsito ante posibles incidencias en la vía. El trabajo explica sobre los tipos de simulación. Estos tipos son la simulación macroscópica y microscópica. Esta última considera el movimiento de cada vehículo individualmente, requiere una gran cantidad de datos, los modelos que utiliza son bastante complejos y los costos computacionales requeridos son muy elevados. Por lo contrario, la simulación macroscópica se basa en el análisis del tránsito desde una perspectiva más global, donde el tránsito se considera continuo.

El artículo científico de (CAMURRI, y otros, 2009). Que tiene como título “Urban Traffic Control with Co-fields” cuyo objetivo es de ilustrar como el modelo de “Co-

fields” puede ser aplicado en el sistema de tránsito y presentar resultados experimentales obtenidos adoptándolo. La investigación presenta los mecanismos de control de tránsito sobre la base del modelo “Co-fields”. El trabajo aporta una solución sobre el control del tránsito en base a “Co-fields” además esta investigación nos describe la herramienta de simulación GLD donde se hace correr el experimento.

El artículo científico de (VELEDA, y otros, 2011). Que tiene como ttulo “Aplicação de simulação para obtenção de soluções ao tráfego em rotatória da cidade de Manaus” cuyo objetivo fue diagnosticar la situación del tránsito. En la investigación se presenta el desarrollo y la simulación del modelo de simulación por ordenador para evaluar las soluciones propuestas en el tránsito urbano en la ciudad de Manaos. El trabajo aporta pasos para la identificación de los puntos críticos responsables de la formación de las colas en las carreteras de acceso

### **2.1.2. TESIS**

(JARAMILLO, 2005), realizó la investigación: “Simulación y Control de Tránsito vehicular por semaforización” en la Universidad Pontificia Bolivariana. El estudio aporta una implementación de semáforos inteligentes que son manejados desde una central de tránsito, haciendo uso de cámaras de video las cuales en tiempo real envían información de la saturación de cada calle o intersección lo que le permite al programador hacer el cambio de luz según la necesidad, se fundamenta en el desarrollo tecnológico por encima del uso de un modelo que optimice variables del sistema.

(OÑATE, 2005), realizó la investigación: “Simulador Multiagente de tráfico urbano” en la Universidad Pontificia Comillas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). El estudio aporta un sistema multiagente orientado a la simulación de tráfico urbano. El simulador permite, gracias a las técnicas multiagente, simular regiones extensas. Por ello se aprovechan las ventajas de los simuladores microscópicos y macroscópicos, sin verse afectado por sus inconvenientes.

Cada agente se encarga de una zona de simulación. La arquitectura multiagente se utiliza para poder comunicar los distintos mapas o agentes entre sí, con el objetivo de transmitir el tránsito de una gente a otro

(CARDONA, 2005), realizó la investigación: “La teoría de colas como herramienta para optimizar el servicio en una entidad municipal” en la Universidad de San Carlos de Guatemala. El estudio aporta estrategias para manejar las filas de espera. En ocasiones no es posible controlar la capacidad para que iguale la demanda o viceversa. En otras oportunidades sería demasiado costoso añadir instalaciones o contratar personal para manejar la demanda

Las organizaciones, para hacer frente de manera efectiva a las inevitables esperas, utilizan varias estrategias entre ellas:

- Utilizar la lógica operacional
- Establecer un proceso de reservación
- Diferenciar a los clientes que esperan

(AYALA, 2007), realizó la investigación: “Análisis y Aplicación de la teoría de colas en un centro médico de consulta externa” en la Universidad Nacional *Autónoma* de México. El estudio aporta medidas de rendimiento de la red de colas. El rendimiento de las colas se calcula de acuerdo a la tasa media de llegadas, tiempo entre llegadas, tasa media de servicio, tiempo medio de servicio, cantidad esperada de clientes en el sistema, en la cola, tiempo total de espera en el sistema y probabilidad de que el sistema esté ocupado.

(MOYA, 2005), realizó la investigación: “Aplicación de un modelo de simulación a la gestión de las listas de espera de consultas externas de cirugía de un hospital comarcal” en la Universidad de Valencia. El estudio aporta instrumentos para la recolección y procesamiento de datos. Los instrumentos que muestran son: tablas para identificar el número de llegadas simuladas por semana, tiempos medidos reales de servicios y también nos muestra una metodología para la construcción del sistema.

### 2.1.3. ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

El trabajo de (RINCON, 2004) sobre Introducción a los modelos de tránsito para redes de banda ancha, y la investigación de (LEMA, y otros, 2009) sobre un análisis de los modelos y métodos de optimización del tránsito urbano. Estos estudios demuestran que para la mejora de la movilidad vehicular se debe aplicar métodos híbridos de solución consistente en una heurística (recocido simulado).

El trabajo de (AVZEKAR, y otros, 2014) sobre “Adaptive Traffic Signal Control with **VANET**”, y la investigación de (HEMAKUMAR, y otros, 2013) sobre “Optimized Traffic Signal Control System at traffic Intersection Using **VANET**”. Estos estudios demuestran que es necesario usar el VANET como solución ya que es un tipo de red de comunicación que utiliza a los vehículos como nodos de la red. Dado el reducido alcance del canal de comunicación (hasta 1 km.), la conectividad se establece de forma esporádica (ad-hoc). Por este motivo, estas redes se consideran un tipo específico de red móvil de comunicación.

El trabajo de (OROZCO, y otros, 2012) sobre Redes vehiculares Ad-hoc: Aplicaciones basadas en simulación, y la investigación de (BURGOS, y otros, 2005) sobre Desarrollo de un simulador de operaciones de transporte público en un ambiente de micro simulación de tráfico (SIMTRANSIT). Estos estudios demuestran que para la mejora de la movilidad vehicular se debe aplicar métodos de modelación y simulación de sistemas de transporte público.

El trabajo de (OROZCO, y otros, 2014) sobre Aplicaciones para redes VANET enfocadas en la sostenibilidad ambiental, una revisión sistemática, y la investigación de (OROZCO, y otros, 2012) sobre Redes Vehiculares – VANETs – Aplicaciones basadas en simulación. Estos estudios tienen como objetivo de reducir la congestión del tránsito vehicular y disminuir el número de accidentes de tránsito, brindando a los conductores información sobre las rutas y asistencia en caso de emergencias.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.2.1.1. Teoría de colas**

##### **2.2.1.1.1. Reseña Histórica de la teoría de colas**

El origen de la Teoría de Colas o Líneas de Espera se remonta a los estudios realizados en 1909 por Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 - 1929), para analizar la congestión en el sistema telefónico de Copenhague.

Sus investigaciones tuvieron como resultado una nueva teoría, llamada teoría de colas o de líneas de espera. Esta teoría es ahora una herramienta poderosa para estudiar problemas de valor en los negocios y la industria, debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas bajo el siguiente esquema: Entrada – Proceso - Salida.

##### **2.2.1.1.2. Objetivos de la teoría de colas**

La teoría de colas o “líneas de espera”, tiene como objetivo el estudio matemático del fenómeno (muy común en estos tiempos) de la espera organizada que debe hacer un cliente para la obtención de un servicio que presta un servidor. Por ejemplo, cobrar un cheque en una institución bancaria, obtener la licencia para conducir, inscribirse en la maestría, etc. También existen tipos de espera que no son personas en una cola, como la espera que hacen en la producción los artículos a ser procesados en una fábrica, los datos en las redes de computadoras, etc.<sup>2</sup>

---

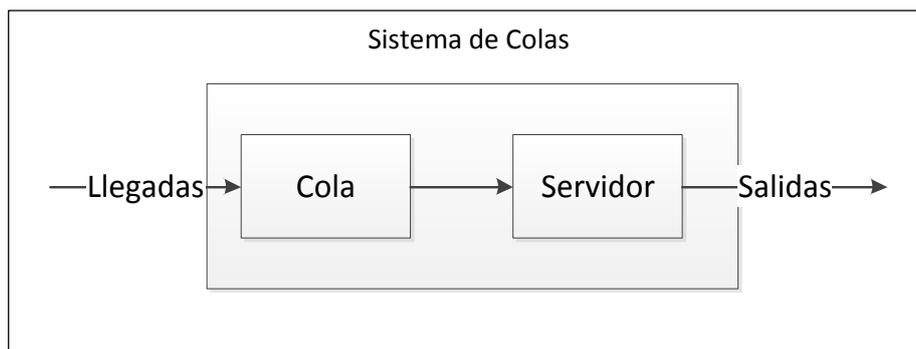
<sup>2</sup> **AYALA, María Esther.** *Análisis y Aplicación de la teoría de colas en un centro médico de consulta externa.* 2007.

En muchas organizaciones, existen problemas de colas. La principal razón de este fenómeno es la limitación en los recursos disponibles, para la atención de todos los clientes que buscan ser servidos por la organización. Tener que esperar no sólo es una molestia personal. El tiempo que la población de un país pierde en hacer colas es un indicador importante tanto en la calidad de vida como en la eficiencia de su economía.<sup>2</sup>

La Teoría de Colas formula un modelo matemático del comportamiento de las líneas de espera. Las líneas de espera se presentan cuando clientes llegan a un lugar demandando un servicio el servidor, el cual tiene una capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente, y el cliente decide esperar, entonces se forma en la línea de espera.<sup>2</sup>

El siguiente diagrama ilustra los componentes esenciales de las líneas de espera.

**Figura 12.**  
**Componentes del sistema de colas**



**Fuente: Elaboración Propia**

El problema fundamental de la teoría de colas es el determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto, entre clientes en el sistema y clientes servidos, en esta investigación el problema es determinar la tasa de servicio de los semáforos para mejorar la movilidad vehicular

### **2.2.1.1.3. Características principales de la teoría de colas**

#### **A. Clientes**

De acuerdo a (HILLIER, y otros, 2010) es el término usado en un sistema de colas para referirse a la unidad que está en la fila (personas, automóviles, maquinarias, aviones, buques, etc.) Al tomar en cuenta la base de clientes, la principal preocupación es el tamaño de la población. Para problemas en donde el número de clientes potenciales es bastante grande (cientos de miles), el tamaño de la población se asume, para fines prácticos, como si fuera infinita. El análisis de poblaciones finitas (es decir de tamaño limitado) es más complicado que el análisis en donde la base de población se considera infinita.

#### **B. Llegadas**

De acuerdo a (HILLIER, y otros, 2010) es el número de clientes que llegan a las instalaciones de servicio. El proceso de llegada es la forma en que los clientes llegan a solicitar un servicio. La característica más importante de este proceso es el tiempo entre llegadas, es decir, la cantidad de tiempo que transcurre entre dos llegadas sucesivas. Este lapso es importante porque entre más pequeño sea este intervalo de tiempo, con más frecuencia llegan los clientes, lo que implica un aumento en la demanda de servidores disponibles.

#### **C. El proceso de cola o filas**

Según (HILLIER, y otros, 2010) una parte del proceso de colas tiene que ver con la forma en que los clientes esperan para ser atendidos. Los clientes pueden esperar en una sola fila, o pueden elegir una de varias filas en las que deben esperar para ser atendidos.

Otra característica del proceso de colas es el número de espacios de espera en cada fila, es decir, el número de clientes que pueden esperar (o esperarán) para ser atendidos en cada línea. En algunos casos, como en un banco, ese número es bastante grande y no significa ningún problema práctico, pues para cuestiones de análisis la cantidad de espacio de espera se considera infinita. En contraste, un sistema telefónico puede mantener un número finito de llamadas, después del cual las llamadas subsecuentes no tienen acceso al sistema. Las condiciones de espacio de espera infinito y finito requieren tratamientos matemáticos diferentes.

#### **D. Disciplina de la cola**

Tomando en cuenta a (HILLIER, y otros, 2010) es el modo en el que los clientes son seleccionados para ser servidos. Las disciplinas más habituales son:

- La disciplina FIFO (first in first out), también llamada FCFS (first come first served): según la cual se atiende primero al cliente que llegó primero.
- La disciplina LIFO (last in first out), también conocida como LCFS (last come first served) o pila (en programación): que consiste en atender primero al cliente que llegó al último.
- La RSS (random selection of service), o SIRO (service in random order), que selecciona a los clientes de manera aleatoria.

#### **E. Tasa de servicio**

De acuerdo a (HILLIER, y otros, 2010) este término se usa para designar la capacidad de servicio. El proceso de servicio define cómo son atendidos los clientes. En algunos casos, puede existir más de una estación en el sistema en el cual se

proporcione el servicio requerido. Una característica del proceso de servicio es el número de clientes atendidos al mismo tiempo en una estación.

Otra característica más de un proceso de servicio es si se permite o no la prioridad, esto es ¿puede un servidor detener el proceso con el cliente que está atendiendo para dar lugar a un cliente que acaba de llegar? Cualquiera que sea el proceso de servicio, es necesario tener una idea de cuánto tiempo se requiere para llevar al cabo este servicio. Esta cantidad es importante debido a que cuanto más dure el servicio, más tendrán que esperar los clientes que llegan.

#### **F. Número de servidores**

Es la cantidad de servidores existentes en el sistema.

#### **G. Procesos de Salida**

Este puede ser de dos tipos:

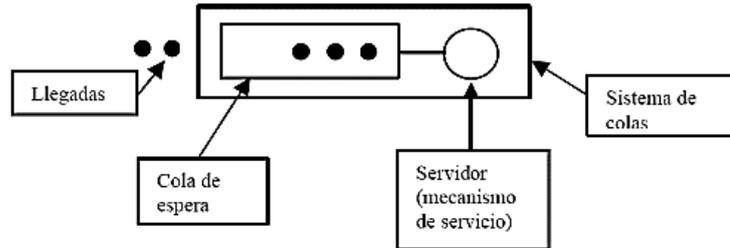
- Los clientes abandonan completamente el sistema después de ser atendidos, lo que tiene como resultado un sistema de colas de un paso.
- Los clientes, ya que son procesados en una estación de trabajo, son trasladados a alguna otra parte para someterlos a otro tipo de proceso, lo que tiene como resultado una red de colas.

#### **2.2.1.1.4. Tipos de colas**

Según la configuración del sistema de colas en sus diferentes elementos, tenemos los siguientes tipos, representados con su respectivo dibujo:

- Una línea, un servidor

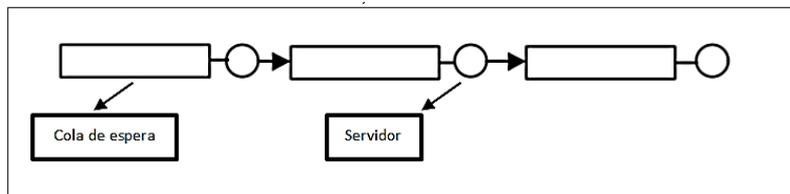
**Figura 13.**  
Una línea, un servidor



Fuente: Extraído de (SERRA DE LA FIGUERA, 2002)

- Una línea, servidores secuenciales

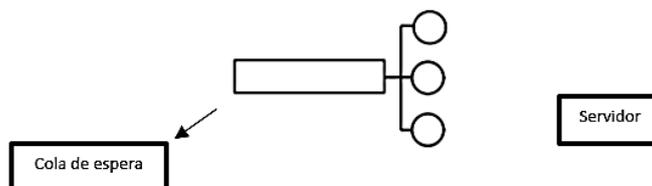
**Figura 14.**  
Una línea, servidores secuenciales



Fuente: Extraído de (SERRA DE LA FIGUERA, 2002)

- Una línea, Múltiples servidores

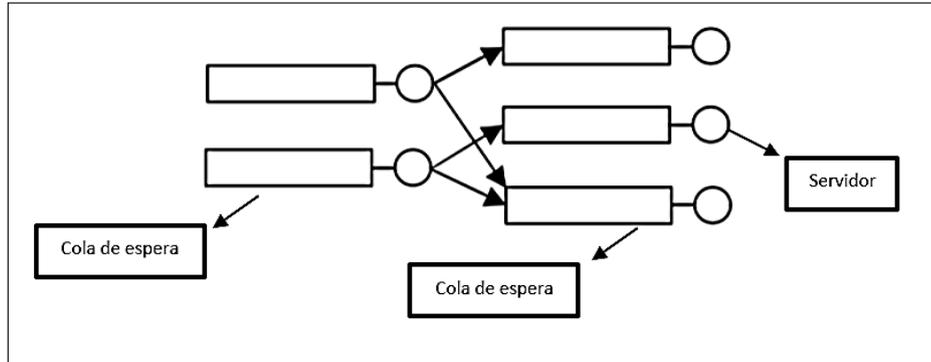
**Figura 15.**  
Una línea, múltiples servidores



Fuente: Extraído de (SERRA DE LA FIGUERA, 2002)

- Varias líneas, múltiples servidores

**Figura 16.**  
**Varias Líneas, Múltiples servidores**



Fuente: Extraído de (SERRA DE LA FIGUERA, 2002)

### 2.2.1.1.5. Medidas de rendimiento o efectividad de las filas

Los tipos de cola del presente trabajo son de la forma M/M/1. Por esta razón sólo se exponen las fórmulas de dichos modelos tomados del libro (HILLIER, y otros, 2010)

#### A. Sistema M/M/1

$\lambda$  =Tasa media de llegadas (clientes por unidad de tiempo)

$\frac{1}{\lambda}$  = Tiempo medio entre llegadas

$\mu$  =Tasa media de servicio (clientes por unidad de tiempo)

$\frac{1}{\mu}$  = Tiempo medio de servicio

$L$  =Cantidad de clientes esperada en el sistema

$Lq$  =Cantidad de clientes esperada en la cola

$W$  =Tiempo total de espera en el sistema

$Wq$  =Tiempo de espera en la cola

$P$  =Probabilidad de que el sistema esté ocupado

$Po$  =Probabilidad de que el sistema esté vacío

$$\lambda = \frac{\text{Cantidad de automoviles que llegan al sistema}}{\text{Total de intervalos de tiempo}}$$

$$\mu = \frac{\text{Cantidad de automoviles totales atendidos}}{\text{Total de intervalos de tiempo}}$$

$\lambda$  Debe de ser menor que  $\mu$ . Si esto no ocurriera el promedio de llegadas sería superior al número promedio que se atienden y el número de unidades que están esperando se volvería infinitamente grande y se dice que el sistema se satura.

El parámetro P se llama carga, flujo o intensidad de tráfico del sistema, mide la relación entre la cantidad de trabajos que llegan y la capacidad de procesarlos.

Probabilidad de que el sistema esté ocupado.

$$P = \lambda/\mu$$

Condición de no saturación.

$$P < 1$$

Probabilidad de que este vacío.

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

Probabilidad de que haya n unidades en el sistema.

$$P_n = p^n(1 - p)$$

$$P_n = (P_0) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = P_0 P^n$$

Donde n es cualquier entero no negativo.

Este resultado nos permite calcular las características de operación de las líneas de espera.

Número promedio de unidades que se encuentran en el sistema, ya sea esperando o siendo atendidas.

Denominaremos a este número promedio L, tenemos que:

$$L = \frac{P}{1 - P} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

Número promedio de unidades que esperan ser atendidas.

Se puede calcular dado que L es el número de unidades que están esperando o están siendo atendidas, y  $1/\mu$  es el número

promedio de unidades que están siendo atendidas en algún momento dado entonces:

$$Lq = \frac{p^2}{1-p} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$$

Tiempo promedio o esperado que una unidad se encuentra en el sistema  $W$ . Para encontrar  $W$ , observaremos que  $L$  es el número esperado de unidades en el sistema y  $\lambda$  es el número promedio de unidades que llegan para ser atendidas por período, entonces el tiempo promedio de cualquier unidad en el sistema, está dado por:

$W$  = tiempo promedio de una unidad en el sistema

$$W = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

El tiempo esperado o promedio que una unidad tiene que esperar antes de ser atendida, está dado por:

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Teorema de Little

Sea un sistema de colas con cualquier distribución de llegadas y servicios y cualquier estructura, Sean  $L$  el número de trabajos presentes en el sistema en el estado estacionario,  $W$  es tiempo medio de respuesta en el estado estacionario y  $\lambda$  la razón de llegadas al sistema, Entonces:

$$W = Wq + \frac{1}{\mu}$$

Probabilidad de que un cliente que llega pase más de  $t$  unidades de tiempo en el sistema.

$$W(t) = e^{-\frac{t}{w}}$$

Probabilidad de que un cliente que llega pase más de  $t$  unidades de tiempo en la cola.

$$Wq(t) = pe^{-\frac{t}{w}}$$

#### **2.2.1.1.6. Redes de colas**

De acuerdo a (HILLIER, y otros, 2010) Una red de colas es un sistema donde existen varias colas y los trabajos van fluyendo de una cola a otra.

Las redes de colas se presentan en un amplio tipo de situaciones, como pueden ser: hospitales, ordenadores, redes de telecomunicación, cadenas de montaje y sistemas de distribución.

Una red de colas no es más que una red en la que cada nodo está constituido por el sistema de una cola.

Se pueden producir transiciones de clientes que salen servidos de un nodo (que es una cola) hacia otro nodo.

#### **2.2.1.2. Tránsito**

Acción de ir a un lugar u otro; este concepto suele utilizarse para aludir al movimiento de los automóviles y de las personas que pasan por una carreta, calle u otra clase de vía. Por lo cual es un sistema dinámico que tiende a ser medido por volúmenes de tránsito. Esta sección es tomada esencialmente de (CAL, y otros, 1994).

##### **2.2.1.2.1. Volumen de tránsito**

Es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. Se expresa como:

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

Donde:

$Q$  = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (Vehículos/periodo)

$N$  = Número total de vehículos que pasan (Vehículos)

$T$  = Periodo determinado (Unidades de tiempo)

## **A. Volúmenes de tránsito absolutos o totales**

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

Tránsito anual (TA)

Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso,  $T=1$  año

Tránsito mensual (TM)

Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso,  $T=1$  mes

Tránsito semanal (TS)

Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso,  $T=1$  semana

Tránsito diario (TD)

Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso,  $T=1$  día

Tránsito horario (TH)

Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso,  $T=1$  hora

Tasa de flujo o flujo ( $q$ )

Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. En este caso,  $T < 1$  hora

En todos los casos anteriores, los periodos especificados, un año, un mes, una semana, un día, una hora, y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidas, 60 minutos seguidos y periodos en minutos seguidos inferiores a una hora.

## B. Volúmenes de tránsito promedios diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diarios, dados en vehículos por día

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

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

Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

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

### 2.2.2. METODOLOGÍAS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se explica el proceso de un enfoque metodológico adaptado al comportamiento vial por medio de herramientas que proporciona el software (Synchro 8) y la aplicación del sistema de líneas de espera, con el objetivo de determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín influye en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016. Este enfoque se desenvuelve en las siguientes 3 etapas:

La etapa 1, consiste en la recolección de datos, por medio de un trabajo de campo, para explicar estadísticamente la situación existente de la calle Cajamarca entre las calles Libertad y Ancash empleando el software de simulación Synchro 8. Para lo cual las variables que se tomaron en cuenta en el trabajo de campo fueron: Colas promedio de espera en cada servidor, dimensiones del automóvil (Longitud), tiempo que demora en atender el servidor, las ratios de salida e ingreso de los vehículos,

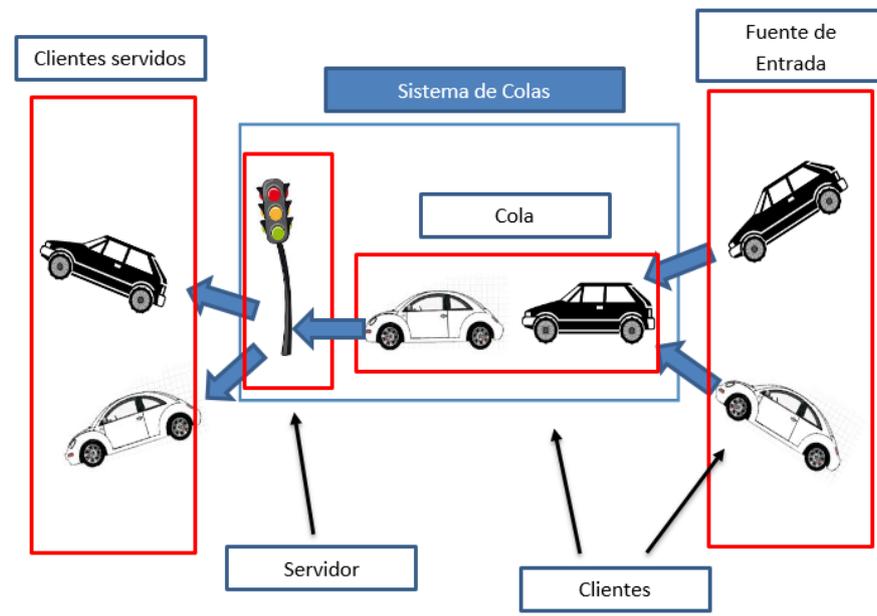
entre otras variables. Los cuales fueron registrados adecuadamente en los formatos correspondientes.

La etapa 2, consiste en la aplicación del sistema de líneas de espera en los datos de campo obtenidos para explicar y describir la situación actual de la calle Cajamarca entre las calles Libertad y Ancash con el objetivo de caracterizar el flujo vehicular de esta sección.

La etapa 3, contrasta el modelo de simulación por medio del software Synchro 8 con los valores obtenidos al aplicar el sistema de líneas de espera, con el objetivo de verificar si la validación es significativa para proponer una opción diferente en la programación de los servidores variando su tiempo de atención, de tal manera, que se logre mejorar la movilidad automotriz en el circuito estudiado.

### 2.2.3. DISEÑO DE MODELO TEÓRICO CONCEPTUAL

**Figura 17.**  
**Modelo Teórico**



Fuente: Propia

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### 2.3.1. DEFINICIONES GENERALES DE LA TEORÍA DE COLAS

**Adaptabilidad:** Es la propiedad de un sistema de aprender y modificar un proceso, un estado o una característica de acuerdo a las modificaciones que sufre el contexto. Para que un sistema pueda ser adaptable debe tener un fluido intercambio con el medio en el que se desarrolla.

**Cajas negras:** Es la representación del sistema cuando no sabemos qué elementos o cosas componen el sistema o proceso, pero sabemos que a esa caja negra le corresponden entradas y salidas.

**Distribución de Poisson:** Distribución de una variable aleatoria discreta.

**Entradas:** Son los ingresos del sistema que pueden ser recursos materiales, recursos humanos o información.

**Investigación operativa:** Es una metodología basada en la aplicación de modelos analíticos matemáticos para la toma de decisiones óptimas.

**Eficaz:** Logro de los objetivos.

**Eficiente:** Logro de los objetivos con una relación costo-beneficio positiva.

**Factor de utilización:** Dentro de la terminología sistémica, el factor de utilización de un sistema es un parámetro que emplea la teoría de colas mediante el cual se mide la capacidad del sistema para dar salida a unas entradas. Se expresa a través de la letra griega "rho" y relaciona el promedio de llegadas por unidad de tiempo con el número de servicios por unidad de tiempo. Cuando el factor de utilización es mayor de uno, el sistema precisa más servidores.

**Medio ambiente:** Medio que envuelve externamente al sistema y está en constante interacción con el sistema. La supervivencia del sistema depende de la capacidad de adaptarse, cambiar y responder a las exigencias y demandas del ambiente externo.

**Optimización:** Es la modificación del sistema para lograr el alcance de sus objetivos.

**Parámetro:** Variable que no tiene cambios ante alguna circunstancia específica. Esto no significa que la variable sea estática, sino que permanece inactiva frente a una situación determinada.

**Procesos:** Es el conjunto de acciones o gestos por los que se transforma una entrada en salida.

**Relaciones:** Son los enlaces que vinculan entre sí a los objetos o subsistemas que componen a un sistema complejo.

**Retroalimentación:** Es el resultado del ingreso al sistema como recurso o información de las salidas del sistema. La retroalimentación permite el control del sistema y que él mismo tome medidas de corrección en base a la información retroalimentada.

**Sistema:** Conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes que se relacionan formando un todo unitario y complejo.

**Subsistemas yuxtapuestos:** es la misma definición de sistema. Se hace referencia a subsistema como las partes o cosas de rango inferior y que forman el sistema. Estos subsistemas pueden ser a su vez ser sistemas ya que conforman un todo en sí mismos. Al sistema de rango mayor compuesto por subsistemas se le denomina macro sistema.

**Simulación:** técnicas para imitar el funcionamiento de sistemas o procesos reales.

**Sucesos:** ocurrencia que puede modificar el estado de un sistema.

**Salidas:** son los resultados que se obtiene de procesar las entradas. Al igual que las entradas pueden adoptar la forma de producto, servicio o información.

**Teoría de colas:** rama de la investigación operativa que estudia las listas de espera.

**Variable:** proceso interno que se desarrolla sobre la base de la acción, interacción y reacción de distintos elementos que deben necesariamente conocerse.

### 2.3.2. DEFINICIONES GENERALES DE TRÁNSITO

**Intersección:** Es el espacio físico compartido por varias líneas de flujo donde se presenta conflicto de movimientos entre estas.

**Corredor:** Es una vía continua compuesta por varias intersecciones.

**Ciclo:** Tiempo total que requiere una sucesión completa de los intervalos de un semáforo.

**Fase:** Es una parte del ciclo donde se le asigna el derecho de vía a un flujo de movimientos no conflictivos entre sí.

**Intervalo:** Tiempo durante el cual el semáforo presenta la misma señal.

**Desfase:** Es el tiempo que existe entre dos intersecciones semaforizadas a una velocidad constante (Teórica y asumida).

**Flujo de saturación:** Es el número de vehículos por hora que pueden pasar por un carril de una intersección, suponiendo que siempre esté en la fase verde.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

###### **A. Método de la investigación**

Se utilizaron como método general: el método deductivo, analítico y sistémico. Método deductivo: deduce del congestionamiento del mundo hacia nuestro caso particular. Además, el método analítico se utilizó para descomponer en tramos el congestionamiento. Y el método sistémico para identificar algunas reglas, algunas series de patrones y sucesos para prepararnos al futuro e influir en alguna medida.

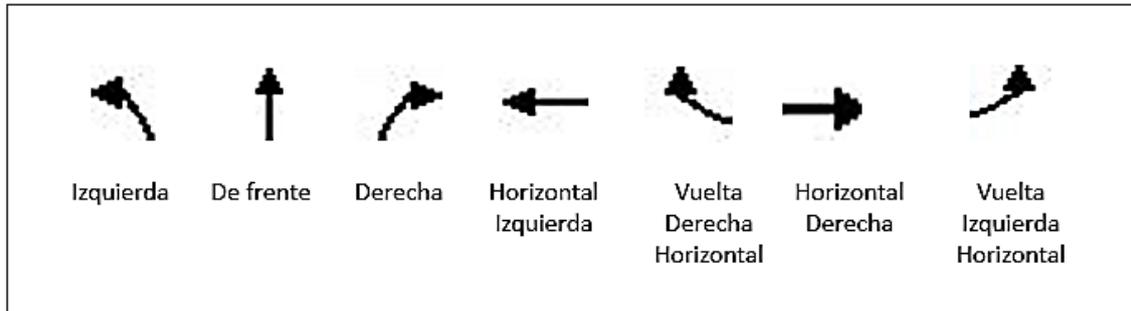
###### **B. Método específico de la investigación**

Como ya se había mencionado, esta investigación consta de 3 etapas:

La etapa 1, consiste en la descripción de la situación actual de la calle Cajamarca entre las calles Libertad y Ancash, a través de la utilización del software de simulación Synchro 8. Para lo cual se tuvo en cuenta el volumen del tráfico en la calle Cajamarca en intervalos de 15 min en cada intersección, lo cual se consideró la dirección de los automóviles, es decir cuál es su comportamiento en el circuito, como se expresa en la **Figura N° 18** registrado en los formatos correspondientes. Ver **Anexo 1**. También se tomó en cuenta las colas promedio, longitud de los vehículos, tasa de reparto, tiempos de programación actual de los semáforos, velocidad promedio de los vehículos, entre otras variables; registrándolos

adecuadamente con los instrumentos apropiados e ingresándolos al Software Synchro 8.

**Figura 18.**  
**Comportamiento de los Automóviles en el circuito**



**Fuente: Elaboración Propia**

Con los datos obtenidos en el trabajo de campo se puede identificar las horas punta en la calle de estudio y así realizar los aforos vehiculares; además para una buena simulación de la situación actual se debe considerar las dimensiones de los vehículos. **Ver Anexo 2**

En el **Anexo 3** se encuentra, los datos obtenidos del trabajo de campo realizado para cada uno de los semáforos que mueven el flujo vehicular en la zona analizada, por lo cual se identifica las entradas y salidas de los vehículos en los servidores por un lapso de una hora con el fin de simular el comportamiento del fenómeno de una forma más apegada a la realidad en el formato que se puede apreciar en la Tabla N°3

**Tabla 3.**  
**Llegadas y salidas promedio de vehículos por ciclo/hora**

<b>Servidor</b>	$\lambda$	$\mu$
Calles real y Cajamarca		
Calles Arequipa y Cajamarca		
Calles Moquegua y Cajamarca		
Ancash y Cajamarca		

**Fuente: Elaboración propia**

La etapa 2 consiste en la aplicación del sistema de líneas de espera en los datos de campo obtenidos para explicar y describir la situación actual de la calle Cajamarca entre las calles Libertad y Ancash con el objetivo de caracterizar el flujo vehicular de esta sección utilizando el siguiente método que se muestra en la tabla N°4 y la tabla desarrollada se encuentra en el **anexo 4**

**Tabla 4.**  
**Resultado obtenidos de la teoría de colas**

<b>Servidor</b>	$\lambda$	$\mu$	<b>Ls*</b>	<b>Lq*</b>	<b>Ws**</b>	<b>Wq**</b>
Calles real y Cajamarca						
Calles Arequipa y Cajamarca						
Calles Moquegua y Cajamarca						
Ancash y Cajamarca						

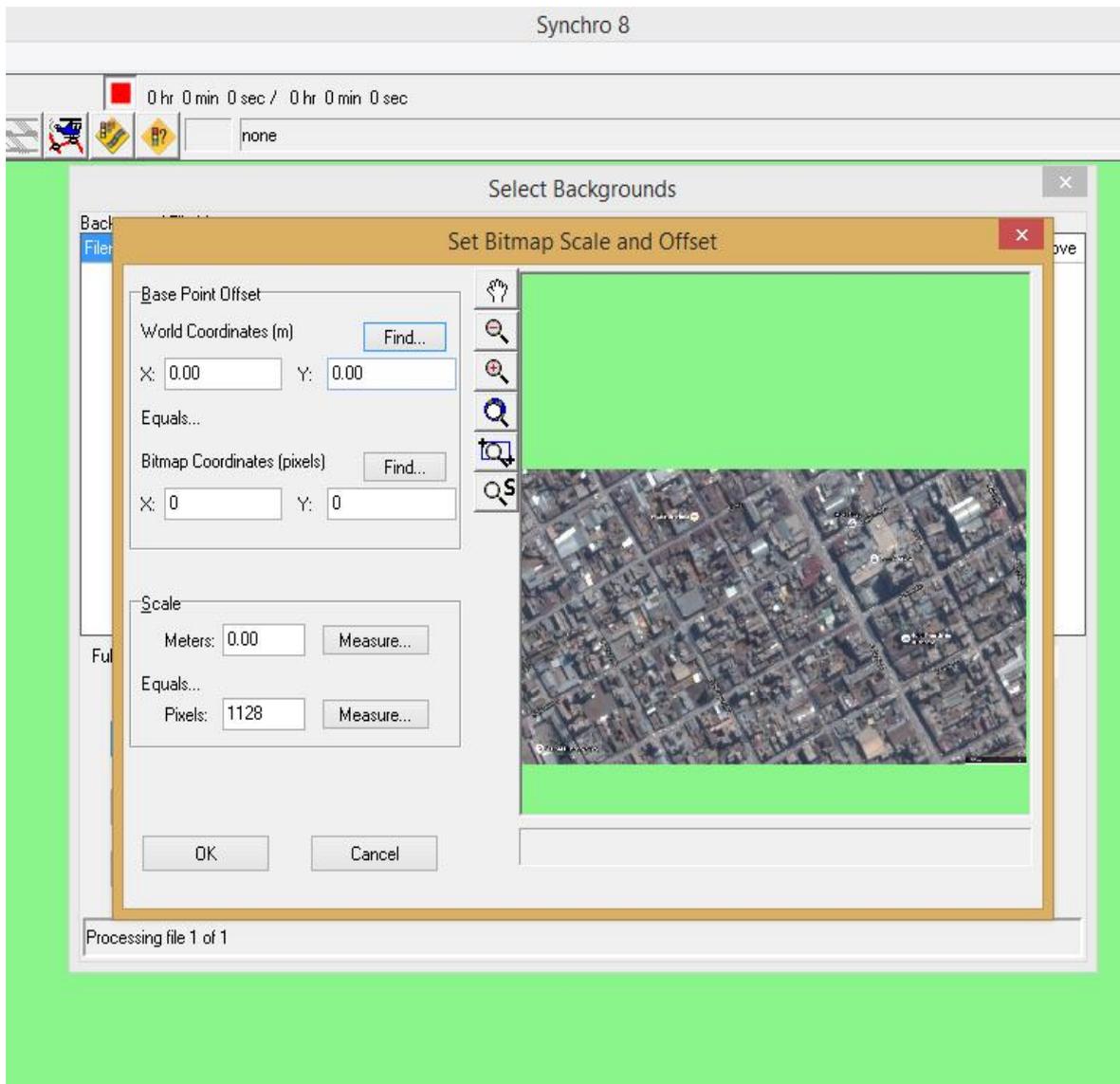
\*Cantidad promedio de vehículos

\*\*Valores en unidad de tiempo

**Fuente: Elaboración propia**

Además se tiene que tomar la validación entre lo real y lo simulado ingresando al software la escala del mapa, los volúmenes de cada tramo del circuito, el comportamiento de los automóviles al final de cada intersección y los tiempos de los servidores. Figuras N°17, 18, 19 Y 20, hallando así el porcentaje de error para poder simular y que no arroje un resultado igual a la realidad, ver tabla N °4, al momento de ejecutar la simulación y compararlo con la situación actual se obtuvo un margen de error del 3.5% , llegando a la conclusión que se cuenta con un nivel de confianza del 96.5%. **Anexos 5 y 6.**

**Figura 19.**  
**Validación modelo, establecer escalada**



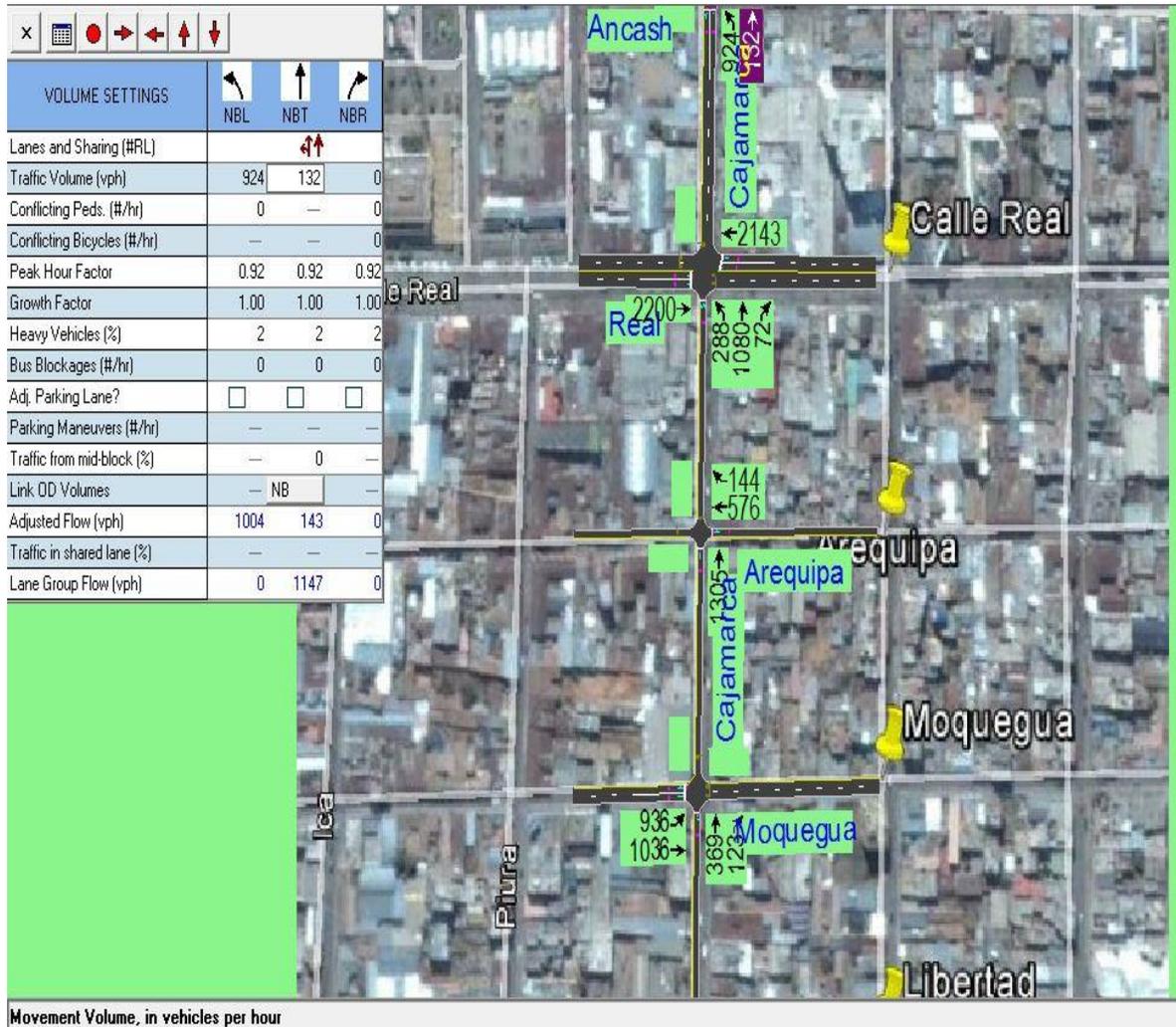
**Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8**

**Figura 20.**  
**Validación modelo, desarrollo del circuito**



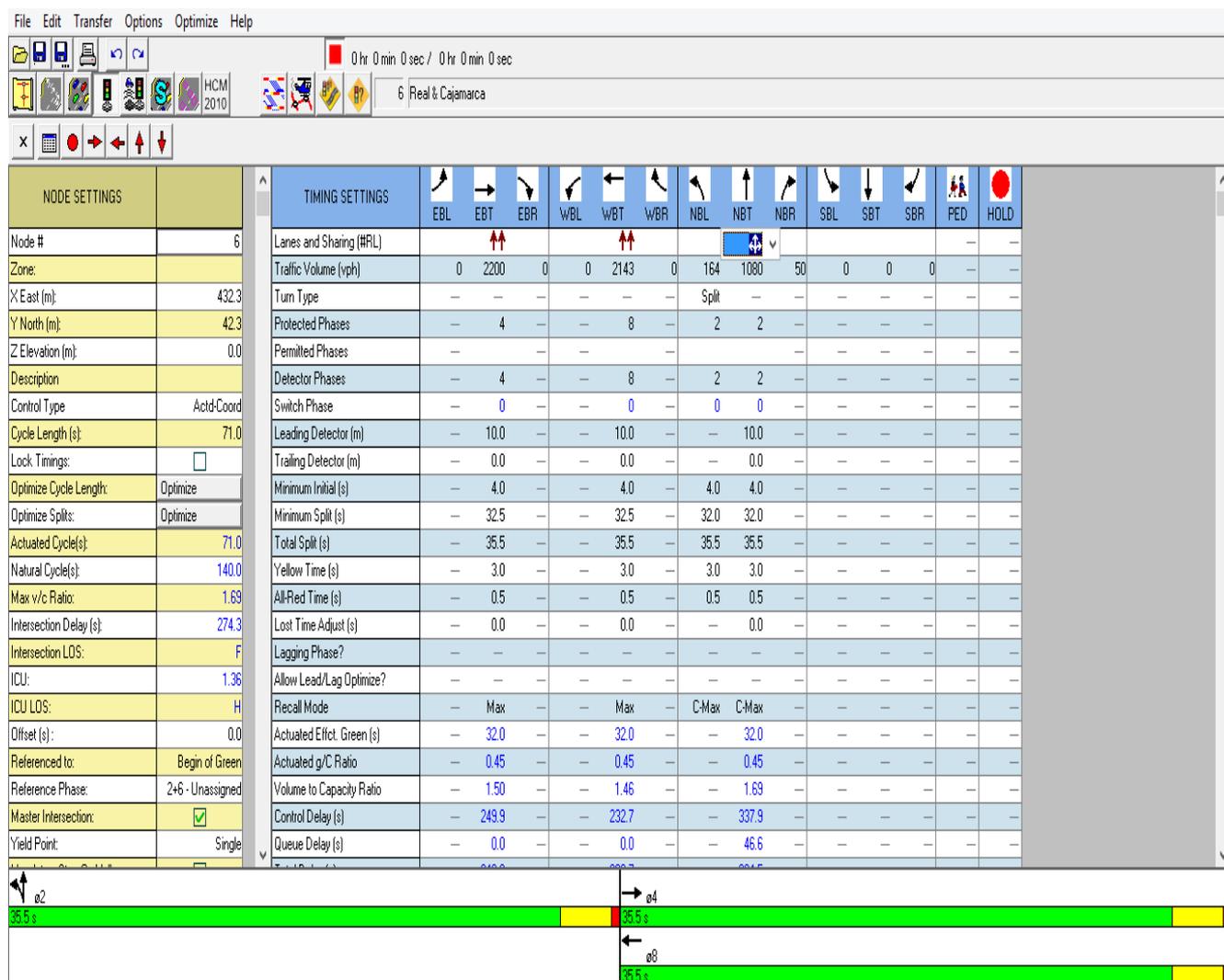
Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

**Figura 21.**  
**Validación modelo, Volumen del Circuito**



Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

**Figura 22.**  
**Validación modelo, Tiempo de los Servidores**



**Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8**

**Tabla 5.**  
**Porcentaje de error del modelo simulado por salidas**

	Actual	Simulado	% Error
Número de vehículos que salen del sistema			

**Fuente: Elaboración Propia**

La fase 3 se encarga de determinar de qué manera el diseño de un sistema de líneas de espera aplicada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín influye en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016.

Por lo cual se maneja los tiempos reales de los semáforos y se contará con la propuesta de la configuración de tiempos después de haber aplicado el sistema de líneas de espera. **Ver Anexo 7 y 8**

**Tabla 6.**  
**Tabla Programación de tiempos del servidor - Actual**

<b>Real</b>	Verde	Ámbar	Rojo
Semáforo calle Real y Cajamarca			
Semáforo Calle Arequipa y Cajamarca			
Semáforo Calle Moquegua y Cajamarca			
Semáforo Calle Ancash y Cajamarca			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.**  
**Tabla Programación de tiempos del servidor- Propuesta**

<b>Propuesta</b>	Verde	Ámbar	Rojo
Semáforo calle Real y Cajamarca			
Semáforo Calle Arequipa y Cajamarca			
Semáforo Calle Moquegua y Cajamarca			
Semáforo Calle Ancash y Cajamarca			

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **A. Tipo de investigación**

La investigación, es aplicada o también llamada fáctica ya que se utilizan conocimientos de la ciencia básica; además, la investigación es un estudio de tipo cuantitativo ya que es secuencial y probatorio.

## **B. Nivel de investigación**

La investigación es explicativa porque su interés se centra en explicar de qué manera la variable independiente (Sistema de líneas de espera) influye en la variable dependiente (movilidad vehicular). En este sentido se tratará de explicar de qué manera el sistema de líneas de espera influye en la movilidad vehicular.

## **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente trabajo las variables sistema de líneas de espera y movilidad vehicular, son variables que se puede manipular, por lo tanto, se planteó un diseño experimental.

### **3.2.1. TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de diseño de investigación es experimental puro ya que se va a tener una manipulación intencional de la variable independiente (sistema de líneas de espera) y de acuerdo a esto se va hacer una medición de la variable dependiente (movilidad vehicular).

## **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1. POBLACIÓN**

La población comprende todos los semáforos del circuito de estudio comprendido entre las calles Libertad y Ancash de la calle Cajamarca de la ciudad de Huancayo. Ver **Anexo 10**.

### **3.3.2. MUESTRA**

La muestra es no probabilística ya que se delimitó la muestra de acuerdo al interés del investigador y comprende los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. RESULTADOS**

##### **4.1.1. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Solo es factible alterar las variables independientes los cuales se puede tener el control cuando el investigador lo desee para determinar si causa algún efecto en la variable dependiente, y para este estudio las variables que lo integran son: tiempos de los servidores, los desfases entre servidores, los cuales pueden ser modificados por el organismo de tránsito de la ciudad de Huancayo.

La información se obtuvo a partir del trabajo de campo realizado para recopilar los datos necesarios para la simulación. Los resultados fueron obtenidos por el software de simulación Synchro 8 para obtener una validación entre lo real y lo simulado. Finalmente se utilizó el sistema de líneas de espera para generar una propuesta de mejora en el circuito estudiado.

##### **4.1.2. INFLUENCIA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA MEJORA DEL MECANISMO DE SERVICIO EN LOS SEMÁFOROS**

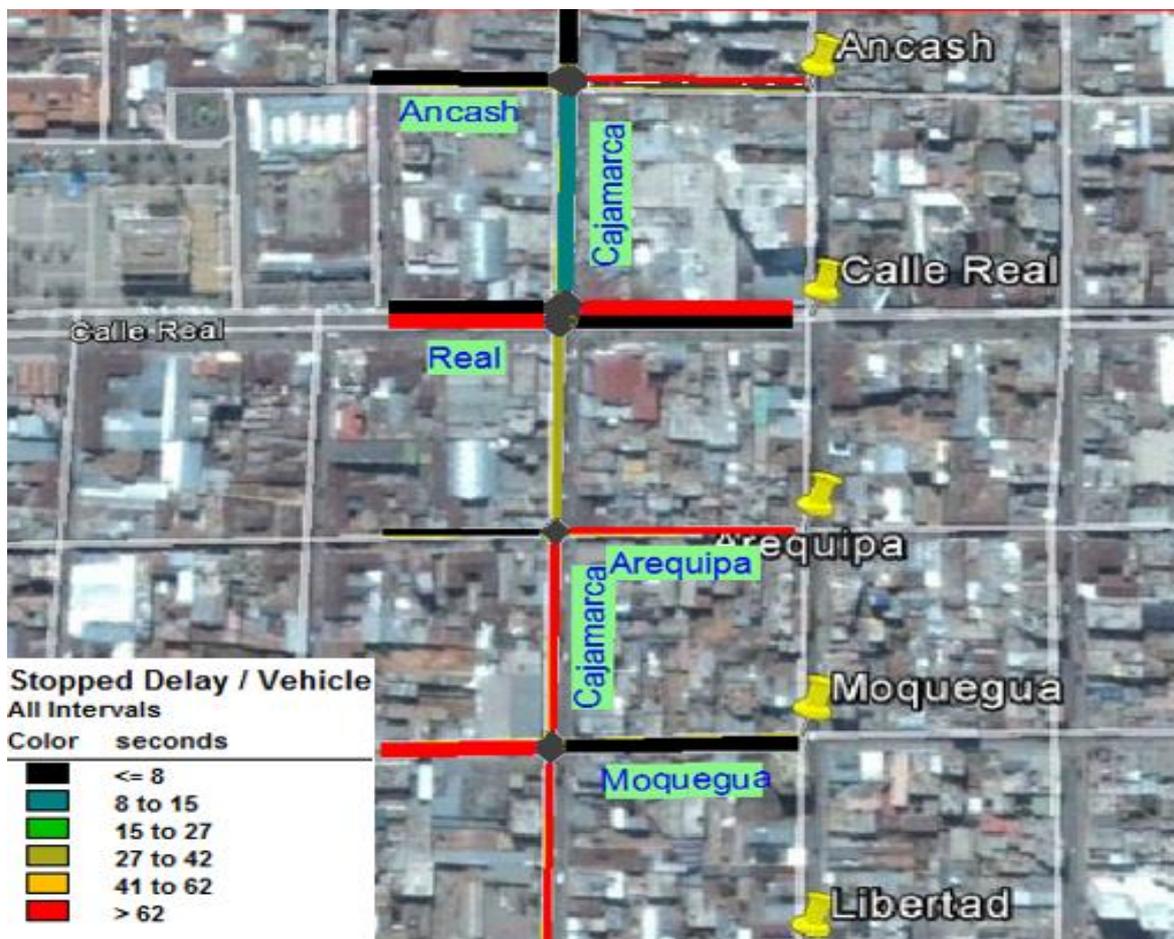
En la simulación del circuito antes de programar los servidores las demoras de los vehículos se encuentran en los intervalos más elevados como se puede observar figuras N°23 y 24 cuyas gráficas fueron exportadas del programa Synchro 8.

Figura 23.  
 Demoras por Vehículo en todos los intervalos (situación actual)



Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

**Figura 24.**  
**Demoras al parar por vehículo en todos los intervalos (situación actual)**

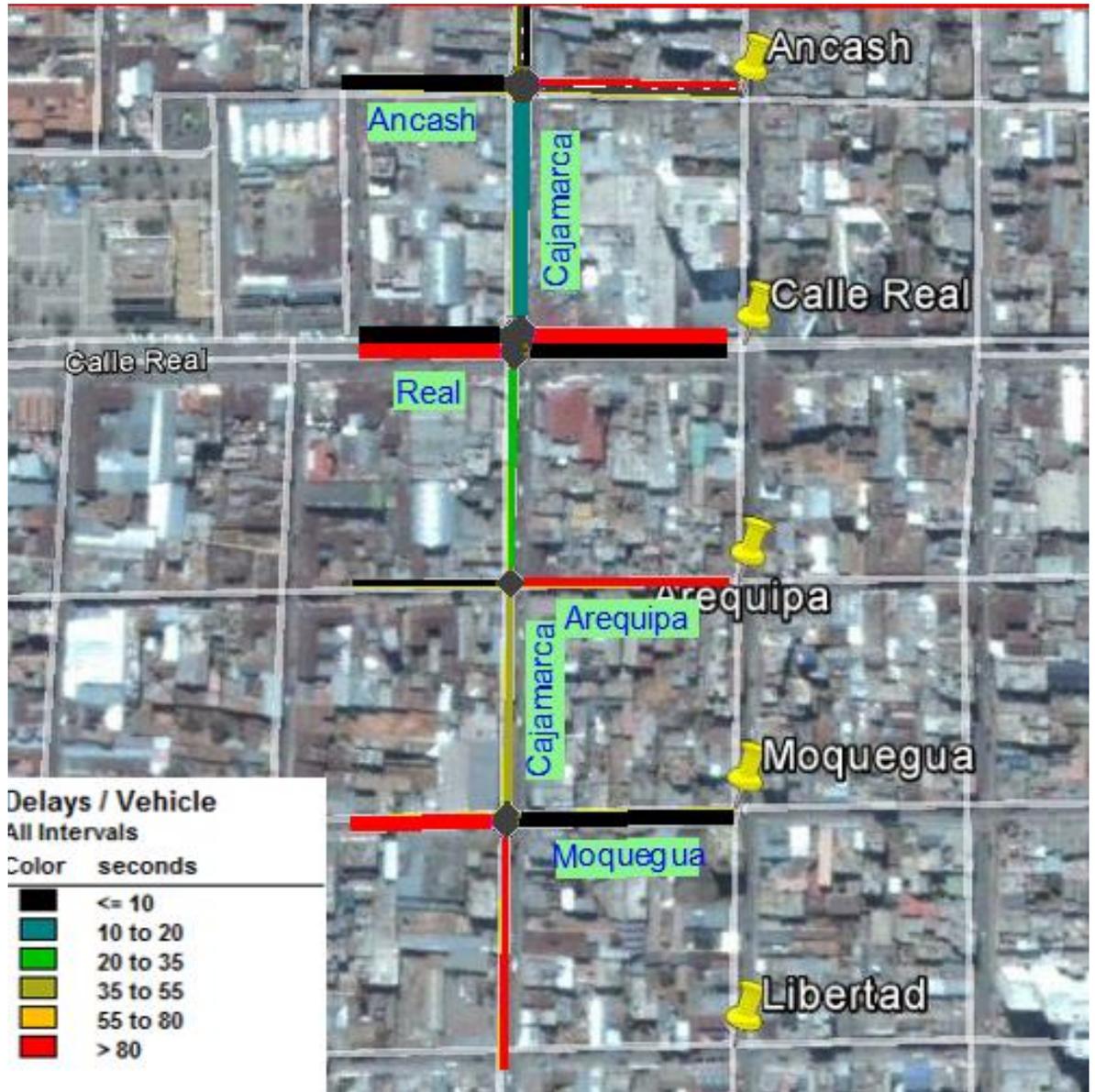


Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

Haciendo las mejoras del circuito en la configuración de los semáforos en base al sistema de líneas de espera se obtuvo los siguientes resultados que se pueden apreciar las figuras N° 25 y 26.

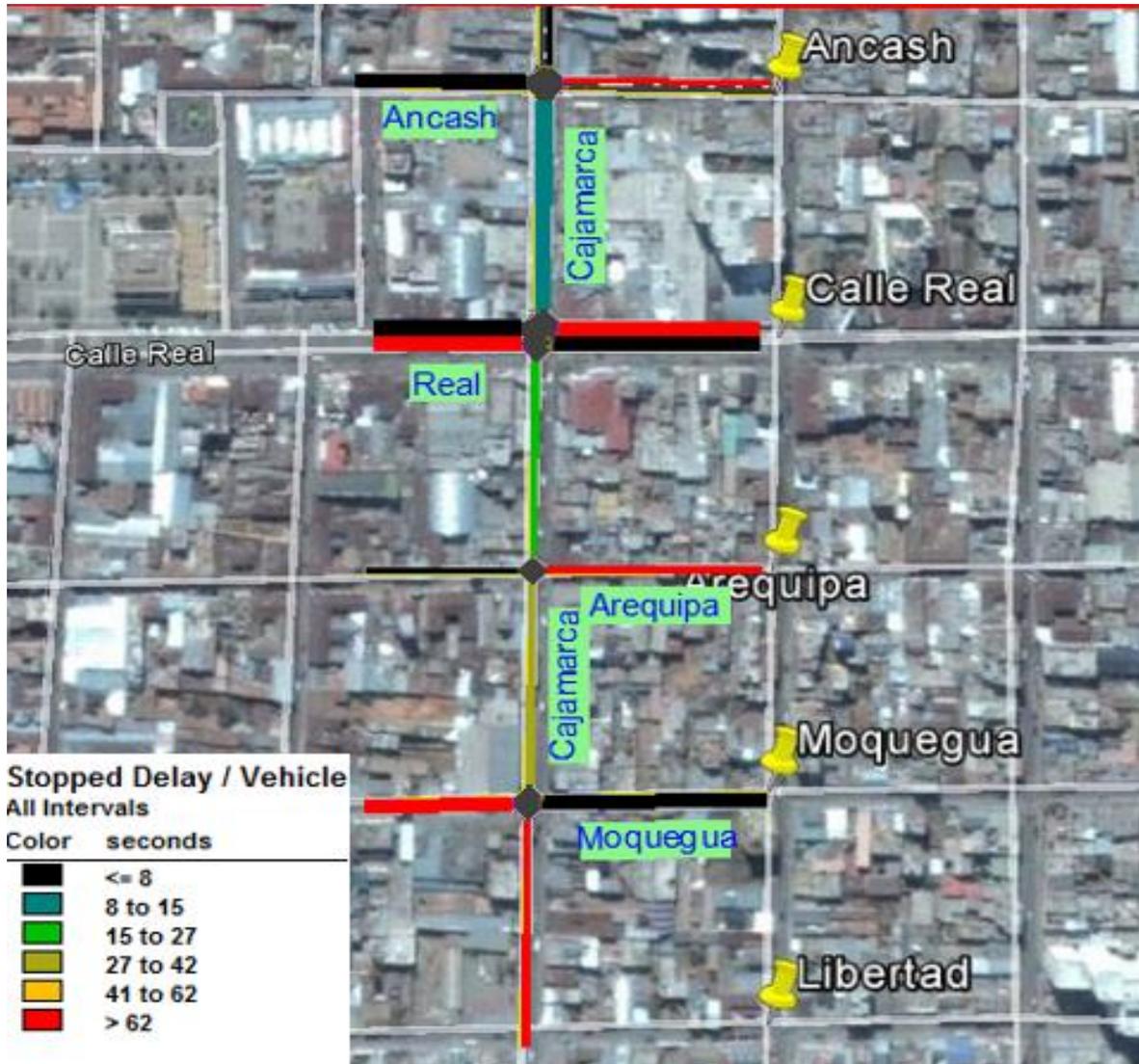
Lo cual podemos comprobar que al aplicar este sistema de líneas de espera se pudo reducir al intervalo <27-42] y [15-27] entre las calles Moquegua – Arequipa y Arequipa – Real respectivamente respecto a las demoras por vehículo. De igual forma en las demoras al parar por vehículo que se pudo reducir a los intervalos <27-42] y [25-27] entre las calles Moquegua – Arequipa y Arequipa – Real respectivamente

Figura 25.  
 Demoras por vehículo en todos los intervalos (mejorado)



Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

**Figura 26.**  
**Demoras al parar por vehículo en todos los intervalos (mejorado)**



Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

Además, se debe tomar en cuenta el “Ending Vehs” para saber si el sistema de líneas de espera ayuda en la mejora del mecanismo de servicio en los semáforos por lo cual se muestra en la figura N°27

Como se puede observar el “Ending Vehs” representa 118 vehículos que quedan en el sistema y comparándolo con el circuito sin aplicar ninguna mejora (situación actual) se tienen 116 vehículos en el sistema por lo tanto al aplicar la configuración de los semáforos de acuerdo al sistema de líneas de espera se tiene una mejora del 1.69%.

**Figura 27.**  
**Resumen general del circuito estudiado**

<b>Summary of All Intervals</b>	
Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded mScheduledIntervals	1
Vehs Entered	939
Vehs Exited	924
Starting Vehs	103
Ending Vehs	118
Denied Entry Before	92
Denied Entry After	556
Travel Distance (km)	193
Travel Time (hr)	74.2
Total Delay (hr)	69.4
Total Stops	956
Fuel Used (l)	85.2

Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

#### **4.1.3. INFLUENCIA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA MEJORA DEL PROCESO DE ENTRADA EN LOS SEMÁFOROS**

El número de vehículos que ingresan al circuito de estudio es aleatoria basada en la distribución de Poisson el cual al tener un mejor sistema en el circuito se obtendrá un mejor manejo del número de entradas de vehículos sin generar mayor congestión. En la figura N° 28 se puede observar en la parte que dice "Vehs Entered" el cual quiere decir que entran 939 vehículos y comparándolo con la simulación sin aplicar mejoras (Anexo N°6) que en este caso tiene una entrada de 837 por lo tanto al aplicar el sistema de líneas de espera se tiene una mejora de **10.86%** en el proceso de entrada del circuito estudiado.

**Figura 28.**  
**Resumen general del circuito estudiado**

<b>Summary of All Intervals</b>	
Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded mScheduledIntervals	1
Vehs Entered	939
Vehs Exited	924
Starting Vehs	103
Ending Vehs	118
Denied Entry Before	92
Denied Entry After	556
Travel Distance (km)	193
Travel Time (hr)	74.2
Total Delay (hr)	69.4
Total Stops	956
Fuel Used (l)	85.2

Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

#### **4.1.4. INFLUENCIA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA MEJORA DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA EN LOS SEMÁFOROS**

La capacidad del sistema; quiere decir, la capacidad de atender a los vehículos del sistema por un determinado ciclo; son las salidas de vehículos por cada tramo del circuito; en este caso los tramos son entre las calles Moquegua, Arequipa, Real y Ancash.

**Figura 29.**  
**Resumen general del circuito estudiado**

<b>Summary of All Intervals</b>	
Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded mScheduledIntervals	1
Vehs Entered	939
Vehs Exited	924
Starting Vehs	103
Ending Vehs	118
Denied Entry Before	92
Denied Entry After	556
Travel Distance (km)	193
Travel Time (hr)	74.2
Total Delay (hr)	69.4
Total Stops	956
Fuel Used (l)	85.2

**Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8**

Las Salidas del sistema está representado por “Vehs Exited” el cual al comparar el resultado de la simulación antes de la mejora con la simulación al momento de manipular sus variables del sistema estudiado está cuantificado por 924 y 809 vehículos que salen del sistema mostrando así una mejora del 12.44%

#### **4.1.5. INFLUENCIA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA EN LA MEJORA DE LA MOVILIDAD VEHICULAR**

Se observaron mejoras en el proceso de entrada, salida y el mecanismo de servicio, por lo tanto, esto lleva a una mejora de la movilidad vehicular , evitando las demoras en los circuitos, el tiempo perdido en cada tramo, aunque un par de segundos parece no tener relevancia pero si los acumulamos pueden tener gran impacto económicamente porque todo ese tiempo perdido consume energía , conllevando a una perdida “Invisible” causada por el congestionamiento de la calle Cajamarca en los servidores de Moquegua, Arequipa , Real y Ancash.

**Figura 30.**  
**Resumen general del circuito estudiado**

<b>Summary of All Intervals</b>	
Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded mScheduledIntervals	1
Vehs Entered	939
Vehs Exited	924
Starting Vehs	103
Ending Vehs	118
Denied Entry Before	92
Denied Entry After	556
Travel Distance (km)	193
Travel Time (hr)	74.2
Total Delay (hr)	69.4
Total Stops	956
Fuel Used (l)	85.2

**Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8**

Por lo tanto, tomando en cuenta todos los aspectos que se han considerado se tiene una mejora en la movilidad vehicular del circuito estudiado reduciendo el “Delay” en un **15%** después de aplicar las mejoras correspondientes.

## **4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

- La investigación buscó determinar como objetivo general averiguar de qué manera el diseño de un sistema de líneas de espera aplicada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín, influye en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016. Los objetivos específicos fueron determinar de qué manera el diseño de un sistema de líneas de espera influye en la mejora del mecanismo de servicio ,proceso de entrada y capacidad del sistema en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016. Las informaciones de los volúmenes del tránsito fueron tomadas directamente en un trabajo de campo en intervalos de 15 minutos durante tres 3 meses (abril, mayo y junio 2016). La metodología mostro ser eficiente

para la obtención de los flujos de tránsito del circuito estudiado a través del sistema de líneas de espera, calculando las entradas y salidas de vehículos por cada tramo del circuito. Sin embargo, en el trabajo de campo se tuvo ciertas dificultades para la toma de datos debido a la cultura de los mismos conductores ya que no tomaban en cuenta las reglas de tránsito.

- Respecto a la validez entre la situación actual y la simulación de este comportamiento se tuvo un error de 3.5% convirtiéndolo así en un medio confiable para realizar las configuraciones de los semáforos en el circuito estudiado.
- Al aplicar la configuración de los semáforos de acuerdo al sistema de líneas de espera se tiene una mejora del 1.86%. en el mecanismo de servicio ya que se tomó en cuenta el "Ending Vehs" tanto de la simulación actual y de la simulación con la mejora aplicando el sistema de líneas de espera.
- Al aplicar el sistema de líneas de espera se tiene una mejora de 10.86% en el proceso de entrada del circuito estudiado ya que se tomó en cuenta el "Vehs Entered" de las dos simulaciones que se hicieron tanto actual y la propuesta de mejora.
- Se obtuvo una mejora en la capacidad del sistema en un 12.44% al aplicar el sistema de Líneas de espera ya que se tomó en cuenta lo vehículos que salen del circuito.
- Se observaron mejoras en el proceso de entrada, salida y el mecanismo de servicio, por lo tanto, esto lleva a una mejora de la movilidad vehicular reduciendo las demoras y tiempos perdidos que genera la congestión vehicular, reduciendo así el "Delay" en un 15% en total.

## CONCLUSIONES

- El sistema de Líneas de espera puede ser aplicado en toda situación el cual exista congestión.
- Los problemas que surgen en cada momento son solucionados de una forma eficiente, eficaz y rápida donde se pueda identificar el beneficio, el rendimiento, la conveniencia al aplicar la propuesta de mejora seleccionada mucho antes de realizar la implementación que conlleva gastos elevados innecesarios gracias a los modelos matemáticos integrados en una simulación.
- Es necesario hacer uso de modelos matemáticos en diferentes situaciones donde existe una problemática por resolver ya que estos permiten evaluar diferentes escenarios con múltiples alternativas de solución, dando la opción de escoger rápidamente la mejor propuesta. Como es el caso del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos para resolver una problemática del día a día.
- Es muy importante que la simulación realizada sea fidedigna por lo cual se debe verificar este resultado con otras investigaciones, artículos científicos o trabajos de campo realizados en situaciones similares.
- Con esta investigación se logra demostrar que al controlar los tiempos en los servidores mejora la movilidad vehicular en un circuito en línea con sus respectivas intersecciones logrando una reducción en el tiempo perdido que genera el circuito de la Calle Cajamarca.
- El resultado obtenido más importante es la disminución de las demoras (Delays) del circuito estudiado en un 15%, esto se ve reflejado en las entradas y salidas de los vehículos como un proceso más homogéneo.

## RECOMENDACIONES

- Hacer uso de la programación lineal para un buen manejo de procesamiento de datos de información, ya que utiliza técnicas de segmentación con estructuras lógicas.
- Realizar la simulación considerando el nivel de contaminación que genera el congestionamiento vehicular para tener un mayor impacto en la población y se tomen medidas al respecto
- Realizar modelos matemáticos dinámicos, el cual proponga nuevas programaciones en los semáforos en diferentes periodos de tiempo tomando en cuenta diferentes parámetros con el objetivo de alimentar este algoritmo
- Realizar la inclusión de peatones y estacionamientos en el modelo de simulación para obtener un nivel de confianza mayor.
- Realizar estudios de costo – beneficio en los circuitos donde exista congestión vehicular involucrando a la municipalidad para tomar medidas a nivel macro.
- Buscar financiamiento por parte de identidades públicas para realizar el estudio a nivel macro y micro en la ciudad de estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AAA. 1972.** The audit section. *Definition*. [En línea] 1972.

<http://www2.aaahq.org/audit/index.htm>.

**AICPA. 2015.** [www.aicpa.org](http://www.aicpa.org). *Forming an Opinion and Reporting on Financial Statements: Auditing Interpretations of AU-C Section 700*. [En línea] 2015.

[http://www.aicpa.org/research/standards/auditattest/downloadabledocuments/au-c\\_9700\\_3.pdf](http://www.aicpa.org/research/standards/auditattest/downloadabledocuments/au-c_9700_3.pdf).

**ALLENDE, Sira, y otros. 2005.** *Modelo de optimización con restricciones de equilibrio para el control de semáforos*. 2005.

**Anónimo. 2007.** Monografías. *Control Interno*. [En línea] 13 de 5 de 2007.

<http://www.monografias.com/trabajos16/control-interno/control-interno.shtml>.

*Aplicación de los cinco componentes del Control Interno Coadyuvan a mejorar la gestión de las entidades públicas y privadas.* **Pecho, María. 2015.** 2015, *Insigh Maganerial*, págs. 121-128.

**AVZEKAR, Minal K. y MOON, Amruta. 2014.** *Adaptive Traffic Sgnal Control with VANET*. 2014.

**AYALA, María Esther. 2007.** *Análisis y Aplicación de la teoría de colas en un centro médico de consulta externa*. 2007.

**Bolaños, Dr. Ernesto. 2012.** Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Muestra y Muestreo*. [En línea] 12 de 01 de 2012.

[http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/tizayuca/gestion\\_tecnologica/muestraMuestreo.pdf](http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf).

**Bulege, Wilfredo. 2011.** Universidad Continental. *Apuntes de Ciencia y Sociedad*. [En línea] 18 de Abril de 2011. [Citado el: 02 de Julio de 2015.]

<http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/21/20>.

**BURGOS, Vanessa, Fernández, Rodrigo y Cortés, Cristian E. 2005.** *Desarrollo de un simulador de operaciones de transporte público en un ambiente de microsimulación de tráfico (SIMTRANSIT)*. 2005.

**Burton, William Thomas Porter y John C. 1983.** *Conceptos básicos de auditoría. Conceptos básicos de auditoría*. 1983.

**CAL, Rafael y Reyes Espíndola, Mayor. 1994.** *Ingeniería de Transito transporte 7° Edición*. Mexico : Ediciones Alfaomega S.A, 1994.

**CAMURRI, Marco, MAMEI, Marco y ZAMBONLLI, Franco. 2009.** *Urban Traffic Control ith Co-Fields*. 2009.

*Capacitaciones Lúdicas en Micro y Pequeñas Empresas de la Región Junín.* **De la Torre, R. Mari,S & Rivera,L. 2015.** 2015, Universidad Continental.Apunte de Ciencia y Sociedad, págs. 89-93.

**CARDONA, Blanca Azucena. 2005.** *La teoría de colas como herramienta para optimizar el servicio en una entidad municipal.* 2005.

**CHANCA, Jose Antonio y CASTELLANOS, José A. 2004.** *Simulación microscópica de tráfico urbano y su aplicación en un área de la ciudad de Zaragoza.* 2004.

**CONGRESO CONSTITUYENTE DEMOCRÁTICO DEL PERÚ. 1993.** *Constitución Política del Perú.* Lima : OFICIALÍA MAYOR DEL CONGRESO, 1993. pág. 3.

**Congreso de la República. 1997.** *Ley General de Sociedades.* Lima : s.n., 1997.

**Contraloría General de la República. 2015.** Los tres pilares de una gestión limpia y eficiente. *Control Interno.* [En línea] 12 de 11 de 2015.  
[https://apps.contraloria.gob.pe/packanticorruccion/control\\_interno.html](https://apps.contraloria.gob.pe/packanticorruccion/control_interno.html).

**Contraloría Genral de la República. 2015.** Los tres pialres de una gestión limpia y eficiente. *Control Interno.* [En línea] 12 de 12 de 2015.  
[https://apps.contraloria.gob.pe/packanticorruccion/control\\_interno.html](https://apps.contraloria.gob.pe/packanticorruccion/control_interno.html).

*Determinación de políticas de acceso al financiamiento del capital de trabajo en las MYPES del sector comercio del distrito de Huancaayo.* **L., Zevallos R. Leiva A. Rosales P. & Baldeón. 2011.** 2011, Universidad Continental. Apunte de Ciencia y Sociedad, págs. 135-140.

**Díaz. 2010.** *NIAS para PYMES.* Lima : s.n., 2010.

**Dirección Regional de Trabajo y Promoción del Empleo de Junín. 2005.** Plan Regional de Promoción y Formalización para la Competitividad y Desarrollo de las MYPES de Junín. [En línea] 12 de 03 de 2005. <http://es.slideshare.net/conajup/plan-mype-junin>.

*Educación emprendedora: Servicios y programas de las universidades españolas.* **Fundación INCYDE. 2012.** 2012, Fundación Universidad-Empresa, pág. 17.

*EL EMPRENDIMIENTO COMO MOTOR DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO.* **Luis Lupiáñez Carrillo, Tiziana Pruiede Bergamini y Cristina López-Cózar Navarro. 2014.** 2014, BOLETÍN ECONÓMICO DE ICE Nº 3048, pág. 55.

**El Peruano. 2008.** Decreto legislativo que aprueba la ley de promoción de la competitividad, formalización y desarrollo de la micro y pequeña empresa y del acceso al empleo decente. *Decreto Legislativo.* 28 de 06 de 2008, págs. 1-7.

**Estrada, María Sonia Barrientos. 2011.** NIC NIIF. *El primer portal en español de Normas Internacionales de Información Financiera NIIF - IFRS.* [En línea] 12 de Octubre de 2011.  
<http://www.nicniif.org/home/acerca-de-niif-para-pymes/acerca-de-las-niif-para-pymes.html>.

*Estructura empresarial por segmento a nivel del departamento de Junín.* **Mayor, María. 2015.** 2015, Insign Maganerial.

**EY Perú. 2015.** Perspectivas EY Perú. *Perspectivas EY Perú*. [En línea] 17 de Junio de 2015. En esta columna mencionan la participación de varios colaboradores de EY Perú, entre ellos a: Juan Paredes, Paulo Pantigoso, Alejandro Magdits y Víctor Menghi..

<http://perspectivasperu.ey.com/2015/06/17/las-pymes-en-el-peru-impulsando-el-crecimiento-economico/>.

**HEMAKUMAR, V. y Nazini, H. 2013.** *Optimized Traffic Signal Control System at traffic Intersection Using VANET*. 2013.

**Henares López, César. 2010.** *Informe COSO. Obtenido de Componentes*:. México D.F., México : s.n., 09 de 08 de 2010.

**Hernández, Fernández y Baptista. 2006.** *Metodología de la Investigación, 4ta Edición*,. Mexico D.F. : s.n., 2006.

**HILLIER, Frederick y LIEBERMAN, GERALD. 2010.** *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Mexico : The McGraw-Hill Companies, 2010.

**Holmes, Arthur W. 1984.** El concepto moderno de la Auditoría. *El concepto moderno de la Auditoría*. 1984.

**IASB. 2008.** *Normas Internacionales de Auditoría(NIAS)*. México DC. : Corporación Abaco, 2008.

**IFAC. 2007.** *AUDITORIA FINANCIERA DE PYMES*. México DC. : ECOE Ediciones, 2007.

**IFRS (International Financial Reporting Standards). 2009.** *NIIF para las PYMES-Instrumentos financieros básicos*. [ed.] Ministerio de Economía y Finanzas. Lima : International Accounting Standars Committee Foundation, 2009. págs. 61-63.

**IFRS. 2012.** *NIC 8 Políticas Contables, Cambios en las Estimaciones Contables y Errores*. Londres : IFRS, 2012.

**INEI. 2011.** *ENCUESTA DE MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA*. Lima : Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2011.

**JARAMILLO, Daniel. 2005.** *Simulación y control de tráfico vehicular por semaforización*. 2005.

*La armonización de Normas Contables en los Países de América. Vélchez, Percy. 2008.* 2008, Contabilidad y Negocios. , págs. 5-10.

**Ladino, Enrique.** monografías.com. *monografías.com*. [En línea]

**Lefcovich, Mauricio. 2004.** De Gerencia. *Las pequeñas empresas y las causas de sus fracasos*. [En línea] 21 de 09 de 2004.

[http://www.degerencia.com/articulo/las\\_pequenas\\_empresas\\_y\\_las\\_causas\\_de\\_sus\\_fracasos](http://www.degerencia.com/articulo/las_pequenas_empresas_y_las_causas_de_sus_fracasos).

**LEMA, Carmen S., Pedreira, Luis P. y Allende, Sira. 2009.** *Un análisis de los modelos y métodos de optimización del tráfico urbano*. 2009.

- Mantilla, Samuel Alberto. 2012.** La profesionalización de la Auditoría en Colombia. *La profesionalización de la Auditoría*. [En línea] 13 de 08 de 2012.  
[http://www.media.wix.com/ugd/e8a62c\\_7a7b.pdf](http://www.media.wix.com/ugd/e8a62c_7a7b.pdf).
- Ministerio de la Producción PRODUCE. 2013.** *LAS MIPYMES EN CIFRAS*. Lima. Perú : Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial, 2013.
- Ministerio de Producción. 2012.** Crecepyme. *Regímenes Tributarios*. [En línea] 2012.  
<http://www.crecemype.pe/portal/images/stories/files/img/coleccion-crecemype-l/formaliza-b.pdf>.
- Monografías. 2010.** Informe COSO. *Componentes*. [En línea] 09 de 08 de 2010.  
<http://www.monografias.com/trabajos12/coso/coso2.shtml>.
- MOYA, Maria Amparo. 2005.** *Aplicación de un modelo de simulación a la gestión de las listas de espera de consultas externas de cirugía de un hospital comarcal*. 2005.
- Nudman, Puyol. 2006.** Manual de Auditoria Operativa. *Manual de Auditoria Operativa*. 2006.
- OÑATE, Luis Alberto. 2005.** *Simulador Multiagente de tráfico urbano*. 2005.
- OROZCO, Ana María, LLANO, Gonzalo y MICHOU, Roger. 2012.** *Redes vehiculares Ad-hoc: Aplicaciones basadas en simulación*. 2012.
- OROZCO, Ana Maria, Michoud, Roger y LLano, Gonzalo. 2012.** *Redes Vehiculares – VANETs – Aplicaciones basadas en simulación*. 2012.
- OROZCO, Oscar y LLANO, Gonzalo. 2014.** *APLICACIONES PARA REDES VANET ENFOCADAS EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL, UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA*. 2014.
- OSORIO, Carolina y BIERLAIRE, Michel. 2010.** *A simulation-based optimization framework for urban traffic control*. 2010.
- República, Contraloría General de la. 2015.** Los tres pilares de una gestión limpia y eficiente. *Control Interno*. [En línea] 12 de 12 de 2015.  
[https://apps.contraloria.gob.pe/packanticorruccion/control\\_interno.html](https://apps.contraloria.gob.pe/packanticorruccion/control_interno.html).
- RINCON, David. 2004.** *Introducción a los modelos de tráfico para redes de banda ancha*. 2004.
- Rivera, Jaqueline Aspilcueta. 2009.** MYPES EN EL PERU. *DENIFICION DE MYPE*. [En línea] 19 de 03 de 2009. <http://www.monografias.com/trabajos93/mypes-peru/mypes-peru.shtml>.
- ROLES, Daniel, ÑAÑEZ, Pablo y QUJANO, Nicanor. 2009.** *Control y simulación de tráfico urbano en Colombia: Estado del arte*. 2009.
- SALIMIFARD, Khodakaram y ANSARI, Mehdi. 2013.** *Modeling and simulation of Urban Traffic Signals*. 2013.

**Sampieri, Roberto Hernández. 2006.** *Metodología de la Investigación, 4ta Edición,*. Mexico D.F. : s.n., 2006.

**Samplet. 2010.** *Metodología de la investigación.* 2010.

**Sánchez, Marcela. 2013.** Importancia de la implementación del control interno en las MIPYMES. *Importancia de la implementación del control interno en las MIPYMES.* [En línea] 08 de 09 de 2013. repository.unimilitar.edu.com.

**SERRA DE LA FIGUERA, Daniel. 2002.** *Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones.* 2002.

**Significados. 2013.** Significados. *Comercio.* [En línea] 25 de 07 de 2013. <http://www.significados.com/comercio/>.

**Sociedad Peruana de Pyme-SPP. 2013.** Peru21. *¿Porqué fracasan las empresas?* [En línea] 20 de 05 de 2013. <http://peru21.pe/mis-finanzas/que-fracasan-empresas-2131876>.

**SUNAT. 2016.** Orientación SUNAT. *Concepto NRUS RER.* [En línea] 01 de 2016. <http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/nuevo-regimen-unico-simplificado-nuevo-rus/3097-01-concepto-de-nrus-nuevo-rus>.

**Tamayo. 2002.** *Metodología.* 2002.

**UN, División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la Secretaría de las Naciones Unidas. 2014.** *La situación demográfica en el Mundo.* Nueva York : s.n., 2014.

**UNICA. 2008.** Capítulo 7: El Control Interno. *Conceptos.* [En línea] 15 de 07 de 2008. <http://fccea.unicauca.edu.co/old/tgarf/tgarfse83.html>.

**VELEDA, Márcia Helena y SENA DE ALMEIDA, Ely. 2011.** *Apliação de simulação para obtenção de soluções ao tráfego em rotatória da cidade de Manaus.* 2011.

**Vico, Johnny Millán Marín y Mael Huamán. 2013.** *El control interno como herramienta eficaz para mejorar los procesos logísticos en Automóviles S.A.* Huancayo : s.n., 2013.

**Wikipedia.org. 2015.** Wikipedia. *Control Interno.* [En línea] 28 de 11 de 2015. [https://es.wikipedia.org/wiki/Control\\_interno](https://es.wikipedia.org/wiki/Control_interno).

**Zevallos, Ronald, y otros. 2011.** Universidad Continental. *Apuntes de Ciencia y Sociedad.* . [En línea] 22 de Diciembre de 2011. [Citado el: 9 de Julio de 2015.] <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/34/33>.

## **ANEXOS**

ANEXO N°1: Volúmenes vehiculares de tránsito de la calle Cajamarca / Promedio de los meses (abril, mayo y junio de 2016)

IZQUIERDA 

## Ancash

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	360	55	20	0	0	435
06:15	07:15	350	120	20	0	0	490
06:30	07:30	373	147	40	0	0	560
06:45	07:45	380	183	47	0	0	610
07:00	08:00	378	210	63	0	0	651
07:15	08:15	382	250	71	0	0	703
07:30	08:30	397	320	80	2	1	800
07:45	08:45	382	250	71	0	0	703
08:00	09:00	378	210	63	0	0	651
08:15	09:15	380	187	47	0	0	614
08:30	09:30	392	191	85	2	0	670
08:45	09:45	387	179	78	1	0	645
09:00	10:00	391	170	83	1	1	646
09:15	10:15	379	197	81	2	2	661
09:30	10:30	374	210	79	3	3	669
09:45	10:45	373	209	77	3	0	662
10:00	11:00	381	201	49	4	4	639
10:15	11:15	381	201	53	3	3	641
10:30	11:30	378	210	63	0	0	651
10:45	11:45	382	250	71	0	0	703
11:00	12:00	397	255	74	2	2	730
11:15	12:15	403	273	75	2	2	755
11:30	12:30	438	294	83	3	3	821
11:45	12:45	440	370	92	2	1	905
12:00	13:00	440	368	83	3	3	897
12:15	13:15	440	368	83	3	3	897
12:30	13:30	443	368	84	4	2	901
12:45	13:45	442	368	84	2	2	898
13:00	14:00	445	366	85	2	1	899
13:15	14:15	443	364	85	3	2	897
13:30	14:30	444	367	86	2	1	900

13:45	14:45	445	368	85	2	2	902
14:00	15:00	441	368	86	2	1	898
14:15	15:15	439	367	87	3	2	898
14:30	15:30	440	368	87	2	1	898
14:45	15:45	440	368	86	3	3	900
15:00	16:00	440	364	88	2	2	896
15:15	16:15	444	365	88	2	0	899
15:30	16:30	443	365	88	4	4	904
15:45	16:45	442	368	87	2	2	901
16:00	17:00	444	370	85	3	3	905
16:15	17:15	440	374	90	2	0	906
16:30	17:30	445	376	91	1	1	914
16:45	17:45	445	382	94	2	1	924
17:00	18:00	440	380	90	2	1	913
17:15	18:15	439	379	89	2	1	910
17:30	18:30	437	377	89	2	2	907
17:45	18:45	437	377	92	3	3	912
18:00	19:00	360	184	75	2	2	623
18:15	19:15	257	183	70	4	4	518
18:30	19:30	193	178	60	2	0	433
18:45	19:45	180	170	50	3	3	406
19:00	20:00	153	104	72	1	0	330
19:15	20:15	140	100	56	2	0	298
19:30	20:30	140	95	45	1	0	281
19:45	20:45	145	93	43	1	0	282
20:00	21:00	130	80	41	0	0	251
20:15	21:15	111	79	39	0	0	229
20:30	21:30	72	70	37	0	0	179
20:45	21:45	72	68	28	0	0	168
21:00	22:00	60	55	20	0	0	135

Fuente: Elaboración Propia

## Real

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	40	20	0	0	0	60
06:15	07:15	37	23	0	0	0	60
06:30	07:30	45	27	0	0	0	72
06:45	07:45	50	21	0	2	0	73

07:00	08:00	63	31	0	1	0	95
07:15	08:15	64	43	0	2	0	109
07:30	08:30	70	55	0	2	0	127
07:45	08:45	67	48	0	2	0	117
08:00	09:00	64	43	0	2	0	109
08:15	09:15	64	43	0	1	0	108
08:30	09:30	63	42	0	1	0	106
08:45	09:45	61	38	0	1	0	100
09:00	10:00	64	43	1	1	0	109
09:15	10:15	65	45	0	2	0	112
09:30	10:30	73	48	0	1	0	122
09:45	10:45	77	51	0	1	0	129
10:00	11:00	81	53	0	0	0	134
10:15	11:15	83	55	0	1	0	139
10:30	11:30	87	55	0	2	0	144
10:45	11:45	89	57	0	2	0	148
11:00	12:00	89	60	0	1	0	150
11:15	12:15	91	61	0	2	0	154
11:30	12:30	93	61	0	1	0	155
11:45	12:45	95	63	0	1	0	159
12:00	13:00	93	61	0	1	0	155
12:15	13:15	91	61	0	2	0	154
12:30	13:30	89	60	0	1	0	150
12:45	13:45	67	55	1	2	0	125
13:00	14:00	64	57	0	2	0	123
13:15	14:15	64	57	0	3	0	124
13:30	14:30	65	50	0	2	0	117
13:45	14:45	61	62	0	2	0	125
14:00	15:00	64	59	0	2	0	125
14:15	15:15	65	60	0	3	0	128
14:30	15:30	77	65	0	2	0	144
14:45	15:45	80	66	0	1	0	147
15:00	16:00	81	53	0	0	0	134
15:15	16:15	83	55	0	1	0	139
15:30	16:30	87	55	0	2	0	144
15:45	16:45	89	57	0	2	0	148
16:00	17:00	89	60	0	1	0	150
16:15	17:15	91	61	0	2	0	154
16:30	17:30	94	61	0	1	0	156
16:45	17:45	99	63	0	2	0	164
17:00	18:00	94	61	0	2	0	157
17:15	18:15	93	54	0	2	0	149
17:30	18:30	91	53	0	2	0	146

17:45	18:45	90	53	0	1	0	144
18:00	19:00	87	51	0	2	0	140
18:15	19:15	85	51	0	1	0	137
18:30	19:30	83	35	0	2	0	120
18:45	19:45	81	25	0	1	0	107
19:00	20:00	60	26	0	1	0	87
19:15	20:15	40	26	1	2	0	69
19:30	20:30	35	21	0	1	0	57
19:45	20:45	30	21	0	1	0	52
20:00	21:00	29	20	0	0	0	49
20:15	21:15	25	18	0	0	0	43
20:30	21:30	22	16	0	0	0	38
20:45	21:45	23	16	0	0	0	39
21:00	22:00	20	15	0	0	0	35

Fuente: Elaboración Propia

## Arequipa

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	37	17	0	0	0	54
06:15	07:15	38	22	0	0	0	60
06:30	07:30	45	25	0	0	0	70
06:45	07:45	50	21	0	2	0	73
07:00	08:00	63	31	0	1	0	95
07:15	08:15	64	43	0	2	0	109
07:30	08:30	60	55	0	1	0	116
07:45	08:45	63	45	0	2	0	110
08:00	09:00	64	43	0	2	0	109
08:15	09:15	64	43	0	1	0	108
08:30	09:30	63	42	0	1	0	106
08:45	09:45	61	38	0	1	0	100
09:00	10:00	64	43	1	1	0	109
09:15	10:15	65	45	0	2	0	112
09:30	10:30	67	48	0	1	0	116
09:45	10:45	68	51	0	1	0	120
10:00	11:00	68	50	0	0	0	118
10:15	11:15	69	47	0	0	0	116
10:30	11:30	70	46	0	0	0	116
10:45	11:45	71	48	0	0	0	119

11:00	12:00	72	49	0	2	0	123
11:15	12:15	69	49	0	1	0	119
11:30	12:30	69	51	0	2	0	122
11:45	12:45	70	55	0	2	0	127
12:00	13:00	67	48	0	2	0	117
12:15	13:15	64	43	0	2	0	109
12:30	13:30	64	43	0	1	0	108
12:45	13:45	63	42	0	1	0	106
13:00	14:00	61	38	0	1	0	100
13:15	14:15	64	43	1	1	0	109
13:30	14:30	65	45	0	2	0	112
13:45	14:45	73	48	0	1	0	122
14:00	15:00	73	49	0	1	0	123
14:15	15:15	74	49	0	0	0	123
14:30	15:30	72	51	0	1	0	124
14:45	15:45	75	55	0	2	0	132
15:00	16:00	76	50	0	2	0	128
15:15	16:15	76	52	0	1	0	129
15:30	16:30	75	54	0	1	0	130
15:45	16:45	74	55	0	1	0	130
16:00	17:00	76	56	0	1	0	133
16:15	17:15	77	57	0	1	0	135
16:30	17:30	76	57	0	1	0	134
16:45	17:45	78	55	0	2	0	135
17:00	18:00	75	53	0	2	0	130
17:15	18:15	75	53	0	2	0	130
17:30	18:30	75	53	0	2	0	130
17:45	18:45	90	53	0	1	0	144
18:00	19:00	87	51	0	2	0	140
18:15	19:15	85	51	0	1	0	137
18:30	19:30	83	35	0	2	0	120
18:45	19:45	81	25	0	1	0	107
19:00	20:00	60	26	0	1	0	87
19:15	20:15	40	26	1	2	0	69
19:30	20:30	35	21	0	1	0	57
19:45	20:45	30	21	0	1	0	52
20:00	21:00	29	20	0	0	0	49
20:15	21:15	25	18	0	0	0	43
20:30	21:30	22	16	0	0	0	38
20:45	21:45	23	16	0	0	0	39
21:00	22:00	16	15	0	0	0	31

Fuente: Elaboración Propia

De frente



## Ancash

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	8	8	37	0	0	53
06:15	07:15	11	11	38	0	0	60
06:30	07:30	12	12	45	0	0	69
06:45	07:45	10	10	50	2	0	72
07:00	08:00	15	15	63	1	0	94
07:15	08:15	21	21	64	2	0	108
07:30	08:30	27	27	60	1	0	115
07:45	08:45	22	22	63	2	0	109
08:00	09:00	21	21	64	2	0	108
08:15	09:15	21	21	64	1	0	107
08:30	09:30	21	21	63	1	0	106
08:45	09:45	19	19	61	1	0	100
09:00	10:00	21	21	64	1	0	107
09:15	10:15	22	22	65	2	0	111
09:30	10:30	24	24	67	1	0	116
09:45	10:45	25	25	68	1	0	119
10:00	11:00	25	25	68	0	0	118
10:15	11:15	23	23	69	0	0	115
10:30	11:30	23	23	70	0	0	116
10:45	11:45	24	24	71	0	0	119
11:00	12:00	24	24	72	2	0	122
11:15	12:15	24	24	69	1	0	118
11:30	12:30	25	25	69	2	0	121
11:45	12:45	27	27	70	2	0	126
12:00	13:00	24	24	67	2	0	117
12:15	13:15	21	21	64	2	0	108
12:30	13:30	21	21	64	1	0	107
12:45	13:45	21	21	63	1	0	106
13:00	14:00	19	19	61	1	0	100
13:15	14:15	21	21	64	1	0	107
13:30	14:30	22	22	65	2	0	111
13:45	14:45	24	24	73	1	0	122
14:00	15:00	24	24	73	1	0	122
14:15	15:15	24	24	74	0	0	122

14:30	15:30	25	25	72	1	0	123
14:45	15:45	27	27	75	2	0	131
15:00	16:00	25	25	76	2	0	128
15:15	16:15	26	26	76	1	0	129
15:30	16:30	27	27	75	1	0	130
15:45	16:45	27	27	74	1	0	129
16:00	17:00	28	28	76	1	0	133
16:15	17:15	25	24	77	1	0	127
16:30	17:30	25	25	76	1	0	127
16:45	17:45	26	27	77	2	0	132
17:00	18:00	25	26	75	2	0	128
17:15	18:15	26	26	75	2	0	129
17:30	18:30	26	26	75	2	0	129
17:45	18:45	25	22	81	1	0	129
18:00	19:00	23	21	82	2	0	128
18:15	19:15	21	19	85	1	0	126
18:30	19:30	17	17	83	2	0	119
18:45	19:45	12	12	81	1	0	106
19:00	20:00	13	13	60	1	0	87
19:15	20:15	13	13	40	2	0	68
19:30	20:30	10	10	35	1	0	56
19:45	20:45	10	10	30	1	0	51
20:00	21:00	10	10	29	0	0	49
20:15	21:15	9	9	25	0	0	43
20:30	21:30	8	8	22	0	0	38
20:45	21:45	8	8	23	0	0	39
21:00	22:00	9	7	10	0	0	26

Fuente: Elaboración Propia

## Real

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	416	112	95	0	0	623
06:15	07:15	406	177	96	0	0	679
06:30	07:30	429	204	103	0	0	736
06:45	07:45	436	240	108	0	0	784
07:00	08:00	434	267	121	0	0	822
07:15	08:15	438	307	122	0	0	867
07:30	08:30	453	377	118	2	1	951
07:45	08:45	438	307	121	0	0	866

08:00	09:00	434	267	122	0	0	823
08:15	09:15	436	244	122	0	0	802
08:30	09:30	448	248	121	2	0	819
08:45	09:45	443	236	119	1	0	799
09:00	10:00	447	227	122	1	1	798
09:15	10:15	435	254	123	2	2	816
09:30	10:30	430	267	125	3	3	828
09:45	10:45	429	266	126	3	0	824
10:00	11:00	437	258	126	4	4	829
10:15	11:15	437	258	127	3	3	828
10:30	11:30	434	267	128	0	0	829
10:45	11:45	438	307	129	0	0	874
11:00	12:00	453	312	130	2	2	899
11:15	12:15	459	330	127	2	2	920
11:30	12:30	494	351	127	3	3	978
11:45	12:45	496	427	128	2	1	1054
12:00	13:00	496	425	125	3	3	1052
12:15	13:15	496	425	122	3	3	1049
12:30	13:30	499	425	122	4	2	1052
12:45	13:45	498	425	121	2	2	1048
13:00	14:00	501	423	119	2	1	1046
13:15	14:15	499	421	122	3	2	1047
13:30	14:30	500	424	123	2	1	1050
13:45	14:45	501	425	131	2	2	1061
14:00	15:00	497	425	131	2	1	1056
14:15	15:15	495	424	132	3	2	1056
14:30	15:30	496	425	130	2	1	1054
14:45	15:45	496	425	133	3	3	1060
15:00	16:00	496	421	134	2	2	1055
15:15	16:15	500	422	134	2	0	1058
15:30	16:30	499	422	133	4	4	1062
15:45	16:45	498	425	132	2	2	1059
16:00	17:00	500	427	134	3	3	1067
16:15	17:15	496	431	135	2	0	1064
16:30	17:30	501	433	134	1	1	1070
16:45	17:45	502	440	135	2	1	1080
17:00	18:00	496	437	133	2	1	1069
17:15	18:15	495	436	133	2	1	1067
17:30	18:30	493	434	133	2	2	1064
17:45	18:45	493	434	139	3	3	1072
18:00	19:00	416	241	140	2	2	801
18:15	19:15	313	240	143	4	4	704
18:30	19:30	249	235	141	2	0	627

18:45	19:45	236	227	139	3	3	608
19:00	20:00	209	161	118	1	0	489
19:15	20:15	196	157	98	2	0	453
19:30	20:30	196	152	93	1	0	442
19:45	20:45	201	150	88	1	0	440
20:00	21:00	186	137	87	0	0	410
20:15	21:15	167	136	83	0	0	386
20:30	21:30	128	127	80	0	0	335
20:45	21:45	128	125	81	0	0	334
21:00	22:00	116	112	68	0	0	296

Fuente: Elaboración Propia

## Arequipa

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	416	112	95	0	0	623
06:15	07:15	406	177	96	0	0	679
06:30	07:30	429	204	103	0	0	736
06:45	07:45	436	240	108	0	0	784
07:00	08:00	434	267	121	0	0	822
07:15	08:15	438	307	122	0	0	867
07:30	08:30	460	397	118	2	1	978
07:45	08:45	448	307	121	0	0	876
08:00	09:00	444	267	122	0	0	833
08:15	09:15	446	244	122	0	0	812
08:30	09:30	448	248	121	2	0	819
08:45	09:45	443	236	119	1	0	799
09:00	10:00	447	227	122	1	1	798
09:15	10:15	435	254	123	2	2	816
09:30	10:30	430	267	125	3	3	828
09:45	10:45	429	266	126	3	0	824
10:00	11:00	437	258	126	4	4	829
10:15	11:15	437	258	127	3	3	828
10:30	11:30	434	267	128	0	0	829
10:45	11:45	438	307	129	0	0	874
11:00	12:00	453	312	130	2	2	899
11:15	12:15	459	330	127	2	2	920
11:30	12:30	494	351	127	3	3	978
11:45	12:45	514	430	128	2	1	1075
12:00	13:00	496	425	125	3	3	1052

12:15	13:15	496	425	122	3	3	1049
12:30	13:30	499	425	122	4	2	1052
12:45	13:45	498	425	121	2	2	1048
13:00	14:00	501	423	119	2	1	1046
13:15	14:15	499	421	122	3	2	1047
13:30	14:30	500	424	123	2	1	1050
13:45	14:45	501	425	131	2	2	1061
14:00	15:00	497	425	131	2	1	1056
14:15	15:15	495	424	132	3	2	1056
14:30	15:30	496	425	130	2	1	1054
14:45	15:45	496	425	133	3	3	1060
15:00	16:00	496	421	134	2	2	1055
15:15	16:15	500	422	134	2	0	1058
15:30	16:30	499	422	133	4	4	1062
15:45	16:45	498	425	132	2	2	1059
16:00	17:00	500	427	134	3	3	1067
16:15	17:15	446	446	135	2	0	1029
16:30	17:30	550	448	134	1	1	1134
16:45	17:45	577	455	135	2	1	1170
17:00	18:00	545	437	133	2	1	1118
17:15	18:15	540	436	133	2	1	1112
17:30	18:30	535	434	133	2	2	1106
17:45	18:45	493	434	139	3	3	1072
18:00	19:00	416	241	140	2	2	801
18:15	19:15	313	240	143	4	4	704
18:30	19:30	249	235	141	2	0	627
18:45	19:45	236	227	139	3	3	608
19:00	20:00	209	161	118	1	0	489
19:15	20:15	196	157	98	2	0	453
19:30	20:30	196	152	93	1	0	442
19:45	20:45	201	150	88	1	0	440
20:00	21:00	186	137	87	0	0	410
20:15	21:15	167	136	83	0	0	386
20:30	21:30	128	127	80	0	0	335
20:45	21:45	128	125	81	0	0	334
21:00	22:00	116	112	68	0	0	296

Fuente: Elaboración Propia

# Moquegua

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	138	37	31	0	0	206
06:15	07:15	135	59	32	0	0	226
06:30	07:30	143	68	34	0	0	245
06:45	07:45	145	80	36	0	0	261
07:00	08:00	144	89	40	0	0	273
07:15	08:15	146	102	40	0	0	288
07:30	08:30	151	125	39	0	0	315
07:45	08:45	146	102	40	0	0	288
08:00	09:00	144	89	40	0	0	273
08:15	09:15	145	81	40	0	0	266
08:30	09:30	149	82	40	0	0	271
08:45	09:45	147	78	39	0	0	264
09:00	10:00	149	75	40	0	0	264
09:15	10:15	145	84	41	0	0	270
09:30	10:30	143	89	41	1	1	275
09:45	10:45	143	88	42	1	0	274
10:00	11:00	145	86	42	1	1	275
10:15	11:15	145	86	42	1	1	275
10:30	11:30	144	89	42	0	0	275
10:45	11:45	146	102	43	0	0	291
11:00	12:00	151	104	43	0	0	298
11:15	12:15	153	110	42	0	0	305
11:30	12:30	164	117	42	1	1	325
11:45	12:45	165	142	42	0	0	349
12:00	13:00	165	141	41	1	1	349
12:15	13:15	165	141	40	1	1	348
12:30	13:30	166	141	40	1	0	348
12:45	13:45	166	141	40	0	0	347
13:00	14:00	167	141	39	0	0	347
13:15	14:15	166	140	40	1	0	347
13:30	14:30	166	141	41	0	0	348
13:45	14:45	167	141	43	0	0	351
14:00	15:00	165	141	43	0	0	349
14:15	15:15	165	141	44	1	0	351
14:30	15:30	165	141	43	0	0	349
14:45	15:45	165	141	44	1	1	352
15:00	16:00	165	140	44	0	0	349

15:15	16:15	166	140	44	0	0	350
15:30	16:30	166	140	44	1	1	352
15:45	16:45	166	141	44	0	0	351
16:00	17:00	166	142	44	1	1	354
16:15	17:15	165	143	45	0	0	353
16:30	17:30	167	144	44	0	0	355
16:45	17:45	175	159	48	0	0	382
17:00	18:00	165	145	44	0	0	354
17:15	18:15	165	145	44	0	0	354
17:30	18:30	164	144	44	0	0	352
17:45	18:45	164	144	46	1	1	356
18:00	19:00	138	80	46	0	0	264
18:15	19:15	104	80	47	1	1	233
18:30	19:30	83	78	47	0	0	208
18:45	19:45	78	75	46	1	1	201
19:00	20:00	69	53	39	0	0	161
19:15	20:15	65	52	32	0	0	149
19:30	20:30	65	50	31	0	0	146
19:45	20:45	67	50	29	0	0	146
20:00	21:00	62	45	29	0	0	136
20:15	21:15	55	45	27	0	0	127
20:30	21:30	42	42	26	0	0	110
20:45	21:45	42	41	27	0	0	110
21:00	22:00	38	37	22	0	0	97

Fuente: Elaboración Propia

Derecha 

Real

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	11	1	0	0	0	12
06:15	07:15	12	4	0	0	0	16
06:30	07:30	15	5	0	0	0	20
06:45	07:45	18	3	0	1	0	22
07:00	08:00	24	8	0	0	0	32
07:15	08:15	25	14	0	1	0	40
07:30	08:30	23	20	0	0	0	43
07:45	08:45	24	16	0	1	0	41
08:00	09:00	25	14	0	1	0	40

08:15	09:15	25	14	0	0	0	39
08:30	09:30	24	14	0	0	0	38
08:45	09:45	23	12	0	0	0	35
09:00	10:00	25	14	0	0	0	39
09:15	10:15	25	15	0	1	0	41
09:30	10:30	26	10	0	0	0	36
09:45	10:45	27	18	0	0	0	45
10:00	11:00	27	18	0	0	0	45
10:15	11:15	27	17	0	0	0	44
10:30	11:30	28	17	0	0	0	45
10:45	11:45	28	17	0	0	0	45
11:00	12:00	29	17	0	1	0	47
11:15	12:15	27	17	0	0	0	44
11:30	12:30	27	18	0	1	0	46
11:45	12:45	28	19	0	1	0	48
12:00	13:00	26	17	0	1	0	44
12:15	13:15	25	14	0	1	0	40
12:30	13:30	25	14	0	0	0	39
12:45	13:45	24	14	0	0	0	38
13:00	14:00	23	12	0	0	0	35
13:15	14:15	25	14	0	0	0	39
13:30	14:30	25	15	0	1	0	41
13:45	14:45	29	17	0	0	0	46
14:00	15:00	29	17	0	0	0	46
14:15	15:15	30	17	0	0	0	47
14:30	15:30	29	18	0	0	0	47
14:45	15:45	30	16	0	1	0	47
15:00	16:00	31	17	0	1	0	49
15:15	16:15	31	16	0	0	0	47
15:30	16:30	30	15	0	0	0	45
15:45	16:45	30	14	0	0	0	44
16:00	17:00	32	14	0	0	0	46
16:15	17:15	32	15	0	0	0	47
16:30	17:30	32	16	0	0	0	48
16:45	17:45	33	16	0	1	0	50
17:00	18:00	30	15	0	1	0	46
17:15	18:15	30	16	0	1	0	47
17:30	18:30	39	14	0	1	0	54
17:45	18:45	35	13	0	0	0	48
18:00	19:00	36	12	0	1	0	49
18:15	19:15	34	12	0	0	0	46
18:30	19:30	34	13	0	1	0	48
18:45	19:45	33	14	0	0	0	47

19:00	20:00	23	15	0	0	0	38
19:15	20:15	13	8	0	1	0	22
19:30	20:30	10	3	0	0	0	13
19:45	20:45	8	3	0	0	0	11
20:00	21:00	7	3	0	0	0	10
20:15	21:15	5	2	0	0	0	7
20:30	21:30	4	2	0	0	0	6
20:45	21:45	4	2	0	0	0	6
21:00	22:00	1	1	0	0	0	2

Fuente: Elaboración Propia

## Moquegua

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	35	17	0	0	0	52
06:15	07:15	38	22	0	0	0	60
06:30	07:30	41	25	0	0	0	66
06:45	07:45	45	21	0	2	0	68
07:00	08:00	51	31	0	1	0	83
07:15	08:15	53	43	0	2	0	98
07:30	08:30	54	55	0	1	0	110
07:45	08:45	57	45	0	2	0	104
08:00	09:00	57	43	0	2	0	102
08:15	09:15	56	43	0	1	0	100
08:30	09:30	56	42	0	1	0	99
08:45	09:45	61	38	0	1	0	100
09:00	10:00	64	43	1	1	0	109
09:15	10:15	65	45	0	2	0	112
09:30	10:30	67	48	0	1	0	116
09:45	10:45	68	51	0	1	0	120
10:00	11:00	68	50	0	0	0	118
10:15	11:15	69	47	0	0	0	116
10:30	11:30	70	46	0	0	0	116
10:45	11:45	71	48	0	0	0	119
11:00	12:00	68	49	0	2	0	119
11:15	12:15	65	49	0	1	0	115
11:30	12:30	65	51	0	2	0	118
11:45	12:45	66	52	0	2	0	120
12:00	13:00	67	48	0	2	0	117
12:15	13:15	64	43	0	2	0	109

12:30	13:30	64	43	0	1	0	108
12:45	13:45	63	42	0	1	0	106
13:00	14:00	61	38	0	1	0	100
13:15	14:15	64	43	1	1	0	109
13:30	14:30	65	45	0	2	0	112
13:45	14:45	70	48	0	1	0	119
14:00	15:00	69	49	0	1	0	119
14:15	15:15	69	49	0	0	0	118
14:30	15:30	68	51	0	1	0	120
14:45	15:45	69	55	0	2	0	126
15:00	16:00	67	50	0	2	0	119
15:15	16:15	68	52	0	1	0	121
15:30	16:30	69	49	0	1	0	119
15:45	16:45	68	51	0	1	0	120
16:00	17:00	66	53	0	1	0	120
16:15	17:15	67	51	0	1	0	119
16:30	17:30	66	53	0	1	0	120
16:45	17:45	66	55	0	2	0	123
17:00	18:00	65	53	0	2	0	120
17:15	18:15	64	53	0	2	0	119
17:30	18:30	66	52	0	2	0	120
17:45	18:45	67	53	0	1	0	121
18:00	19:00	67	51	0	2	0	120
18:15	19:15	66	51	0	1	0	118
18:30	19:30	69	48	0	2	0	119
18:45	19:45	61	40	0	1	0	102
19:00	20:00	60	35	0	1	0	96
19:15	20:15	50	30	1	2	0	83
19:30	20:30	35	21	0	1	0	57
19:45	20:45	30	21	0	1	0	52
20:00	21:00	29	20	0	0	0	49
20:15	21:15	25	18	0	0	0	43
20:30	21:30	22	16	0	0	0	38
20:45	21:45	23	16	0	0	0	39
21:00	22:00	14	11	0	0	0	25

Fuente: Elaboración Propia

Horizontal izquierda ←

## Ancash

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	212	60	52	0	0	324
06:15	07:15	207	92	53	0	0	352
06:30	07:30	218	106	56	0	0	380
06:45	07:45	222	124	59	0	0	405
07:00	08:00	221	137	65	0	0	423
07:15	08:15	223	157	66	0	0	446
07:30	08:30	234	202	64	1	0	501
07:45	08:45	228	157	65	0	0	450
08:00	09:00	226	137	66	0	0	429
08:15	09:15	227	126	66	0	0	419
08:30	09:30	228	128	65	1	0	422
08:45	09:45	225	122	64	0	0	411
09:00	10:00	227	117	66	0	0	410
09:15	10:15	221	131	66	1	1	420
09:30	10:30	219	137	67	1	1	425
09:45	10:45	218	137	68	1	0	424
10:00	11:00	222	133	68	2	2	427
10:15	11:15	222	133	68	1	1	425
10:30	11:30	221	137	69	0	0	427
10:45	11:45	223	157	69	0	0	449
11:00	12:00	230	160	70	1	1	462
11:15	12:15	233	169	68	1	1	472
11:30	12:30	251	179	68	1	1	500
11:45	12:45	261	219	69	1	0	550
12:00	13:00	252	216	67	1	1	537
12:15	13:15	252	216	66	1	1	536
12:30	13:30	253	216	66	2	1	538
12:45	13:45	253	216	65	1	1	536
13:00	14:00	254	215	64	1	0	534
13:15	14:15	253	214	66	1	1	535
13:30	14:30	254	216	66	1	0	537
13:45	14:45	254	216	70	1	1	542
14:00	15:00	252	216	70	1	0	539
14:15	15:15	251	216	71	1	1	540
14:30	15:30	252	216	70	1	0	539

14:45	15:45	252	216	71	1	1	541
15:00	16:00	252	214	72	1	1	540
15:15	16:15	254	215	72	1	0	542
15:30	16:30	253	215	71	2	2	543
15:45	16:45	253	216	71	1	1	542
16:00	17:00	254	217	72	1	1	545
16:15	17:15	227	227	72	1	0	527
16:30	17:30	279	228	72	0	0	579
16:45	17:45	292	231	72	1	0	596
17:00	18:00	276	222	71	1	0	570
17:15	18:15	274	222	71	1	0	568
17:30	18:30	271	221	71	1	1	565
17:45	18:45	250	221	74	1	1	547
18:00	19:00	212	124	75	1	1	413
18:15	19:15	160	124	76	2	2	364
18:30	19:30	128	121	75	1	0	325
18:45	19:45	122	117	74	1	1	315
19:00	20:00	108	84	64	0	0	256
19:15	20:15	102	82	54	1	0	239
19:30	20:30	102	80	51	0	0	233
19:45	20:45	104	79	49	0	0	232
20:00	21:00	97	72	48	0	0	217
20:15	21:15	87	72	46	0	0	205
20:30	21:30	68	67	45	0	0	180
20:45	21:45	68	66	45	0	0	179
21:00	22:00	62	60	39	0	0	161

Fuente: Elaboración Propia

## Real

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	709	704	263	81	0	1757
06:15	07:15	721	717	271	81	0	1790
06:30	07:30	721	719	280	81	0	1801
06:45	07:45	729	724	292	83	0	1828
07:00	08:00	744	741	294	84	0	1863
07:15	08:15	764	747	308	85	0	1904
07:30	08:30	808	760	316	85	0	1968
07:45	08:45	799	749	315	84	0	1947
08:00	09:00	789	748	313	84	0	1934

08:15	09:15	784	774	311	84	0	1953
08:30	09:30	785	775	328	83	0	1971
08:45	09:45	803	803	283	82	0	1971
09:00	10:00	793	789	273	82	0	1937
09:15	10:15	799	793	280	83	0	1955
09:30	10:30	806	794	283	84	0	1967
09:45	10:45	814	807	280	84	0	1985
10:00	11:00	824	817	292	85	0	2018
10:15	11:15	829	819	293	84	0	2025
10:30	11:30	832	822	298	83	0	2035
10:45	11:45	842	827	303	83	0	2055
11:00	12:00	854	832	313	85	0	2084
11:15	12:15	864	833	318	83	0	2098
11:30	12:30	867	831	326	84	0	2108
11:45	12:45	879	829	333	86	0	2127
12:00	13:00	873	828	335	84	0	2120
12:15	13:15	864	826	325	84	0	2099
12:30	13:30	884	829	328	85	0	2126
12:45	13:45	880	827	318	83	0	2108
13:00	14:00	890	806	321	83	0	2100
13:15	14:15	869	813	326	84	0	2092
13:30	14:30	862	816	320	83	0	2081
13:45	14:45	879	799	318	83	0	2079
14:00	15:00	879	806	316	83	0	2084
14:15	15:15	869	813	326	84	0	2092
14:30	15:30	849	816	320	83	0	2068
14:45	15:45	829	819	293	84	0	2025
15:00	16:00	832	822	298	83	0	2035
15:15	16:15	842	827	303	83	0	2055
15:30	16:30	854	832	313	85	0	2084
15:45	16:45	864	829	318	83	0	2094
16:00	17:00	867	824	312	84	0	2087
16:15	17:15	869	822	315	83	0	2089
16:30	17:30	879	824	321	82	0	2106
16:45	17:45	895	832	333	83	0	2143
17:00	18:00	892	833	326	83	0	2134
17:15	18:15	894	830	333	83	0	2140
17:30	18:30	887	829	323	83	0	2122
17:45	18:45	867	831	326	84	0	2108
18:00	19:00	864	833	318	83	0	2098
18:15	19:15	854	832	313	85	0	2084
18:30	19:30	842	827	303	83	0	2055
18:45	19:45	829	819	293	84	0	2025

19:00	20:00	802	753	315	82	0	1952
19:15	20:15	789	749	299	83	0	1920
19:30	20:30	789	744	288	82	0	1903
19:45	20:45	794	742	286	82	0	1904
20:00	21:00	779	729	284	81	0	1873
20:15	21:15	760	728	282	81	0	1851
20:30	21:30	721	719	280	81	0	1801
20:45	21:45	721	717	271	81	0	1790
21:00	22:00	709	704	263	81	0	1757

Fuente: Elaboración Propia

## Arequipa

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	94	85	30	0	0	209
06:15	07:15	106	98	38	0	0	242
06:30	07:30	106	100	47	0	0	253
06:45	07:45	114	105	59	2	1	281
07:00	08:00	129	122	61	3	2	317
07:15	08:15	149	128	75	4	3	359
07:30	08:30	193	141	82	4	4	423
07:45	08:45	184	130	82	3	4	403
08:00	09:00	174	129	80	3	3	389
08:15	09:15	169	155	78	3	2	407
08:30	09:30	170	156	95	2	0	423
08:45	09:45	188	184	50	1	0	423
09:00	10:00	178	170	40	1	1	390
09:15	10:15	184	174	47	2	2	409
09:30	10:30	191	175	50	3	3	422
09:45	10:45	199	188	47	3	0	437
10:00	11:00	209	198	59	4	4	474
10:15	11:15	214	200	60	3	3	480
10:30	11:30	217	203	65	2	2	489
10:45	11:45	227	208	70	2	0	507
11:00	12:00	239	213	80	4	4	540
11:15	12:15	249	214	85	2	2	552
11:30	12:30	252	212	93	3	3	563
11:45	12:45	264	210	100	5	5	584
12:00	13:00	258	209	102	3	3	575
12:15	13:15	249	207	92	3	3	554

12:30	13:30	269	210	95	4	2	580
12:45	13:45	265	208	85	2	2	562
13:00	14:00	275	187	88	2	1	553
13:15	14:15	254	194	93	3	2	546
13:30	14:30	247	197	87	2	1	534
13:45	14:45	264	180	85	2	2	533
14:00	15:00	264	187	83	2	1	537
14:15	15:15	254	194	93	3	2	546
14:30	15:30	234	197	87	2	1	521
14:45	15:45	214	200	60	3	3	480
15:00	16:00	217	203	65	2	2	489
15:15	16:15	227	208	70	2	0	507
15:30	16:30	239	213	80	4	4	540
15:45	16:45	249	210	85	2	2	548
16:00	17:00	252	205	79	3	3	542
16:15	17:15	254	203	82	2	0	541
16:30	17:30	264	205	88	1	1	559
16:45	17:45	272	210	90	2	2	576
17:00	18:00	267	205	93	2	1	568
17:15	18:15	266	204	93	2	1	566
17:30	18:30	267	203	93	2	2	567
17:45	18:45	252	212	93	3	3	563
18:00	19:00	249	214	85	2	2	552
18:15	19:15	239	213	80	4	4	540
18:30	19:30	227	208	70	2	0	507
18:45	19:45	214	200	60	3	3	480
19:00	20:00	187	134	82	1	0	404
19:15	20:15	174	130	66	2	0	372
19:30	20:30	174	125	55	1	0	355
19:45	20:45	179	123	53	1	0	356
20:00	21:00	164	110	51	0	0	325
20:15	21:15	145	109	49	0	0	303
20:30	21:30	106	100	47	0	0	253
20:45	21:45	106	98	38	0	0	242
21:00	22:00	94	85	30	0	0	209

Fuente: Elaboración Propia

Vuelta derecha horizontal



## Ancash

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	37	17	0	0	0	54
06:15	07:15	38	22	0	0	0	60
06:30	07:30	45	25	0	0	0	70
06:45	07:45	50	21	0	2	0	73
07:00	08:00	63	31	0	1	0	95
07:15	08:15	64	43	0	2	0	109
07:30	08:30	60	55	0	1	0	116
07:45	08:45	63	45	0	2	0	110
08:00	09:00	64	43	0	2	0	109
08:15	09:15	64	43	0	1	0	108
08:30	09:30	63	42	0	1	0	106
08:45	09:45	61	38	0	1	0	100
09:00	10:00	64	43	1	1	0	109
09:15	10:15	65	45	0	2	0	112
09:30	10:30	67	48	0	1	0	116
09:45	10:45	68	51	0	1	0	120
10:00	11:00	68	50	0	0	0	118
10:15	11:15	69	47	0	0	0	116
10:30	11:30	70	46	0	0	0	116
10:45	11:45	71	48	0	0	0	119
11:00	12:00	72	49	0	2	0	123
11:15	12:15	69	49	0	1	0	119
11:30	12:30	69	51	0	2	0	122
11:45	12:45	70	55	0	2	0	127
12:00	13:00	67	48	0	2	0	117
12:15	13:15	64	43	0	2	0	109
12:30	13:30	64	43	0	1	0	108
12:45	13:45	63	42	0	1	0	106
13:00	14:00	61	38	0	1	0	100
13:15	14:15	64	43	1	1	0	109
13:30	14:30	65	45	0	2	0	112
13:45	14:45	73	48	0	1	0	122
14:00	15:00	73	49	0	1	0	123
14:15	15:15	74	49	0	0	0	123
14:30	15:30	72	51	0	1	0	124

14:45	15:45	75	55	0	2	0	132
15:00	16:00	76	50	0	2	0	128
15:15	16:15	76	52	0	1	0	129
15:30	16:30	75	54	0	1	0	130
15:45	16:45	74	55	0	1	0	130
16:00	17:00	76	56	0	1	0	133
16:15	17:15	77	57	0	1	0	135
16:30	17:30	76	57	0	1	0	134
16:45	17:45	78	55	0	2	0	135
17:00	18:00	75	53	0	2	0	130
17:15	18:15	75	53	0	2	0	130
17:30	18:30	75	53	0	2	0	130
17:45	18:45	90	53	0	1	0	144
18:00	19:00	87	51	0	2	0	140
18:15	19:15	85	51	0	1	0	137
18:30	19:30	83	35	0	2	0	120
18:45	19:45	81	25	0	1	0	107
19:00	20:00	60	26	0	1	0	87
19:15	20:15	40	26	1	2	0	69
19:30	20:30	35	21	0	1	0	57
19:45	20:45	30	21	0	1	0	52
20:00	21:00	29	20	0	0	0	49
20:15	21:15	25	18	0	0	0	43
20:30	21:30	22	16	0	0	0	38
20:45	21:45	23	16	0	0	0	39
21:00	22:00	16	15	0	0	0	31

Fuente: Elaboración Propia

## Arequipa

Periodo	Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	42	21	0	0	63
06:15	07:15	43	26	0	0	69
06:30	07:30	50	29	0	0	79
06:45	07:45	55	25	0	2	82
07:00	08:00	68	35	0	1	104
07:15	08:15	69	47	0	2	118
07:30	08:30	65	59	0	1	125
07:45	08:45	68	49	0	2	119

08:00	09:00	69	47	0	2	0	118
08:15	09:15	69	47	0	1	0	117
08:30	09:30	68	46	0	1	0	115
08:45	09:45	66	42	0	1	0	109
09:00	10:00	69	47	1	1	0	118
09:15	10:15	70	49	0	2	0	121
09:30	10:30	72	52	0	1	0	125
09:45	10:45	73	55	0	1	0	129
10:00	11:00	73	54	0	0	0	127
10:15	11:15	74	51	0	0	0	125
10:30	11:30	75	50	0	0	0	125
10:45	11:45	76	52	0	0	0	128
11:00	12:00	77	53	0	2	0	132
11:15	12:15	74	53	0	1	0	128
11:30	12:30	74	55	0	2	0	131
11:45	12:45	75	59	0	2	0	136
12:00	13:00	72	52	0	2	0	126
12:15	13:15	69	47	0	2	0	118
12:30	13:30	69	47	0	1	0	117
12:45	13:45	68	46	0	1	0	115
13:00	14:00	66	42	0	1	0	109
13:15	14:15	69	47	1	1	0	118
13:30	14:30	70	49	0	2	0	121
13:45	14:45	78	52	0	1	0	131
14:00	15:00	78	53	0	1	0	132
14:15	15:15	79	53	0	0	0	132
14:30	15:30	77	55	0	1	0	133
14:45	15:45	80	59	0	2	0	141
15:00	16:00	81	54	0	2	0	137
15:15	16:15	81	56	0	1	0	138
15:30	16:30	80	58	0	1	0	139
15:45	16:45	79	59	0	1	0	139
16:00	17:00	81	60	0	1	0	142
16:15	17:15	82	61	0	1	0	144
16:30	17:30	81	61	0	1	0	143
16:45	17:45	83	59	0	2	0	144
17:00	18:00	80	57	0	2	0	139
17:15	18:15	80	57	0	2	0	139
17:30	18:30	80	57	0	2	0	139
17:45	18:45	95	57	0	1	0	153
18:00	19:00	92	55	0	2	0	149
18:15	19:15	90	55	0	1	0	146
18:30	19:30	88	39	0	2	0	129

18:45	19:45	86	29	0	1	0	116
19:00	20:00	65	30	0	1	0	96
19:15	20:15	45	30	1	2	0	78
19:30	20:30	40	25	0	1	0	66
19:45	20:45	35	25	0	1	0	61
20:00	21:00	34	24	0	0	0	58
20:15	21:15	30	22	0	0	0	52
20:30	21:30	27	20	0	0	0	47
20:45	21:45	28	20	0	0	0	48
21:00	22:00	21	19	0	0	0	40

Fuente: Elaboración Propia

Horizontal derecha →

Real

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	731	726	271	83	0	1811
06:15	07:15	743	739	279	83	0	1844
06:30	07:30	743	741	288	83	0	1855
06:45	07:45	751	746	300	85	0	1882
07:00	08:00	766	763	302	86	0	1917
07:15	08:15	786	769	316	87	0	1958
07:30	08:30	830	782	323	86	0	2021
07:45	08:45	821	771	323	86	0	2001
08:00	09:00	811	770	321	86	0	1988
08:15	09:15	806	796	319	86	0	2007
08:30	09:30	807	797	336	85	0	2025
08:45	09:45	825	825	291	84	0	2025
09:00	10:00	815	811	281	84	0	1991
09:15	10:15	821	815	288	85	0	2009
09:30	10:30	828	816	291	86	0	2021
09:45	10:45	836	829	288	86	0	2039
10:00	11:00	846	839	300	87	0	2072
10:15	11:15	851	841	301	86	0	2079
10:30	11:30	854	844	306	85	0	2089
10:45	11:45	864	849	311	85	0	2109
11:00	12:00	876	854	321	87	0	2138
11:15	12:15	886	855	326	85	0	2152
11:30	12:30	889	853	334	86	0	2162

11:45	12:45	901	851	341	88	0	2181
12:00	13:00	895	850	343	86	0	2174
12:15	13:15	886	848	333	86	0	2153
12:30	13:30	906	851	336	87	0	2180
12:45	13:45	902	849	326	85	0	2162
13:00	14:00	912	828	329	85	0	2154
13:15	14:15	891	835	334	86	0	2146
13:30	14:30	884	838	328	85	0	2135
13:45	14:45	901	821	326	85	0	2133
14:00	15:00	901	828	324	85	0	2138
14:15	15:15	891	835	334	86	0	2146
14:30	15:30	871	838	328	85	0	2122
14:45	15:45	851	841	301	86	0	2079
15:00	16:00	854	844	306	85	0	2089
15:15	16:15	864	849	311	85	0	2109
15:30	16:30	876	854	321	87	0	2138
15:45	16:45	886	851	326	85	0	2148
16:00	17:00	889	846	320	86	0	2141
16:15	17:15	891	844	323	85	0	2143
16:30	17:30	901	846	329	84	0	2160
16:45	17:45	918	855	342	85	0	2200
17:00	18:00	914	855	334	85	0	2188
17:15	18:15	916	852	341	85	0	2194
17:30	18:30	909	851	331	85	0	2176
17:45	18:45	889	853	334	86	0	2162
18:00	19:00	886	855	326	85	0	2152
18:15	19:15	876	854	321	87	0	2138
18:30	19:30	864	849	311	85	0	2109
18:45	19:45	851	841	301	86	0	2079
19:00	20:00	824	775	323	84	0	2006
19:15	20:15	811	771	307	85	0	1974
19:30	20:30	811	766	296	84	0	1957
19:45	20:45	816	764	294	84	0	1958
20:00	21:00	801	751	292	83	0	1927
20:15	21:15	782	750	290	83	0	1905
20:30	21:30	743	741	288	83	0	1855
20:45	21:45	743	739	279	83	0	1844
21:00	22:00	731	726	271	83	0	1811

Fuente: Elaboración Propia

# Moquegua

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	126	115	42	0	0	283
06:15	07:15	151	142	58	0	0	351
06:30	07:30	151	147	77	0	0	375
06:45	07:45	168	157	102	2	1	430
07:00	08:00	199	193	107	3	2	504
07:15	08:15	241	205	136	4	3	589
07:30	08:30	333	233	152	4	4	725
07:45	08:45	315	210	151	3	4	683
08:00	09:00	294	207	147	3	3	654
08:15	09:15	283	262	142	3	2	692
08:30	09:30	285	264	178	2	0	729
08:45	09:45	323	323	84	1	0	731
09:00	10:00	302	294	63	1	1	661
09:15	10:15	315	302	77	2	2	698
09:30	10:30	329	304	84	3	3	723
09:45	10:45	346	331	77	3	0	757
10:00	11:00	367	352	102	4	4	829
10:15	11:15	378	357	105	3	3	846
10:30	11:30	384	363	115	2	2	866
10:45	11:45	405	373	126	2	0	906
11:00	12:00	430	384	147	4	4	969
11:15	12:15	451	386	157	2	2	998
11:30	12:30	457	382	174	3	3	1019
11:45	12:45	472	375	185	1	1	1034
12:00	13:00	457	373	193	3	3	1029
12:15	13:15	451	371	172	3	3	1000
12:30	13:30	451	378	178	4	2	1013
12:45	13:45	485	373	157	2	2	1019
13:00	14:00	506	329	163	2	1	1001
13:15	14:15	462	344	174	3	2	985
13:30	14:30	447	350	161	2	1	961
13:45	14:45	483	315	157	2	2	959
14:00	15:00	483	329	153	2	1	968
14:15	15:15	462	344	174	3	2	985
14:30	15:30	420	350	161	2	1	934
14:45	15:45	378	357	105	3	3	846
15:00	16:00	384	363	115	2	2	866

15:15	16:15	405	373	126	2	0	906
15:30	16:30	430	384	147	4	4	969
15:45	16:45	451	378	157	2	2	990
16:00	17:00	457	367	144	3	3	974
16:15	17:15	462	363	151	2	0	978
16:30	17:30	483	367	163	1	1	1015
16:45	17:45	490	374	168	2	2	1036
17:00	18:00	510	386	174	2	1	1073
17:15	18:15	514	382	189	2	1	1088
17:30	18:30	499	378	168	2	2	1049
17:45	18:45	457	382	174	3	3	1019
18:00	19:00	451	386	157	2	2	998
18:15	19:15	430	384	147	4	4	969
18:30	19:30	405	373	126	2	0	906
18:45	19:45	378	357	105	3	3	846
19:00	20:00	321	218	151	1	0	691
19:15	20:15	294	210	117	2	0	623
19:30	20:30	294	199	94	1	0	588
19:45	20:45	304	195	90	1	0	590
20:00	21:00	273	168	86	0	0	527
20:15	21:15	233	165	81	0	0	479
20:30	21:30	151	147	77	0	0	375
20:45	21:45	151	142	58	0	0	351
21:00	22:00	126	115	42	0	0	283

Fuente: Elaboración Propia

Vuelta izquierda horizontal 

## Moquegua

Periodo		Autos	Taxis	Combis y camionetas	Motos	Camiones	Total
06:00	07:00	360	55	20	0	0	435
06:15	07:15	350	120	20	0	0	490
06:30	07:30	373	147	40	0	0	560
06:45	07:45	380	183	47	0	0	610
07:00	08:00	378	210	63	0	0	651
07:15	08:15	382	250	71	0	0	703
07:30	08:30	397	320	80	2	1	800
07:45	08:45	382	250	71	0	0	703
08:00	09:00	378	210	63	0	0	651

08:15	09:15	380	187	47	0	0	614
08:30	09:30	392	191	85	2	0	670
08:45	09:45	387	179	78	1	0	645
09:00	10:00	391	170	83	1	1	646
09:15	10:15	379	197	81	2	2	661
09:30	10:30	374	210	79	3	3	669
09:45	10:45	373	209	77	3	0	662
10:00	11:00	381	201	49	4	4	639
10:15	11:15	381	201	53	3	3	641
10:30	11:30	378	210	63	0	0	651
10:45	11:45	382	250	71	0	0	703
11:00	12:00	397	255	74	2	2	730
11:15	12:15	403	273	75	2	2	755
11:30	12:30	438	294	83	3	3	821
11:45	12:45	444	375	92	2	1	914
12:00	13:00	440	370	83	3	3	899
12:15	13:15	440	368	83	3	3	897
12:30	13:30	443	368	84	4	2	901
12:45	13:45	442	368	84	2	2	898
13:00	14:00	445	366	85	2	1	899
13:15	14:15	443	364	85	3	2	897
13:30	14:30	444	367	86	2	1	900
13:45	14:45	445	368	85	2	2	902
14:00	15:00	441	368	86	2	1	898
14:15	15:15	439	367	87	3	2	898
14:30	15:30	440	368	87	2	1	898
14:45	15:45	440	368	86	3	3	900
15:00	16:00	440	364	88	2	2	896
15:15	16:15	444	365	88	2	0	899
15:30	16:30	443	365	88	4	4	904
15:45	16:45	442	368	87	2	2	901
16:00	17:00	444	370	85	3	3	905
16:15	17:15	440	374	90	2	0	906
16:30	17:30	445	376	91	1	1	914
16:45	17:45	450	387	96	2	1	936
17:00	18:00	442	383	92	2	1	920
17:15	18:15	439	379	90	2	1	911
17:30	18:30	437	377	89	2	2	907
17:45	18:45	437	377	92	3	3	912
18:00	19:00	360	184	75	2	2	623
18:15	19:15	257	183	70	4	4	518
18:30	19:30	193	178	60	2	0	433
18:45	19:45	180	170	50	3	3	406

19:00	20:00	153	104	72	1	0	330
19:15	20:15	140	100	56	2	0	298
19:30	20:30	140	95	45	1	0	281
19:45	20:45	145	93	43	1	0	282
20:00	21:00	130	80	41	0	0	251
20:15	21:15	111	79	39	0	0	229
20:30	21:30	72	70	37	0	0	179
20:45	21:45	72	68	28	0	0	168
21:00	22:00	60	55	20	0	0	135

Fuente: Elaboración Propia

#### ANEXO N°2: Descripción de los vehículos

Vehículo	Longitud	Velocidad*
Moto	2 m	30 km/h
Carro	3 m	30 km/h
Camioneta	4 m	30 km/h
Camión	7 m	20 km/h

Fuente: Elaboración Propia

#### ANEXO N°3: Llegadas y salidas promedio de vehículos en hora crítica

Servidor	$\lambda$	$\mu$
Calles real y Cajamarca	1242	1084
Calles Arequipa y Cajamarca	1318	1242
Calles Moquegua y Cajamarca	487	505
Calles Ancash y Cajamarca	1084	1048

Fuente: Elaboración Propia

#### ANEXO N°4: Resultado obtenidos de la teoría de colas

Servidor	$\lambda$	$\mu$	$Ls^*$	$Lq^*$	$Ws^{**}$	$Wq^{**}$
Calles real y Cajamarca	1242	1084	-7.86	-9.00	-0.006	-0.007
Calles Arequipa y Cajamarca	1318	1242	-17.34	-18.40	-0.0131	-0.0139
Calles Moquegua y Cajamarca	487	505	27.05	26.09	0.0555	0.0535
Calles Ancash y Cajamarca	1084	1048	-30.111	-31.1454	-0.0277	-0.02873

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N°5: Resultados de Software de la situación actual

### Summary of All Intervals

Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded mScheduledIntervals	1
Vehs Entered	837
Vehs Exited	809
Starting Vehs	88
Ending Vehs	116
Denied Entry Before	103
Denied Entry After	669
Travel Distance (km)	169
Travel Time (hr)	85.9
Total Delay (hr)	81.7
Total Stops	784
Fuel Used (l)	92.6

Fuente: Elaboración Propia/Synchro 8

## ANEXO N°6: Porcentaje de error del modelo simulado por salidas por hora

	Actual	Simulado	% Error
Número de vehículos que salen del sistema	4684	4854	3.5%

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N°7: Tiempos de los semáforos del circuito - reales

Real	Verde	Ámbar	Rojo
Calles Real y Cajamarca	35	3	48
Calles Arequipa y Cajamarca	26	3	23
Calles Moquegua y Cajamarca	30	3	48
Calles Ancash y Cajamarca	31	3	48

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N°8: Nuevos tiempos para los semáforos

Propuesta	Verde	Ámbar	Rojo
Calles Real y Cajamarca	32	3	39
Calles Arequipa y Cajamarca	28	3	35
Calles Moquegua y Cajamarca	30	3	37
Calles Ancash y Cajamarca	29	3	40

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N°9: Cantidad de semáforos del Distrito de Huancayo

DISTRITO DE HUANCAYO									
Nº	INTERSECCIÓN	TIPO DE SEMÁFORO : SITUACION AL 2015	ACCIONES EJECUTADAS 2016		TIPO SEMAFORO : SITUACION A 1ER SEMESTRE 2016	CANTIDAD DE SEMÁFOROS VEHICULARES 2015	CAMBIOS EJECUTADOS EL 2016		CANTIDAD SEMAFORO VEHICULAR A...1ER SEMESTRE., 2016
			FECHA	REPARACION			FECHA	Nº DE INCREMENTO	
1	CALLE REAL - Jr. ICA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
2	CALLE REAL - Jr. LORETO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
3	CALLE REAL - Jr. LIMA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
4	CALLE REAL - PASEO LA BREÑA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
5	CALLE REAL - Jr. CUZCO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
6	CALLE REAL - Jr. PUNO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
7	Av. GIRALDEZ - Jr. ANCASH	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
8	CALLE REAL - Jr. HUÁNUCO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
9	CALLE REAL - Jr. CAJAMARCA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
10	CALLE REAL - Jr. TARAPACA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
11	CALLE REAL - Jr. ANGARAES	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
12	Jr. CAJAMARCA - Jr. ANCASH	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
13	PASEO LA BREÑA - Jr. MOQUEGUA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
14	PASEO LA BREÑA - Jr. LIBERTAD	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2

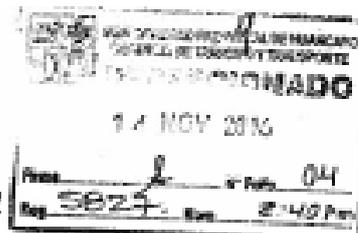
15	PASEO LA BREÑA - Jr. JUNÍN	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
16	Av. HUANCVELICA - PASEO LA BREÑA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
17	Av. HUANCVELICA - Jr. PUNO	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
18	Jr. CUZCO - Jr. JUNÍN	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
19	Jr. LIBERTAD - Jr. PUNO	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
20	Jr. MOQUEGUA - Jr. LIMA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
21	Jr. MOQUEGUA - Jr. LORETO	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
22	Jr. MOQUEGUA - Jr. ICA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
23	Jr. MOQUEGUA - Jr. CAJAMARCA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
24	Jr. MOQUEGUA - Jr. HUANUCO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
25	Jr. CAJAMARCA - Jr. LIBERTAD	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
26	Jr. CAJAMARCA - Jr. JUNÍN	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
27	Jr. TARAPACA - Jr. JUNÍN	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
28	Av. CARRIÓN - Jr. CARRIÓN	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
29	Jr. AYACUCHO - Jr. ANCASH	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
30	Jr. CUZCO - Jr. AMAZONAS	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
31	Jr. ICA - Jr. AMAZONAS	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
32	Jr. AYACUCHO - Jr. AMAZONAS	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
33	Av. FERROCARRIL - Jr. AYACUCHO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	6	ENERO A JUNIO	0	6

34	Av. FERROCARRIL - Jr. CUZCO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
35	Av. FERROCARRIL - Jr. ICA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
36	Av. FERROCARRIL - Jr. CAJAMARCA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
37	Av. FERROCARRIL - Jr. HUANUCO	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
38	Av. FERROCARRIL - Jr. TARAPACA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
39	Av. FERROCARRIL - Av. SAN CARLOS	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
40	Av. CENTENARIO - Jr. GUIDO	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
41	Av. CENTENARIO - Jr. HUANCAS	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
42	Av. CENTENARIO - Jr. FRANCISCO SOLANO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
43	Av. SAN CARLOS - Jr. HUANCAS	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
44	Av. SAN CARLOS - AV. CALLMEN DEL SOLAR	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
45	Av. GIRALDEZ - Jr. FRANCISCO SOLANO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	6	ENERO A JUNIO	0	6
46	Av. GIRALDEZ - Jr. HUANCAS	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	5	ENERO A JUNIO	0	5
47	Av. GIRALDEZ - Jr. OMAR YALI	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
48	Av. GIRALDEZ - Jr. AMAZONAS	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
49	Av. FERROCARRIL - CALLE REAL	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4

50	AV. FERROCARRIL – AV. HUANCAVELICA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
51	Jr. HUANCAS- JR. ICA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
52	AV. HUANCAVELICA – Jr. ANGARAES	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
53	AV. HUANCAVELICA – Jr. CUZCO	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
54	Jr. URUGUAY – Jr. FRANCISCO SOLANO	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
55	Jr. GUIDO – Av. GIRALDEZ	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
56	Jr. CUZCO – Jr. MOQUEGUA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
57	Av. HUANCAVELICA – Jr. ICA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
58	Jr. AREQUIPA – Jr. ICA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
59	Jr. AREQUIPA – Jr. CAJAMARCA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
60	PASEO LA BREÑA – Jr. AREQUIPA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	2
61	AV. CALMELL DEL SOLAR – JR. SAN FERNANDO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
62	AV. HUANCAVELICA –JR. TARAPACA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
63	AV.CENTENARIO – AV. LEANDRA TORRES	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
64	AV. CENTENARIO – AV.JOSÉ OLAYA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
65	AV. JOSE OLAYA – JR.ICA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
66	AV. JACINTO IBARRA – AV.OCOPIILLA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3

67	AV. HUANCAMELICA – JR. LIMA	CONVENCIONAL	11/01/2016	15	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
68	JR. ANCASH – JR. LIMA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	2	ENERO A JUNIO	0	3
69	AV. SAN CARLOS – PSJ. SAN JUDAS	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
70	PROL. SAN CARLOS - AMAZONAS	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3
71	PROL. PIURA - AV. FERROCARRIL	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
72	PROL. PIURA Y JR. HUANCAS	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
73	PROL. CAJAMARCA Y AV. JOSE OLAYA	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
74	JR. CALIXTO Y JR. OMARA YALI	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
75	JR. JUNIN Y JR. PUNO	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
76	JR. PIURA Y AV. FERROCARRIL	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	4	ENERO A JUNIO	0	4
77	Av. PALIAN (FRONTIS I.E. LA ASUNCION)	LED	11/01/2016	10	MANTENIMIENTO	3	ENERO A JUNIO	0	3

**ANEXO N°10: Líneas de transporte público que transitan en la calle Cajamarca 2016**



**Informe N°0762-2016-PRSL/GTT/MPH**

**A** : Ing. Jaime Landa Chacón  
Gerente de Tránsito y Transportes.

**DE** : Percy Rafael Samaniego Loza  
Encargado Del Área De habilitación Vehicular.

**ASUNTO** : Cuántas líneas y flota de transporte público circulan por Cajamarca

**REFERENCIA** : Expediente N°043290-U

**FECHA** : Huancayo, 11 de Noviembre del 2016

A través del presente me dirijo a su despacho con la finalidad de hacer de su conocimiento lo siguiente:

**CONTENIDO DEL DOCUMENTO**

El documento en referencia solicita cuántas líneas y flota de transporte público circulan por Cajamarca/Moquegua.

**ANÁLISIS**

Revisando el expediente en referencia se tiene lo siguiente:

Cuadro N°01 Líneas que pasan por la calle Cajamarca/Moquegua

Ítem	Empresas	Flota	Pasan por la calle
1	Sr. De Morubay N°01	61	Cajamarca/Moquegua
2	E.T Jehovanise	90	Cajamarca/Moquegua
3	E.T Trece S.A	115	Cajamarca/Moquegua
4	EL TRIUNFO S.A.	100	Cajamarca/Moquegua
5	Tours Tc-35 Regional S.R.L	56	Cajamarca/Moquegua
6	SANTA ROSA S.A.	115	Cajamarca/Moquegua
7	FOURS STAR SRL	79	Cajamarca/Moquegua
8	UNION PERU S.A. (ETUPSA)		Cajamarca/Moquegua
9	CORPORACION SAN CARLOS TOURS S.A	55	Cajamarca/Moquegua
10	SERV. GEN. Y TRANS. HUANCAYO S.R.L	56	Cajamarca/Moquegua
11	SANTA BARBARA S.A.	70	Cajamarca/Moquegua
12	ASOCIACION REGIONAL S.A.C. (ETARSAC)	134	Cajamarca/Moquegua
13	TURISMO CERRITO S.A.C.	47	Cajamarca/Moquegua
14	TERCERA DIMENSION S.A.C	24	Cajamarca/Moquegua



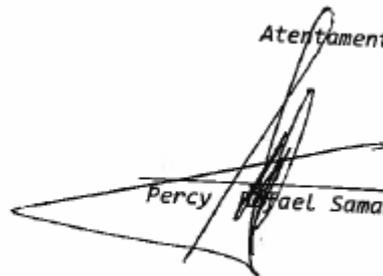
3

**CONCLUSION**

- > Y Oficiar al administrado La información solicitada.

Es todo cuanto informo a usted

Atentamente

  
Percy Rafael Samaniego Lazo

**ANEXO N° 11: Matriz de Consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema General:</b> ¿De qué manera el diseño del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Anchas y Libertad de la ciudad de Huancayo-Junín influye en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> ¿De qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora del mecanismo de servicio en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín influye en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora del mecanismo de servicio en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016</p>	<p>Antecedentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Jose A. Castán, Salvador Ibarra, Julio Laria , Javier Guzmán, Emilio Castán</li> <li>Mauricio Gonzales Restrepo, Edward Jovan Sepulveda: “Aplicación de Teoría de Colas en los semáforos”</li> <li>Stella Kapodistria: “ Stationary performance evaluation measures in multi-Dimensional Markov Chain and Applications in Queueing theory”</li> <li>Poya Bastani: “ A queuening model of hospital congestion”</li> </ul> <p>Bases Teóricas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Sistema de Líneas de Espera Es el efecto resultante cuando la demanda de un servicio supera la capacidad de proporcionar dicho servicio, este sistema se considera como la estructura básica para la construcción de la teoría de colas. Teoría de Colas Es el estudio Matemático del comportamiento de líneas de espera. Estas se presentan cuando clientes llegan a un lugar</li> </ol>	<p><b>General:</b> <b>Hi:</b> El diseño del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín influye positivamente en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016</p> <p>Ho: El diseño del sistema de líneas de espera aplicados en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín no influye positivamente en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016</p> <p>Ha: El diseño de semáforos inteligentes en la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín influye positivamente en la mejora de la movilidad vehicular en el año 2016</p>	<p><b>Variable 1:</b> Sistema de líneas de espera</p> <p><b>Tipo:</b> Independiente</p> <p><b>Dimensiones:</b> Mecanismo de servicio Proceso de entrada Capacidad del Sistema</p> <p><b>Variable 2:</b> Movilidad Vehicular</p> <p><b>Tipo:</b> Dependiente</p> <p><b>Dimensiones:</b> Volumen de Tránsito</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Explicativa</p> <p><b>Método General:</b> Método Analítico</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Experimental</p> <p><b>Tipo de diseño:</b> Experimental Puro</p> <p><b>Población:</b> Semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Libertad y Ancash de la ciudad de Huancayo- Junín</p> <p><b>Muestra:</b> Semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Hyo-Junín</p>

<p>¿De qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora del proceso de entrada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016?</p> <p>¿De qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora la capacidad del sistema en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Real y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016?</p>	<p>Determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora del proceso de entrada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016</p> <p>Determinar de qué manera el diseño del sistema de líneas de espera influye en la mejora la capacidad del sistema en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Huancayo- Junín 2016</p>	<p>demandando un servicio a un servidor el cual tiene cierta capacidad de servicio</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Objetivos de la teoría de Cola</li> <li>1.2. Tipo de Colas</li> <li>1.3. Modelos de Colas según el tipo de Cola</li> <li>1.4. Medidas de desempeño</li> <li>1.5. La distribución de Poisson</li> <li>1.6. La distribución exponencial</li> </ol> <p>2. Tránsito y tráfico (Ingeniería de Transito – Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Volumen de tránsito</li> <li>2.2. Volumen de tránsito promedios diarios</li> <li>2.3. Volúmenes de tránsito horarios</li> <li>2.4. Características de los volúmenes del tránsito</li> <li>2.5. Variación horaria del volumen de tránsito</li> <li>2.6. Variación diaria del volumen de tránsito</li> <li>2.7. Variación mensual del Volumen de tránsito</li> </ol>	<p><b>Específicas:</b></p> <p>El diseño de un sistema de líneas de espera influye positivamente en la mejora del mecanismo de servicio en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Hyo- Junín 2016</p> <p>El diseño de un sistema de líneas de espera influye positivamente en la mejora del proceso de entrada en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Hyo- Junín 2016</p> <p>El diseño de un sistema de líneas de espera influye positivamente en la mejora la capacidad del sistema en los semáforos de la calle Cajamarca entre las calles Ancash y Libertad de la ciudad de Hyo- Junín 2016</p>		<p><b>Técnicas de recolección:</b></p> <p>Directo</p> <p><b>Técnicas de procesamiento:</b></p> <p>Se utilizará el programa de simulación Synchro 8</p>
---	---	--	--	--	--