

**UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de
Pasco con el Programa PTV Vissim 9”**

**Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca.
Huancavelica.**

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. JEFFREY ROLAND ARTEAGA PANEZ

Pasco - Perú

Julio de 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL
DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de
Pasco con el Programa PTV Vissim 9”**

**Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca.
Huancavelica.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. JEFFREY ROLAND ARTEAGA PANEZ

Pasco - Perú

Julio de 2018



ACTA DE SUSTENTACION Y CALIFICACION DE LA TESIS DEL BACHILLER EN CIENCIAS: INGENIERIA CIVIL ARTEAGA PANEZ, Jeffrey Roland.

En la ciudad de Cerro de Pasco siendo las dieciseis horas de la Tarde del día veinte y cinco de julio del año dos mil dieciocho.

Se reunieron en los ambientes de la Sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrionó los miembros del Jurado Calificador que estuvo integrado por las siguientes docentes:

PRESIDENTE Doctor Favio Máximo MENA OSORIO

Magister Eusebio ROQUE HUAMAN

Ingeniero Pedro YARASCA CORDOVA

Para proceder a la calificación de la Tesis intitulada «MICROSIMULACION DEL TRAFICO EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO CON EL PROGRAMA PTV VISSIM 9» presentado por el Bachiller ARTEAGA PANEZ, Jeffrey Roland para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Revisado y aprobado por el Asesor Arquitecto José German RAMIREZ MEDRANO.

El Jurado Calificador estuvo presidido por el docente de mayor categoría y antigüedad Doctor Favio Máximo MENA OSORIO y actuando como Secretario Docente el Magister Oscar Cleverio CAMPOS SALVATIERRA.

El acto se inicio con la revisión de la documentación que se encuentra en el expediente presentado por el Tesista, revisado la documentación el cual se encuentra conforme a lo estipulado en el Artículo N° 18 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería.

Seguidamente el Presidente del Jurado Calificador invitó al sustentante a exponer y defender su Tesis.

Concluida la sustentación el Presidente del Jurado Calificador invitó a los miembros del Jurado Calificador a formular las preguntas y observaciones del caso.

Posteriormente el Presidente del Jurado Calificador solicitó al sustentante y público asistente abandonar la Sala de sustentaciones para que el Jurado pueda deliberar mediante votación secreta.

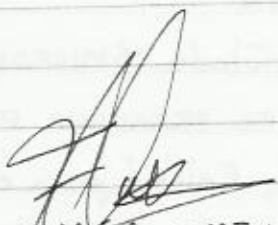
Acto seguido se invitó al sustentante y público asistente a regresar

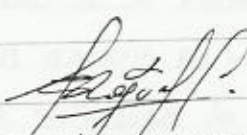
a la Sala de sustentaciones para realizar el escrutinio públicamente que dió como resultado:

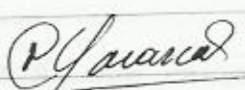
APROBADO POR UNANIMIDAD

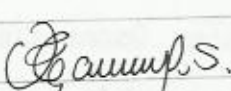
A continuación se procedió a la juramentación del flamante Ingeniero Civil ARTEAGA PANEZ, Jeffrey Roland.

Finalmente los miembros del Jurado Calificador firman el presente para dar mayor constancia a todo lo actuado siendo las diecisiete horas de la Tarde del mismo día, mes y año.


Doctor Favio Maximo MENA ASORIO
PRESIDENTE
CIP 54387


Magister Eusebio ROQUE HUAMÁN
MIEMBRO
CIP 31413


Ingeniero Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO
CIP 92549


Magister Oscar Cleovio CAMPOS SALVATIERRA
SECRETARIO
CIP 97842

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres William y Denny, por sus incontables sacrificios realizados en busca de mi educación; a mis hermanos Helem, Yulisa y Jeanpiero, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

RESUMEN

El congestionamiento de calles y carreteras es un problema que afecta a todas las ciudades del Perú y del mundo; la ciudad de Cerro de Pasco no es la excepción. En Cerro de Pasco, la falta de planificación en el desarrollo urbano y del transporte, sumado a la poca educación vial de los conductores, incrementa la problemática generando en sus calles los siguientes malestares: largas longitudes de colas, inseguridad vial, desorden y contaminación, disminuyendo así la calidad de vida de sus pobladores; estos malestares se evidencian diariamente en la intersección denominada “Cinco Esquinas”.

Estos síntomas mencionados resulta una complicación para este sector, debido a que la intersección mencionada es el nexo más rápido y directo entre las tres zonas principales de la ciudad: Chaupimarca, San Juan Pampa y Paragsha. El presente trabajo de investigación está orientado a simular el comportamiento de la intersección y sus vías de acceso y salida con el software PTV Vissim 9.0, analizando las condiciones actuales, detectando falencias y posteriormente planeando alternativas de solución para mejorar el problema de tráfico.

Para lograr los objetivos se realizó un estudio de tráfico y registro de campo, información con el cual se registra la situación actual de la intersección. Seguido se construye un modelo de simulación en el software mencionado, y a través de una calibración y validación se logra representar fielmente la realidad estudiada. Terminado el modelo de simulación se analizan los datos de tiempos de viaje, velocidad de viaje, longitud de cola, aforo vehicular y tiempo de demora; con este último se determinó el nivel de servicio que posee la intersección. Paso siguiente, se plantearon propuestas para mejorar las falencias detectadas.

En este proyecto se plantearon tres propuestas de mejora: a corto, mediano y largo plazo. La primera propuesta plantea el cambio en el ciclo de los semáforos; la segunda, una introducción al plan de transporte masivo cambiando las unidades livianas por otras de mayor capacidad; y la tercera, un rediseño de la actual infraestructura vial y su geometría. Las propuestas generaron cambios positivos en cuanto a la situación inicial estudiada: reduciendo los tiempos de espera y la longitud de colas e incrementando el nivel de servicio.

ABSTRACT

The congestion of the streets and roads is a problem that affects all the cities of Peru and the world; the city of Cerro de Pasco is not the exception. In Cerro de Pasco, the lack of planning in urban development and transportation, coupled with the low driver education of drivers, the increase in the problem generating on the streets the following discomforts: long queue lengths, road safety, disorder and pollution, thus decreasing the quality of life of its inhabitants; These discomforts are evidenced daily at the intersection called "Cinco Esquinas".

These symptoms are a complication for this sector, because the aforementioned intersection is the fastest and most direct link between the three main areas of the city: Chaupimarca, San Juan Pampa and Paragsha. The present research work is oriented to a behavior similar to the behavior of the intersection and its access and exit routes with the PTV Vissim 9.0 software, analyzing the current conditions, detecting future situations and planning alternatives to solve the traffic problem.

In order to achieve the objectives, a field study and field registration were carried out, information with which the current situation of the intersection can be recorded. Afterwards, a simulation model is built in the mentioned software, through a calibration and validation it is possible to faithfully represent the studied reality. After the simulation model, the data of travel times, travel speed, tail length, vehicle capacity and delay time are analyzed; with the latter, the level of service that the intersection has is determined. Next step, the proposals were proposed to improve the detected shortcomings.

In this project, three improvement proposals were proposed: a short, medium and long term. The first proposal raises the change in the cycle of traffic lights; the second, an introduction to the mass transport plan that changes the light units for others of greater capacity; and the third, a redesign of the current road infrastructure and its geometry. The guidelines generated positive changes in terms of the initial situation studied: reducing waiting times and queue lengths and increasing the level of service.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 <i>Objetivos Generales</i>	12
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	13
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.5 IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.6 LIMITACIONES.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 ANTECEDENTES	16
2.1.1 <i>Softwares de Modelamiento de Tráfico</i>	16
2.1.2 <i>Antecedentes de PTV Vissim</i>	19
2.1.3 <i>Investigaciones Similares</i>	19
2.2 BASES TEÓRICO – CIENTÍFICO	21
2.2.1 <i>Ingeniería de Tránsito y la Microsimulación</i>	21
2.2.2 <i>Modelo y Sistema</i>	22
2.2.3 <i>Simulación del Tráfico</i>	22
2.2.4 <i>Clasificación de los Modelos</i>	22
2.2.5 <i>Modelo de Seguimiento Vehicular – Wiedemann 1974</i>	25
2.2.6 <i>Modelo de Seguimiento Vehicular - Cambio de Carril</i>	27
2.2.7 <i>Modelo de Seguimiento Vehicular – General Motor</i>	28
2.2.8 <i>Intersección</i>	29
2.2.9 <i>Puntos de Conflicto</i>	33
2.2.10 <i>Longitud de Cola</i>	35
2.2.11 <i>Fundamentos de la Microsimulación</i>	35
2.2.12 <i>Capacidad y Nivel de Servicio de una Vía</i>	39
2.2.13 <i>Clasificación de Vías</i>	40
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	42
2.4 HIPÓTESIS: GENÉRICOS Y ESPECÍFICOS	44
2.4.1 <i>Hipótesis Genérico</i>	44
2.4.2 <i>Hipótesis Específico</i>	44
2.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.....	45
2.5.1 <i>Variables Independientes</i>	45
2.5.2 <i>Variables Dependientes</i>	45
2.5.3 <i>Variables Intervinientes</i>	45
CAPÍTULO III. GENERALIDADES.....	46
3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO	46
3.2 URBANISMO DE LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO.....	47
3.3 VÍAS DE ACCESO Y SALIDA.....	48
3.4 CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO.....	49

3.5	CRECIMIENTO PARQUE AUTOMOTOR.....	50
3.6	TRANSPORTE PÚBLICO EN CERRO DE PASCO	51
3.7	CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN	52
3.7.1	<i>Clasificación de Vía</i>	52
3.7.2	<i>Características de las Vías</i>	52
3.8	PTV VISSIM 9	53
3.8.1	<i>Funcionamiento de PTV Vissim</i>	54
3.8.2	<i>Componentes de PTV Vissim</i>	55
3.8.3	<i>Construcción del Modelo</i>	56
3.8.4	<i>Control de Tráfico</i>	56
3.8.5	<i>Seguimiento del vehículo</i>	57
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA		58
4.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	58
4.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
4.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	59
4.3.1	<i>Población</i>	59
4.3.2	<i>Muestra</i>	59
4.4	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	60
4.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	62
4.5.1	<i>Puntos de Control</i>	62
4.5.2	<i>Equipo de Trabajo</i>	62
4.5.3	<i>Recolección de Datos</i>	63
4.6	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	67
4.6.1	<i>Geometría de la Intersección</i>	67
4.6.2	<i>Aforo Vehicular</i>	69
4.6.3	<i>Longitud de Cola</i>	70
4.6.4	<i>Tiempo de Viaje</i>	72
4.6.5	<i>Tiempo de Semáforos</i>	73
4.7	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	73
4.7.1	<i>Importación de Imagen Background</i>	74
4.7.2	<i>Construcción de Links y Connections</i>	75
4.7.3	<i>Introducción del Volumen de Vehículos</i>	76
4.7.4	<i>Definición de Rutas</i>	76
4.7.5	<i>Fases, Ciclos y Colocación de Semáforos</i>	78
4.8	CALIBRACIÓN DEL MODELO	79
4.8.1	<i>Parámetros de Simulación</i>	79
4.8.2	<i>Parámetros de los Conductores</i>	80
4.8.3	<i>Análisis de Parámetros</i>	81
4.9	VALIDACIÓN DEL MODELO	82
4.10	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS	83
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		84
5.1	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS	84
5.1.1	<i>Cantidad de Vehículos</i>	84

5.1.2	<i>Volumen Vehicular</i>	85
5.1.3	<i>Control de Rutas y Destinos</i>	86
5.1.4	<i>Velocidad de Viaje</i>	87
5.1.5	<i>Longitud de Cola</i>	88
5.1.6	<i>Demora Promedio por Acceso</i>	88
5.2	PRESENTACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA	89
5.3	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	90
5.3.1	<i>Propuesta de Mejora 1</i>	91
5.3.2	<i>Propuesta de Mejora 2</i>	92
5.3.3	<i>Propuesta de Mejora 3</i>	94
5.4	PRUEBA DE HIPÓTESIS	97
5.4.1	<i>Hipótesis Genérico</i>	97
5.4.2	<i>Hipótesis Especifico</i>	97
5.5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	99
	CONCLUSIONES	100
	RECOMENDACIONES	102
	BIBLIOGRAFIA	103
	ANEXOS	105
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	105
	PARQUE AUTOMOTOR EN EL PERÚ.....	106
	PLANO EN PLANTA DE LA INTERSECCIÓN.....	107
	ESTUDIO DE TRAFICO POR DÍA.....	108
	VOLUMEN VEHICULAR POR DÍA	115
	PANEL FOTOGRÁFICO	117

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura I.1 Vista satelital de la Ciudad de Cerro de Pasco.</i>	14
<i>Figura II.1 Pantalla principal del software Synchro 7.</i>	17
<i>Figura II.2 Vista de pantalla principal del software TSIS6.3</i>	17
<i>Figura II.3 Vista de simulación en el software TransModeler.</i>	18
<i>Figura II.4 Vista de la pantalla principal en el software PTV Vissim.</i>	19
<i>Figura II.5 Modelos de Acuerdo a su Nivel de Detalle.</i>	25
<i>Figura II.6 Fases del Modelo de Wiedemann (1974)</i>	26
<i>Figura II.7 Ejemplo de Seguimiento Vehicular.</i>	26
<i>Figura II.8 Cambio de Carril Necesario</i>	28
<i>Figura II.9 Cambio de Carril Libre.</i>	28
<i>Figura II.10 Modelo Matemático del Seguimiento Vehicular.</i>	29
<i>Figura II.11 Conflicto típico en una intersección de dos carriles.</i>	30
<i>Figura II.12 Tipo de intersección a nivel.</i>	31
<i>Figura II.13 Tipo de intersecciones a desnivel.</i>	32
<i>Figura II.14 Ejemplo de punto de conflicto entre vehículos.</i>	34
<i>Figura II.15 Ilustración para “warm up”</i>	38
<i>Figura II.16 Vía Expresa - B. Vía Arterial.</i>	41
<i>Figura II.17 Vía Colectora - D. Vía Local.</i>	42
<i>Figura III.1 Vista satelital de la ubicación del proyecto.</i>	46
<i>Figura III.2 Tipos y formas de las ciudades.</i>	47
<i>Figura III.3 Morfología de la ciudad de Cerro de Pasco.</i>	48
<i>Figura III.4 Vista de los ingresos (A) y salidas (B) a la intersección estudiada.</i>	48
<i>Figura III.5 Crecimiento poblacional de la Región Pasco.</i>	49
<i>Figura III.6 Crecimiento poblacional de Cerro de Pasco.</i>	49
<i>Figura III.7 Crecimiento poblacional de la ciudad de Cerro de Pasco.</i>	50
<i>Figura III.8 Vista de la Venta Principal de PTV Vissim 9.</i>	54
<i>Figura III.9 Vista de las partes del software PTV Vissim 9.</i>	54
<i>Figura III.10 Arquitectura del Sistema PTV Vissim.</i>	55
<i>Figura III.11 Vista de Links y conectores en PTV Vissim 9.</i>	56
<i>Figura IV.1 Vista de la muestra elegida para el estudio.</i>	60
<i>Figura IV.2 Metodología empleada para el desarrollo de la investigación.</i>	61
<i>Figura IV.3 Ubicación de los puntos de control y encuestadores</i>	62

<i>Figura IV.4 Equipo empleado para toma de muestra en campo.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura IV.5 Formato empleado para el aforo vehicular.</i>	<i>64</i>
<i>Figura IV.6 Vista del panorama e imágenes tomadas por la cámara 1 desde la Calle Lima.</i>	<i>65</i>
<i>Figura IV.7 Vista del panorama e imágenes tomadas por la cámara 2 desde la Calle Alfonso Rivera.</i>	<i>65</i>
<i>Figura IV.8 Vista en plata de longitud de cola.</i>	<i>66</i>
<i>Figura IV.9 Vista del Tramo elegido para el registro del tiempo de viaje.</i>	<i>66</i>
<i>Figura IV.10 Vista de los semáforos en la intersección estudiada.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura IV.11 Plano en planta de la geometría de la intersección estudiada.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura IV.12 Vista de vehículos esperando en la calle Alfonso Rivera y Av. Circunvalación Arenales.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura IV.13 Histograma del Estudio de Tráfico - Resumen Semanal.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura IV.14 Fotografía satelital de intersección estudiada.</i>	<i>74</i>
<i>Figura IV.15 Proceso de escalado para construcción de vías.</i>	<i>74</i>
<i>Figura IV.16 Vista culminada de links y connections construidos.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura IV.17 Vista de los puntos de conflicto en el software PTV Vissim 9.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura IV.18 Vista de la colocación del volumen de tráfico en el modelo de simulación....</i>	<i>76</i>
<i>Figura IV.19 Vista de las rutas asignadas (en color amarillo) para la calle Lima.</i>	<i>77</i>
<i>Figura IV.20 Vías de ingreso para rutas.</i>	<i>77</i>
<i>Figura IV.21 Vista de las fases y ciclos de 105 seg, correspondientes a los semáforos.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura IV.22 Vista del modelo de simulación construido. Proceso de verificación de errores.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura IV.23 Vista del parámetro Travel Time para calibración del modelo.</i>	<i>79</i>
<i>Figura IV.24 Vista de los parámetros de simulación.</i>	<i>80</i>
<i>Figura IV.25 Vista de los parámetros para los conductores en función a Wiedemann 74...80</i>	<i>80</i>
<i>Figura IV.26 Vista de prueba de hipótesis en StatKey.</i>	<i>83</i>
<i>Figura V.1 Imagen de los accesos tomados para las propuestas de mejora.</i>	<i>90</i>
<i>Figura V.2 Modelo construido para propuesta de mejora 3.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura V.3 Vista de la simulación realizada a propuesta 3.....</i>	<i>95</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla II.1 Niveles de Servicio para una Intersección por Demora.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla III.1 Historia de Parque Automotor de Pasco, según Clase de Vehículo 2009-2016.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla III.2 Relación de Empresas de Transporte Público.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla IV.1 Resumen total del flujo vehicular.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla IV.2 Estudio de tráfico realizado el día lunes 02 de julio de 2018.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla IV.3 Medidas tomadas de longitud de cola en campo - real (Parte A).....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla IV.4 Medidas tomadas de longitud de cola en campo - real (Parte B).....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla IV.5 Medidas tomadas de longitud de cola en campo - real (Parte C).....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla IV.6 Tiempos de viaje tomados en campo.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla IV.7 Volumen Vehicular por Calle.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla IV.8 Porcentaje de vehículos por ruta elegida.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla IV.9 Iteración de Parámetros empleados para calibración.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla IV.10 Datos de tiempo de viaje obtenidos para calibración.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla V.1 Porcentaje de Vehículos en la Intersección Estudiada.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla V.2 Porcentaje de Vehículo público y privado en Autos y Station Wagon.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla V.3 Volumen de Tráfico Vehicular para día lunes 2 de julio.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla V.4 Cantidad de vehículos por destino de las rutas.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla V.5 Promedio de velocidades por calle.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla V.6 Longitud de cola promedio por vía.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla V.7 Demora promedio por acceso.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla V.8 Clasificación de vías de acceso según el tiempo de demora.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla V.9 Mejora en el tiempo de demora por vía de acceso.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla V.10 Reducción de autos y station wagon y reemplazados por combis.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla V.11 Nuevo registro de volumen vehicular para propuesta 2.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla V.12 Mejora en la longitud de cola con propuesta 2.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla V.13 Resultados de longitud de cola para propuesta 3.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla V.14 Resultados del tiempo de demora para propuesta 3.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla V.15 Clasificación de acceso según el tiempo de demora en propuesta 3.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla V.16 Prueba de hipótesis en nivel de servicio.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla V.17 Prueba de hipótesis en cantidad de vehículos livianos.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla V.18 Comparación de tiempo de viaje entre realidad y software.....</i>	<i>98</i>

INTRODUCCIÓN

Para los romanos y los incas, las carreteras y vías de sus calles representaban principalmente la celeridad en su administración y ejército. Hoy en día ese significado aún prevalece, porque las vías y carreteras representan la rapidez con el que se puede mover y desarrollar toda una urbe o un país.

Durante los últimos 20 años, se ha producido todo un fenómeno de incremento en el volumen de vehículos que circulan en las calles y carreteras de nuestro país, y con ello se han generado problemas como el congestionamiento de vías, mayores accidentes de tráfico y mayores niveles de contaminación.

La planificación del transporte nace como alternativa para solucionar los problemas del incremento del volumen de vehículos en las calles de las ciudades y de las carreteras. La forma tradicional empleaba el estudio de tráfico in situ con datos fijos que no variaban en el tiempo, si no eran actualizados, y no consideraban el comportamiento del conductor.

Con el paso del tiempo, y gracias a la tecnología, se han desarrollado investigaciones en herramientas que ayuden dentro del área de transporte: público y privado, de pasajeros y mercancías. Uno de estas herramientas es el software PTV Vissim 9.0 que realiza un enfoque microscópico multimodal. Con este programa se consideran interacciones entre realidad y simulación, asignando características propias de cada uno de ellos y como resultado se obtiene un modelo fiel a la realidad. A partir de este modelo se pueden plantear mejoras y cambios en las problemáticas buscando así alternativas más económicas, rápidas y eficaces.

En la presente investigación, en el capítulo II del marco teórico, se explicaran los conceptos en torno a la microsimulación del tráfico; en el capítulo III se mostraran algunas generalidades en torno a la intersección de estudio; en el capítulo IV, se explica los pasos a seguir para lograr los objetivos; finalmente en el capítulo V, se desarrollara el análisis de la situación actual a través de la microsimulación mediante el software PTV Vissim 9, así como también se estudia las propuestas de mejora y los resultados en el aforo vehicular, ciclo de semáforos; tiempos de viaje; velocidades y nivel de servicio.

Capítulo I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Determinación del Problema

De acuerdo a los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el parque automotor en el Perú, desde el año 2004, ha tenido una tasa de crecimiento exponencial, y que dicho crecimiento continúa. Este incremento se evidencia con el gran número de vehículos livianos y pesados, públicos y privados que circulan en las diferentes calles y carreteras de nuestro país. La Región de Pasco no es la excepción a dicho fenómeno.

La ciudad de Cerro de Pasco, históricamente, se ha desarrollado alrededor de la minería que es su principal actividad económica, y a partir de la migración de los trabajadores que ocupaban los campamentos mineros y futuras propiedades; este desarrollo y crecimiento se ha dado de tal manera que la ciudad ha crecido con una falta de planificación, sin un plan de desarrollo urbano y vial, es por ello que la mayoría de las calles en el centro de la ciudad no cumplen con las dimensiones mínimas y adecuadas para el transporte.

En mayo del 2017 la empresa *Tracklink Octo* dio a conocer su informe del estudio de accidentes de tránsito en donde se concluye lo siguiente: “8 de cada 10 peruanos maneja de manera agresiva”, fuente: (Peru21, 2017). Dicho estudio es acertado, debido a que en el día a día se puede ver que los conductores no respetan los límites de velocidad, las señales de tránsito o se estacionan en cualquier lugar. Estos malestares señalados generan lo siguiente: inseguridad para los peatones y conductores, contaminación, congestión

vehicular y desorden. Con el paso de los años estos malestares nos conducirán a un caos vehicular.

En la ciudad de Cerro de Pasco, dentro del el distrito de Chaupimarca, se puede evidenciar los malestares mencionados y sus consecuencias, principalmente en las horas punta cuando se concentra el mayor volumen de tránsito.

Por otra parte los planes de desarrollo mediante las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) son un tema nuevo para nuestros gobiernos locales. El uso de programas informáticos nos brinda una gama de herramientas y posibilidades con los cuales los profesionales podemos buscar mayores soluciones a los problemas y situaciones que se presentan día a día; así como también, nos permite llevar un registro y base de datos de dichos eventos con el objetivo de llevar un mayor control sobre los mismos.

La presente investigación pretende emplear un programa de cómputo, un software, para analizar y evaluar situación actual del tránsito vehicular en una intersección de la ciudad de Cerro de Pasco, buscando posibles mejoras a un corto, mediano y largo plazo, considerando la situación actual en el sector transporte y la cultura pasqueña.

1.2 Formulación del Problema

- ¿Qué tipo de problemas en el tránsito vehicular se podrán detectar y resolver a través de una microsimulación?
- ¿Cuál es el volumen y nivel del tránsito vehicular que circula en la intersección de la calle Alfonso Rivera, calle Lima y calle Huancavelica?
- ¿Cuáles son las condiciones de transitabilidad de los usuarios en la intersección de la calle Alfonso Rivera, calle Lima y calle Huancavelica?
- ¿Cuál es el nivel de confiabilidad al emplear el programa PTV Vissim 9 en un modelamiento de tránsito?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Generales

- ✓ Analizar y evaluar las condiciones de circulación vehicular en una intersección de la ciudad de cerro de Pasco a través de un modelo microscópico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Diagnosticar el estado actual de la intersección de estudio.
- ✓ Plantear propuestas de mejora a la situación actual de circulación vehicular.
- ✓ Realizar una microsimulación en el lugar establecido considerando las etapas de: recolección de datos de campo, modelamiento de datos, calibración de datos y validación de resultados.

1.4 Justificación del Problema

Las vías del transporte urbano en una ciudad son como las venas y arterias en el sistema circulatorio, sin esta se obstruye o ralentiza el flujo las consecuencias son dañinas para el sistema.

La intersección conformada entre las Calles Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica, en la ciudad de Cerro de Pasco, es una de las más usadas y transitadas por los conductores del sector público y privado; debido a que a través de ella se conectan de manera rápida las zonas de Chaupimarca, San Juan Pampa y Paragsha, sin mencionar que esta intersección conduce a uno de los accesos a la Ciudad a través de la zona denominada Uliachin. Por tal motivo, este punto de investigación es crucial en cuanto a transporte terrestre de personas y mercancía se refiere.

En estos tiempos donde la tecnología e informática están alcanzando niveles nunca antes imaginados, el sector transporte ha venido recibiendo mayores herramientas para mejorar el nivel de tránsito a nivel urbano e interurbano, en calles, carreteras y autopistas, mediante el uso de programas de cómputo, los cuales nos permiten simular estas mejoras y a su vez detectar falencias en un sistema de transporte.

A través de la recolección de datos de campo y el uso de un software, la presente investigación cuantifica la cantidad diaria de vehículos que transitan en esta intersección y simula el comportamiento diario para de esa forma detectar falencias y plantear soluciones que ayuden a mejorar dicho sistema dentro de la intersección ya definida.

El beneficio que traería la investigación, corresponde a todos principalmente a los usuarios conductores que circulen en la intersección de la calle Alfonso Rivera, calle.

Lima y calle Huancavelica de la ciudad de Cerro de Pasco; brindándoles una mejora en la calidad de vida, seguridad y transitabilidad.

Figura 1.1 Vista satelital de la Ciudad de Cerro de Pasco.



Fuente: Google Map.

1.5 Importancia y Alcances de la Investigación

La presente investigación está dirigida a cuantificar, analizar y evaluar una intersección de la ciudad de Cerro de Pasco a través de los resultados obtenidos de un estudio de tráfico y una microsimulación del tránsito vehicular a partir de una toma de muestra de campo a fin de detectar falencias en el sistema de transporte urbano y privado, y de esta forma plantear mejoras en la calidad de vida de los usuarios.

Las propuestas de mejoras buscaran resolver las falencias en horizontes de corto, medio y largo plazo, teniendo en consideración la posibilidad de ejecución de las mismas.

Por último, la investigación comprende a todos los vehículos y personas que transitan durante un periodo de tiempo establecido en la intersección de las calles: Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica - “Cinco Esquinas”.

1.6 Limitaciones

La presente investigación se ha visto limitada, para una mejor interpretación de la problemática y sus resultados precisos, por los siguientes puntos señalados:

- a. Escasa existencia de investigaciones de esta naturaleza a nivel local; pero, contamos con investigaciones realizadas en otras regiones.
- b. Falta de datos estadísticos con respecto a los niveles de tránsito vehicular urbano y peatonal en la ciudad de Cerro de Pasco, por parte de sus gobiernos e instituciones públicas.
- c. La investigación ha sido limitada solamente a una intersección en la ciudad de Cerro de Pasco, específicamente en el distrito de Chaupimarca en el lugar denominado “Cinco Esquinas”.
- d. En el entorno de la locación del proyecto, la geometría de las calles no son homogéneas y las edificaciones son de dos niveles, dificultando la realización de una videograbación como registro de campo.
- e. Las faltas de posibilidades económicas limitan los recursos para cubrir con los gastos que el presente trabajo amerita: La toma de muestras y la adquisición de licencias de uso.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Softwares de Modelamiento de Tráfico

A lo largo de la historia de la ingeniería vial, los estudios realizados al tráfico y su interacción con su entorno han empleado los modelos determinísticos (Entorno donde se conocen con certeza todos los datos) y estocásticos (Entorno donde no se conoce con certeza los datos). En este sentido, las nuevas tecnologías que se plantea para el desarrollo de un Sistema Inteligente de Transporte (ITS, en sus siglas en inglés), se propone el uso de software especializados en la Ingeniería de Tránsito con los cuales se pueda llevar a cabo la planificación y gestión adecuada a cada situación.

A continuación se dan como ejemplo algunos de los softwares de modelación y/o simulación empleados a nivel mundial:

1. SYNCHRO:

Creado en 1979 por la empresa Naztec. Desde el 2011 es desarrollado por Trafficware. Synchro junto al programa Simtraffic hacen posible el análisis, simulación y animación del tráfico vehicular en situaciones semaforizada y no semaforizada. Todo el paquete de Synchro Estudios permite al usuario crear planes de desarrollo en base a lo expuesto en Highway Capacity Manual (HCM, 2010). Synchro es una aplicación de software de análisis y optimización macroscópica. Fuente: (Trafficware, 2018)

Figura II.1 Pantalla principal del software Synchro 7.

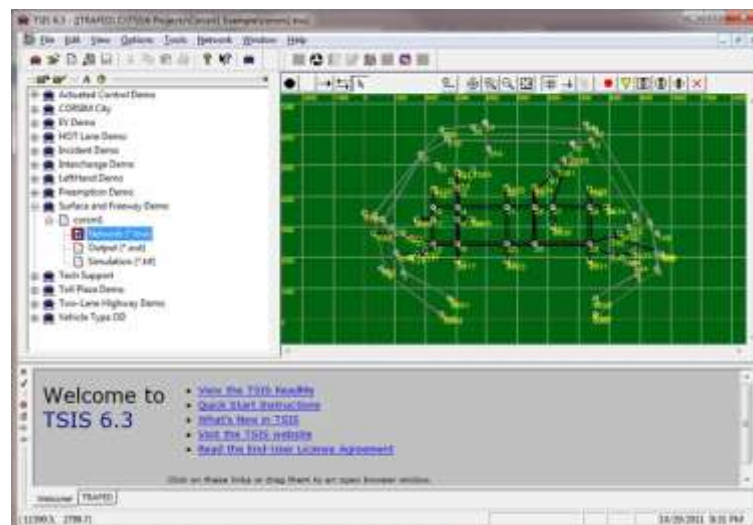


Fuente: Trafficware, 2018.

2. TSIS:

Traffic Software Integrated System (TSIS), es un paquete de simulación de tránsito para sistema con semaforización o sin ella, para autopistas, vías con peaje, vías urbanas o sistema combinados. Este paquete está conformado por sus sub modelos: NETSIM, FRESIM, NETFLO 1, NETFLO 2 y FREFLO, modelos con los cuales se puede desarrollar modelos y simulaciones en todo nivel de complejidad, desde un modelo microscópico a un macroscópico. Es considerado como el paquete más completo frente a sus competidores. Fuente: (De la O Sánchez , 2014)

Figura II.2 Vista de pantalla principal del software TSIS6.3



Fuente: De la O Sánchez, 2014

3. TRANSMODELER

Es un paquete de programas de simulación de tráfico en carreteras, autopistas y áreas urbanas. Es adecuado para la simulación de grandes redes de tránsito, en 2 y 3 dimensiones. Es el software más empleado en los Estados Unidos. Posee herramientas de mapeo, simulación y animación, junto a un sistema que permite al usuario la creación de una base de datos capaz de retroalimentar y actualizar futuros proyectos, manteniendo así interconectado en tiempo y espacio a todos los proyectos.

La mayor desventaja que tiene este software, frente a los demás, es su elevado costo de adquisición y los recursos de hardware necesarios para su correcto funcionamiento. Fuente: (Caliper, 2018)

Figura II.3 Vista de simulación en el software TransModeler.



Fuente: Caliper, 2018

4. PTV VISSIM

El software que se presenta de manera más flexible ante cualquier usuario nuevo o experimentado. Sus herramientas permiten una planificación y análisis de las diferentes redes de tránsito vehicular en todos sus niveles de desarrollo. Entre sus funciones también permite la simulación de vías ferroviarias, por separado o integrado. El aporte más relevante del software es la implementación de peatones y la conducta de los conductores en el tráfico simulado. Fuente: (PTVGROUP, 2018)

Figura II.4 Vista de la pantalla principal en el software PTV Vissim.



Fuente: PTV Group, 2018

2.1.2 Antecedentes de PTV Vissim

Vissim es un software desarrollado por la universidad de Karlsruhe, en Alemania 1970. Esta herramienta de simulación microscópica y multimodal del tránsito continuó su desarrollo por Planung Transport Verkehr (PTV) en Karlsruhe, Alemania, compañía que es parte del grupo Porsche. El nombre del programa proviene del alemán “Verkehr in Städten – Simulation”, que traducido significa Simulación del Tránsito en las Ciudades. Desde 1973 fue comercializado en Alemania y posteriormente en toda Europa; en Norte América fue utilizado por primera vez en 1995, en la ciudad de Eugene – Oregon. (Suaréz Castaño, 2007)

2.1.3 Investigaciones Similares

1. “ANÁLISIS Y EVALUACIÓN OPERACIONAL DE INTERSECCIONES URBANAS MEDIANTE MICROSIMULACIÓN”

AUTOR: Liliana Andrea, SUÁREZ CASTAÑO

FECHA: 2007, Medellín – Colombia

RESUMEN

...“Esta investigación es una continuación del trabajo final de Evaluación y Aplicación de Modelos de Tránsito en Medellín, realizado por los Ingenieros Miguel Melo, Margarita Lopez, Maria Isabel Lopez, en el 2005, la cual realizó un estudio detallado de los diferentes softwares de microsimulación existentes en el mercado, donde analizaban las bondades y debilidades de los programas, el

resultado de esto, fue elegir el VISSIM como el programa con mayor potencialidad para ser estudiado en ciudades de Colombia”...

CONCLUSIONES:

- Del análisis de sensibilidad realizado, en el cual se evaluaron 19 escenarios se concluye que los parámetros que mayor sensibilidad representaron son: Cambios en la velocidad deseada, comportamientos del conductor y brechas.
- Debido a los bajos porcentajes que los camiones y buses representan en el tramo en estudio y en las maniobras donde se dan, este estudio no arroja resultados precisos en alguno de los parámetros evaluados, especialmente en brechas y espaciamientos (intervalos) para estos tipos de vehículos.
- El comportamiento de los conductores en el parámetro de distancias estáticas se encuentra influenciado por factores externos a él, que influyen directamente en esta decisión, por lo tanto no se puede generalizar este parámetro.
- Para obtener mejores resultados en este tipo de trabajos investigativos es necesario buscar apoyo de recursos económicos con entidades del estado que les sea útil este tipo de investigaciones; ya que por los escasos recursos con que se realizan no se logran resultados con un mayor volumen de casos que permitan generalizar los resultados para toda una ciudad.

2. “MICRO SIMULACION INTERMODAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO EMPLEANDO LOS SOFTWARE VISSIM 8 Y VISWALK 8”.

Autor: Jordy Wilbe, ALVAREZ VARGAS

Fecha: Abril 2017, Lima - Perú

RESUMEN:

“El proyecto de ingeniería a desarrollar consta del estudio de una intersección ubicada en la ciudad de Cusco entre los distritos de Wanchaq y Cusco Cercado con el fin de evaluar las condiciones de los usuarios dentro de la misma. La evaluación se realizará mediante un modelo microscópico de tráfico (intersección), para luego presentar propuestas de mejoras a la situación inicial.

El análisis se realizará a través de los softwares computacionales Vissim 8.0 y Viswalk 8.0. Estos programas son capaces de simular el tráfico vehicular y

peatonal de una zona de interés específico basándose en los datos recolectados en campo (flujo vehicular, flujo peatonal, ciclos de semáforos, geometría, etc.).”

CONCLUSIONES:

...“Se plantearon tres propuestas de mejora. Cada una de ellas con una distinción en la forma de lograr una solución a la situación actual de la intersección estudiada. Se eligió la tercera porque se contaba con todos los datos necesarios para realizar un correcto análisis de la misma... Por otro lado, la modificación de la geometría que se propuso redujo la distancia, que recorren los vehículos para cruzar la intersección, en las Avenidas El Sol y Tullumayo en 3.1 m y 7.7 m respectivamente. Además de mejorar el tránsito vehicular, también se logró que la intersección sea más amigable para las personas discapacitadas y el público en general; ya que se mejoraron los accesos a las islas de protección de peatones para cruzar las avenidas y se colocó rampas de acceso a las veredas en todos los cruces peatonales”...

2.2 Bases Teórico – Científico

2.2.1 Ingeniería de Transito y la Microsimulación

La ingeniería de transito es una rama de la ingeniería civil. Su campo de aplicación se encarga de estudiar y analizar la planificación, diseño y operación del tráfico en las calles, carreteras y autopistas buscando mejorar las necesidades de los usuarios en el transporte de personas y mercaderías convirtiéndolos más eficientes, seguros, rápidos y económico.

En las últimas décadas, conjuntamente con el desarrollo de la tecnología, se han desarrollado diversos modelos de simulación, como la microsimulación, que en lo posterior evolucionarían en softwares comerciales, herramientas versátiles y rentables que permiten el análisis a nivel local y global del sistema de transporte durante la planificación y la operación de la misma, objetivos que busca desarrollar la ingeniería de tránsito.

Los actuales softwares de simulación se basan en los teoremas propuestos por los estudiosos del tema, obteniendo una flexibilidad para retratar con gran detalle la realidad y todo tipo de flujo multimodal de tránsito.

“El uso de la microsimulación no es tan sólo una alternativa, sino que es la más adecuada para el estudio pragmático de proyectos de ingeniería de tránsito y supone una herramienta sin precedentes, debido a la modelización flexible que ofrece, tanto en cuestiones de adaptación al entorno como de cuidado del detalle”. (Vidal Roca, 2010)

2.2.2 Modelo y Sistema

Un sistema es el conjunto organizado y complejo de individuos, formas u objetos que se relacionan entre sí para un fin en común. Un modelo es la representación simplificada de un sistema, que tiene como finalidad demostrar, explicar y comprender de manera más sencilla dicho sistema.

Para la presente investigación el sistema está conformado por los siguientes elementos: La Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima, Ca. Huancavelica, transeúntes y automóviles.

2.2.3 Simulación del Tráfico

Una simulación es un modelo y una imitación de un hecho suscitado en la realidad u objeto. La simulación del tráfico es aquella emulación de la realidad que tiene como finalidad estudiar el comportamiento del tráfico vehicular y peatonal.

Este campo de aplicación ha venido ganando un mayor interés a nivel universitario y público debido a que permite extraer conclusiones que explican la situación de los participantes y de los elementos intervinientes en el tráfico de una población, detectando falencias y aportando posibles soluciones.

2.2.4 Clasificación de los Modelos

La clasificación de los modelos se puede realizar de acuerdo al tipo de proyecto a realizar y/o al fin del mismo, considerando su naturaleza, nivel de detalle y nivel de aleatoriedad.



1. Modelo Discreto

Este modelo se caracteriza por simular el proyecto considerando que el estado de las variables cambia instantáneamente en el tiempo y espacio. Un ejemplo de ello sería la simulación en una autopista, donde la velocidad entre cada vehículo difiere del resto y por ende su posición varía para aumentar, disminuir o mantener dicha velocidad.

2. Modelo Continuo

En este modelo se aplican ecuaciones matemáticas para estudiar y explicar los cambios constantes suscitados con cada elemento de la simulación en el tiempo, espacio y velocidad. Ejemplo de este modelo es la simulación de una intersección.

3. Modelo Determinístico

Los modelos determinísticos son aquellos donde se supone que los datos, necesarios para el estudio, se conocen con anticipación y certeza, es decir, se supone que los datos nunca cambian siendo único; así como, no contempla la existencia del azar ni el principio de incertidumbre.

4. Modelo Estocástico

Un modelo estocástico, o también llamado probabilístico, es aquel donde no se conocen ningún elemento con anticipación, inicia como un dato al azar y las relaciones entre variables se toman por medio de funciones de probabilidad y estadística. Así mismo, durante su etapa de estudio incorpora otras variables que pueden o no afectar a los resultados finales. Los datos que se obtiene por medio de este modelo son más fieles a la realidad.

5. Modelo Macroscópico

Es aquella representación de forma general, global, continua y a gran escala de un proyecto, en nuestro caso de toda una intersección y de la red vial de la cual es parte. Estos modelos no toman en consideración los detalles individuales de cada elemento participante, siendo este la mayor debilidad; por otro lado, ayuda a la toma de decisiones de forma más amplia, por ejemplo de todo un circuito.

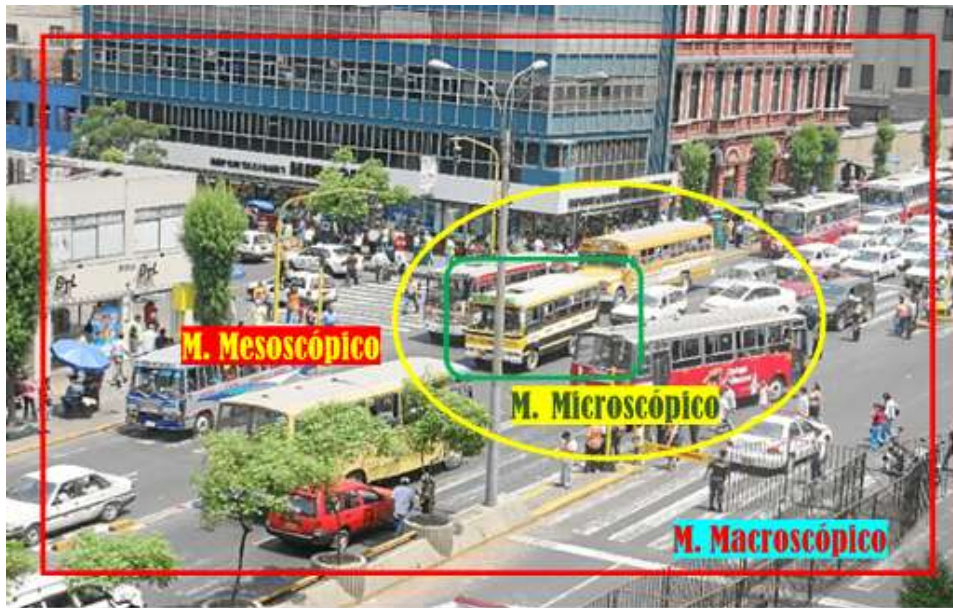
6. Modelo Mesoscópico

Este tipo de modelo trata a los elementos en forma grupal, englobándolos por características similares que comparten, en nuestro caso agrupa a vehículos y peatones por separado, sin considerar el comportamiento y la toma de decisiones de conductores y peatones.

7. Modelo Microscópico

Este tipo de modelo estudia y analiza a cada elemento participante, de forma individual, centrándose en el comportamiento individual de cada uno de ellos. Esta forma de modelo ayuda a tomar decisiones más concretas con respecto a una dificultad detectada.

Figura II.5 Modelos de Acuerdo a su Nivel de Detalle.



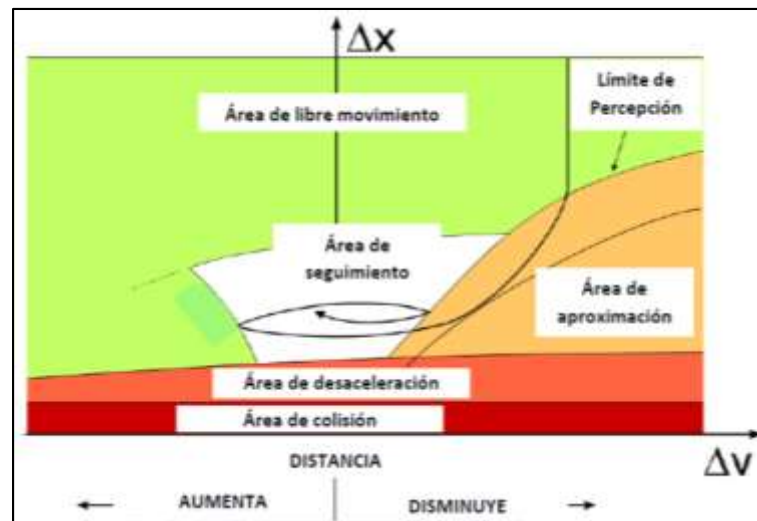
Fuente: Fotografía El Comercio, 2017

2.2.5 Modelo de Seguimiento Vehicular – Wiedemann 1974

El “*Modelo del Seguimiento de Vehículos*” (Car Following Model, en inglés) planteado por R. Wiedemann en el año de 1974, es un modelo microscópico multimodal empleado por el software PTV VISSIM para simular el flujo del tránsito vehicular. Su campo de estudio se aplica de manera directa a las calles en zonas urbanas.

En el modelo planteado por Wiedemann se explica la interacción de dos conductores y sus respectivos vehículos que circulan en un mismo carril, uno tras de otro, teniendo en cuenta la percepción humana en el tiempo, espacio, diferencia de velocidades y el comportamiento, a fin de ajustar la separación necesaria para evitar una colisión. Para el caso de trabajar con dos o más carriles se adicionan la toma de decisiones del conductor para encontrar una salida para el cambio de carril.

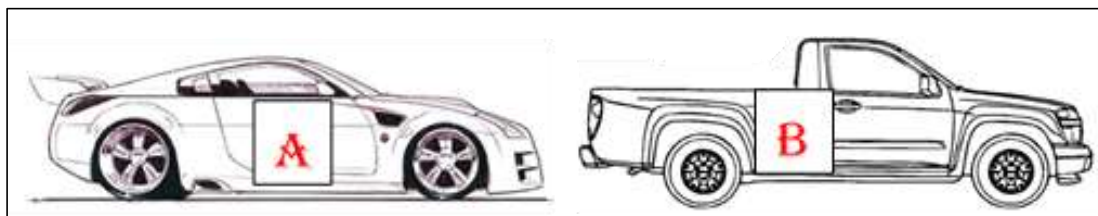
Figura II.6 Fases del Modelo de Wiedemann (1974)



Fuente: Adaptado de (Higgs, Montasir M, & Medina)

En la imagen anterior se muestra las fases planteadas y estudiadas por Wiedemann, en donde un vehículo se encuentra ubicado tras de otro, en otras palabras un líder y un seguidor. Considerar el siguiente caso como ejemplo para las fases, donde el vehículo “A” tiene una velocidad mayor al vehículo “B”, un líder y seguidor respectivamente, y ambos se trasladan en una misma carretera con la misma dirección:

Figura II.7 Ejemplo de Seguimiento Vehicular.



Fuente: Elaboración propia.

- 1. Área de Libre Movimiento:** Es la primera fase, en esta fase el vehículo seguidor “A” se encuentra en cualquier punto, por detrás, con una velocidad individual que no afecta al vehículo líder B, no existe interacción entre líder y seguidor.
- 2. Área de Aproximación:** Segunda fase de estudio. En esta fase el vehículo seguidor llega a vislumbrar al vehículo que va adelante. Se inicia con una desaceleración constante por parte del vehículo seguidor mientras se va acortando la distancia de separación entre ambos, y culmina con una diferencia de velocidades igual a cero.

3. **Área de Seguimiento:** Tercera fase de estudio. En esta área, el vehículo A empieza a interactuar con el vehículo líder B, escoltándolo y manteniendo una velocidad constante con el vehículo B. Durante esta fase el vehículo seguidor A mantendrá una distancia de seguridad con respecto al líder, dicha distancia estará en función a la percepción y pericia del conductor A.
4. **Área de Desaceleración:** También podemos llamarlo como área de frenado. Solo se ingresa a esta fase cuando la distancia de seguridad no es la adecuada, en función a la percepción del conductor del vehículo seguidor. De suceder este caso se retoma nuevamente a la fase de aproximación, desacelerando.
5. **Área de colisión:** Es la última fase de estudio, a la cual no se desea llegar debido a que la evidencia física de ello será un accidente entre ambos vehículos, líder y seguidor.

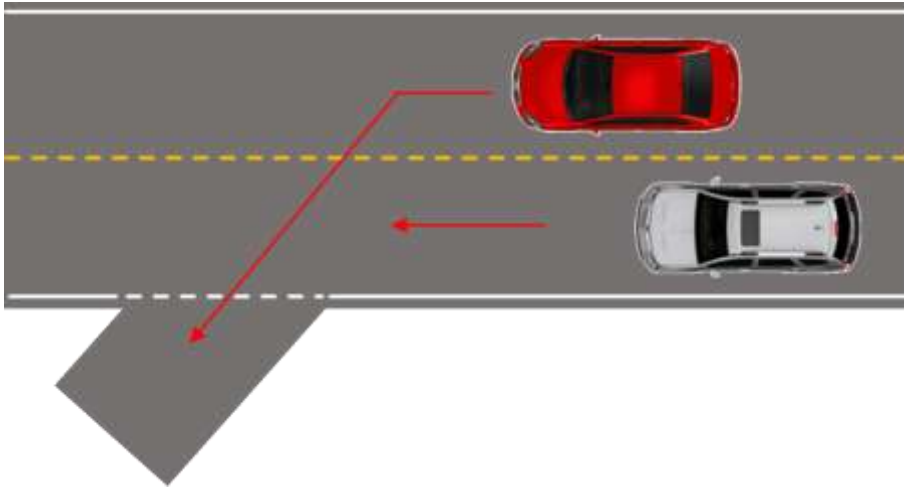
2.2.6 Modelo de Seguimiento Vehicular - Cambio de Carril

Tomando como criterio de partida lo expuesto por Wiedemann, este modelo mejor conocido por “Lane Change Model” en inglés, estudia el comportamiento del conductor durante un evento de adelantar al vehículo que tiene al frente. Esta acción de pasar estará ligado a las operaciones de acelerar y/o desacelerar en el momento adecuado buscando la vía correcta y segura para continuar con su trayectoria.

El modelo de cambio de carril, para una microsimulación, representa las decisiones instantáneas de selección de carril y está ligado a dos acciones: Cambio de carril necesario y cambio de carril libre, (Suaréz Castaño, 2007)

1. **Cambio de Carril Necesario:** El cambio de carril es realizado por la necesidad del conductor por continuar con su avance en la ruta establecida. Se mantiene los principios de desaceleración y distancia segura. Principalmente se da en vías donde se tienen ambos sentidos con una salida.

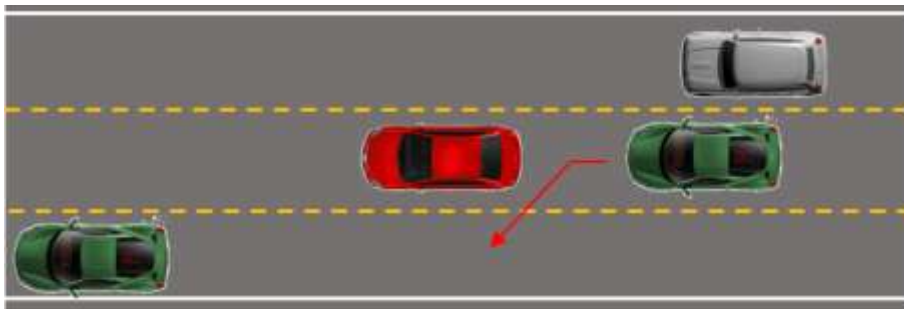
Figura II.8 Cambio de Carril Necesario



Fuente: Elaboración propia.

- 2. Cambio de Carril Libre:** Este evento se da principalmente en autopistas o vías donde se tiene más de dos carriles y estos están clasificados por un límite de velocidad. En este caso el vehículo que va por detrás es libre de cambiar de carril para incrementar la velocidad sin afectar a los otros vehículos. Se mantiene el principio de la distancia segura.

Figura II.9 Cambio de Carril Libre.



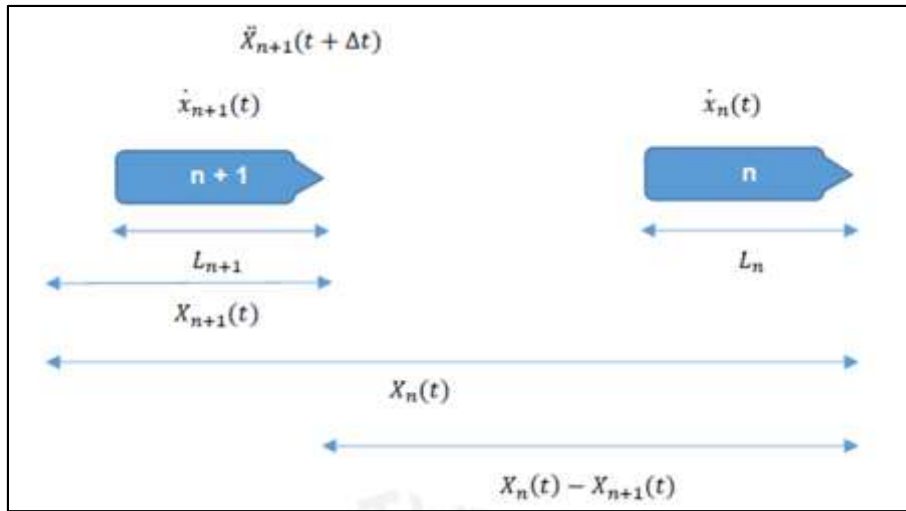
Fuente: Elaboración propia.

2.2.7 Modelo de Seguimiento Vehicular – General Motor

Estudiada y propuesta por la compañía estadounidense General Motor en los 50's; este modelo toma como punto de partida para su análisis la interacción entre ambos conductores mediante estímulos. Además de la acción como respuesta a un tercer vehículo.

$$\text{Respuesta del seguidor} = \text{Sensibilidad} \times \text{Estimulo}$$

Figura II.10 Modelo Matemático del Seguimiento Vehicular.



Fuente: (Alvarez Vargas, 2017)

Donde:

n : Vehículo líder

$n + 1$: Vehículo Seguidor

L_n : Largo del vehículo líder

L_{n+1} : Largo del vehículo seguidor

$x_n(t)$: Posición del vehículo líder

$x_{n+1}(t)$: Posición del vehículo seguidor

$\dot{x}_n(t)$: Velocidad del vehículo líder

$\dot{x}_{n+1}(t)$: Velocidad del vehículo seguidor

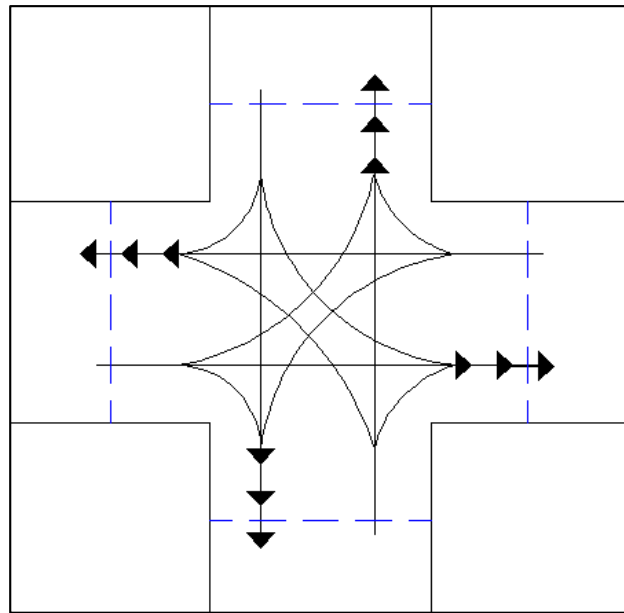
$\ddot{x}_{n+1}(t + \Delta t)$: Aceleración del vehículo seguidor

2.2.8 Intersección

Una intersección es el cruce entre dos o más vías, carreteras o vías férreas, el cual permite a los automóviles y/o cualquier vehículo terrestre, el cambio de trayectoria necesario para continuar con su recorrido.

Dentro de una zona poblada una intersección forma parte indispensable de la vía urbana debido a que permite el paso a los vehículos motorizados y no motorizados. Así mismo, una intersección trae consigo la mayor cantidad de conflictos en una red vial debido a la cantidad de movimientos que se pueden generar.

Figura II.11 Conflicto típico en una intersección de dos carriles.



Fuente: Adaptado de Roess et al (2011)














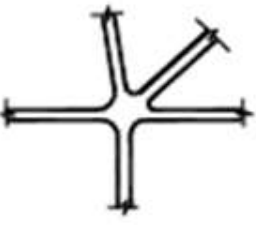
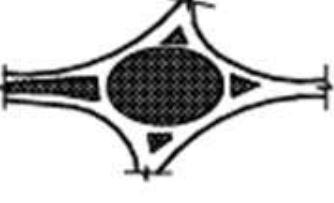
En la imagen anterior se puede apreciar los conflictos que se podrían generar cuando un vehículo quiere girar derecha o izquierda o cuando decide avanzar hacia adelante.

1. Tipos de Intersección:

Una intersección puede ser a nivel o a desnivel. Este último requiere de una infraestructura adecuada la cual le permite elevarse del nivel del suelo y soportar la carga del peso de los vehículos y los fenómenos naturales.

A continuación se muestra la clasificación realizada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú con respecto a las intersecciones a nivel y a desnivel.

Figura II.12 Tipo de intersección a nivel.

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

Fuente: MTC, 2018.

Figura II.13 Tipo de intersecciones a desnivel.

DE CUATROS RAMAS				DE TRES RAMAS	
DE LIBRE CIRCULACIÓN		CON CONDICIÓN PARADA		DIRECCIONALES	TROMPETAS
OTROS	TRÉBOL COMPLETO	DIAMANTES	TRÉBOL PARCIAL		

Fuente: (MTC, 2018)

2. Criterios de Diseño:

Para el diseño, y posterior construcción, se debe tener en cuenta lo siguiente: una intersección debe ser lo más simple y segura. Por lo tanto se debe considerar los siguientes puntos:

- a. Preferencia a los movimientos más importantes
- b. Reducción de las áreas de conflicto
- c. Perpendicularidad de las intersecciones
- d. Separación de los movimientos
- e. Canalización y punto de giro
- f. Visibilidad
- g. Consideración de tránsito
- h. Señalización de tránsito

3. Complicaciones Generados en una Intersección Vial Urbana

Las complicaciones, que son tratados en esta sección de la investigación, son aquellas que se producen durante la etapa de operación y funcionamiento de una

intersección vial. Estos problemas son aquellos inconvenientes que perturban los objetivos que tiene una red vial, que son: transportar con rapidez, economía y seguridad a las personas o mercancías. A continuación algunos ejemplos:

- a. Elevado número de accidentes:** definitivamente el peor escenario que se desea en el ámbito del transporte, porque afecta directamente a los tres objetivos, demora a todos los usuarios, causa una pérdida económica y material, pero sobretodo, genera daños a las personas.
- b. Geometría y dimensionamiento inadecuada:** Un mal dimensionamiento de una vía a un largo plazo generara malestares, debido a que esta vía ya no podrá cubrir la demanda de los vehículos – congestión vehicular. En un peor escenario generara accidentes.
- c. Falta de coordinación de semáforos adyacentes:** El mal diseño de los semáforos dentro de una intersección ocasiona el congestionamiento de vehículos y coloca en una situación riesgosa para los peatones, esto debido a que los semáforos no cumplen correctamente la tarea de ordenar y dirigir el flujo del tránsito y peatones. En resumen causa retrasos.
- d. Falta o incompatibilidad de señales de tránsito:** Este caso se da por el incumplimiento a las normas establecidas para el diseño de las señales de tránsito: dimensionamientos inadecuados, falta de las señales de tránsito o colocación inadecuada de los mismos. Debemos añadir que el incumplimiento se da con mayor reincidencia durante las etapas de operación, cuando los encargados realizan cambios que supuestamente benefician a todos.

2.2.9 Puntos de Conflicto

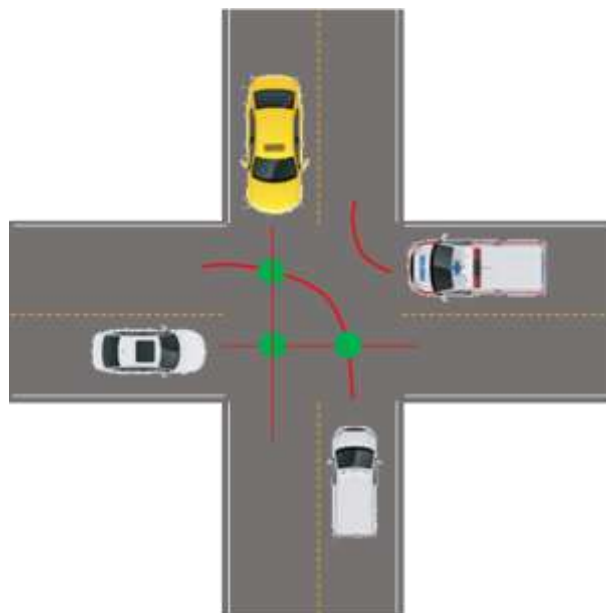
Un punto de conflicto es aquel nodo generado por la intersección de la línea de trayectoria de un vehículo o peatón. Dichas trayectorias están en función a la geometría de la vía, de los vehículos y a los posibles movimientos que se puedan realizar. Por lo tanto para poder determinar correctamente los puntos de conflicto es necesario conocer la geometría de la vía en planta y el tipo de vehículo que se estudian.

Para la presente investigación se ha considerado la siguiente clasificación de vehículos, fuente (Allemant, 2006):

- Motocicleta y Trimoto.
- Autos (Sedán, coupé, hatchback, convertible)
- Station Wagon
- Camioneta (SUV, combi, pick up, panel)
- Microbus
- Bus (De: 2 ejes, 3 ejes, 4 ejes)
- Camión (De: 2 ejes, 3 ejes, 4 ejes)
- Semi trayler (Remolcador de: 2 ejes, de 3 ejes con carreta de 1 eje, 2 ejes, 3 ejes)
- Trayler (Con: 2 ejes,3 ejes)

A continuación se muestra un ejemplo de la representación de un punto de conflicto, que son representados por los puntos de color verde:

Figura II.14 Ejemplo de punto de conflicto entre vehículos.



Fuente: Elaboración propia.

1. Clasificación de los puntos de Conflicto:

Cada intersección es único e individual, mejor dicho, cada intersección en una misma red de tránsito no será igual a otra de la misma red; por lo tanto, cada intersección mostrará un tipo diferente de conflicto y es por ello que se realiza la siguiente clasificación para evaluar el nivel de conflicto:

- **Primarios:** Las trayectorias, al cortarse, forman entre si un Angulo recto.
- **Secundarios:** Se forman por el cruce entre una trayectoria recta y otra que se origina de un giro.
- **Terciarios:** En este caso las líneas de trayectoria no se cortan; pero, continúan de forma paralela, ejemplo dentro de una rotonda.

2.2.10 Longitud de Cola

La longitud de cola, para una simulación de tránsito, está basado en la “Teoría de las Colas” realizado por el danés Agner Krarup Erlang en 1909. La teoría de Agner es un estudio matemático de las colas de espera para una atención; estudia el tiempo de espera o la capacidad de trabajo del sistema.

Una cola se forma a partir de la llegada de un segundo participante (vehículo o peatón) a la espera de ser atendido o de ingresar a un determinado sistema.

Estudiar la longitud de una cola nos permite identificar el nivel óptimo de atención y capacidad del sistema elegido, llegando al final a un equilibrio. Si la cola que se forma es demasiado grande, es un indicativo para suponer un mal funcionamiento dentro sistema; para nuestro caso, la congestión vehicular y los accidentes.

Dentro de la ingeniería de tránsito, la longitud de cola es muy usado para la evaluación de atención dentro de peajes, líneas de atención al cliente, paraderos y similares. Para la presente investigación, emplearemos dicha teoría para evaluar la capacidad de servicio del tránsito en una intersección.

2.2.11 Fundamentos de la Microsimulación

La microsimulación nos ayuda a estudiar el flujo de tránsito vehicular de un sistema de transporte, tanto público como privado. Los resultados que se obtiene de dicho estudio tiene como base los modelos de seguimiento vehicular anteriormente mencionados.

Para que un software pueda simular con mayor detalle la realidad cumple con una serie de principios o fundamentos los cuales deben ser acatados sin falta. Los fundamentos de la microsimulación empleados por Vissim son: Nivel de aleatoriedad del modelo, el número semilla, número de corridas, tiempo de estabilidad, interacción vehicular,

calibración del modelo y la validación de datos. Se puede agregar que dichos fundamentos cumplen para casi todos los softwares de simulación.

1. Nivel de Aleatoriedad

Esta aleatoriedad se puede presentar de manera determinística o estocástica. Se dice que es determinística porque no se presenta una variación entre la forma de manejo del conductor o las características físicas del vehículo (largo, ancho o alto); es estocástico cuando se asigna un valor a las particularidades antes mencionadas en vehículos y conductores.

2. Número Semilla

Todos los modelos que empleen simulaciones inician a partir de un valor inicial, para nosotros el Número Semilla. Dicho valor es un parámetro aleatorio que sirve para determinar las características iniciales de la simulación, para nuestra investigación: El tipo de vehículo y comportamiento del conductor. Según el avance de la simulación estas características irán variando.

3. Número de Corrida

El número de corridas, o simulaciones que realizaremos, dependerá del número semilla, es decir cuántas más veces cambiemos los valores iniciales será el número de veces que realizaremos la simulación. Los resultados que se obtengan estarán dentro del promedio proyectado. Para evitar una cantidad excesiva de simulaciones nos ayudaremos de la estadística determinando un número “mínimo de corridas”.

Para determinar el número mínimo de corridas emplearemos a la estadística; donde, la muestra deberá ser la más representativa de la población, ser heterogénea sin tendencia alguna. La FHWA (Federal Highway Administration , 2004) recomienda un proceso de iteración entre: La media, desviación estándar y “t” de student para determinar el número mínimo de corridas, tomando como valor inicial para el número mínimo de corridas de 4.

Para el cálculo de la desviación estándar se emplea la siguiente formula:

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N-1}$$

Ecuación 1: Desviación estándar

Donde:

S : Desviación estándar

X : Resultado del parámetro de eficiencia en una corrida específica

\bar{x} : Media del parámetro en todas las corridas

N : Número de corridas ($N=4$, como valor inicial)

Para el cálculo del “ t ” de student empleamos la siguiente fórmula:

$$CI_{(1-\alpha\%)} = 2 \times t_{(1-\alpha/2), N-1} \frac{S}{\sqrt{N}} \quad \text{Ecuación 2: “t” student}$$

Donde:

$CI_{(1-\alpha\%)}$: Intervalo de confianza

$t_{(1-\alpha/2), N-1}$: T student con $N-1$ grados de libertad

S : Desviación estándar

N : Número de corridas, ($N=4$, como valor inicial)

Continuando con las recomendaciones de FHWA, el número mínimo de corridas deberá ser evaluada con la siguiente fórmula:

$$N \geq \left(t_{\alpha/2} \frac{S}{e}\right)^2 \quad \text{Ecuación 3: Número mínimo de corridas}$$

Donde:

e : Margen de error (95%)

$t_{\alpha/2}$: Valor de la distribución “ t ” student

S : Desviación estándar

Si el valor obtenido para N en la ecuación 3 coincide, o es mayor, con el valor N (obtenido de un proceso de iteración) usado para la determinación de la desviación estándar y “ t ” student, se asumirá dicha cantidad como el mínimo de corridas necesarias para la simulación.

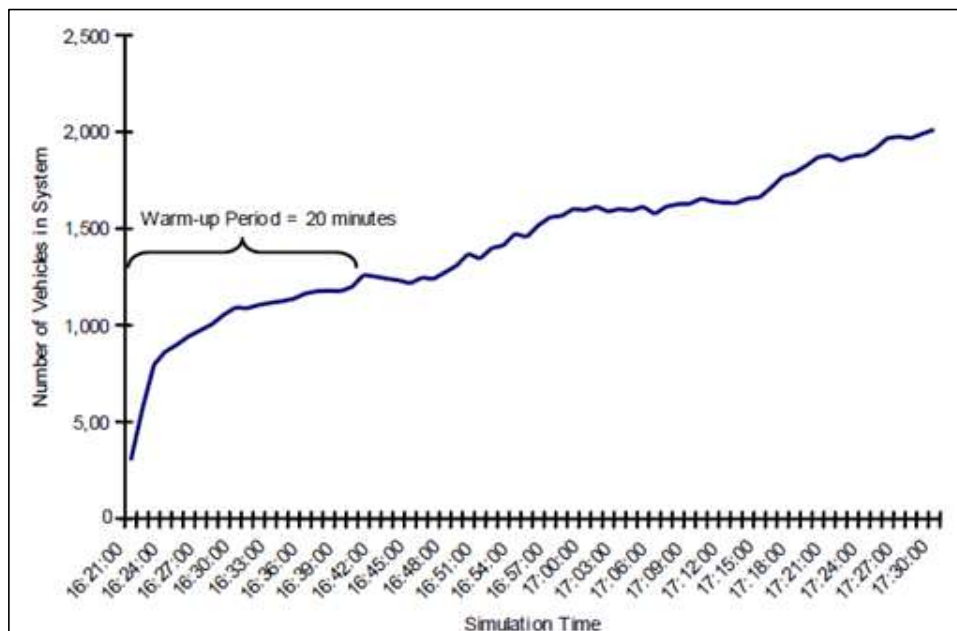
Por otro lado, PTV Group, también hace sus recomendaciones al respecto, donde indica como mínimo de corridas un valor comprendido entre 5 y 20.

4. Tiempo de Estabilidad

Para los casos de simulación también es conocido como “warm up”. Al inicio de la simulación, dentro del software, no se cuenta con ningún vehículo presente, y conforme transcurre la simulación estos se van añadiendo hasta llegar a un punto de estabilización entre la simulación y el mundo real. Los resultados que se van obteniendo durante este tiempo no deben ser considerados puesto que no representan la vida real. El tiempo de estabilidad dependerá de factores como: El largo de la vía, cantidad de vehículos en la realidad, tiempo de semaforización, etc.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo que la Federal Highway Administration realiza para estabilizar una simulación, en ella se puede apreciar que el tiempo que se toma para llegar a una estabilidad es de 20 minutos, iniciando desde un tiempo cero y una cantidad igual. Este tiempo indica que la simulación ha alcanzado una cantidad idéntica de vehículos que transcurren en la realidad.

Figura II.15 Ilustración para “warm up”.



Fuente: (Federal Highway Administration , 2004)

El tiempo mínimo, que recomienda la FHWA, es de 10 minutos.

5. Interacción de Vehículos

La interacción entre vehículos es analizada a través de los modelos de seguimientos vehicular: Modelo de seguimiento de Wiedemann 74, modelo de seguimiento vehicular de General Motor y por el modelo de cambio de carril. En lo expuesto por Wiedemann se toma en cuenta factores como la velocidad, distancia segura y la desaceleración para evitar una colisión; además, con el segundo y tercer modelo se plantea la necesidad de realizar un movimiento adicional cambiando de carril, propiamente dicho, y las acciones que los conductores toman ante cada situación.

6. Calibración del Modelo

El proceso de calibración se da con la finalidad de conseguir una simulación tan fiel a la realidad como se nos sea posible a través de un proceso iterativo. Para calibrar nuestro modelo podemos emplear los siguientes factores: tiempo de cola, velocidad, cantidad de vehículos, volumen de entrada y salida en la intersección, entre otros. La calibración del modelo se obtiene al comparar los factores antes mencionados que se obtiene ente el software de simulación y la vida real.

7. Validación de Datos

Terminado la calibración del modelo se procede a esta etapa de estudio, donde se verifica que los valores obtenidos en el software de simulación sean idénticos a la realidad. Se recomienda que el modelo se evalúe con datos de campo nuevos: volumen de tráfico, longitud de cola, etc. Si los valores de campo son idénticos a los obtenidos en el software, se da por validado al modelo.

2.2.12 Capacidad y Nivel de Servicio de una Vía

La capacidad es la el número máximo de vehículos que pueden pasar libremente a través de una calle o carretera. Su medición se realiza en vehículos por hora (Vph) en un intervalo de 15 minutos de la hora pico. Dicha capacidad estará determinada por los siguientes factores: velocidad máxima de los vehículos, diseño de la vía, geometría de la vía, flujo de vehículos y condiciones de uso.

El nivel de servicio es una propiedad cualitativa de las vías de transito que se mide las condiciones de uso de acuerdo a la percepción de los usuarios. Dichas condiciones son

evaluadas en los siguientes factores: Comodidad, velocidad de traslado, tiempo de viajes y seguridad.

Tanto capacidad como nivel de servicio determinan la calidad de flujo vehicular que se tiene en un sistema de tránsito y sus vías. De acuerdo al Manual de Capacidad de Carretera presentada por The Transportation Research Board's (TRB's), el nivel de servicio, y por consiguiente la calidad de flujo, están evaluadas de la F a la A, de peor a mejor (García, 2014).

Tabla II.1 Niveles de Servicio para una Intersección por Demora.

Nivel de Servicio	Demora Promedio (seg)	Nivel de Servicio	Demora Promedio (seg)
A	< 10	A	< 10
B	10.1 - 15	B	10.1 - 20
C	15.1 - 25	C	20.1 - 35
D	25.1 - 35	D	35.1 - 55
E	35.1 - 50	E	55.1 - 80
F	> 50	F	> 80
Niveles de servicio para una intersección sin semáforo		Niveles de servicio para una intersección con semáforo	

Fuente: (Fontalvo Arrieta, 2013)

En la tabla II.1 se muestra la clasificación de una vía, en función al tiempo de demora que tarda un vehículo detenido en una intersección, y su interpretación de la siguiente manera:

- Nivel A: Alto grado de libertad funcional.
- Nivel B: Tránsito estable, condicionada a vehículos más rápidos.
- Nivel C: Tránsito estable, condicionando a todos los vehículos.
- Nivel D: Tránsito inestable. Vía trabaja a toda su capacidad.
- Nivel E: Vía trabajando sobre su máxima capacidad, pocas detenciones.
- Nivel F: Vía congestionada, la demanda sobrepasa la capacidad.

2.2.13 Clasificación de Vías

La clasificación de una vía urbana está vinculada al nivel de servicio que se desea de acuerdo a ciertos parámetros del diseño. Estos parámetros son: velocidad de diseño,

flujo de tránsito, número de carriles, tipo de servicio, facilidad para carga y descarga de pasajeros y/o mercancías.

La presente clasificación de una vía considera cuatro categorías: Vía expresa, arterial, colectora y local, fuente: (Chávez Loaiza, 2004).

- **Vía Expresa:** La velocidad de diseño esta entre los 80 y 100 km/h (kilómetros por hora), posee de 3 a más carriles bidireccionales con un flujo ininterrumpido. Se prohíbe el paso de vehículos livianos como bicicletas y motocicletas. Su principal característica es la gran longitud que recorre. No considera espacios para carga y descarga.
- **Vía Arterial:** La velocidad de diseño está comprendida entre 50 y 80 km/h. permite el paso de diferentes vehículos y el uso de semáforos para hacerlo lo menos ininterrumpido posible. Posee hasta 3 carriles bidireccionales y deberán contener vías laterales para el acceso.
- **Vías Colectoras:** la velocidad de diseño esta entre 40 y 60 km/h. posee hasta 2 carriles en sentido bidireccional. Su infraestructura incluye intersecciones semaforizadas. Recibe una infraestructura especial cuando el volumen de transito es elevado: ensanche de vías, paso a desnivel. Para el transporte público permite el área de paraderos en zonas especiales a fin de no interrumpir el flujo del tránsito.
- **Vías locales:** la velocidad máxima es de 40 km/h. permite el paso de todo tipo de vehículos livianos y pesados. Presta servicio a las propiedades adyacentes: paraderos y accesos a cocheras. No se permite el paso del transporte público; pero se permite el estacionamiento.

Figura II.16 Vía Expresa - B. Vía Arterial



Fuente: Imágenes El Comercio.

Figura II.17 Vía Colectora - D. Vía Local.



Fuente: Imágenes El Comercio.

2.3 Definición de Términos

1. TRÁFICO

La Real Academia Española lo define como el paso de vehículos, personas o mercancías por un lugar. También podemos definirlo como la circulación de vehículos, personas y mercancías a través de calles o carreteras de uso común o privado y está relacionado con la cantidad de vehículos, personas y mercancías que pueden circular, avanzar a través de dicha vía.

2. AUTOMÓVIL

Automóvil o vehículo es aquel aparato motorizado, o no también, capaz de trasladarse de un punto hacia otro a través de una vía, ya sea en suelo, agua o aire. Sirve para el transporte de personas y/u objetos. Los hay de diferentes tamaños, de acuerdo al volumen o cantidad de personas u objetos que transporta.

3. PEATÓN

Es una persona masculina o femenina, infante o adulta, que se desplaza en una vía terrestre de uso común, espacio público, junto a otras personas.

4. ÁREA DE CONFLICTO

Es aquella zona conformada por el encuentro e interacción de todas las trayectorias de los vehículos o peatones dentro de una intersección vial.

5. PUNTO DE CONFLICTO

Es aquel punto formado por la intersección de dos líneas de trayectoria de un vehículo o peatón.

6. VOLUMEN DE TRÁNSITO

Es la cantidad de vehículos, peatones y otros usuarios que transitan a través de un punto (intersección) y tiempo previamente definido. Para su contabilidad se deberá de considerar todas las características de la intersección, tales como: ancho de vía, tipo de vía, etc.

7. MICROSIMULACIÓN

Es el modelamiento individual de vehículos y peatones en un determinado tiempo con la finalidad de mejorar el sistema de tráfico en las calles y carreteras.

8. MULTIMODAL

La interacción multimodal consiste en un proceso en el cual varios dispositivos, personas o mecanismo son capaces de llevar a cabo una misma acción, no necesariamente de la misma manera. Para el sector transporte, es referido al transporte (traslado) de personas o mercadería en diferentes vehículos y en diferentes formas; pero, manteniendo el menor costo y la mejor calidad y seguridad.

9. VÍA

La RAE lo define como el espacio destinado para el paso de personas y/o vehículos que van de un lugar a otro. Una vía posee sus propias características y geometría, dependiendo del volumen de personas y/o vehículos que transitan a través de él. Es una infraestructura vial el cual puede ser de asfalto, concreto o tierra.

10. TRANSITABILIDAD

Es la capacidad de cada individuo (peatón), objeto o vehículo de trasladarse de un punto hacia otro con la menor dificultad posible y en cualquier dirección dentro de un plano.

11. MODELO

Es la reproducción o copia de la realidad, la cual debe ser lo más exacta como le sea posible al usuario.

12. LARGO DE COLA

Es la cantidad de vehículos que esperan uno de tras de otro durante una luz roja (señal del semáforo que los detiene durante un intervalo de tiempo) o de cualquier otra señal de tránsito que ordene detener el avance: Señal de “PARE”.

2.4 Hipótesis: Genéricos y Específicos

2.4.1 Hipótesis Genérico

1. Las condiciones del flujo de tránsito vehicular en la intersección de la calle Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica, es aceptable dentro de los niveles y volumen de tránsito recomendados para dicha intersección, siendo está segura y de calidad para sus usuarios.

2.4.2 Hipótesis Especifico

1. Las condiciones físicas, geométricas y de señalización de tránsito, dentro de la intersección estudiada, generan dificultades de transitabilidad en los vehículos.
2. La cantidad de vehículos que predomina dentro de la intersección vehicular son los vehículos menores: autos sedan, station wagon, camionetas SUV, pickup y combis (microbús), ocasionando un bajo nivel de transporte de pasajeros y mercancía.
3. El uso del software PTV Vissim 9.0 es aceptable y los resultados obtenidos reflejan la realidad que ha sido simulado, brindándonos nuevas alternativas de mejora.

2.5 Identificación de las Variables

2.5.1 Variables Independientes

- ✓ Volumen del tráfico vehicular.

2.5.2 Variables Dependientes

- ✓ Nivel de transitabilidad en la intersección.
- ✓ Nivel de calidad y seguridad vial de los usuarios.

2.5.3 Variables Intervinientes

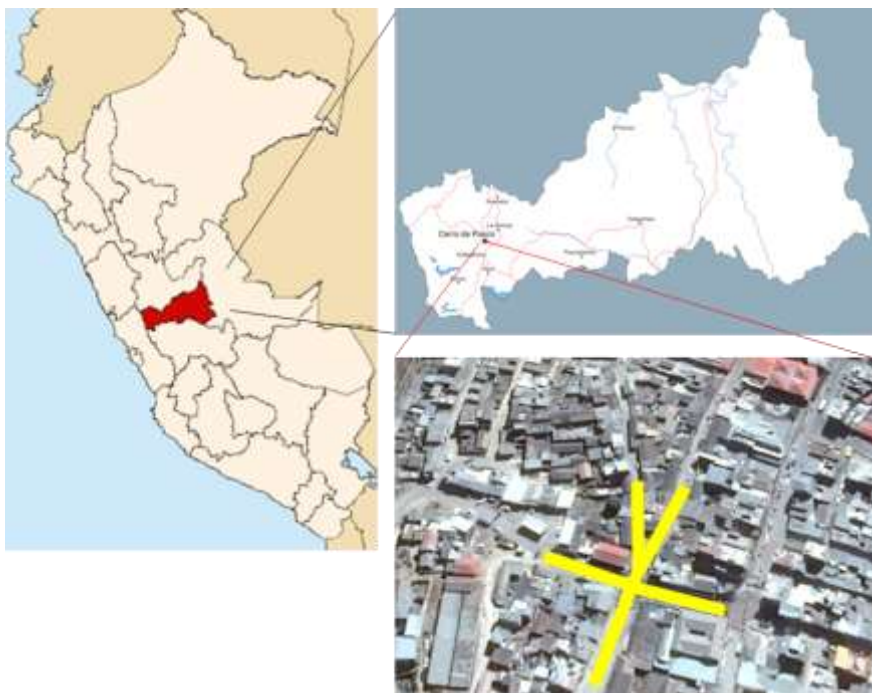
- ✓ Tipo de vehículos
- ✓ Diseño geométrico de la intersección.

Capítulo III. GENERALIDADES

3.1 Ubicación del Proyecto

La presente investigación está ubicada en la región de Pasco, provincia de Pasco, distrito de Chaupimarca, en el lugar denominado “Cinco Esquinas”, el cual es una intersección conformada por la calle Alfonso rivera, calle Lima y calle Huancavelica de la ciudad de Cerro de Pasco.

Figura III.1 Vista satelital de la ubicación del proyecto.



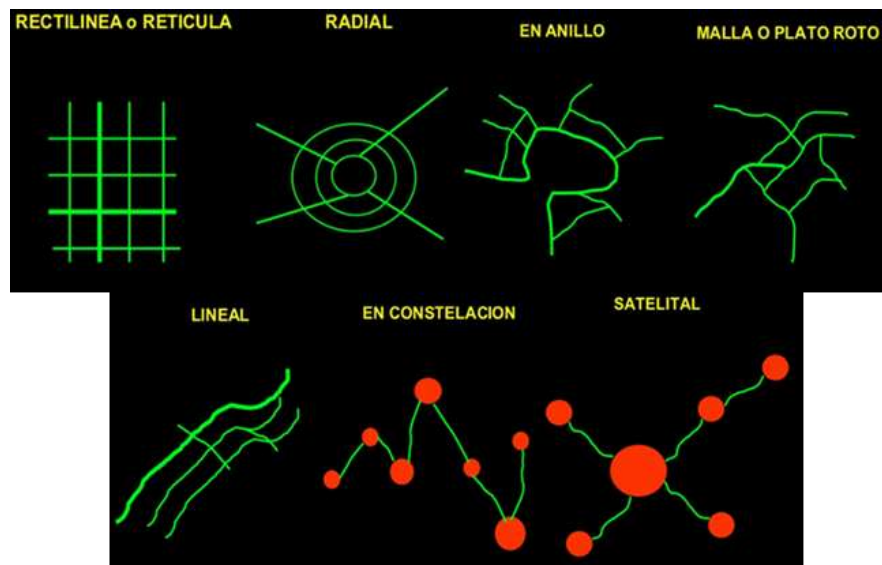
Fuente: Elaboración propia.

3.2 Urbanismo de la Ciudad de Cerro de Pasco

La Real Academia Española define a urbanismo como el estudio de la planificación y ordenación de las ciudades y del territorio. Así mismo, el urbanismo estudia la forma que poseen las ciudades y su desarrollo como tal tomando en cuenta su historia, cultura y desarrollo socio económico. La forma de una ciudad puede ser:

- **Rectilínea:** La forma de sus calles es lineal, se muestra de forma ordenada y secuencial manteniendo la forma de sus manzanas en cuadriláteros.
- **Radial:** Este tipo de ciudades se forma a partir de un centro. Las calles forman circunferencia alrededor de dicho centro.
- **Anillo:** De forma similar a una radial, con la diferencia que este se desarrolla a partir de un área libre y amplia.
- **Malla o Plato Roto:** La forma en cómo se agrupan las manzanas no tiene orden, de igual modo las calles no son lineales o constantes.
- **Lineal:** Como su nombre dice la forma es de una línea. Esta forma es común en ciudades costeras y de valles.
- **Constelación:** Es la agrupación de varias ciudades cercanas que se desarrolla de forma independiente; pero se mantiene interconectadas.
- **Satelital:** Este tipo de urbanismo concentra a varias ciudades pequeñas alrededor de una más grande. Las pequeñas dependen de la ciudad concéntrica.

Figura III.2 Tipos y formas de las ciudades.



Fuente: Imágenes Arq. Leticia Mesías Estrada.

La ciudad de Cerro de Pasco posee una morfología de tipo Constelación, porque, está formada por la población de Chaupimarca, San Juan Pampa y Paragsha. Los tres mencionados se desarrollan de forma independiente y de esta forma se mantienen conectadas buscando un mayor crecimiento.

Figura III.3 Morfología de la ciudad de Cerro de Pasco.

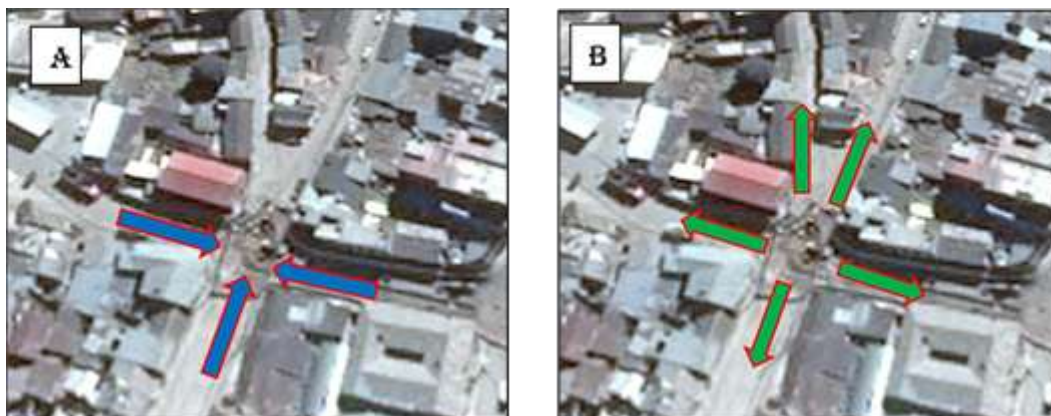


Fuente: Elaboración propia.

3.3 Vías de Acceso y Salida

Como tal, la intersección de “Cinco Esquinas” tiene como ingresos la Calle Alfonso Rivera, en dos Sentidos, y la Calle Lima, en un solo sentido. Las vías de salida son a través de la calle Alfonso Rivera, calle Lima y la calle Huancavelica.

Figura III.4 Vista de los ingresos (A) y salidas (B) a la intersección estudiada.



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Crecimiento Demográfico

El crecimiento demográfico o crecimiento poblacional que ha tenido la región de Pasco y la ciudad de Cerro de Pasco a lo largo de los últimos 70 años es como se muestra a continuación.

Figura III.5 Crecimiento poblacional de la Región Pasco.



Fuente: (INEI, 2017)

Figura III.6 Crecimiento poblacional de Cerro de Pasco.



Fuente: (INEI, 2017)

Figura III.7 Crecimiento poblacional de la ciudad de Cerro de Pasco.



Fuente: (population.city, 2018)

El crecimiento que se da en la región de Pasco es en forma creciente. Por otro lado, el crecimiento que se da en la ciudad de Cerro de Pasco se da en forma creciente y descendiente; este fenómeno se puede explicar con los niveles de explotación de los minerales que coinciden con los años donde la población cerreña tuvo que emigrar en busca de puestos de empleo; de similar modo, se está dando en los últimos 5 años, donde la población ha empezado a decrecer.

3.5 Crecimiento Parque Automotor

Gracias a la estabilidad económica que nuestro país ha venido teniendo durante la última década, las industrias y otros sectores económicos se han podido desarrollar, tal es el caso del sector transporte que ha pasado a un crecimiento en el número de unidades del servicio público y privado.

Este fenómeno se ha dado de tal forma que se ha hecho presente en todas las regiones del Perú (Ver Anexos). En la región Pasco, de acuerdo a lo informado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el incremento no se ha dado de forma abrupta; más bien, lo sucedido en Pasco fue una renovación de flotas. En otras palabras si bien el número de vehículos, público y privado, no se han incrementado, estos han sido renovados.

Tabla III.1 Historia de Parque Automotor de Pasco, según Clase de Vehículo 2009-2016

CLASE	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TOTAL	7187	7351	7292	7238	7108	6956	6804	6804
Automóviles	1227	1255	1245	1236	1215	1192	1167	1167
Station Wagon	2099	2147	2130	2114	2084	2040	1995	1995
Camioneta Pickup	350	357	355	352	347	339	331	331
Camioneta Rural	839	858	851	845	827	808	791	791
Camioneta Panel	92	94	94	93	91	89	87	87
Omnibus	478	489	485	481	472	461	451	451
Camión	1696	1735	1721	1708	1672	1635	1599	1599
Remolcador	185	189	187	186	182	179	175	175
Remolque y Semi Remolque	221	227	224	223	218	213	208	208

Fuente: (INEI, 2017)

3.6 Transporte Público en Cerro de Pasco

La operación y gestión del servicio de transporte público en la ciudad de Cerro de Pasco está a cargo de la Honorable Municipalidad Provincial de Pasco, a través de la Gerencia de Desarrollo Económico y la Sub Gerencia de Transporte y Viabilidad. Desde el 2013 la única herramienta para la gestión de dicho rubro recae sobre el “Plan Integral de Rutas”, el cual tuvo una Implementación en el año 2016.

De acuerdo a dicha herramienta de gestión, la ciudad de Cerro de Pasco posee un total de 11 Rutas de Transporte de Automóviles Colectivos (TUA), 17 Rutas de Transporte de Automóviles Taxi (TUA), 4 Rutas de Transporte de Camionetas Rurales (TUCR) Y 6 Rutas de Transporte Masivo (TUM). Dichas rutas, concesionadas, abastecen el servicio de transporte urbano en toda la Ciudad de Pasco.

A continuación se muestra las rutas y empresas que realizan el servicio de transporte, solo en la ciudad de Cerro de Pasco, y que se desplazan a través de la intersección estudiada:

Tabla III.2 Relación de Empresas de Transporte Público.

RUTA	EMPRESA	PUNTO DE INICIO	PUNTO FINAL	FLOTA
TUA-3	Emp. Trans. 27 de Noviembre	AA.HH. Tahuantinsuyo	C.U. Ayapoto	20
TUA-9	Emp. Trans. El Minero	AA.HH. Buenos Aires	AA.HH. 27 de Noviembre	85
TUA-11	Emp. Trans. Sr. De Ancara	PP.JJ. Uliachin Stor. 4	AA.HH. Víctor Raúl Haya de la Torre	54
TUA-12	Emp. Trans. Orgullo Pasco	Barrio Ayapoto	AA.HH. 27 de Noviembre	62
TUA-13	Emp. Trans. Diamante	PP.JJ. Uliachin Stor. 6	Asoc. Prop. Viviendas Daniel Carrión	60
TUA-14	Emp. Trans. Paragsha Mariátegui	Av. 28 de Julio Cdra. 1	AA.HH. Los Próceres	44
TUA-15	Emp. Trans. Junior	Com. Urb. Champamarca	AA.HH. Gerardo Patiño López	51
TUCR – 4	Emp. Santa Rosa	PP.JJ. Uliachin Stor. 6	San Juan	20
TUCR – 5	Emp. Trans. Ruta 23	AA.HH. Carlos Mariátegui Stor. 3	AA.HH. Víctor R. Haya de la Torre	27
TUCR – 6	Emp. Trans. Villa Minera	Com. Urb. Champamarca	AA.HH. Víctor R. Haya de la Torre	60
TUCR – 7	Emp. Trans. Pioner Buss	Barrio Buenos Aires	AA.HH. 27 de Noviembre	45
TUM-1		Av. Los Próceres/ Carr. La Quinua	Av. Las Américas/ Av. Los Próceres	0

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, son empresas con 528 unidades que a diario circulan a través de la intersección estudiada. A esta cifra se debe de adicionar las empresas que brindan el servicio de taxi en la ciudad.

3.7 Características de la Intersección

La intersección conformada por las calles de Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica (Cinco Esquinas) es uno de los puntos de tránsito más importantes de la ciudad Cerreña, debido a la siguiente razón: Conecta de forma rápida, segura y económica (Para el conductor) las zonas de Chaupimarca, San Juan Pampa y Paragsha; sin esta intersección, los vehículos tendrían que rodear la ciudad por la zona denominada Túpac Amaru y el “Anillo Vial de Pasco” para poder conectar los lugares mencionados.

3.7.1 Clasificación de Vía

La intersección estudiada posee la siguiente clasificación en sus vías:

- ✓ Calle Alfonso Rivera: Vía colectora
- ✓ Calle Lima: Vía Colectora
- ✓ Calle Huancavelica: Vía Colectora

3.7.2 Características de las Vías

La intersección en cuestión del estudio, posee una forma de Estrella por lo tanto es un cruce de tipo especial (Ver Tipos de Intersecciones en el Capítulo II). A

continuación se muestra una descripción de cada una de las vías que conforman el estudio:

✓ **Calle Alfonso Rivera:**

- Intersección semaforizada.
- Vía formada por dos carriles, en ambos sentidos.
- El estado de los carriles es buena.
- Requiere de mantenimiento de marcas en el pavimento.
- Se ubica en una zona comercial.
- Tránsito peatonal de magnitud apreciable.

✓ **Calle Lima:**

- Intersección semaforizada.
- Vía formada por dos carriles, bidireccional antes de la intersección.
- Vía de un solo carril después de la intersección.
- El estado de la vía es regular.
- Se ubica entre la zona comercial y residencial.
- Requiere de mantenimiento de marcas en el pavimento.
- Tránsito peatonal medio.
- Ancho de la vía permite el estacionamiento.

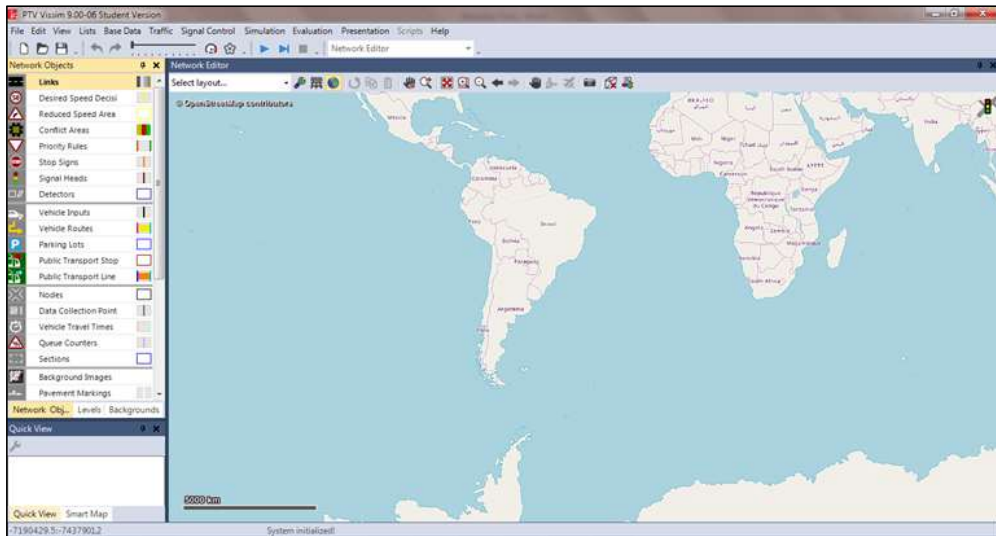
✓ **Calle Huancavelica:**

- Intersección no semaforizada.
- Vía formada por un solo carril.
- El estado de la vía es óptima.
- Requiere de mantenimiento de marcas en el pavimento.
- Se ubica dentro de la zona residencial.
- Tránsito peatonal ligero.

3.8PTV Vissim 9

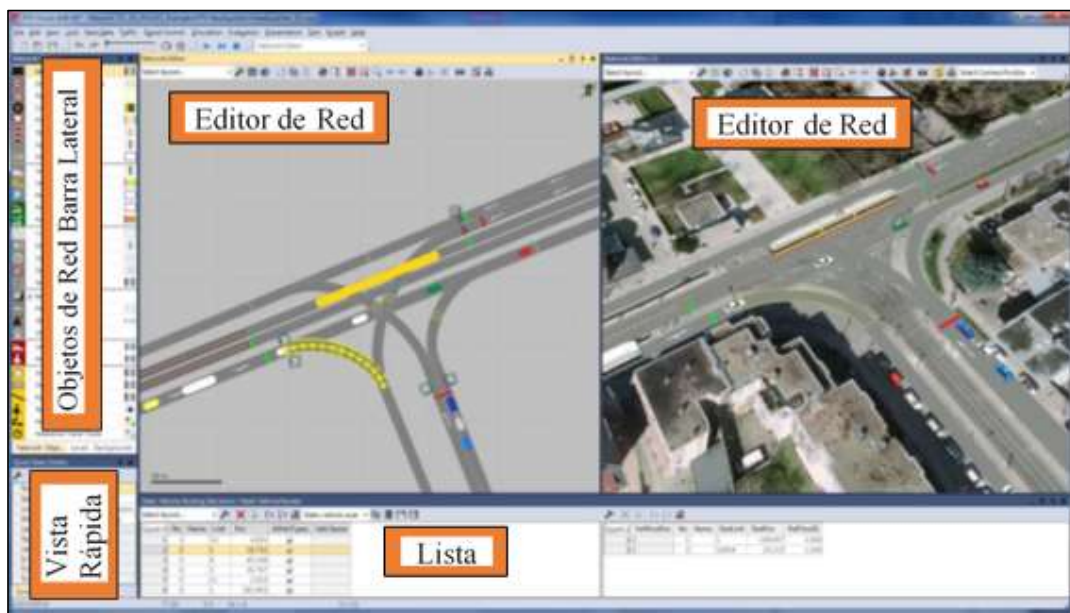
El software PTV Vissim es una herramienta de simulación microscópica, mesoscópica y macroscópica del tráfico urbano y de carreteras. Es muy empleado para el diseño de sistemas de control de tráfico urbano multimodal, vías Semaforizadas, comparación del tráfico, etc. Actualmente es desarrollado por la empresa PTV Vision Traffic Suite (PTVGROUP, 2018).

Figura III.8 Vista de la Venta Principal de PTV Vissim 9



Fuente: Elaboración propia.

Figura III.9 Vista de las partes del software PTV Vissim 9.



Fuente: (PTV GROUP, PTV Vissim, Firts Steps Tutorial , 2016)

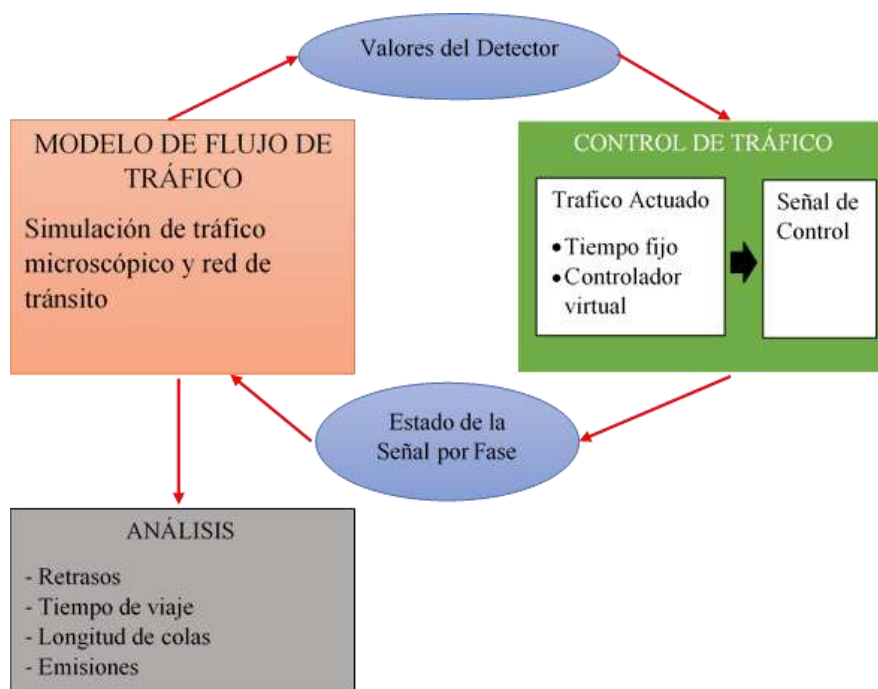
3.8.1 Funcionamiento de PTV Vissim

El funcionamiento del software se basa en el modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74, el modelo de seguimiento vehicular y el modelo de cambio de carril.

Se destaca sobre la competencia en la evaluación del tránsito urbano, desarrollando alternativas de mejora a nivel de diseño y planeamiento.

Podemos decir que se compone de 2 funciones: simulador de tráfico y el generador de estados. A través de estas funciones se genera una simulación del flujo, fidedigna de la realidad, que nos permite la salida de datos estadísticos como: longitud de cola, velocidad de desplazamiento, tiempos de espera, etc.

Figura III.10 Arquitectura del Sistema PTV Vissim.



Fuente: Adaptado de (Papageorgiou, Damianou, & Pitsilides, 2006)

3.8.2 Componentes de PTV Vissim

El software está formado por dos componentes: Estáticos y Dinámicos. Los componentes estáticos son los link y los conectores, que a su vez podemos describirlos como las carreteras, calles y vías para el primero y a los conectores son aquellas porciones de vía que une a dos links.

Figura III.11 Vista de Links y conectores en PTV Vissim 9.



Fuente: Elaboración propia.

Los componentes dinámicos son aquellos elementos como los semáforos (dentro del software) que influyen en el comportamiento de los conductores, haciendo variar su comportamiento en el tiempo para la toma de decisiones: girar, acelerar, desacelerar, etc. Estos componentes determinan el nivel de detalle de la simulación.

3.8.3 Construcción del Modelo

La construcción del modelo de simulación a realizar depende del objetivo al cual se desea llegar, en otras palabras, si se desea realizar el comportamiento del tráfico con una cantidad fija de vehículos, bastara con un bosquejo de las vías; pero, si se desea llegar a analizar el comportamiento de los conductores y peatones, será necesario introducir datos más detallados de la zona y de los participantes (usuarios humanos).

Para cualquier nivel de estudio lo principal será la introducción de las vías a escala y el planteamiento de la metodología. Las medidas a escala pueden ser obtenidas de las siguientes maneras: Medición manual, fotografías aéreas, planos o vistas satelitales. Para la metodología es recomendado seguir las pautas de la Federal Highway Administration para simulaciones por ordenador.

3.8.4 Control de Tráfico

El tráfico, dentro de las zonas urbanas, se desarrolla a través de las vías, intersecciones, rotondas y óvalos; estos a su vez son controlados a través de las señales de tránsito.

Hablando de esto último, las intersecciones pueden ser de dos tipos: Semaforizadas y no Semaforizadas:

- **Intersecciones Semaforizadas:** en este tipo de intersecciones no se cuenta con un semáforo el cual regule y controle el tránsito; por lo tanto, en este tipo de intersecciones prima la regla de dar prioridad a los vehículos que circulan en el lado derecho a través de una vía principal o de un carácter más importante. Por ejemplo cuando se ingresa de una Vía colectora hacia una Vía expresa.
- **Intersecciones no Semaforizadas:** estas intersecciones son controladas por un semáforo el cual establece el flujo del tránsito a través de las señales de control: Rojo, ámbar y verde.

Para el software PTV Vissim, se tiene herramientas con las cuales se indica la prioridad de las vías y la colocación de semáforos los cuales ayudan en el control del tráfico.

3.8.5 Seguimiento del vehículo

PTV Vissim emplea los modelos de seguimiento vehicular de cambio de carril, de General Motor y, especialmente, el modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74. Centrándonos en lo expuesto por Wiedemann, a la hora de proceder con la simulación del tráfico estudiado, debemos de tener lo siguiente: la distancia requerida para el seguimiento entre vehículos; este parámetro nos ayudara a calibrar los datos de campo y los del software. Para ello empleamos la siguiente formula (Suaréz Castaño, 2007):

$$d = a_x + (bx_{add} + bx_{mul} \times z) \times \sqrt{v} \quad \text{Ecuación 4: Distancia requerida}$$

Donde:

d : Distancia entre dos vehículos

a_x : Distancia estática entre vehículos detenidos

bx_{add} : Parte aditiva de la distancia deseada de seguridad

bx_{mul} : Parte multiplicativa de la distancia deseada de seguridad

z : Distribución normal entre [0-1], $z=0.5$, y desviación estándar = 0.15

v : Velocidad del vehículo seguidor (m/s).

Capítulo IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es del **Tipo Descriptivo**. “La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hechos y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta” (Quezada Lucio, 2015)

Durante la investigación buscaremos estudiar y comprender la realidad del tráfico vehicular en torno a la intersección conformada por las calles de Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica, mediante una descripción, registro, análisis e interpretación de su situación actual a través de una simulación por computadora, de esta forma detectando falencias y proponiendo mejoras.

4.2 Diseño de la Investigación

La presente tesis propone un diseño en base a una investigación **No Experimental**, la cual se desarrolla a partir de la obtención de los datos de campo y estos son sometidos a la etapa de estudio (podemos llamarlo experimentación) sin la modificación de los mismos, de esta forma obteniendo resultados que nos permiten describir el comportamiento o situación de la muestra.

A continuación se plantea los pasos seguidos a fin de lograr los objetivos de la investigación:

Paso 1: Aprendizaje de la ingeniería de tránsito.

- Paso 2:** Determinación de las normativas vigentes sobre ingeniería de tránsito y urbanismo en el Perú.
- Paso 3:** Recolección de datos en campo.
- Paso 4:** Calibración y reproducción del modelo en el software PTV Vissim a partir de los datos de campo.
- Paso 5:** Validación de datos en el software PTV Vissim.
- Paso 6:** Evaluación de la intersección en el software PTV Vissim y formulación de propuestas de mejoras.
- Paso 7:** Evaluación de las hipótesis planteadas.
- Paso 8:** Presentación de resultados.

Los pasos mencionados han sido descritos tomando en consideración los lineamientos de una investigación del tipo descriptivo.

4.3 Población y Muestra

4.3.1 Población

Para poder ver el contexto real de la investigación debemos reiterar que dicha tesis ha sido realizada en la ciudad de Cerro de Pasco, más precisamente, en la intersección conformada por las calles de Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica.

Se define a la población como el conjunto general de todos los elementos los cuales de forma individual participan dentro del conjunto. Para la presente investigación, la población está conformada por todos los usuarios que hacen uso diario de la intersección estudiada y la infraestructura vial correspondiente. Los usuarios son los conductores, vehículos y peatones; y la infraestructura vial son las vías, intersecciones y señales de tránsito.

4.3.2 Muestra

Se ha tomado como muestra la hora pico comprendido entre las 11:30 hasta las 13:30 horas del día con mayor volumen de tránsito de la intersección conformada por las calles Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica, mejor conocido como “Cinco Esquinas”, en la ciudad de Cerro de Pasco.

Figura IV.1 Vista de la muestra elegida para el estudio.



Fuente: Fotografía propia.

4.4 Métodos de Investigación

La metodología de investigación a emplearse para el desarrollo de la tesis, será de acuerdo a lo aprendido por el tesista en su etapa universitaria dentro del curso de Ingeniería vial, de acuerdo a la normativa vigente y a lo recomendado por la Federal Highway Administration (Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos).

Se deberá de tener en cuenta, siempre, los alcances y limitaciones de la investigación, para así alcanzar los objetivos. La investigación inicia desde el marco teórico; seguido por el trabajo de campo, el cual es la recolección de datos como: longitud de colas, aforo vehicular, velocidad de viaje, tiempo de viaje, tiempo de los semáforos, Etc.

El trabajo de campo se ha realizado durante un total de 7 días (1 semana), iniciado el día 01 de julio de 2018 y culminó el día 07 de julio de 2018, durante el periodo que se denomina “Hora Pico” el cual está comprendido entre las 11:30 hasta las 13:30 horas. De los datos que se han registrado, se tomó como referencia aquel día con el mayor volumen de tránsito vehicular, y el mismo servirá como valores de entrada para el desarrollo de la microsimulación por el software PTV Vissim 9.

Como siguiente paso, se procede con la elaboración del modelo de simulación, empleando los datos de campo, y se procede a la validación de los datos y la calibración. Debemos mencionar que para este proceso se ha optado por una confiabilidad del 95% con un

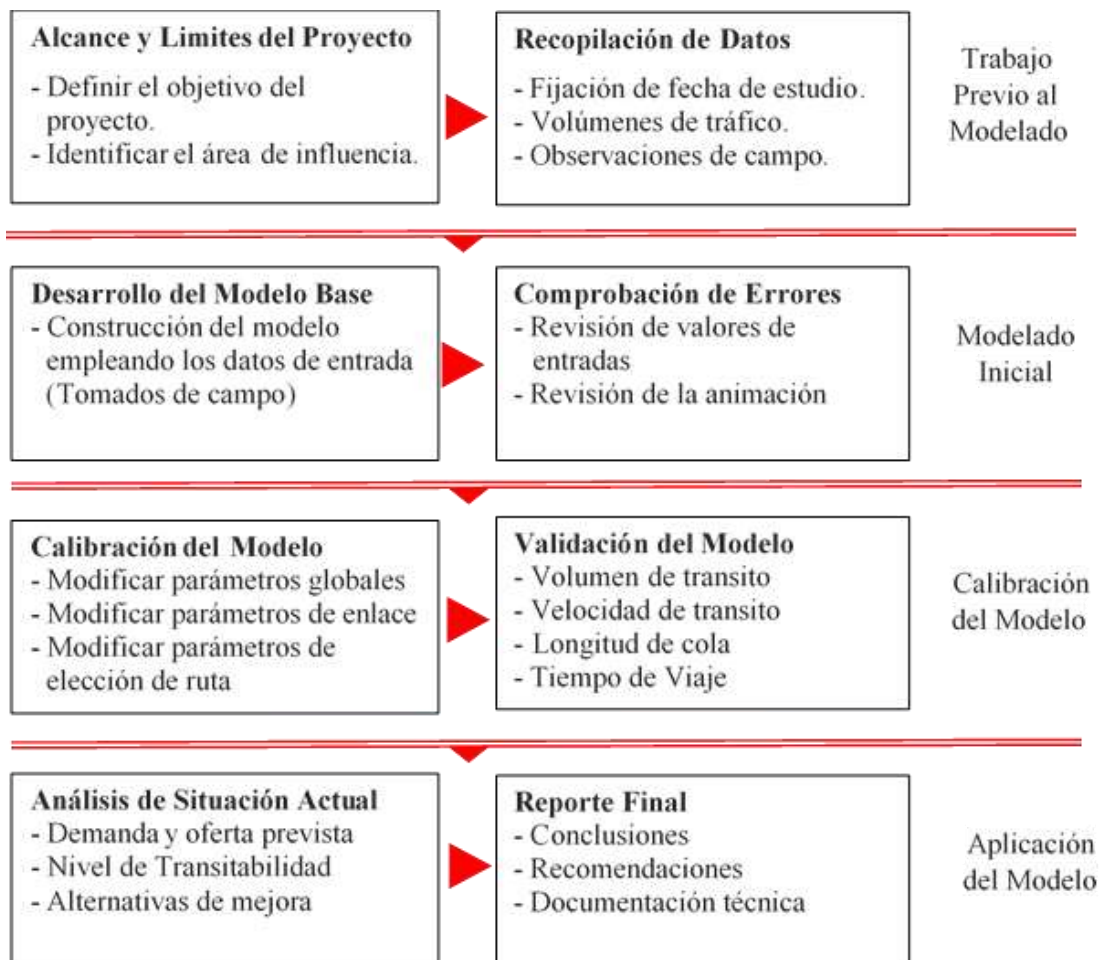
margen de error del 10% de la media, y el parámetro para la calibración es el tiempo de viaje en la calle de Alfonso Rivera.

Continuando con la investigación, y con el modelo calibrado y validado, se procedió al análisis de la intersección, detectando falencia que puedan ser mejoradas en un periodo de tiempo (corto, medio y largo). Así mismo, la propuesta cuyo desarrollo es aceptable en el menor tiempo ha sido simulada para corroborar la hipótesis y la propuesta de mejora.

Finalmente todos los resultados y estudios realizados son presentados en la documentación correspondiente, donde se incluyen las conclusiones y recomendaciones a la que se ha llegado al final de la tesis.

A continuación se presenta la secuencia de desarrollo que se ha planteado para la investigación, considerando las recomendaciones de la FHWA 2004.

Figura IV.2 Metodología empleada para el desarrollo de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

De acuerdo a lo expuesto en la metodología, la recolección de datos en campo se desarrolló de la siguiente manera:

4.5.1 Puntos de Control

Los puntos de control son aquellas líneas “imaginarias” que el encuestador de pie toma como referencia para poder contabilizar a los vehículos que cruzan a través de él. Para un mejor desempeño, el personal encuestador se ha colocado de manera estratégica y de esta forma obtener los datos de campo necesarios para la simulación (Conteo vehicular, control de semáforos, longitud de cola, etc.). Se han considerado el total de tres puntos de control, esto en función a la cantidad de carriles que existen en la intersección estudiada. En contraste se han posicionado a 2 personas para llevar el registro de los datos de campo. En la siguiente imagen se muestra los puntos de control (Líneas Rojas) y la ubicación de los encuestadores (Puntos Verdes):

Figura IV.3 Ubicación de los puntos de control y encuestadores



Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Equipo de Trabajo

Para poder realizar la toma de muestras de campo debemos emplear las siguientes herramientas: Flexómetro de 50 m, cámaras de video vigilancia, cámara fotográfica, formato de conteo vehicular, cuaderno de campo, lapiceros, cronometro. Las

herramientas mencionadas son el equipo mínimo necesario para el control del flujo vehicular.

Figura IV.4 Equipo empleado para toma de muestra en campo.



Fuente: Fotografía propia.

4.5.3 Recolección de Datos

Debemos reiterar, el aforamiento fue realizado por un periodo de 7 días, iniciado el día 01 de julio de 2018 hasta el día 07 de julio de 2018, durante las horas pico comprendidas entre las 11:30 y 13:30 horas.

➤ GEOMETRÍA DE LA INTERSECCIÓN

La geometría de la intersección se llevó a cabo días antes del aforamiento de vehículos. En esta etapa se registró las medidas del pavimento, radios de giro, ancho de veredas y el ancho de las islas, con el fin de poder diseñar a escala la intersección en el software de simulación (Se adjunta en anexos las medidas registradas).

➤ AFORO VEHICULAR

El aforo vehicular fue registrado a través del formato de “Estudio de Tráfico Vehicular”. Dicho formato muestra la clasificación de vehículos que son de uso frecuente en la ciudad de Cerro de Pasco; así mismo, se ha dividido el tiempo en intervalos de 10 minutos para el registro del flujo vehicular. A continuación se muestra el modelo que se empleara para el aforamiento vehicular, dicho formato es el recomendado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para trabajos similares.

Figura IV.5 Formato empleado para el aforo vehicular.

ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR																					
PROYECTO: *Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9* Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelca.										ESTACION - 1: AV. ALFONSO RIVERA											
SENTIDO: E ← S →										CODIGO DE LA ESTACION					FECHA						
HORA	TRIMOTO. MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			TOTAL		
				PICKUP. SUV	COMBI		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
VEH																					
11:30																					
11:40																					
11:50																					
12:00																					
12:10																					
12:20																					
12:30																					
12:40																					
12:50																					
13:00																					
13:10																					
13:20																					
13:30																					
TOTAL																					
ENCUESTADOR: _____										JEFE DE BRIGADA: _____											

Fuente: Adaptado del MTC.

➤ VIDEOGRABACIÓN

El uso de cámaras de filmación, o aparatos similares, para el registro en video del tránsito es muy frecuente en este tipo de investigaciones. Para el presente proyecto se han usado smartphones para poder realizar la videograbación durante la toma de datos de campo.

La importancia que tiene el uso de videos en el estudio de tráfico se debe a los siguientes: Ayuda a retratar y exponer las falencias o fortalezas que posee una red vial o intersección y ayuda a capturar los detalles que el personal de pie haya obviado o no pudo registrar durante la recolección de datos (ayuda a corregir los errores humanos).

La filmación se efectuó desde dos puntos en la intersección. Las cámaras fueron ubicadas a una altura de 3 metros para obtener un mejor panorama del tránsito; la primera cámara se ubicó en la calle Alfonso Rivera y la segunda en la calle Lima.

Figura IV.6 Vista del panorama e imágenes tomadas por la cámara 1 desde la Calle Lima.



Fuente: Fotografía propia.

Figura IV.7 Vista del panorama e imágenes tomadas por la cámara 2 desde la Calle Alfonso Rivera.



Fuente: Fotografía propia.

➤ LONGITUD DE COLA

Para poder determinar la longitud de cola en metros, se empleó la medición de las calles: Alfonso Rivera y Lima, colocando de esta manera hitos o marcas que nos brinden una referencia de la longitud. Se utilizaron postes, señales publicitarias, límites de vivienda y otros como marcas. Como un apoyo adicional, se han contabilizado la cantidad de vehículos que esperan el cambio del semáforo y a

través del promedio del largo de cada tipo de vehículo se da con la longitud de cola.,
A continuación se muestra la dirección de medición de las respectivas colas.

Figura IV.8 Vista en plata de longitud de cola.



Fuente: Elaboración propia.

➤ TIEMPO DE VIAJE

El registro del tiempo de viaje que tarda cualquier vehículo tiene su uso para la validación de los datos en el software PTV Vissim, dichos valores han sido registrados de la siguiente manera: En primer lugar se ha elegido un solo carril en la calle Lima (Salida); seguido, se colocó dos hitos los cuales indicaran la distancia de recorrido, y mediante un cronometro se registrara el tiempo que dicho vehículo ha tardado en recorrer el tramo designado.

Figura IV.9 Vista del Tramo elegido para el registro del tiempo de viaje.



Fuente: Elaboración propia.

El registro del tiempo de viaje se realizó solo con los primeros 30 vehículos que recorrieron el tramo señalado, esto con el fin de calibrar y validar el modelo de simulación. El tramo elegido tiene una distancia de 25 metros.

➤ **TIEMPOS DE SEMÁFOROS**

La intersección estudiada posee tres semáforos para el tránsito de los vehículos; estos están ubicados hacia la dirección de la Calle Alfonso Rivera, en sus dos direcciones, y en la dirección de la calle Lima, en una sola dirección. Los semáforos que se observaron poseen un sistema de cronometro, el cual indica el tiempo que tarda en cambiar entre los colores: rojo, ámbar y verde, ello facilito al encuestador para un mejor registro. Por otro lado, no se observaron semáforos para los peatones.

Figura IV.10 Vista de los semáforos en la intersección estudiada.



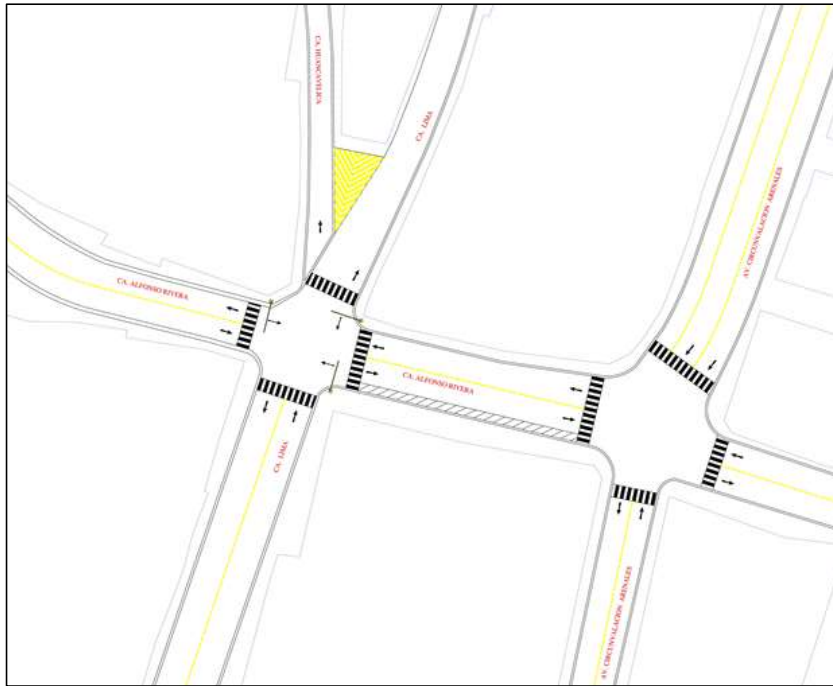
Fuente: Fotografía propio.

4.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

4.6.1 Geometría de la Intersección

Las mediciones realizadas permitieron la elaboración del siguiente plano en planta de la intersección, en donde se puede apreciar el sentido del tráfico en las calles correspondientes, se ve la ubicación de los semáforos y el número de carriles.

Figura IV.11 Plano en planta de la geometría de la intersección estudiada.



Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el largo de la calle Alfonso Rivera es de 50 metros, se ha considerado la adición de la Avenida Circunvalación Arenales como parte de la calle Alfonso Rivera. Dicha adición se da debido a que el largo de vehículos en espera (longitud de cola) cubría fácilmente dicha longitud y no ayudaba a poder mostrar las dificultades en el tránsito.

Figura IV.12 Vista de vehículos esperando en la calle Alfonso Rivera y Av. Circunvalación Arenales.



Fuente: Fotografía propio.

4.6.2 Aforo Vehicular

Culminado el aforo de vehículos durante los siete (07) días en el horario de 11:30 a 13:30, se muestra a continuación los resultados obtenidos durante la toma de muestras en campo:

Tabla IV.1 Resumen total del flujo vehicular.

Tipo de Vehículo	Trimoto, Motocicleta	Auto	Station Wagon	Pick up, SUV	Combi	Microbús	Bus 2E	Bus 3E	Bus 4E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Semitrayler 2S1/2S3	Semitrayler >=3S3	TOTAL
Domingo	13	406	177	104	121	1	5	2	0	12	0	0	0	0	841
Lunes	33	721	292	204	214	5	8	4	1	47	18	1	0	1	1549
Martes	24	679	287	223	184	10	6	4	0	47	5	1	0	0	1470
Miércoles	26	656	285	201	220	8	6	4	0	54	6	0	0	2	1468
Jueves	24	690	273	193	211	4	4	2	1	44	5	2	0	0	1453
Viernes	37	527	259	188	158	6	8	3	0	64	4	0	1	0	1255
Sábado	30	658	258	170	148	2	1	5	2	39	6	0	0	2	1321

Fuente: Elaboración propia.

Figura IV.13 Histograma del Estudio de Tráfico - Resumen Semanal.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en los resultados, el lunes es el día con la mayor cantidad de vehículos que han circulado a través de la intersección en estudio, y el día domingo es el día con la menor cantidad; por lo tanto, es con la cantidad de 1549 vehículos (Día lunes) que se procederá a realizar la simulación y el respectivo estudio a fin de lograr los objetivos trazados. A continuación se muestra el aforo vehicular del día elegido:

Tabla IV.2 Estudio de tráfico realizado el día lunes 02 de julio de 2018.

HORA	TRIMOTO, MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICKUP, SUV	COMBI		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
11:30	4	56	20	21	18	1	1	-	-	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131.00
11:40	4	66	18	14	18	1	1	-	-	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132.00
11:50	4	62	20	14	19	1	-	1	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124.00
12:00	4	50	28	18	16	2	-	1	-	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	125.00
12:10	4	54	22	15	18	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	117.00
12:20	-	63	24	16	17	-	1	1	-	6	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	130.00
12:30	2	61	28	14	17	-	1	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	129.00
12:40	3	75	18	22	17	-	1	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	142.00
12:50	4	54	33	16	25	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135.00
13:00	2	58	28	20	16	-	1	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131.00
13:10	2	75	21	14	16	-	-	1	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133.00
13:20	-	47	32	20	17	-	1	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120.00
TOTAL	33	721	292	204	214	5	8	4	1	47	18	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1549.00

Fuente: Elaboración propia.

En los anexos se muestran el resto de formatos con el conteo realizado durante la semana de estudio.

4.6.3 Longitud de Cola

La longitud de cola se obtuvo usando las cámaras de filmación colocada, y mediante referencias de distancias y la medida del largo de cada tipo de vehículo. Estas medidas se medían y tomaban cada vez que los vehículos se detenían con una luz roja y esperaban el cambio al color verde para así continuar su trayecto – Esperaban su turno en un a cola. A continuación se muestra los resultados:

Tabla IV.3 Medidas tomadas de longitud de cola en campo - real (Parte A).

Recolección	Longitud de Cola en Ca. Alfonso Rivera 1 (m)	Longitud de Cola en Ca. Alfonso Rivera 2 (m)	Longitud de Cola en Ca. Lima (m)
1	98.60	80.30	16.70
2	82.00	83.40	5.60
3	56.10	66.30	5.30
4	61.90	45.00	12.00
5	53.00	58.90	19.20
6	63.40	21.20	0.00
7	97.60	41.30	5.30
8	61.80	43.00	5.60
9	43.00	41.90	0.00
10	78.70	73.10	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV.4 Medidas tomadas de longitud de cola en campo - real (Parte B).

Recolección	Longitud de Cola en Ca. Alfonso Rivera 1 (m)	Longitud de Cola en Ca. Alfonso Rivera 2 (m)	Longitud de Cola en Ca. Lima (m)
11	67.10	24.60	15.80
12	57.10	16.60	12.00
13	114.30	64.90	5.30
14	38.70	16.10	5.30
15	70.90	56.60	0.00
16	30.20	35.10	10.90
17	94.10	40.90	0.00
18	95.20	15.40	10.90
19	80.90	16.80	5.30
20	64.10	33.20	7.30
21	30.55	17.10	12.50
22	35.62	57.50	5.30
23	106.08	59.80	0.00
24	119.80	17.70	5.60
25	100.60	14.50	0.00
26	95.90	57.20	0.00
27	49.50	53.00	5.30
28	73.60	25.80	5.30
29	62.50	50.60	0.00
30	82.70	24.60	5.60
31	108.90	25.90	17.60
32	107.90	69.20	26.40
33	49.40	35.10	0.00
34	93.50	51.10	12.00
35	106.60	7.90	5.60
36	49.70	63.60	10.90
37	82.20	37.00	5.30
38	112.10	79.30	5.30
39	71.40	24.60	5.60
40	72.70	37.20	0.00
41	102.90	15.60	5.10
42	108.40	41.90	10.90
43	37.10	89.30	5.30
44	98.80	96.10	0.00
45	104.00	65.30	10.50
46	116.40	24.60	10.50
47	118.60	27.10	0.00
48	72.50	92.70	6.30
49	55.60	50.50	7.70
50	55.50	89.10	0.00
51	47.10	71.80	5.30
52	108.60	48.90	0.00
53	67.10	16.80	0.00
54	95.70	16.80	0.00
55	69.60	24.90	5.30
56	113.80	58.90	0.00
57	95.60	7.90	5.60
58	43.90	49.40	12.50
59	87.20	50.00	0.00
60	102.60	63.30	5.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla IV.5 Medidas tomadas de longitud de cola en campo - real (Parte C).

Recolección	Longitud de Cola en Ca. Alfonso Rivera 1 (m)	Longitud de Cola en Ca. Alfonso Rivera 2 (m)	Longitud de Cola en Ca. Lima (m)
61	104.10	60.00	5.30
62	92.20	25.10	5.30
63	80.60	15.40	10.90
64	104.40	33.50	19.80
65	49.00	48.90	0.00
66	80.00	24.90	16.80
67	66.20	7.90	12.90
68	75.90	34.00	0.00
69	131.80	9.00	0.00
70	114.40	32.20	0.00
Promedio	80.28	42.50	6.18
Maximo Valor	131.80	96.10	26.40
Minimo Valor	30.20	7.90	0.00
Desviación Estandar	25.66	23.39	6.00

Fuente: Elaboración propia.

4.6.4 Tiempo de Viaje

A continuación se muestra la tabla en donde se ha registrado el tiempo de viaje que tiene los vehículos:

Tabla IV.6 Tiempos de viaje tomados en campo.

Calle Lima			
N°	Tiempo (Seg)	N°	Tiempo (Seg)
1	4.01	16	4.48
2	3.86	17	5.58
3	6.12	18	4.64
4	5.57	19	4.03
5	5.18	20	3.72
6	4.29	21	5.53
7	4.58	22	4.58
8	5.08	23	4.06
9	3.41	24	3.83
10	3.30	25	2.86
11	3.72	26	4.36
12	3.84	27	4.76
13	3.75	28	3.78
14	3.29	29	3.66
15	3.52	30	3.79
		Media	4.23
		Desv. Estándar	0.88

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5 Tiempo de Semáforos

En la zona de estudio se han identificado 3 semáforos con cronometro de tiempo que regulan el tránsito vehicular. No se identificaron ningún semáforo peatonal, siendo esta una desventaja en la intersección. A continuación se muestra la duración de las fases de cada color (rojo, verde y ámbar) en segundos y en un único ciclo existente.

Calle Alfonso Rivera (Primera Entrada)



Calle Alfonso Rivera (Segunda Entrada)



Calle Lima (Entrada)



4.7 Construcción del Modelo de Simulación

Con los datos de campo ya conocidos, se procederá a realizar la construcción del modelo de simulación en el software PTV Vissim 9. Dicha construcción ha tenido los siguientes pasos:

1. Importación de Imagen background
2. Construcción de links y connections
3. Introducción del volumen de vehículos
4. Definición de rutas
5. Fases, ciclos y colocación de semáforos.

4.7.1 Importación de Imagen Background

La imagen Background es una fotografía aérea, satelital o un plano en planta de la intersección que sirve como base para la construcción de las vías. Para la presente investigación se ha empleado una imagen satelital tomada de Google Maps del año 2018.

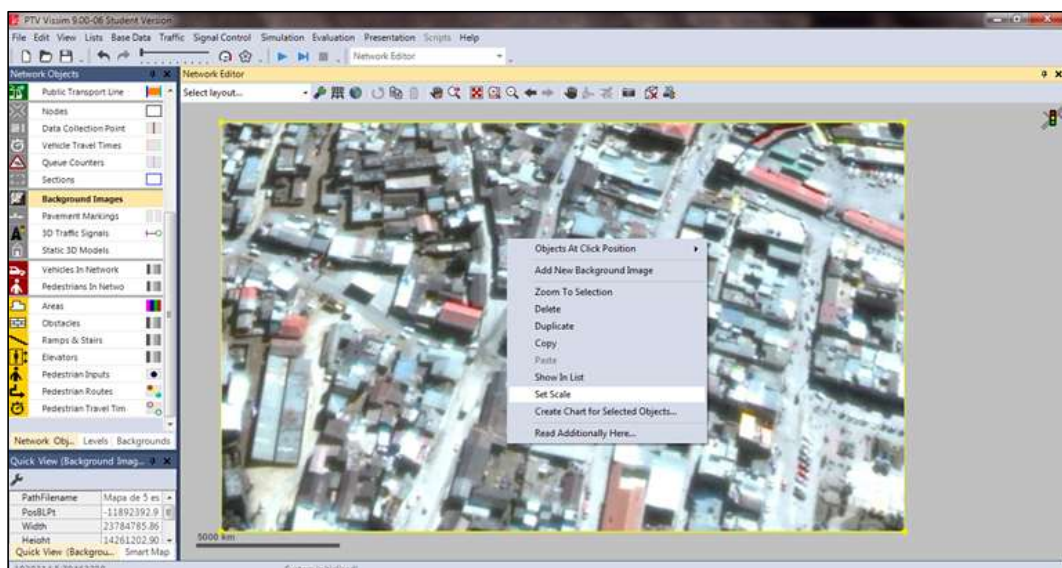
Figura IV.14 Fotografía satelital de intersección estudiada.



Fuente: (Google Maps, 2018)

Teniendo como dato las medidas tomadas en campo se procede a darle una escala a dicha fotografía y por ende a las futuras vías que se construirán, en el modelo.

Figura IV.15 Proceso de escalado para construcción de vías.

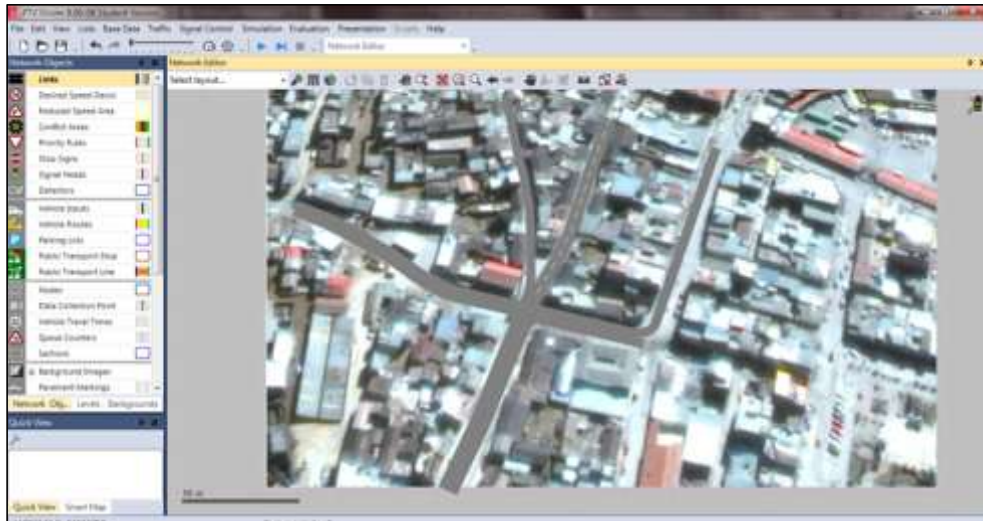


Fuente: Elaboración propia.

4.7.2 Construcción de Links y Connections

Con el Background ya escalado, y teniendo las medidas del ancho de pavimento de las vías y las calles, se procede a dibujar los links (Vías) y connections (Conectores de vías).

Figura IV.16 Vista culminada de links y connections construidos.



Fuente: Elaboración propia.

Culminado con las vías inmediatamente se podrá apreciar los puntos de conflicto que se generan en dicha vía. Los puntos de conflicto, para el software, son representados por los colores amarillo, verde y rojo.

Figura IV.17 Vista de los puntos de conflicto en el software PTV Vissim 9.

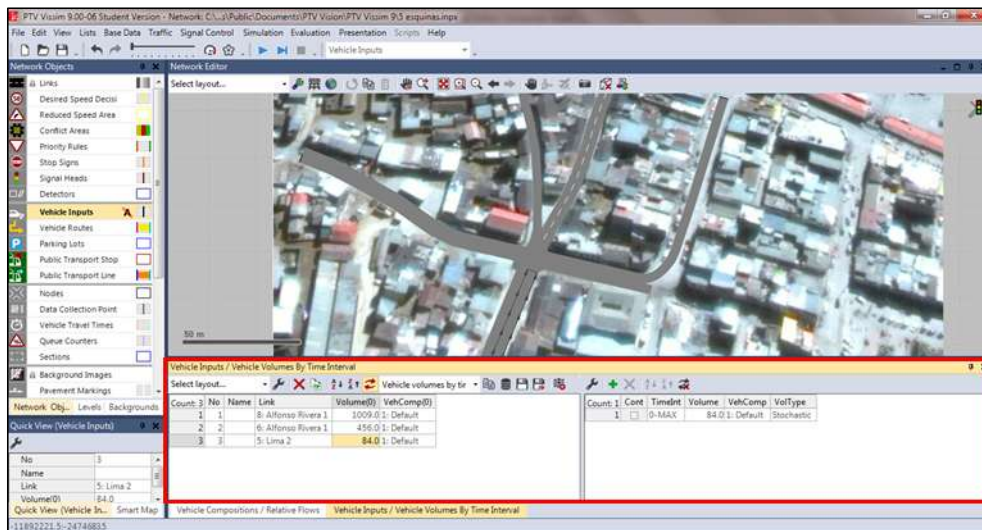


Fuente: Elaboración propia.

4.7.3 Introducción del Volumen de Vehículos

Culminado con las vías y conexiones, en conformidad con las mediciones realizadas en campo, se procede a introducir los valores del volumen de vehículos para cada una de las “entradas” a la intersección. Dichas entradas corresponden al tramo 1 y 2 de la calle Alfonso Rivera y al tramo 1 de la calle Lima. En el software se podrá apreciar dichos valores en una ventana que aparece en la parte inferior.

Figura IV.18 Vista de la colocación del volumen de tráfico en el modelo de simulación.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra las cantidades de vehículos ingresados:

Tabla IV.7 Volumen Vehicular por Calle.

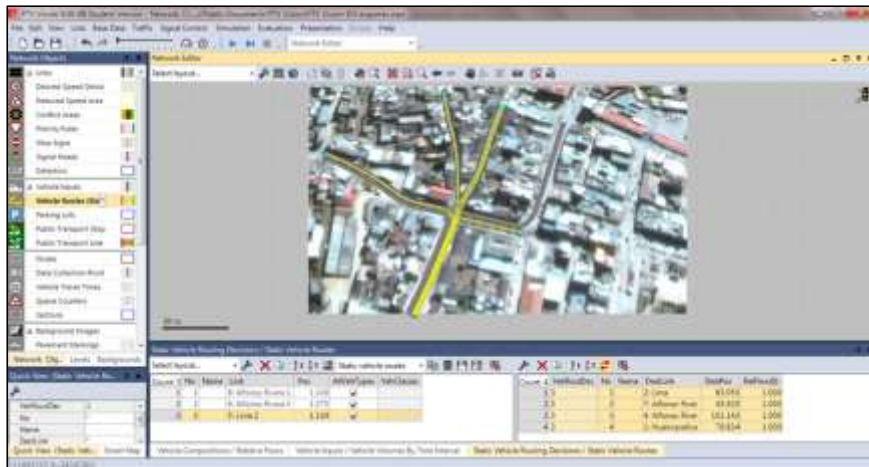
Vía	Volumen Vehicular
Alfonso Rivera 1	1009
Alfonso Rivera 2	456
Lima	84

Fuente: Elaboración propia.

4.7.4 Definición de Rutas

Continuando con el desarrollo del modelo, se procede a indicar cuales son las rutas que los vehículos siguen a través de los carriles (links) que se han colocado. Una vez definido las respectivas rutas, se define el porcentaje del total de vehículos que circularan por cada una de las rutas asignadas.

Figura IV.19 Vista de las rutas asignadas (en color amarillo) para la calle Lima.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detalla la vía y el porcentaje (%) de vehículos que siguen sus respectivas rutas a partir de la calle de ingreso:

Figura IV.20 Vías de ingreso para rutas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla IV.8 Porcentaje de vehículos por ruta elegida.

Vía	Ruta	Volumen	Cantidad	Porcentaje
Alfonso Rivera 1	Alfonso Rivera 2	1009	368	36.47%
	Lima 1		75	7.43%
	Lima 2		561	55.60%
	Huancavelica		5	0.50%
Alfonso Rivera 2	Alfonso Rivera 1	456	233	51.10%
	Lima 1		21	4.61%
	Lima 2		195	42.76%
	Huancavelica		7	1.54%
Lima 1	Alfonso Rivera 1	84	13	15.48%
	Alfonso Rivera 2		6	7.14%
	Lima 2		63	75.00%
	Huancavelica		2	2.38%

Fuente: Elaboración propia.

4.7.5 Fases, Ciclos y Colocación de Semáforos

Continuando con la construcción del modelo de simulación, ya teniendo las vías, los vehículos y las rutas, se procedió a la colocación de los semáforos que regulan el tránsito en la realidad. Para poder colocar los semáforos, primero se debe de definir el ciclo y los tiempos que tardan cada uno de los colores de fase, dichos valores fueron obtenidos del trabajo de campo.

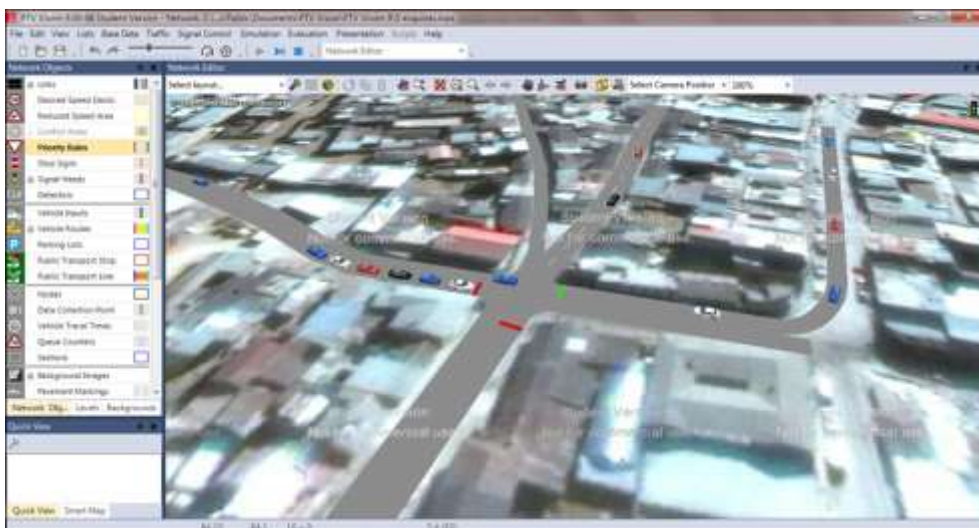
Figura IV.21 Vista de las fases y ciclos de 105 seg, correspondientes a los semáforos.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra la verificación de errores del modelo construido el cual será calibrado y posteriormente validado.

Figura IV.22 Vista del modelo de simulación construido. Proceso de verificación de errores.



Fuente: Elaboración propia.

4.8 Calibración del Modelo

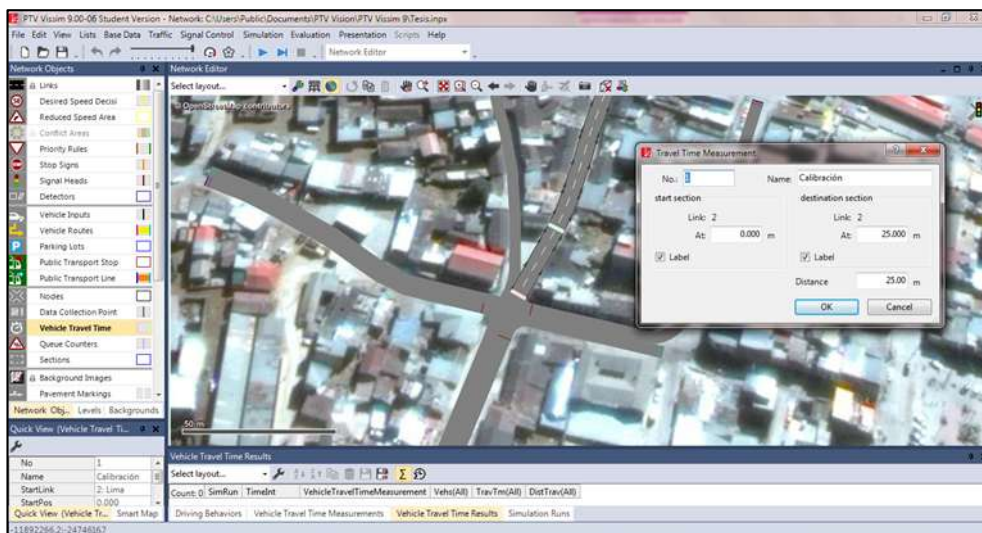
El proceso de calibración es un proceso iterativo, donde primero se establece los parámetros de simulación y luego los parámetros del comportamiento de los conductores. Con la calibración se busca lograr que el modelo de simulación represente lo más fiel a la realidad, y para ello es necesario obtener los parámetros de los conductores.

4.8.1 Parámetros de Simulación

Dentro del modelo construido, colocaremos un espacio de recorrido, el cual representa el espacio que sirvió como distancia de recorrido y se cronometra el tiempo de viaje de los vehículos (Ver Tiempo de Viaje). Del trabajo en gabinete se obtuvo que la media para el tiempo de viaje es de 4.24 segundos con una desviación estándar de 0.79.

Entre otros parámetros que han sido empleados son los siguientes: número semilla, número de corridas incremento de número semilla y la velocidad de la simulación. Para el presente estudio se ha tomado como número semilla el valor de 42, que viene por defecto en el software, con un incremento del mismo en 1 unidad. Tomando las recomendaciones de Federal Highway Administration y de PTV Group, se determinó como 15 el número de corridas, valor que está en función a un 95% de confiabilidad.

Figura IV.23 Vista del parámetro Travel Time para calibración del modelo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura IV.24 Vista de los parámetros de simulación.

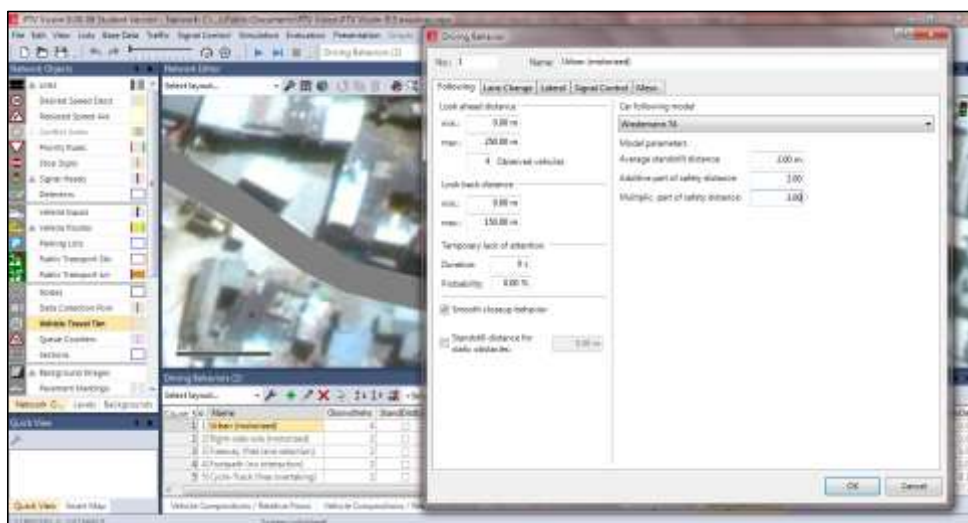


Fuente: Elaboración propia.

4.8.2 Parámetros de los Conductores

El parámetro de los conductores hace referencia a las decisiones y acciones que realizan propiamente los conductores en la realidad para elegir la distancia segura frente a un encuentro. Para estos parámetros se ha trabajado con lo expuesto por Wiedemann 74, que es el empleado para vías urbanas. Como inicio, para este parámetro, se optó por empezar con los valores por defecto del software y posteriormente cambiarlos variando entre los mismos y así buscar la representación real.

Figura IV.25 Vista de los parámetros para los conductores en función a Wiedemann 74.



Fuente: Elaboración propia.

4.8.3 Análisis de Parámetros

Los valores predeterminados de los parámetros a_x (distancia promedio deseada entre vehículos detenidos), b_{xadd} (parte aditiva de la distancia deseada por seguridad) y b_{xmult} (parte multiplicativa de la distancia deseada por seguridad) son 2 3 y 3, con estos valores se realizó la primera prueba y se obtuvo como media de tiempo de viaje de los vehículos 4.23 segundos con una desviación estándar de 0.07.

A continuación se muestra las siguientes combinaciones realizadas para determinar los parámetros del conductor que se ajusten a la realidad estudiada.

Tabla IV.9 Iteración de Parámetros empleados para calibración.

Intento	ax	bdd	bmul	Valores		Vissim		Campo	
				Minimo	Maximo	Media	Desviación Estandar	Media	Desviación Estandar
1	2	3	3	4.12	4.35	4.23	0.07	4.24	0.79
2	2	4	5	4.09	4.37	4.22	0.07	4.24	0.79
3	2	4	1	4.1	4.33	4.23	0.07	4.24	0.79
4	2	1	5	4.13	4.37	4.23	0.07	4.24	0.79
5	1	6	6	4.04	4.33	4.17	0.08	4.24	0.79
6	1	2	4	4.12	4.34	4.23	0.06	4.24	0.79
7	1	5	2	4.13	4.38	4.24	0.07	4.24	0.79
8	0.5	6	5	4.06	4.35	4.18	0.08	4.24	0.79
9	0.5	1	1	4.1	4.36	4.24	0.07	4.24	0.79
10	0.5	2	3	4.11	4.36	4.23	0.07	4.24	0.79
11	0.5	8	1	4.08	4.32	4.18	0.07	4.24	0.79
12	3	1	5	4.12	4.35	4.23	0.06	4.24	0.79
13	3	6	2	4.08	4.35	4.21	0.07	4.24	0.79
14	3	3	3	4.14	4.36	4.23	0.06	4.24	0.79
15	3	1.5	2.5	4.1	4.33	4.22	0.07	4.24	0.79
16	0.25	0.5	1	4.1	4.35	4.23	0.07	4.24	0.79
17	0.25	2	2	4.1	4.37	4.22	0.08	4.24	0.79
18	0.25	4	1	4.13	4.34	4.22	0.07	4.24	0.79
19	0.75	2	2	4.09	4.35	4.21	0.07	4.24	0.79
20	0.75	1	8	4.13	4.36	4.22	0.06	4.24	0.79
21	0.75	10	10	3.97	4.31	4.12	0.09	4.24	0.79
22	1.5	1.5	2	4.09	4.35	4.22	0.07	4.24	0.79
23	1.5	2	1	4.11	4.35	4.23	0.07	4.24	0.79
24	1.5	3	0.5	4.11	4.34	4.22	0.07	4.24	0.79
25	1.5	3	3	4.13	4.37	4.23	0.07	4.24	0.79
26	1.5	5.5	2.5	4.05	4.31	4.19	0.08	4.24	0.79

Fuente: Elaboración propia.

En total se realizó 26 combinaciones de las cuales las combinaciones 7 y 9 muestran un promedio idéntico al obtenido en el estudio de campo, 4.24 segundos. Analizando la muestra 9 no podemos aceptar dicha propuesta debido a que la distancia deseada entre vehículos de 0.50 m es un valor que no se asemeja en la realidad del conductor pasqueño y es un valor que pone en riesgo de colisión a los vehículos; en su otro extremo la muestra 7 propone un panorama más acorde a lo visto en campo con una distancia más prudente y segura.

4.9 Validación del Modelo

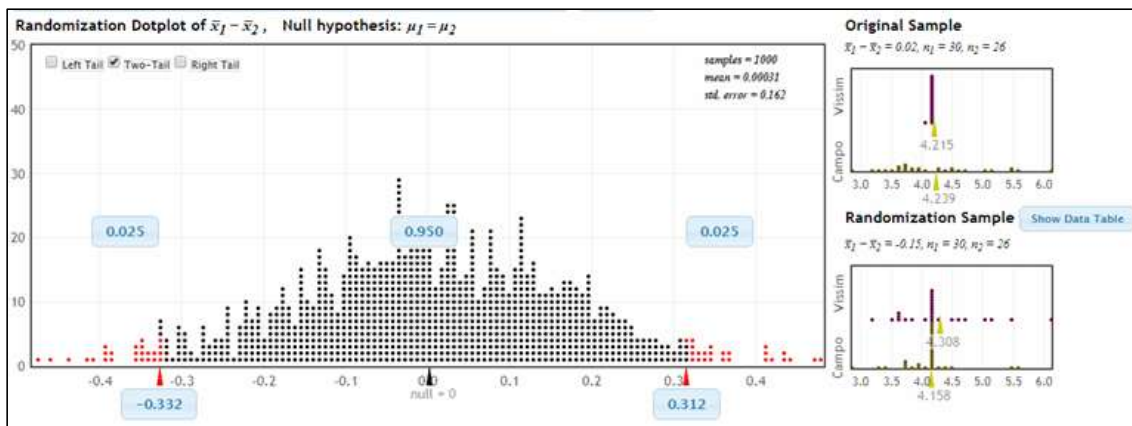
Obtenido los parámetros del conductor y del modelo para la simulación solo queda por validar el modelo de simulación, y para hacer efecto dicha validación se hizo uso de la herramienta StatKey, el cual mediante una prueba estadística de aleatoriedad (Prueba de Hipótesis) nos permite saber si los valores obtenidos en la iteración de los parámetros del conductor se aceptan o se rechazan, bajo un 95% de confiabilidad. Para el presente estudio se obtuvieron 30 datos del tiempo de viaje en campo y a través del software se obtuvieron 26 datos. A continuación se muestran los resultados de la prueba de hipótesis.

Tabla IV.10 Datos de tiempo de viaje obtenidos para calibración.

Nº	CAMPO	VISSIM	Nº	CAMPO	VISSIM
1	4.01	4.23	16	4.48	4.23
2	3.86	4.22	17	5.58	4.22
3	6.12	4.23	18	4.64	4.22
4	5.57	4.23	19	4.03	4.21
5	5.18	4.17	20	3.72	4.22
6	4.29	4.23	21	5.53	4.12
7	4.58	4.24	22	4.58	4.22
8	5.08	4.18	23	4.06	4.23
9	3.41	4.24	24	3.83	4.22
10	3.30	4.23	25	2.86	4.23
11	3.72	4.18	26	4.36	4.19
12	3.84	4.23	27	4.76	----
13	3.75	4.21	28	3.78	----
14	3.29	4.23	29	3.66	----
15	3.52	4.22	30	3.79	----

Fuente: Elaboración propia.

Figura IV.26 Vista de prueba de hipótesis en StatKey.



Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar el modelo se contó un total de 30 valores los cuales dan un promedio de 4.239 segundos, mientras que los valores obtenidos del software PTV Vissim fueron 26 con un promedio de 4.215 segundos.

A un 95% de confiabilidad con la prueba de Two Tails, se obtuvo un rango de -0.332 a 0.312 y la diferencia de medias de los tiempos de viaje fue de 0.025. Al encontrarse este valor dentro del rango de no rechazo se cumple la prueba de hipótesis nula de igualdad. Por lo tanto se puede dar por validado la calibración y el modelo.

4.10 Tratamiento Estadístico de Datos

Obtenido los datos de campo necesarios para realizar el modelamiento y microsimulación del tráfico vehicular en la interacción elegida, se sometieron dichos datos y resultados de campo y del programa PTV Vissim a la estadística descriptiva para obtener valores como: Flujo vehicular, cantidad de vehículos, rutas elegidas, velocidad de recorrido, tiempo de espera, longitud de cola, entre otros datos que nos sean de utilidad para detectar las falencias en el sistema de transporte. Debemos mencionar que el uso de gráficos de barra y pastel, han sido los más empleados debido a su fácil entendimiento para el público en general.

Una vez detectados las falencias, se han propuesto mejoras al mismo y se han sometido a una simulación para cuantificar la mejora realizada.

Capítulo V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

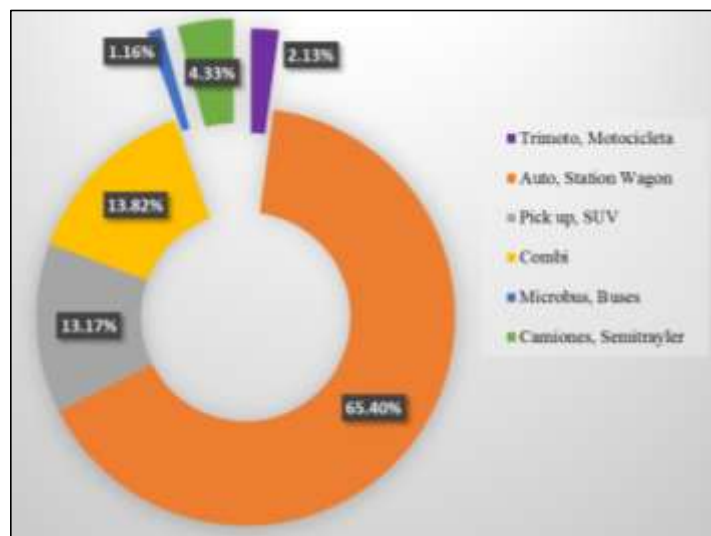
5.1 Tratamiento Estadístico e Interpretación de Cuadros

A partir de los datos obtenidos en campo y de la simulación realizada al modelo validado se han obtenido los siguientes datos estadísticos, los cuales fueron procesados en el programa Microsoft Excel.

5.1.1 Cantidad de Vehículos

Del total de 1549 vehículos contabilizados del estudio de tráfico, se tiene la siguiente distribución de los mismos, en donde se puede apreciar que la mayor cantidad es representada por los vehículos livianos: autos y station wagon, con un 65.40%.

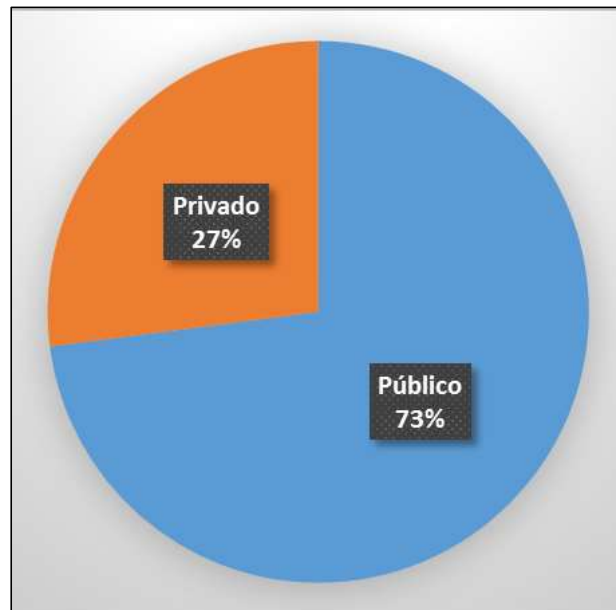
Tabla V.1 Porcentaje de Vehículos en la Intersección Estudiada.



Fuente: Elaboración propia.

Centrándonos en el análisis de los vehículos con mayor participación, autos y station wagon, y apoyándonos con la videograbación, se han dado los siguientes resultados: El 73% de los vehículos son automóviles livianos (Autos y station wagon) que brindan el servicio de transporte público, eso quiere decir que 739 vehículos contabilizados son autos de servicio público.

Tabla V.2 Porcentaje de Vehículo público y privado en Autos y Station Wagon.

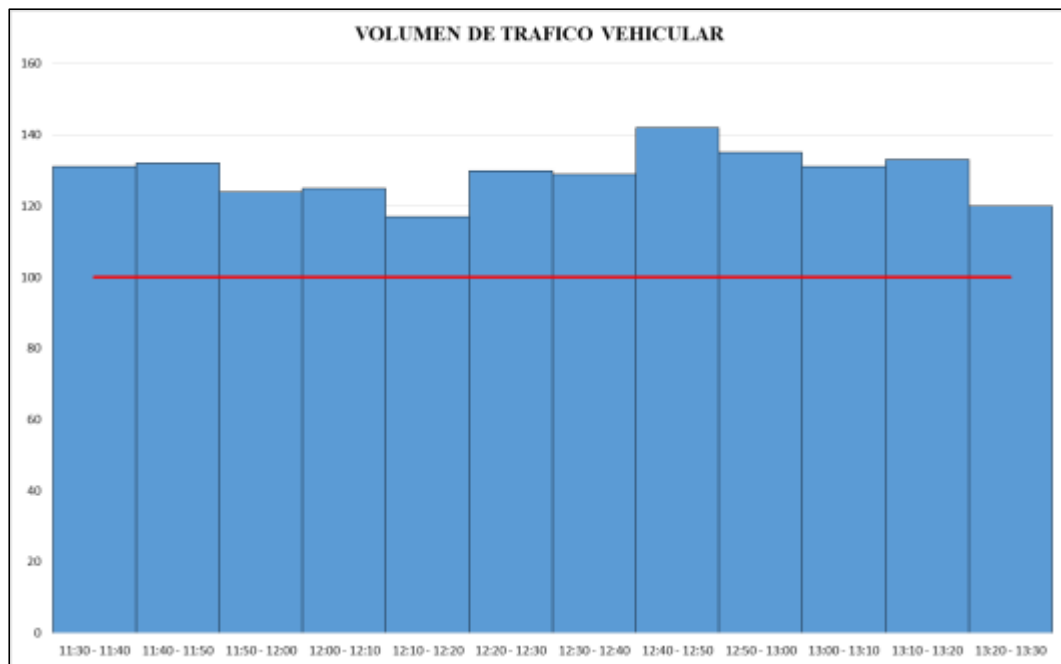


Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Volumen Vehicular

El día lunes 02 de julio de 2018 fue el día con la mayor cantidad de vehículos registrados en la intersección de estudio. Recordemos que dicha cantidad fue tomada durante la hora punta de 11:30 a 13:30 horas. En dicha fecha se ha tenido el siguiente volumen de tráfico registrado en intervalos de 10 minutos:

Tabla V.3 Volumen de Tráfico Vehicular para día lunes 2 de julio.



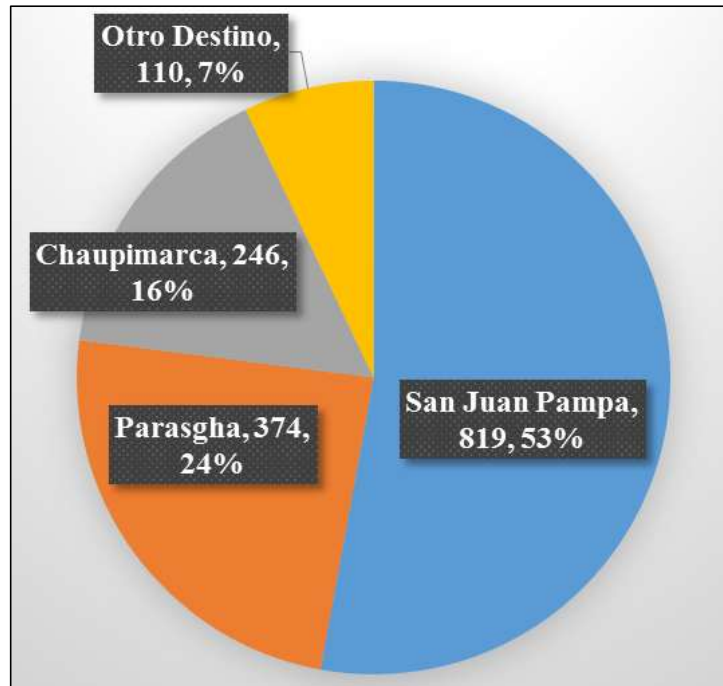
Fuente: Elaboración propia.

En dicho volumen se puede apreciar que en el intervalo de tiempo comprendido entre las 12:40 pm a 12:50 pm se ha registrado el pico del tráfico vehicular. Así mismo, si supusiéramos que la vía posee una capacidad de 10 Veh/min (vehículos por minuto) esta habría sido superada en todo momento.

5.1.3 Control de Rutas y Destinos

La intersección conformada por la calle Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica es un acceso que brinda mayor rapidez entre Chaupimarca, San Juan Pampa y Paragsha. En este sentido se ha podido cuantificar la cantidad de vehículos que se trasladan a dichos destinos, a continuación se muestra el cuadro de resumen:

Tabla V.4 Cantidad de vehículos por destino de las rutas.

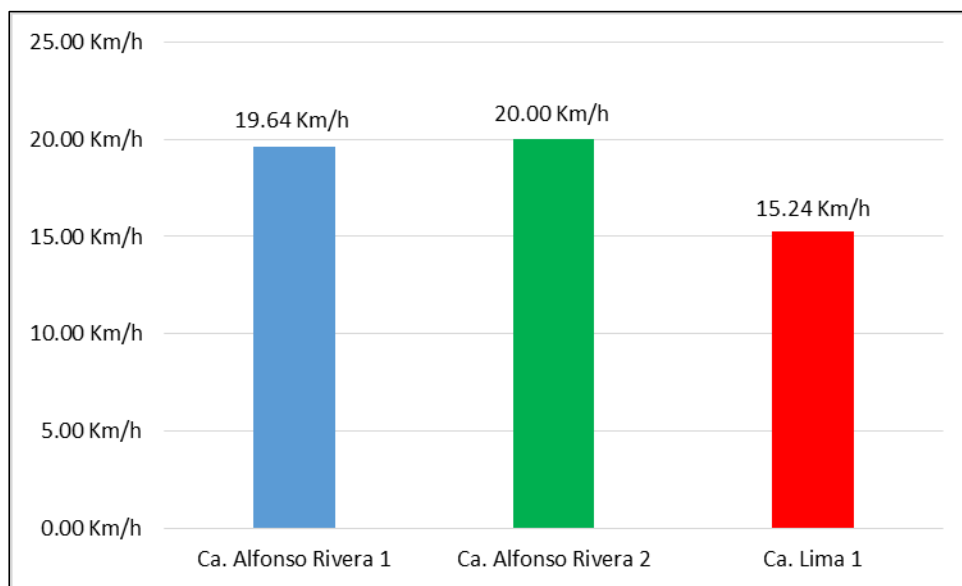


Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Velocidad de Viaje

La velocidad promedio a la que se desplazan los vehículos en la situación actual, en cada una de las vías, es el siguiente:

Tabla V.5 Promedio de velocidades por calle.



Fuente: Elaboración propia.

Analizando dichas cifras en conformidad con lo establecido en el reglamento nacional de tránsito, para una calle o jirón la velocidad máxima es de 40 Km/h (Kilómetros por hora). En la intersección estudiada dicha velocidad es respetada.

5.1.5 Longitud de Cola

Los resultados obtenidos mediante el software para la longitud de cola se presentan en el cuadro siguiente:

Tabla V.6 Longitud de cola promedio por vía.

Vía	Longitud de Cola Promedio		% Error
	Vissim	Real	
Ca. Alfonso Rivera 1	81.84 m	80.28 m	1.94%
Ca. Alfonso Rivera 2	41.12 m	42.50 m	-3.25%
Ca. Lima 1	5.96 m	6.18 m	-3.56%

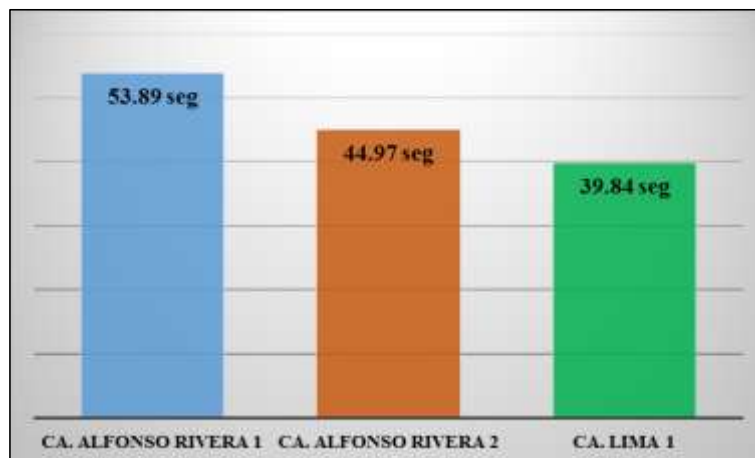
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados antes mencionados demuestran que el modelo de simulación ha sido calibrado y representa a la realidad a un 95% de confiabilidad y un margen de error de $\pm 5\%$.

5.1.6 Demora Promedio por Acceso

El tiempo de demora (medido en segundos) nos permite clasificar por nivel de servicio a la vía de acceso. Para el presente proyecto, se obtuvo del programa PTV Vissim los siguientes tiempos de demora por acceso:

Tabla V.7 Demora promedio por acceso.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla N° 1 se da la siguiente clasificación a las vías de acceso a la intersección estudiada:

Tabla V.8 Clasificación de vías de acceso según el tiempo de demora.

Vía	Demora Actual	Demora Promedio	Clasificación
Ca. Alfonso Rivera 1	53.89 seg	55.1 - 80 seg	E
Ca. Alfonso Rivera 2	44.97 seg	35.1 - 55 seg	D
Ca. Lima 1	39.84 seg	35.1 - 55 seg	D

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Presentación de Propuestas de Mejora

En base a los datos de campo recopilados, el estudio de tránsito realizado y a los datos estadísticos obtenidos del análisis a la situación real, se han detectado las siguientes deficiencias para la intersección estudiada:

1. El nivel de servicio en la intersección es muy baja, con un nivel de “E” en la calle Alfonso Rivera, esto debido a las largas colas y tiempos de espera y demora.
2. Los radios de giro en la calle Lima son inadecuados para vehículos de gran capacidad de carga, como ejemplo buses de 4 ejes, semitráiler de tipo 3S3 y tráilers de cualquier tipo.
3. Cerca de la mitad de los vehículos contabilizados son autos y station wagon que brindan el servicio de transporte público, indicando que el transporte masivo en la ciudad es muy baja.
4. Se han detectado 19 puntos de conflicto en la situación actual. Convirtiéndola en un área de conflicto con muchas probabilidades de accidentes.
5. El comportamiento de los conductores frente al volante es un manejo agresivo, en especial de aquellos que brindan el servicio de transporte público.
6. Se han colocado paraderos de forma inadecuada en la intersección estudiada, principalmente en calle Lima, donde los autos se estacionan a recoger sus pasajeros y obstruyen un carril.
7. Las vías que se encuentran cerca a la intersección estudiada son una zona rígida; sin embargo, son usadas como estacionamientos.
8. No existen semáforos peatonales que ayuden y brinden mayor seguridad a los transeúntes.

9. Las rampas de discapacitados están incompletos en la calle lima, haciendo imposible el tránsito de las personas con habilidades especiales.
10. Las marcas en el pavimento están desgastadas, siendo necesario un pronto mantenimiento.

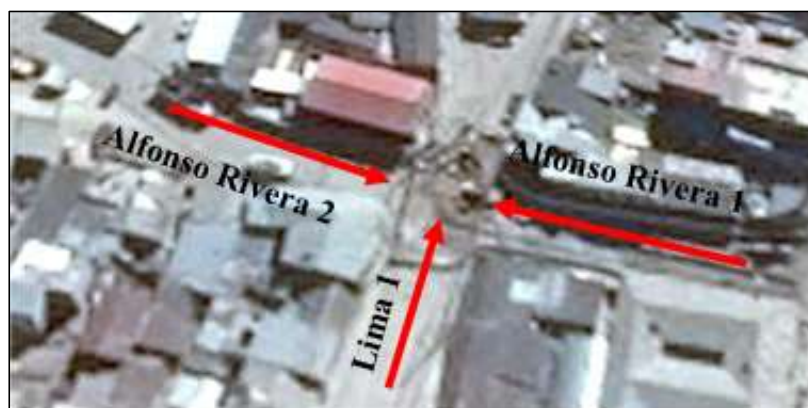
Para resolver los defectos antes mencionados se han planteado las siguientes propuestas de mejora, las cuales están distribuidas en horizontes de corto, mediano y largo plazo.

- **Propuesta 1:** A Corto Plazo – Cambiar el ciclo de los semáforos, dándole mayor preferencia a la Calle Alfonso Rivera 1, el cual posee el mayor porcentaje de vehículos que ingresan.
- **Propuesta 2:** A Mediano Plazo – Reemplazar a los vehículos de transporte urbano liviano, autos y station wagon, por unidades de mayor capacidad como combis (camioneta rural) y microbuses.
- **Propuesta 3:** Realizar la expropiación de las viviendas colindantes a la calle Alfonso rivera 1, por ser la de mayor incidencia en el proyecto, y realizar el rediseño de la vía, mejorando los radios de giro y colocando dos carriles en el sentido de ingreso con 1 solo carril en el sentido de salida.

5.3 Presentación de Resultados

Para la siguiente parte de la investigación se deberá de considerar el nombre de los accesos para un mejor entendimiento, y es como se muestra en la siguiente imagen:

Figura V.1 Imagen de los accesos tomados para las propuestas de mejora.



Fuente: Elaboración propia.

5.3.1 Propuesta de Mejora 1

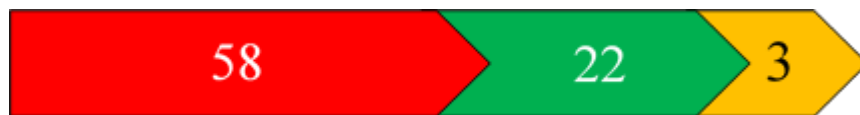
Para poder realizar la primera propuesta, el cual es el cambio del ciclo y del tiempo de servicio en las fases verde, ámbar y rojo tan solo se requiere de un estudio de tráfico, el cual por cierto ya lo hemos realizado. Como nuevo ciclo del tiempo de los semáforos se tienen las siguientes alternativas:

- **Alternativa 1:** Ciclo de 86 segundos (19 segundos menos del actual)

Para el semáforo de la calle Alfonso Rivera 1:



Para el semáforo de la calle Alfonso Rivera 2:



Para el semáforo de la calle Lima 1:



- **Alternativa 2:** Ciclo de 120 segundos (15 segundos más del actual)

Para el semáforo de la calle Alfonso Rivera 1:



Para el semáforo de la calle Alfonso Rivera 2:



Para el semáforo de la calle Lima 1:



Analizando ambas propuestas en el programa PTV Vissim se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla V.9 Mejora en el tiempo de demora por vía de acceso.

Vía	Tiempo de Demora (Seg)			% Mejora	
	Actual	Altn 1	Altn 2	Altn 1	Altn 2
Alfonso Rivera 1	53.89	49.6	41.61	8.65%	29.51%
Alfonso Rivera 2	44.97	67.43	53.9	-33.31%	-16.57%
Lima 1	39.84	29.16	22.31	36.63%	78.57%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro de análisis, en la alternativa 1 se pudo mejorar en un 8.65% y 36.63% las calles de Alfonso Rivera 1 y Lima 1, respectivamente; sin embargo, la vía de Alfonso Rivera 2 sufrió una complicación al incrementarse el tiempo de demora.

Por otro lado, en la alternativa 2, las calles de Alfonso Rivera 1 y Lima 1 obtuvieron una mejor respuesta al reducir el tiempo de demora; pero, la calle Alfonso Rivera 2 también sufrió una decaída, aunque, en un menor nivel.

De ambas alternativas la segunda presenta un mejor resultado como propuesta de solución.

5.3.2 Propuesta de Mejora 2

Para poder realizar la segunda propuesta, el cual es la reducción de vehículos livianos que brindan el servicio de transporte público y reemplazarlos por unidades con mayor capacidad de carga de pasajeros. Para esta propuesta es necesario un estudio de tráfico y un estudio de impacto social y económico en la ciudad; por otro lado, la aplicación de la misma recaería sobre el ente administrativo del transporte público, la Municipalidad Provincial de Pasco.

Un auto, en sus modelos de sedan y hatchback, o station wagon tienen como capacidad máxima 5 pasajeros, incluido el conductor. Por otra parte las unidades de camionetas rurales, combis, poseen una capacidad de 15 pasajeros, incluido el conductor, en otras

palabras 3 autos hacen una combi. Esta información considera que cada pasajero ocupara un asiento con las condiciones de comodidad y seguridad (Correas de seguridad).

De acuerdo lo expuesto líneas arriba, y considerando las cifras determinadas del estudio de campo, se tiene los siguientes valores para el volumen vehicular:

Tabla V.10 Reducción de autos y station wagon y reemplazados por combis.

Tipo de Vehículo	Situacion Actual			Reducción		Incremento		Alternativa de Mejora		
	Privado	Público	Total	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Total
ALFONSO RIVERA 1										
Auto	136	366	502	0	276	0	0	136	90	226
Station Wagon	51	139	190	0	102	0	0	51	37	88
Combi	19	92	111	0	0	0	218	19	310	329
TOTAL			803							643
ALFONSO RIVERA 2										
Auto	48	130	178	0	93	0	0	48	37	85
Station Wagon	22	60	82	0	42	0	0	22	18	40
Combi	17	85	102	0	0	0	130	17	215	232
TOTAL			362							357
LIMA 1										
Auto	11	30	41	0	21	0	0	11	9	20
Station Wagon	5	15	20	0	12	0	0	5	3	8
Combi	1	0	1	0	0	0	11	1	11	12
TOTAL			62							40

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos en el cuadro anterior han sido introducidos en el estudio de tráfico actual, reemplazando los valores correspondientes y obteniendo la siguiente cantidad:

Tabla V.11 Nuevo registro de volumen vehicular para propuesta 2.

Via	Volumen Vehicular			
	Actual	Propuesta	Reduccion	%
Alfonso Rivera 1	1009	849	160	15.86%
Alfonso Rivera 2	456	451	5	1.10%
Lima 1	84	62	22	26.19%
Total	1549	1362	187	12.07%

Fuente: Elaboración propia.

Después de haber realizado el cambio respectivo de unidades de transporte se ha logrado reducir en un 12.07% el volumen total de vehículos. Esta reducción ha sido sometido a la simulación en el programa PTV Vissim y estos fueron los resultados en la longitud de cola:

Tabla V.12 Mejora en la longitud de cola con propuesta 2.

Acceso	Longitud de Cola (m)		
	Real	Vissim	Propuesta
Alfonso Rivera 1	80.28	81.84	67.76
Alfonso Rivera 2	42.5	41.12	46.88
Lima 1	6.18	5.96	5.92

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados, se puede apreciar que en el acceso de Alfonso Rivera 1 la longitud de cola ha sido reducida hasta 67.76 m, lo cual representa un 16% menos, además debemos añadir que dicho acceso es el que mayor volumen de tránsito posee. Por lo tanto podemos afirmar que la mejora ha sido positiva aunque en los otros dos accesos no se hayan tenido mejores resultados.

5.3.3 Propuesta de Mejora 3

La tercera propuesta que se ha planteado en busca de mejorar y solucionar las deficiencias es la reconstrucción de la intersección a través de un ensanchamiento de las vías. Esta alternativa ha sido considerada con un horizonte a largo plazo debido al mecanismo de desarrollo y ejecución.

Para hacer efecto la presente propuesta es necesario la expropiación de las propiedades colindantes a los accesos, principalmente al acceso de Alfonso Rivera 1, debido a que este acceso registrar el mayor volumen de tránsito vehicular.

Por otro lado, los estudios y análisis necesarios para apoyar esta idea son los siguientes: un estudio de impacto social, económico, urbano, cultural y de tráfico, así como también se deberán de plantear los parámetros de diseño acorde a la normativa vigente.

➤ Modelo de Simulación

Para demostrar y analizar las condiciones de mejora en la intersección se construyó en el programa PTV Vissim un nuevo modelo con la propuesta de diseño en la infraestructura vial considerando al acceso de Alfonso Rivera con tres carriles.

Debemos añadir que las condiciones de simulación han sido los mismos parámetros para los conductores, volumen vehicular y de semaforización que se tiene en la actualidad. El modelo construido se muestra a continuación:

Figura V.2 Modelo construido para propuesta de mejora 3.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Resultados del Análisis

El nuevo modelo construido ha sido sometido al análisis (Corrida) del programa PTV Vissim y se han obtenido los siguientes resultados:

Figura V.3 Vista de la simulación realizada a propuesta 3.



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la longitud de cola:

Tabla V.13 Resultados de longitud de cola para propuesta 3.

Acceso	Longitud de Cola (m)			Mejora %
	Actual		Propuesta	
	Real	Vissim	Vissim	
Alfonso Rivera 1	80.28	81.84	41.13	49.75%
Alfonso Rivera 2	42.5	41.12	44.35	-7.86%
Lima 1	6.18	5.96	3.87	35.15%

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al tiempo de demora:

Tabla V.14 Resultados del tiempo de demora para propuesta 3.

Acceso	Tiempo de Demora (seg)		
	Actual	Propuesta	Mejora
	Vissim	Vissim	%
Alfonso Rivera 1	53.89	26.22	51.35%
Alfonso Rivera 2	44.97	54.39	-20.95%
Lima 1	39.84	30.78	22.74%

Fuente: elaboración propia.

Analizando los resultados para la tercera propuesta se puede apreciar que en los accesos de Alfonso Rivera 1 y Lima 1 los resultados son bastante favorables, tanto en la longitud de cola que se forman y el tiempo de demora, principalmente en el primer acceso, en donde se realizó la mayor modificación. Por otro lado el acceso de Alfonso Rivera 2 sufrió los efectos negativos disminuyendo su nivel de servicio.

Con estos resultados los nuevos niveles de servicio para los accesos a la intersección quedarían de la siguiente manera:

Tabla V.15 Clasificación de acceso según el tiempo de demora en propuesta 3.

Vía	Propuesta 3	Demora Promedio	Clasificación
Ca. Alfonso Rivera 1	26.22 seg	20.1 - 35 seg	C
Ca. Alfonso Rivera 2	54.39 seg	35.1 - 55 seg	D
Ca. Lima 1	30.78 seg	20.1 - 35 seg	C

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Prueba de Hipótesis

5.4.1 Hipótesis Genérico

Se estableció la siguiente hipótesis:

“Las condiciones del flujo de tránsito vehicular en la intersección de la calle Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica, es aceptable dentro de los niveles y volumen de tránsito recomendados para dicha intersección, siendo esta segura y de calidad para sus usuarios”.

La prueba de esta hipótesis se realizó comparando los niveles de servicio actuales con los recomendados por la Highway Capacity Manual 2000, y este fue el resultado:

Tabla V.16 Prueba de hipótesis en nivel de servicio.

Vía de Acceso	Demora Actual	Demora Promedio	Clasificación	Tipo de Vía	Clasificación Recomendada
Ca. Alfonso Rivera 1	53.89 seg	55.1 - 80 seg	E	Colectora	C
Ca. Alfonso Rivera 2	44.97 seg	35.1 - 55 seg	D	Colectora	C
Ca. Lima 1	39.84 seg	35.1 - 55 seg	D	Colectora	C

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en los resultados, las vías no cumplen con las exigencias de la demanda, en especial la calle de Alfonso Rivera 1, que posee más falencia. Por lo tanto la hipótesis es falsa, la intersección no es aceptable para la demanda actual.

5.4.2 Hipótesis Especifico

Se plantearon las siguientes hipótesis:

“Las condiciones físicas, geométricas y de señalización de tránsito, dentro de la intersección estudiada, generan dificultades de transitabilidad en los vehículos”.

La prueba de esta hipótesis ha sido comprobada en campo, de donde se puede afirmar que las condiciones geométricas no generan dificultades en el flujo del transporte; sin embargo, la cultura del conductor pasqueño si representa un desorden y dificulta el tránsito libre.

“La cantidad de vehículos que predomina dentro de la intersección vehicular son los vehículos menores: autos sedan, station wagon, camionetas SUV, pickup y combis (microbús), ocasionando un bajo nivel de transporte de pasajeros y mercancía”.

Esta hipótesis ha sido comprobada en el estudio de tráfico en el día con mayor volumen de tránsito, en donde se ha contabilizado un total de 1013 vehículos que corresponden a station wagon y autos, que son vehículos livianos.

Tabla V.17 Prueba de hipótesis en cantidad de vehículos livianos.

Tipo de Vehículo	Cantidad	%
Trimoto, Motocicleta	33	2.13%
Auto, Station Wagon	1013	65.40%
Pick up, SUV	204	13.17%
Combi	214	13.82%
Microbus, Buses	18	1.16%
Camiones, Semitrayer	67	4.33%
Total	1549	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el cuadro del resultado del estudio de tráfico, esta hipótesis se considera verdadera, la mayor participación de vehículos son los autos y station wagon, seguido de las combis (Camionetas rurales).

“El uso del software PTV Vissim 9.0 es aceptable y los resultados obtenidos reflejan la realidad que ha sido simulado, brindándonos nuevas alternativas de mejora”.

Esta hipótesis ha sido comprobada a través de la microsimulación realizada a la situación actual, principalmente en los datos del tiempo de viaje registrados en campo y en el programa, que son como se muestra a continuación:

Tabla V.18 Comparación de tiempo de viaje entre realidad y software.

Tiempo de Viaje Promedio (seg)		
Campo	Vissim	%
4.24	4.21	99%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar el porcentaje de comparación es del 99% de fiabilidad entre realidad y simulación, esta cifra se alcanza debido a los parámetros del conductor, vehículo y vía que han sido introducidos al programa. Por lo tanto la tercera hipótesis es verdadera.

5.5 Discusión de Resultados

El nivel de servicio que poseen las vías de acceso a la intersección conformada por las calles de Alfonso Rivera, Lima y Huancavelica, está por debajo de lo recomendado o ideal; esta falencia se debe en gran medida a los propios usuarios quienes no buscan un orden y tratan de imponer sus derechos sobre otros en busca de un beneficio, principalmente económico.

La velocidad de desplazamiento en los accesos de la intersección estudiada están en promedio en los 19 Km/h (Kilómetros por hora); pese a que es una velocidad prudente y segura, no ayuda a que el flujo del tránsito sea más rápido y lo que genera son mayores tiempos de espera o tiempos perdidos, y es probable que influya en la actitud del conductor pasqueño.

La longitud de cola más largo registrado se encuentra en la calle Alfonso Rivera 1, y esta cola de vehículos se extiende hasta la Av. Circunvalación Arenales, otra vía afectada por los vehículos estacionados sobre una zona rígida. Este último problema está relacionado a la débil autoridad y gestión del gobierno local.

A través de las propuestas realizadas para mejorar, o corregir, las falencias detectadas se han logrado lo siguiente: Primera propuesta, redujo el tiempo de espera en un 33% menos, en la segunda, se redujo las colas en un 4% y la tercera propuesta ha logrado incrementar el nivel de servicio de la calle Alfonso Rivera que es la que registra el mayor flujo de vehículos. Sin embargo, la última propuesta está ligada a otros estudios necesarios que permitirán determinar cuál será las posibles consecuencias del cambio realizado.

El software PTV Vissim, ha resultado ser una herramienta que brinda múltiples funciones que nos ayuda a llevar un control de pronóstico de futuros eventos relacionados al tránsito vehicular y peatonal.

CONCLUSIONES

- 1) Del análisis a la situación actual del tráfico vehicular en la intersección conformada por las calles Alfonso rivera, Lima y Huancavelica se concluye: El mayor porcentaje de vehículos que transitan son autos (sedan y hatchback), seguido de los station wagon y combis, principalmente que brindan el servicio de transporte público.

Cantidad de Vehículos Registrados en el Estudio de Tráfico.

Orden	Tipo de Vehículo	Cantidad	%
1	Auto	721	46.55%
2	Station Wagon	292	18.85%
3	Combi	214	13.82%
4	Pick up, SUV	204	13.17%
5	Camión 2E	47	3.03%
6	Trimoto, Motocicleta	33	2.13%
7	Camión 3E	18	1.16%
8	Bus 2E	8	0.52%
9	Microbus	5	0.32%
10	Bus 3E	4	0.26%
11	Bus 4E	1	0.06%
12	Camión 4E	1	0.06%
13	Semitrayler >=3S3	1	0.06%
	Total	1549	100.00%

Los principales parámetros analizados y evaluados para la situación actual fueron: Tiempos de demora, Longitud de Cola y Nivel de Servicio. El nivel de servicio que brindan las vías de acceso a la intersección estudiada son de “**D**” y “**E**”, siendo estos niveles por debajo de lo recomendado, el nivel “**C**”. Se puede afirmar que dichas vías trabajan a su capacidad máxima, siendo superada en las horas punta. Este bajo nivel de servicio se debe principalmente a las largas colas y el tiempo de demora (Ver tabla 18 y 19). Durante las horas de mayor tránsito vehicular se ha podido establecer que la velocidad de viaje es en promedio los 18.29 Km/h, pese a que es una velocidad prudente, esta se encuentra al 50% de su diseño y normativa, que es de 40km/h para una vía colectora.

Velocidad Promedio en la Actualidad del Proyecto.

Vía de Acceso	Velocidad Promedio	Promedio General	Velocidad Diseño	%
Alfonso Rivera 1	19.64 Km/h	18.29 Km/h	40.00 Km/h	46%
Alfonso Rivera 2	20.00 Km/h			
Lima 1	15.24 Km/h			

- 2) El diagnóstico para la intersección estudiada es: La intersección estudiada posee en volumen de tráfico de 1549 vehículos en la hora punta de 11:30 am a 1:30 pm, superando su capacidad máxima. Las condiciones de geometría de ancho de calzada, radio de giro y pendiente no representan una dificultad para el libre tránsito de los vehículos livianos, excepto para los de gran longitud y peso, debido a los radios de giro inadecuados para los mismos en la calle Lima. Debemos añadir que la cantidad de dichos vehículos: Buses, semi trailers y trailers, es bajo y su impacto sobre el flujo del tránsito no es trascendente. El mayor malestar se debe al manejo agresivo de los conductores.

- 3) Se han planteado tres propuestas de mejora los cuales consideran lo siguiente: El primero, cambio en el ciclo de los semáforos; el segundo, reducción de vehículos livianos, autos y station wagon, del sector público por otros de mayor capacidad, camionetas rurales; tercero, rediseño de la calle Alfonso Rivera 1, incrementando en un carril en el acceso. En cada caso se logró reducir los tiempos de demora y la longitud de cola, siendo la tercera propuesta las que mayores beneficios presento debido a que se logró incrementar el nivel de servicio. Sin embargo, en ninguno de los casos se logró incrementar la velocidad de viaje, debido a que esta variable amerita un estudio minucioso con respecto al estilo de manejo de los conductores y el estado mecánico de los vehículos.

- 4) La microsimulación realizada en el software PTV Vissim en la intersección de “Cinco Esquinas” reflejo en un 99% a la realidad, siendo el 1% de desigualdad debido a la poca información con respecto a las conductas de los conductores cerreños. Se resalta la importancia de la recolección de datos en campo, debido a que este representan la base de la investigación realizada. Si se hubiese cometido errores u obviado ciertos datos, el apoyo de la videograbación nos brindó una gran ventaja.

RECOMENDACIONES

- 1) Configurar el programa PTV Vissim a las unidades métricas: metros, segundos, kilogramos y unidades, que corresponden al Perú.
- 2) Crear las vías y conectores con medidas reales y a una escala que represente a la realidad.
- 3) Tener buen criterio al momento de interpretar los resultados obtenidos una vez concluida la simulación.
- 4) Realizar el estudio de tráfico en la Av. Circunvalación Arenales y el Jr. Túpac Amaru, que son también son vías muy concurridas a simple inspección visual y que son alimentadoras de la intersección de “Cinco Esquinas”, con el objetivo de plantear mayores soluciones al bajo nivel de servicio detectado en la presente investigación.
- 5) Implementar, por parte de las autoridades correspondientes, un programa o canal en donde se pueda registrar y almacenar el nivel del tráfico vehicular de todo el año, en periodos establecidos; así como también, registrar el nivel de servicio de las vías urbanas.
- 6) Realizar el estudio de tráfico exclusivo de los peatones, que son ellos los más vulnerables en el sistema de transporte urbano que se registra en la presente intersección estudiada, debido a la falta y precaria de señalización.
- 7) Realizar un nuevo estudio de tráfico, bajo el mismo concepto de la presente tesis, a fin de evaluar el volumen de tránsito en diferentes épocas del año. Esto debido a que el transito no es el mismo la temporada de festivas y/o de vacaciones con temporadas de trabajo y escolaridad.
- 8) Implementar nuevos sistemas de transporte urbano masivo a fin de retirar de las calles vehículos ineficientes en el transporte de pasajeros que solo generan cantidad y no calidad.
- 9) Fomentar en los conductores el manejo defensivo y la responsabilidad que trae el estar delante de un volante.
- 10) Controlar en crecimiento demográfico de la ciudad, con el fin de evitar calles con dimensiones inadecuadas para el tránsito de vehículos y personas.

BIBLIOGRAFIA

- Allemant, P. (24 de Agosto de 2006). Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares. *El Peruano*, págs. 326760-326778.
- Alvarez Vargas, J. w. (2017). *Micro-Simulación Intermodal en la Ciudad del Cusco Empleando los Software Vissim 8 y Viswalk 8*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chávez Loaiza, V. (2004). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas - 2005 - VCHI*. Lima: MDGVU VCHI S.A.
- De la O Sánchez , E. G. (2014). *Programas de Modelación de Transito*. México: Universidad Autónoma de México.
- Federal Highway Administration . (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software*. Oakland.
- Fontalvo Arrieta, K. (2013). *Modelación del Tránsito Vehicular con el Software PTV Vissim Tramo Bomba el Gallo - Bomba el Amparo*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagenas.
- García, T. (2014). *Capacidad y Niveles de Servicio*. Santa Ana de Coro: Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Obtenido de SlideShare.
- Higgs, B., Montasir M, A., & Medina, A. (s.f.). *Analysis of the Wiedemann Car Following Model over Different Speeds using Naturalistic Data*. Blacksburg, Virginia, EE.UU.: Virginia Tech.
- Quezada Lucio, N. (2015). *Metodología de la Investigacion*. Lima: Macro.
- Suaréz Castaño, L. (2007). *Análisis y Evaluación Operacional de Intersecciones Urbanas Mediante Microsimulación* . Medellin: Universidad Nacional de Colombia.
- INEI. (2017). *Pasco Compendio Estadístico 2017* . Lima: Instituto Nacional de Estadística e informática.

- MTC. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima: Ministeria de Transportes y Comunicaciones.
- Papageorgiou, G., Damianou, P., & Pitsilides, A. (2006). *A Microscopic Traffic Simulation Model for Transportation Planning in Cyprus*. Ayia Napa: Universidad de Chipre.
- Peru21. (3 de MAyo de 2017). 8 de cada 10 conductores peruanos manejan agresivamente. *Perú 21*.
- PTV GROUP. (2016). *PTV VIssim, Firts Steps Tutorial*. Karlsruhe: PTV Planung Transport Verkehr AG.
- population.city. (14 de junio de 2018). *Cerro de Pasco - Población*. Obtenido de population.city: <http://poblacion.population.city/peru/cerro-de-pasco/>
- PTV GROUP. (30 de Mayo de 2018). *Principales características de PTV Vissim 10*. Obtenido de PTV GROUP: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/nueva-version-de-ptv-vissim/>
- PTVGROUP. (23 de Mayo de 2018). *PTV Vissim*. Obtenido de PTV GROUP: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/>
- Trafficware. (23 de mayo de 2018). *Synchro 10*. Obtenido de Trafficware: <http://www.trafficware.com/synchro.html>
- Caliper. (23 de mayo de 2018). *Caliper TransModeler*. Obtenido de TransModeler Traffic Simulation Software: <https://www.caliper.com/transmodeler/default.htm>
- Google Maps. (01 de Julio de 2018). *Google Maps*. Obtenido de Cerro de Pasco, Pasco: <https://www.google.com/maps/@-10.6872175,-76.2580076,263m/data=!3m1!1e3>
- Vidal Roca. (5 de Mayo de 2010). *Aplicación de Modelos de Microsimulación en la Ingeniería de Tránsito*. Obtenido de Revista Vial: <http://revistavial.com/aplicacion-de-modelos-de-microsimulacion-en-la-ingenieria-del-transito-25993/>

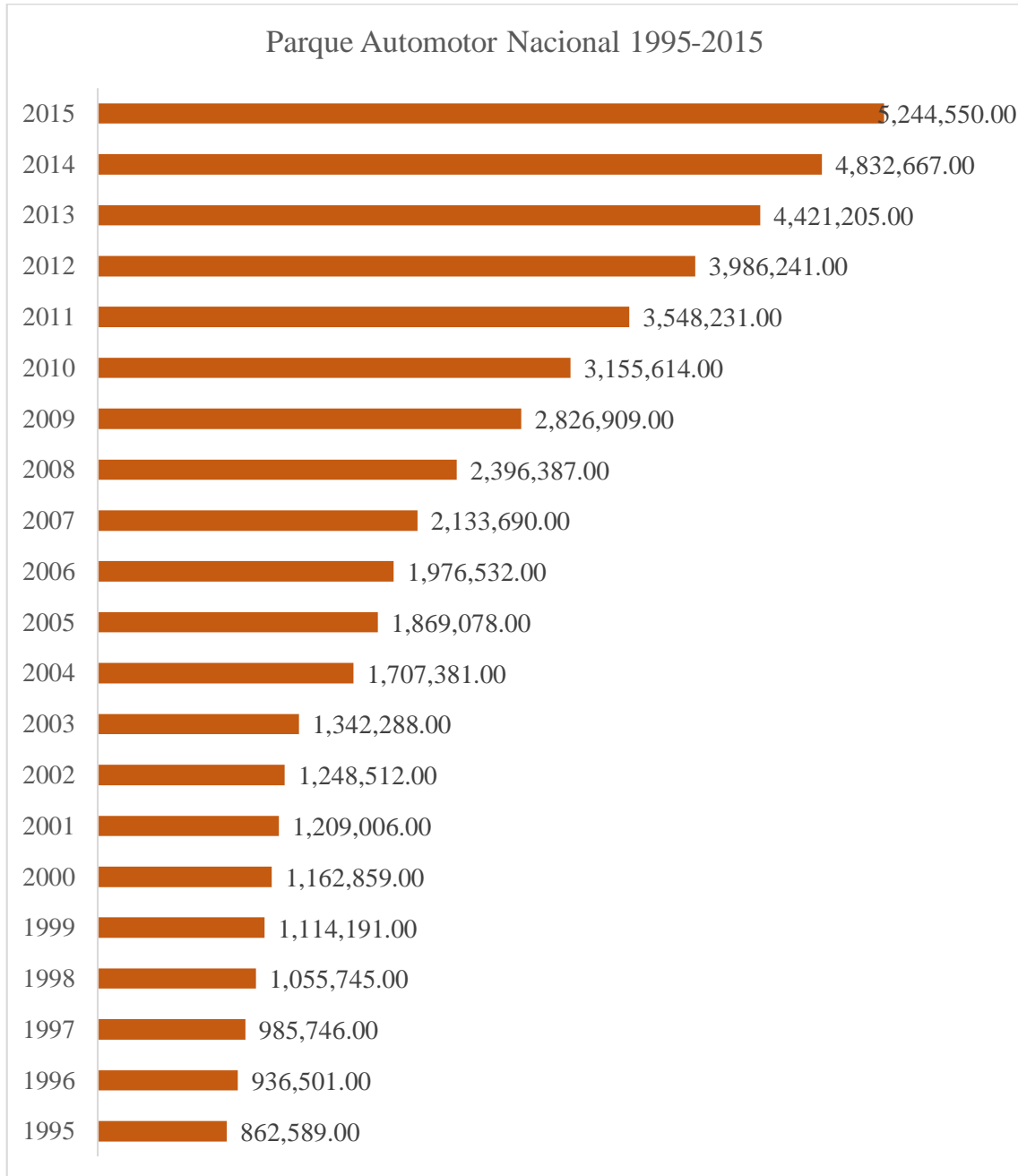
ANEXOS

Matriz de Consistencia

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADOR	MEDICION	RANGO DE VIABILIDAD
Volumen de Tráfico Vehicular (Variable Independiente)	El volumen de tráfico vehicular es la cantidad circula dentro de una intersección.	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de vehículos. • Cantidad de personas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades (und) • Transito Promedio Diario (TPD) • Índice Medio Diario (IMD) (Veh./día) 	<ul style="list-style-type: none"> 0 a 100 V/h 101 a 500 V/h 501 a 1000 V/h 1001 a 5000 V/h V/h (Vehículos o personas por hora.
Nivel de transitabilidad en la intersección. Nivel de calidad y seguridad vial en los usuarios. (Variable dependiente)	La transitabilidad es la capacidad de trasladarse de un lugar a otro con la menor dificultad. A su vez esto asegura la calidad y seguridad en los usuarios	<ul style="list-style-type: none"> • Largo de colas. • Número de vehículos en espera. • Cantidad de accidentes. • Velocidad de los vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> • Metro (m) • Unidad (und) • Porcentaje (%) • Km/h 	<ul style="list-style-type: none"> • Cola corta = 1 • Cola mediana = 2 • Cola larga = 3 • Accidentes al día: (0-10), (11-50), (51-100), más de 100. • Velocidad: (0-20), (21-40), más de 40
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de vehículo. • Diseño geométrico. 	El tipo de vehículo que se analizara son todos aquellos que la normativa peruana permite. La actual norma peruana propone dimensiones mínimas para pistas y veredas.	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión del vehículo y de la vía. • Ancho de vereda. • Número de carriles. • Cantidad de semáforos. • Tipo de intersección • Clasificación de vía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Metro (m) • Unidad (und) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1, 2, 3, 4 carriles • Intersección a nivel o desnivel. • Vía local = 1 • Vía colectora = 2 • Vía Arterial = 3 • vía Expresa = 4

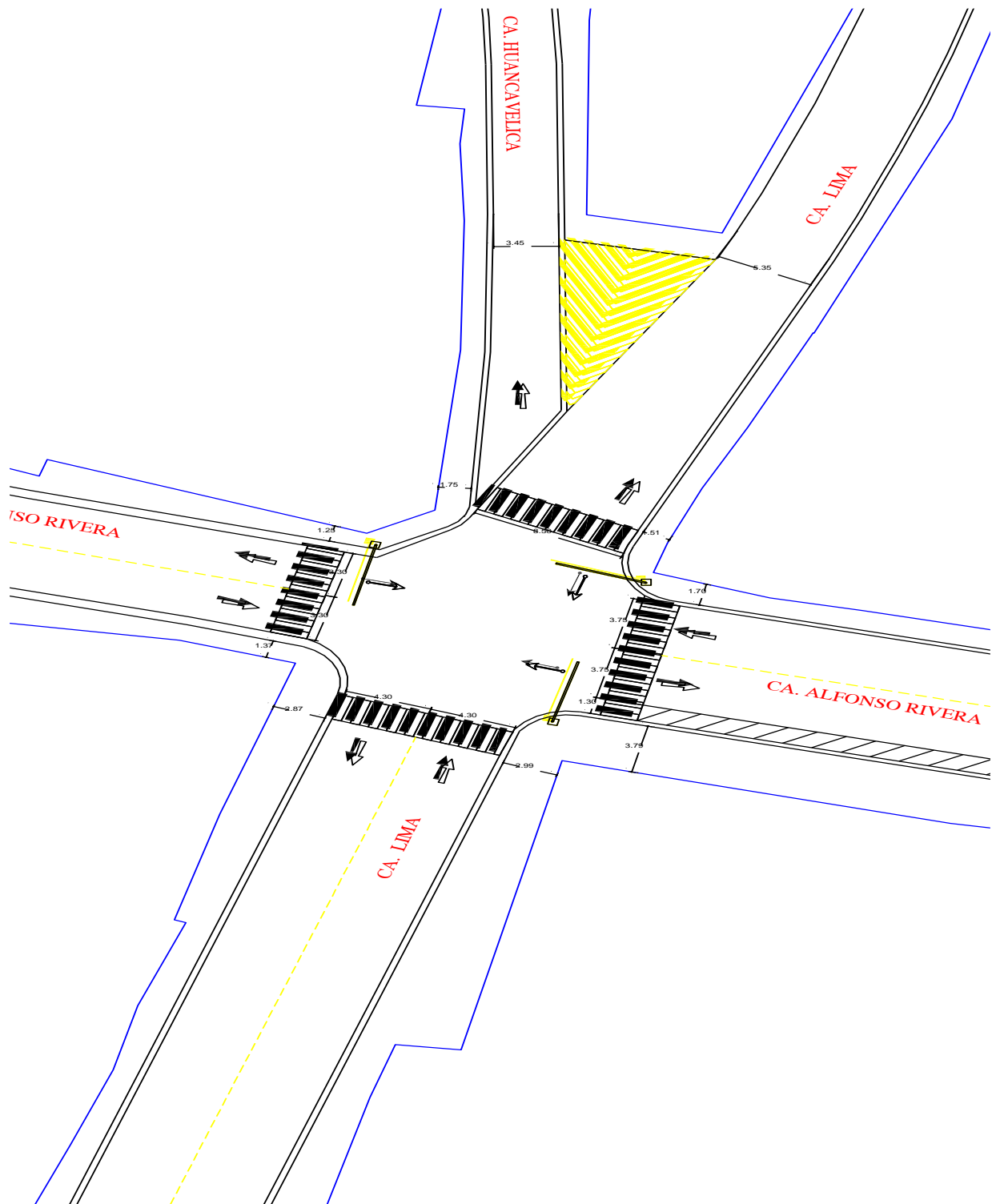
Parque Automotor en el Perú

A continuación se muestra la cantidad de vehículos registrados en cada año desde el año 1995 hasta el 2015.



Parque Vehicular a Nivel Nacional, fuente: SUNARP

Plano en Planta de la Intersección



Estudio de Tráfico por Día

A continuación se muestran los cuadros del estudio de tráfico realizados para cada día durante la etapa de recolección de datos de campo:

PROYECTO		"Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9". Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelica.																						
ESTACION - 1		AV. ALFONSO RIVERA																						
CODIGO DE LA ESTACION																								
FECHA		01 07 2018																						
SENTIDO		E ← S →																						
		Total de Entrada																						
HORA	TRIMOTO. LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		MICRO		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			TOTAL				
VEH				PICKUP, SUV	COMBI			2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	3S1/3S2	>=3S3	2T1	2T2	2T3	3T1	3T2	3T3		
11:30	-	44	20	8	18	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92.00
11:40	-	29	7	8	9	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55.00
11:50	3	46	13	11	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83.00
12:00	1	35	13	10	11	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73.00
12:10	5	41	17	10	13	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89.00
12:20	1	24	8	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41.00
12:30	-	33	16	8	11	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.00
12:40	-	24	20	10	9	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64.00
12:50	-	37	8	7	5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.00
13:00	1	34	22	11	8	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.00
13:10	1	29	17	10	11	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69.00
13:20	1	30	16	8	11	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68.00
TOTAL	13	406	177	104	121	1	1	5	2	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	841.00

13	406	177	104	121	1	1	5	2	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	841
1.55%	48.28%	21.05%	12.37%	14.39%	0.12%	0.59%	0.24%	0.00%	0.00%	1.43%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%
Trimoto, Motocicleta	Auto	Station Wagon	Pick up, SUV	Combi	Microbus	Bus 2E	Bus 3E	Bus 4E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Semitrayler 2S1/2S2	Semitrayler 2S1/2S3	Semitrayler 3S1/3S2	Semitrayler >=3S3	Trayler 2T1	Trayler 2T2	Trayler 2T3	Trayler 3T1	Trayler 3T2	Trayler 3T3	TOTAL		

Estudio de Tráfico día 1, elaboración propia.

PROYECTO	"Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9" Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelica.		
SENTIDO	E	←	S
ESTACION - 1	AV. ALFONSO RIVERA		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	02	07	2018

Total de Entrada

HORA	VEH	TRIMOTO, MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			TOTAL
					PICKUP, SUV	COMBI	MICRO	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	≥3S3	2T2	
11:30	4	56	20	21	18	1	1	1	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	131.00
11:40	4	66	18	14	18	1	1	1	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	132.00
11:50	4	62	20	14	19	1	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	124.00
12:00	4	50	28	18	16	2	-	1	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	125.00
12:10	4	54	22	15	18	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	117.00
12:20	-	63	24	16	17	-	1	1	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	130.00
12:30	2	61	28	14	17	-	1	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	129.00
12:40	3	75	18	22	17	-	1	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	142.00
12:50	4	54	33	16	25	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	135.00
13:00	2	58	28	20	16	-	1	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131.00
13:10	2	75	21	14	16	-	1	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133.00
13:20	-	47	32	20	17	-	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	120.00
TOTAL	33	721	292	204	214	5	8	4	47	18	1	-	-	-	-	-	-	-	1549.00

VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	VEH	Porcentaje	TOTAL	Porcentaje																				
Trimoto, Motocicleta	2.13%	33	46.55%	Auto	18.85%	Station Wagon	13.17%	Pickup, SUV	13.82%	Combi	0.32%	Microbus	0.52%	Bus 2E	0.26%	Bus 3E	0.06%	Bus 4E	3.03%	Camión 2E	1.16%	Camión 3E	0.06%	Camión 4E	0.00%	Semitrayer 2S1/2S2	0.00%	Semitrayer 2S1/2S3	0.00%	Semitrayer 3S1/3S2	0.06%	Semitrayer >=3S3	0.00%	Trayler 2T2	0.00%	Trayler 2T3	0.00%	Trayler 3T2	0.00%	Trayler 3T3	0.00%	TOTAL	100%

Estudio de Tráfico día 2, elaboración propia.

PROYECTO	"Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9" Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelica.		
SENTIDO	E	S	
ESTACION - 1	AV. ALFONSO RIVERA		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	03	07	2018

Total de Entrada

HORA	VEH	TRIMOTO, MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL
					PICKUP, SUV	COMBI	MICRO	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	
11:30	1	46	20	15	18	2	-	-	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	108.00
11:40	1	51	20	16	14	1	1	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	110.00
11:50	4	46	29	21	15	1	1	1	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124.00
12:00	4	64	25	18	18	-	-	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134.00
12:10	4	44	18	15	9	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	92.00
12:20	2	57	21	13	13	1	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127.00
12:30	2	52	21	27	15	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119.00
12:40	2	61	21	24	17	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128.00
12:50	1	67	29	22	15	-	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140.00
13:00	1	57	31	19	17	1	1	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132.00
13:10	2	60	24	8	18	2	-	-	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	122.00
13:20	-	74	22	17	15	1	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	134.00
TOTAL	24	679	287	223	184	10	6	4	-	47	5	1	-	-	-	-	-	-	-	1470.00

VEH	Porcentaje	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Bus 2E	Bus 3E	Bus 4E	Microbus	Combi	Pickup, SUV	Station Wagon	Auto	Trimoto, Motocicleta
Camión 2E	3.20%	47	-	-	6	4	-	10	184	223	287	679	24
Camión 3E	0.34%	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 4E	0.07%	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus 2E	0.41%	6	-	-	6	4	-	10	184	223	287	679	24
Bus 3E	0.27%	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus 4E	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Microbus	0.68%	10	-	-	6	4	-	10	184	223	287	679	24
Combi	12.52%	-	-	-	-	-	-	184	184	223	287	679	24
Pickup, SUV	15.17%	-	-	-	223	-	-	-	223	223	287	679	24
Station Wagon	19.52%	-	-	-	-	-	-	-	-	287	287	679	24
Auto	46.19%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	679	679	679
Trimoto, Motocicleta	1.63%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	24
Semitrailer 2S1/2S2	0.60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrailer 2S1/2S3	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrailer 3S1/3S2	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitrailer ≥3S3	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler 2T2	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler 2T3	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler 3T2	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trayler 3T3	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100%	47	5	1	6	4	-	10	184	223	287	679	24

Estudio de Tráfico día 3, elaboración propia.

PROYECTO	"Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9" Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelica.		
SENTIDO	E	S	
	ESTACION - 1		AV. ALFONSO RIVERA
	CODIGO DE LA ESTACION		
	FECHA	04	07
		2018	

Total de Entrada

HORA	VEH	TRIMOTO, MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL				
					PICKUP, SUV	COMBI	MICRO	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2		3T3			
11:30	-	54	18	15	17	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	107.00
11:40	3	48	31	20	14	-	-	-	5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122.00
11:50	4	57	27	18	17	1	1	1	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132.00
12:00	-	49	23	13	16	-	-	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106.00
12:10	3	46	17	19	14	2	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105.00
12:20	3	51	20	24	20	2	1	-	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130.00
12:30	4	64	26	9	15	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123.00
12:40	4	63	25	20	25	-	1	-	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143.00
12:50	1	48	19	17	23	1	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114.00
13:00	-	60	27	19	17	1	1	1	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139.00
13:10	2	53	26	12	20	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115.00
13:20	2	63	26	15	22	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132.00
TOTAL	26	656	285	201	220	8	6	4	54	6	6	6	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1468.00

VEH	Porcentaje	Auto	Station Wagon	Pickup, SUV	Combi	Microbus	Bus 2E	Bus 3E	Bus 4E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Semitrayler 2S1/2S2	Semitrayler 2S1/2S3	Semitrayler 3S1/3S2	Semitrayler >=3S3	Trayler 2T2	Trayler 2T3	Trayler 3T2	Trayler 3T3	TOTAL	
26	1.77%	656	285	201	220	8	6	4	-	54	6	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1,468
	44.69%		19.41%	13.69%	14.99%	0.54%	0.41%	0.27%	0.00%	3.68%	0.41%	0.00%	0.60%	0.00%	0.00%	0.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%

Estudio de Tráfico día 4, elaboración propia.

PROYECTO	"Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9" Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelica.		
SENTIDO	E	←	S
ESTACION - 1	AV. ALFONSO RIVERA		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	05	07	2018

Total de Entrada

HORA	VEH	TRIMOTO, MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL									
					PICKUP, SUV	COMBI	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	3T3										
11:30	-	-	52	23	18	24	2	1	-	-	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126.00
11:40	-	-	46	12	14	17	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93.00
11:50	2	-	44	16	20	17	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102.00
12:00	4	60	37	12	21	21	-	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140.00
12:10	2	56	15	20	14	14	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110.00
12:20	3	69	27	11	16	16	1	-	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133.00
12:30	1	48	21	19	15	15	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108.00
12:40	3	73	27	20	15	15	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141.00
12:50	2	62	28	20	21	21	1	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139.00
13:00	4	56	26	18	19	19	-	-	1	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132.00
13:10	2	67	25	10	14	14	-	1	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125.00
13:20	1	57	16	11	18	18	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104.00
TOTAL	24	680	273	193	211	211	4	4	2	1	44	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1453.00

VEH	Porcentaje	Auto	Station Wagon	Pickup, SUV	Combi	Microbus	Bus 2E	Bus 3E	Bus 4E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Semitrayler 2S1/2S2	Semitrayler 2S1/2S3	Semitrayler 3S1/3S2	Semitrayler ≥3S3	Trayler 2T2	Trayler 2T3	Trayler 3T2	Trayler 3T3	TOTAL	
24	1.65%	690	273	193	211	4	4	2	1	44	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1453
	47.49%	18.79%	13.28%	14.52%	0.28%	0.28%	0.14%	0.07%	3.03%	0.34%	0.14%	0.14%	0.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%

Estudio de Tráfico día 5, elaboración propia.

PROYECTO	"Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9" Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelica.			
SENTIDO	E	←	S	→
ESTACION - 1	AV. ALFONSO RIVERA			
CODIGO DE LA ESTACION				
FECHA	06	07	2018	

Total de Entrada

HORA	VEH	TRIMOTO, MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL						
					PICKUP, SUV	COMBI	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2		3T3					
11:30		6	39	12	17	14	-	2	1	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.00
11:40		1	51	31	12	14	1	2	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119.00
11:50		4	44	34	15	15	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116.00
12:00		3	39	17	13	13	1	1	-	-	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.00
12:10		1	40	19	17	10	1	-	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95.00
12:20		2	43	15	12	16	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92.00
12:30		4	33	22	23	11	1	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00
12:40		4	39	27	14	17	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106.00
12:50		3	41	21	13	16	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103.00
13:00		2	54	13	15	16	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104.00
13:10		3	56	28	18	9	-	-	1	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123.00
13:20		4	48	20	19	7	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102.00
TOTAL		37	527	259	188	158	6	8	3	3	64	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1255.00

VEH	TRIMOTO, MOTO LINEAL	Auto	Station Wagon	Pickup, SUV	Combi	Microbus	Bus 2E	Bus 3E	Bus 4E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Semitrayler 2S1/2S2	Semitrayler 2S1/2S3	Semitrayler 3S1/3S2	Semitrayler ≥3S3	Trayler 2T2	Trayler 2T3	Trayler 3T2	Trayler 3T3	TOTAL	
37	527	259	188	158	6	8	3	-	64	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1,255
2.95%	41.99%	20.64%	14.98%	12.59%	0.48%	0.64%	0.24%	0.00%	5.10%	0.32%	0.00%	0.00%	0.60%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	

Estudio de Tráfico día 6, elaboración propia.

PROYECTO	"Microsimulación del Tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9" Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera, Ca. Lima y Ca. Huancavelica.			
SENTIDO	E	←	S	→
ESTACION - 1	AV. ALFONSO RIVERA			
CODIGO DE LA ESTACION				
FECHA	07	07	2018	

Total de Entrada

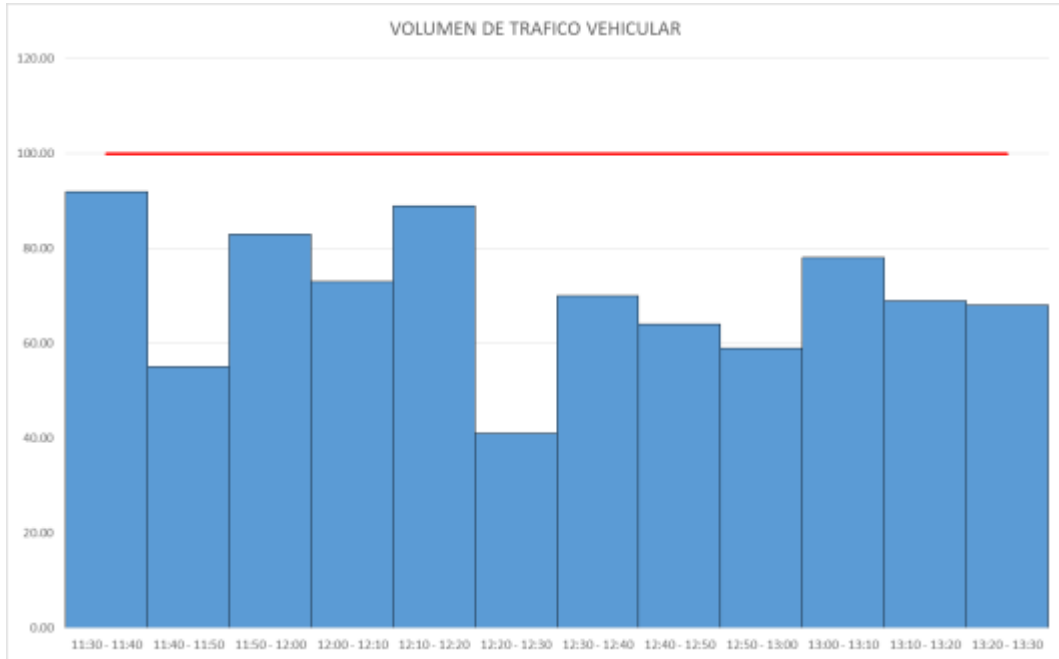
HORA	VEH	TRIMOTO, MOTO LINEAL	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL						
					PICKUP, SUV	COMBI	MICRO	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2		3T3					
11:30		5	47	32	15	17	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123.00
11:40		3	51	18	16	10	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102.00
11:50		2	68	20	14	12	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121.00
12:00		5	53	21	23	14	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123.00
12:10		1	52	29	17	11	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115.00
12:20		1	65	23	9	14	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	117.00
12:30		1	52	18	16	10	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	101.00
12:40		4	52	17	12	18	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111.00
12:50		3	55	22	16	9	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108.00
13:00		4	59	13	12	12	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105.00
13:10		-	52	23	10	14	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00
13:20		1	52	22	10	7	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95.00
TOTAL		30	658	258	170	148	2	1	5	2	39	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1321.00

VEH	Porcentaje	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Bus 2E	Bus 3E	Bus 4E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Semitrayler 2S1/2S2	Semitrayler 2S1/2S3	Semitrayler 3S1/3S2	Semitrayler >=3S3	Trayler 2T2	Trayler 2T3	Trayler 3T2	Trayler 3T3	TOTAL
Trimoto, Motocicleta	2.27%																		
Auto	49.81%	658	258	170	148	2	1	5	2	39	6	6	-	-	-	-	-	-	1.321
Station Wagon	19.53%																		
Pickup, SUV	12.87%																		
Combi	11.20%																		
Microbus	0.15%	2	2	2	1	5	2	39	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bus 2E	0.08%	1	1	1	1	5	2	39	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bus 3E	0.38%	1	1	1	1	5	2	39	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bus 4E	0.15%	2	2	2	1	5	2	39	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 2E	2.95%	39	6	6	1	5	2	39	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 3E	0.45%	6	6	6	1	5	2	39	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 4E	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Semitrayler 2S1/2S2	0.60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Semitrayler 2S1/2S3	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Semitrayler 3S1/3S2	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Semitrayler >=3S3	0.15%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
Trayler 2T2	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Trayler 2T3	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Trayler 3T2	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Trayler 3T3	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

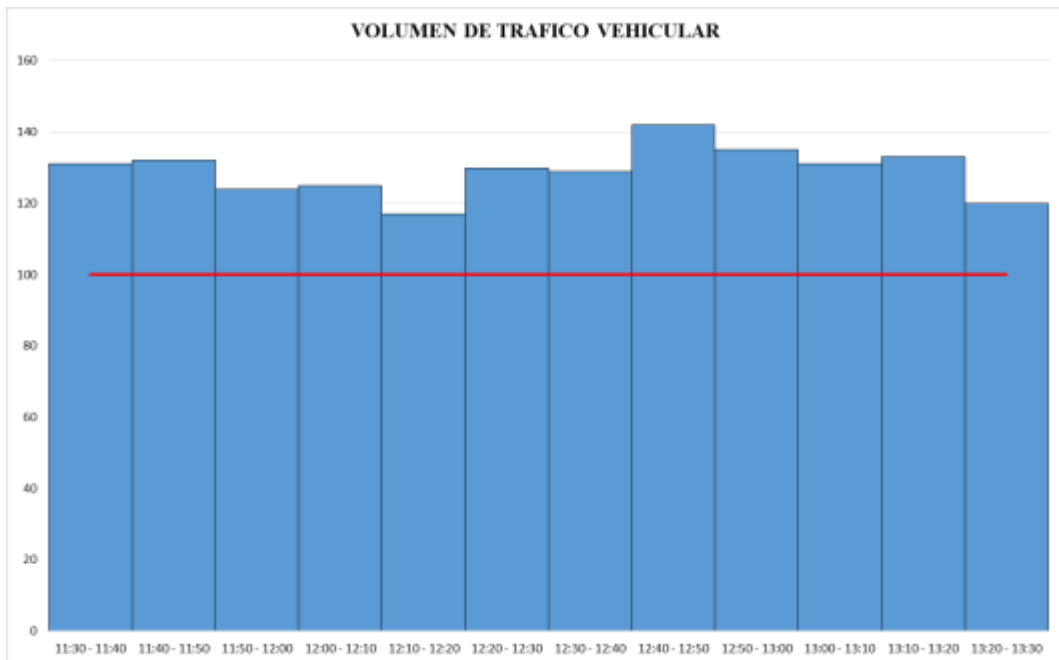
Estudio de Tráfico día 7, elaboración propia.

Volumen Vehicular por Día

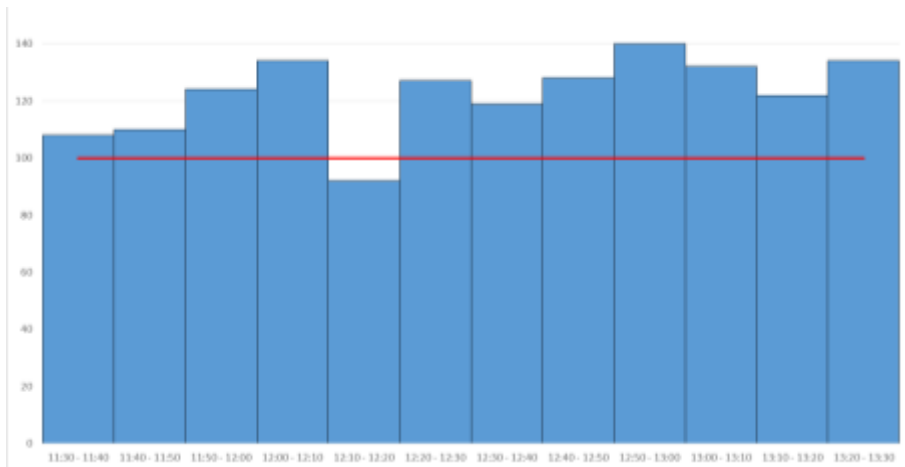
A continuación se muestran el volumen vehicular por día, gráficos obtenidos a partir del conteo de vehículos diario. De igual modo se introduce un valor supositorio de 10 veh/min como capacidad máxima de la intersección:



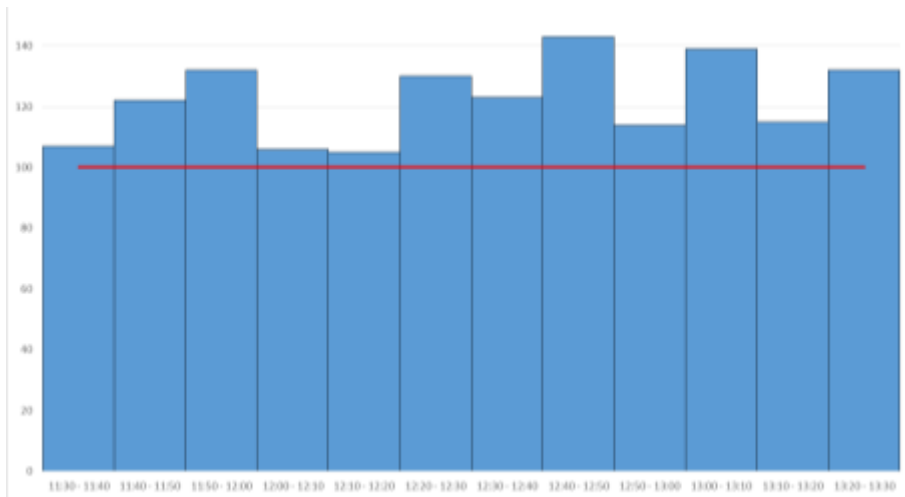
Volumen vehicular día 1, elaboración propia.



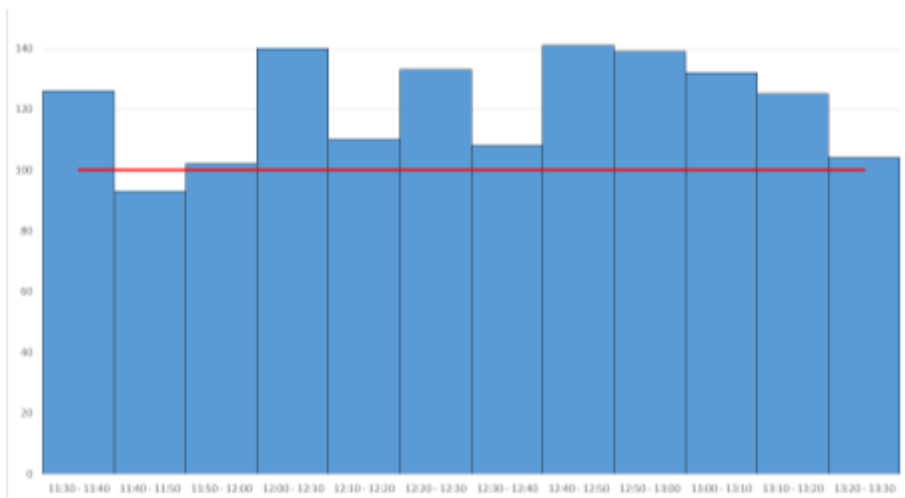
Volumen vehicular día 2, elaboración propia.



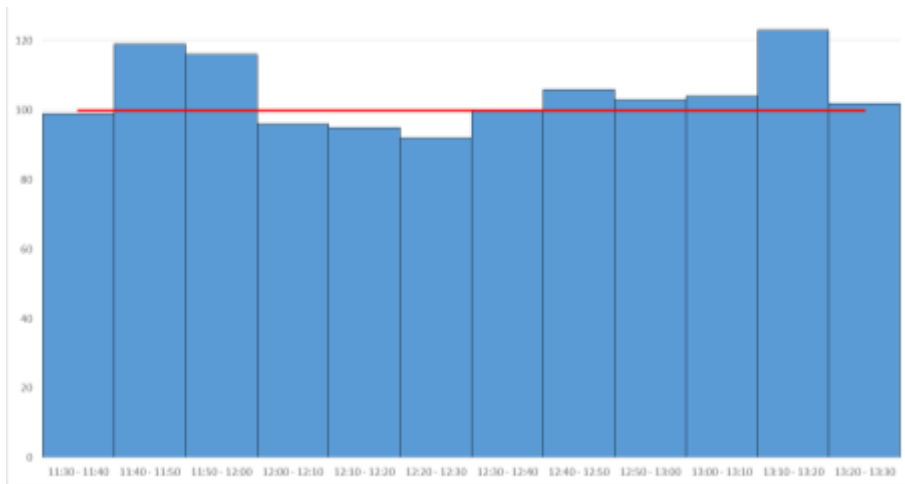
Volumen vehicular día 3, elaboración propia.



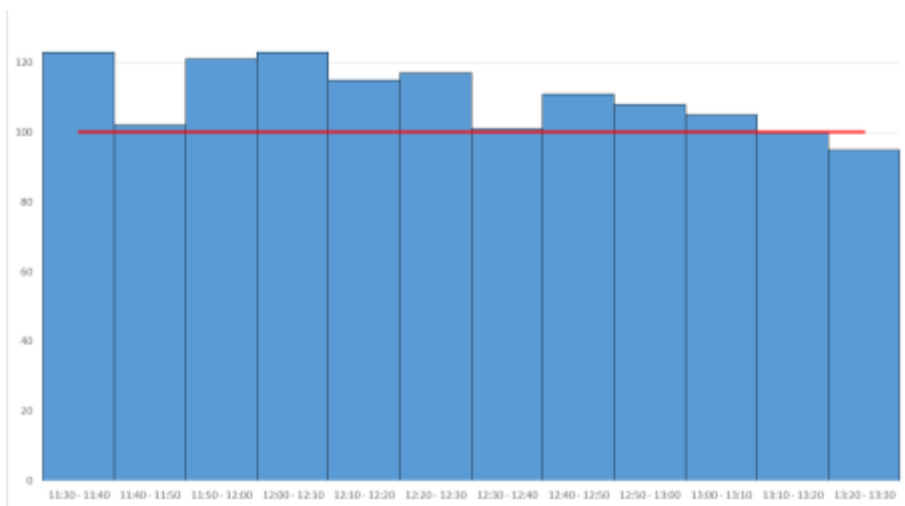
Volumen vehicular día 4, elaboración propia.



Volumen vehicular día 5, elaboración propia.



Volumen vehicular día 6, elaboración propia.



Volumen vehicular día 7, elaboración propia.

Panel Fotográfico



Foto 1 Vista de la intersección estudiada - 5 Esquinas.



Foto 2 Vista de la longitud de cola en la calle Alfonso Rivera.



Foto 3 Vista de la longitud de cola en calle Lima.



Foto 4 Vista de la longitud de cola en la calle Alfonso Rivera.



Foto 5 Longitud de cola en la calle Alfonso Rivera que se extiende hasta la Av. Circunvalación Arenales (Día).



Foto 6 Longitud de cola en la calle Alfonso Rivera que se extiende hasta la Av. Circunvalación Arenales (Noche).



Foto 7 Vista desde otro ángulo la longitud de cola formada en la calle Alfonso Rivera.



Foto 8 Vista de la falta de radio de giro en calle Lima para un semi Trayler 2S3.



Foto 9 Falta de rampa para discapacitados y cruce de cebra en calle Lima.



Foto 10 La falta de semáforos peatonales pone en gran riesgo a los peatones.



Foto 11 Vista del paradero que se ha formado en calle Lima, obstaculizando el tránsito.



Foto 12 Calles aledañas usadas como estacionamientos.



Foto 13 Evidencia que la intersección necesita de un mantenimiento en las marcas de pavimento.