

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROPUESTA PARA MITIGAR LA CONGESTION VEHICULAR Y MEJORAR
EL NIVEL DE SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL CENTRO DE LA
CIUDAD DE HUÁNUCO

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TESISTA: SERGIO LUIS SALCEDO CRUZ

ASESOR: ING. JORGE ZEVALLOS HUARANGA

HUÁNUCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mis padres por su amor, paciencia y consejos que ayudaron a realizarme profesionalmente.

A mis grandes maestros cuyas palabras aún siguen enseñando con el paso del tiempo.

AGRADECIMIENTO

A mis asesores, por su apoyo en la elaboración de esta tesis.

A la Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” por la formación profesional realizada a mi persona.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “Propuesta para Mitigar la Congestión Vehicular y Mejorar el Nivel de Servicio en las Intersecciones del Centro de la Ciudad de Huánuco”, tiene como objetivo plantear una propuesta que permita mitigar la congestión vehicular a través de la optimización y sincronización de los ciclos semafóricos con una simulación del tránsito vehicular utilizando el software Synchro Traffic 8.

En el primer capítulo se describe el marco teórico, se consignan los trabajos de investigación afines, se describen los conceptos fundamentales, se establecen los objetivos, hipótesis, variables, indicadores.

En el segundo capítulo se describe el marco metodológico, se determina el tipo y nivel de investigación, se define la población y muestra. En este capítulo se detalla el caso de investigación desde la etapa de recolección de datos estáticos (características geométricas y zonificación), dinámicos (aforos y situación actual de los semáforos); el procesamiento de datos (flujogramas, capacidad en intersecciones y proyección del volumen vehicular al año 2029), se simula el tránsito vehicular y se calcula el nivel de servicio sin propuesta en estado actual y con proyección del volumen vehicular. En la parte final de este capítulo se describe la propuesta para mitigar la congestión vehicular, la simulación del tránsito vehicular y el cálculo del nivel de servicio con propuesta en estado actual y con proyección del volumen vehicular al año 2029.

En el tercer capítulo se describe la discusión de resultados, se determina que el vehículo predominante en el área de estudio es el trimovil con una incidencia del 37% y que el volumen horario de máxima demanda se da de 5:45pm a 6:45pm. En este capítulo se hace un cuadro comparativo de los resultados obtenidos en los cálculos de

nivel de servicio y demoras sin propuesta, con propuesta, con proyección y sin proyección del volumen vehicular al año 2029.

Finalmente se concluye que con la propuesta de mitigación de congestión vehicular se mejoran los niveles de servicio actuales “D” y “E” a niveles de servicio “B” y “C” en estado actual y con una proyección del volumen vehicular al 2029 solo 4 intersección presentan niveles de servicio “D”, los demás se mantienen en “B” y “C”.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE GRÁFICOS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Fundamentación del Problema	4
1.1.3 Formulación del Problema	6
1.1.3.1 Problema General	6
1.1.3.2 Problemas Específicos.....	7
1.2 Objetivos	7
1.2.1 Objetivo del General.....	7
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 Justificación e Importancia.....	8
1.4 Limitaciones y Alcances.....	8
1.5 Hipótesis, variables, indicadores y definiciones operacionales.....	9
1.5.1 Hipótesis	9
1.5.1.1 Hipótesis General	9
1.5.1.2 Hipótesis Especificas.....	9
1.5.2 Sistema de Variables – Dimensiones e Indicadores	10
1.5.2.1 Variable Independiente.....	10
1.5.2.2 Variable Dependiente	10
1.5.2.3 Operacionalidad de Variables.....	10
1.5.2.4 Matriz de Consistencia	11
1.6 Bases Teóricas	12
1.6.1 Propuesta de Mitigación de Congestión Vehicular	12
1.6.1.1 Congestión Vehicular	12
1.6.1.2 Puntos de Conflicto	13
1.6.1.3 Clasificación del Sistema Vial Urbano.....	14
1.6.1.4 Clasificación del Sistema Vial Urbano.....	16
1.6.1.5 Volumen de Transito	17

1.6.1.6	Características de volúmenes de tránsito.....	18
1.6.1.7	Clasificación Vehicular	23
1.6.1.8	Tráfico en Vías Urbanas.....	27
1.6.1.9	Capacidad Vial	29
1.6.1.10	Factores que Condicionan la Capacidad.....	29
1.6.1.11	Optimización de las Fases	32
1.6.1.12	Señalización.....	37
1.6.1.13	HCM 2010.....	38
1.6.1.14	Software Synchro Traffic 8.0	38
1.6.2	Nivel de Servicio	39
1.6.2.1	Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas.....	40
1.6.2.2	Determinación del Nivel de Servicio	41
1.6.2.3	Determinación de la Demora.....	45
CAPITULO II		47
MARCO METODOLÓGICO		47
2.1	Tipo y Nivel de Investigación	47
2.1.1	Tipo de Investigación	47
2.1.2	Tipo de Investigación según su carácter exhaustivo y excluyente... 47	
2.1.3	Nivel de la investigación	48
2.1.4	Diseño de la investigación.....	48
2.2	Población y Muestra	48
2.2.1	Población	48
2.2.2	Muestra	48
2.3	Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
2.4	Procesamiento y presentación de datos	50
2.5	Caso de Investigación.....	51
2.5.1	Ubicación Geográfica.....	51
2.5.2	Metodología de Trabajo	52
2.6	Recolección de Datos	55
2.6.1	Componentes Estáticos.....	56
2.6.1.1	Características Geométricas	56
2.6.1.2	Zonificación.....	58
2.6.2	Componentes Dinámicos.....	59
2.6.2.1	Situación Actual de los Semáforos en el Área de Estudio	59
2.6.2.2	Aforo de Volúmenes en Cada Intersección	60
2.7	Procesamiento de Datos	69
2.7.1	Factor de equivalencia para diferentes tipos de vehículos	69

2.7.2	Flujogramas	70
2.7.3	Capacidad en Intersecciones.....	84
2.7.3.1	Cálculo de Flujos de Saturación	86
2.7.3.2	Cálculo de la Capacidad de una intersección	91
2.7.4	Volumen Vehicular Proyectado al Año 2029.....	92
2.7.4.1	Cálculo del Volumen Vehicular Proyectado al Año 2029	96
2.7.5	Nivel de Servicio en Situación Actual.....	103
2.7.6	Nivel de Servicio en Situación Actual con Proyección al 2029.....	109
2.7.7	Propuesta para mitigar la congestión vehicular	111
2.7.7.1	Nivel de Servicio con Propuesta sin Proyección.....	116
2.7.7.2	Nivel de Servicio con Propuesta con Proyección al 2029.....	117
CAPITULO III.....		119
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		119
3.1	Análisis del Flujo Vehicular	119
3.2	Resultados de la Investigación	120
3.3	Validación de la Hipótesis.....	122
CONCLUSIONES.....		123
RECOMENDACIONES.....		125
BIBLIOGRAFÍA.....		126

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Placas Vehiculares en el período 2010 – 2017	5
Cuadro N° 02: Registro de Trimóviles 2011 – 2017	5
Cuadro N° 03: Operacionalidad de Variables.....	10
Cuadro N° 04: Matriz de Consistencia	11
Cuadro N° 05: Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas, según la velocidad de diseño, características del flujo y control de accesos y relación con otras vías.....	15
Cuadro N° 06: Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas, según el número de carriles, servicio a propiedades adyacentes, servicio de transporte público, estacionamiento, carga y descarga de mercaderías.....	16
Cuadro N° 07: Vehículos que transitan en la zona de estudio	26
Cuadro N° 08: Unidad de Conversión Patrón (UCP)	27
Cuadro N° 09: Volumen mínimo de vehículos para el uso de semáforos	35
Cuadro N° 10: Ancho Mínimo de Paso Peatonal Semaforizado	38
Cuadro N° 11: Factores de Corrección en Intersecciones Semaforizadas	43
Cuadro N° 12: Factores de Corrección en Intersecciones Semaforizadas	44
Cuadro N° 13: Factores de Corrección en Intersecciones Semaforizadas	45
Cuadro N° 14: Nivel de Servicio en Vías Urbanas	46
Cuadro N° 15: Formato para Aforo Vehicular.....	50
Cuadro N° 16: Características Geométricas de las Intersecciones	57
Cuadro N° 17: Semáforos en las intersecciones de Análisis	60
Cuadro N° 18: Formato de Aforo Vehicular.....	61
Cuadro N° 19: Unidad de Conversión Patrón (UCP)	69
Cuadro N° 20: Capacidad en Condiciones Ideales	84
Cuadro N° 21: Capacidad de Carreteras de 2 Carriles.....	84
Cuadro N° 22: Flujos de Saturación de todas las Intersecciones del Área de Estudio	89
Cuadro N° 23: Cálculo de Capacidad de Todas las Intersecciones	91
Cuadro N° 24: Tasa de Crecimiento Poblacional Huánuco- Huánuco- Huánuco	92
Cuadro N° 25: Proyección de Crecimiento Poblacional al 2029 Huánuco-Huánuco-Huánuco	95
Cuadro N° 26: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 01	96
Cuadro N° 27: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 02	96
Cuadro N° 28: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 03	97

Cuadro N° 29: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 04	97
Cuadro N° 30: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 05	98
Cuadro N° 31: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 06	98
Cuadro N° 32: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 07	99
Cuadro N° 33: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 08	99
Cuadro N° 34: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 09	100
Cuadro N° 35: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 10	100
Cuadro N° 36: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 11	101
Cuadro N° 37: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 12	101
Cuadro N° 38: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 13	102
Cuadro N° 39: Flujo de Saturación con Propuesta	116
Cuadro N° 40: Resumen de Simulación del Tránsito, Demoras y Niveles de Servicio	120

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Esquema de Metodología de Trabajo	53
Gráfico N° 02: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 01	62
Gráfico N° 03: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 02	63
Gráfico N° 04: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 03.....	63
Gráfico N° 05: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 04.....	64
Gráfico N° 06: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 05.....	64
Gráfico N° 07: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 06.....	65
Gráfico N° 08: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 07.....	65
Gráfico N° 09: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 08.....	66
Gráfico N° 10: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 09.....	66
Gráfico N° 11: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 10.....	67
Gráfico N° 12: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 11.....	67
Gráfico N° 13: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 12.....	68
Gráfico N° 14: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 13.....	68
Gráfico N° 15: Curva de Crecimiento Lineal	94
Gráfico N° 16: Curva de Crecimiento Logarítmica	94
Gráfico N° 17: Curva de Curva de Crecimiento Potencial	94
Gráfico N° 18: Curva de Crecimiento Polinómica	95
Gráfico N° 19: Tipos de Vehículos.....	119
Gráfico N° 20: Resultados de Simulación del Tránsito y Demoras en Intersecciones.....	121

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Población del distrito de Huánuco	4
Figura N° 02: Congestión Vehicular en intersecciones críticas, Huánuco 2018.	6
Figura N° 03: Trayectorias de vehículos y puntos de conflicto	14
Figura N° 04: Jerarquía de movimientos en la Red Vial Urbana.....	14
Figura N° 05: Tipos de Movimiento en una Intersección.....	29
Figura N° 06: Diagrama de Flujo para el Cálculo de Intersecciones.....	34
Figura N° 07: Funcionamiento de una intersección semaforizada	36
Figura N° 08: Niveles de servicio en intersección Semaforizadas	40
Figura N° 09: Conteo Vehicular utilizando la aplicación móvil para Android “MideTrans”.....	49
Figura N° 10: Zona de Estudio y las 13 las Intersecciones de Análisis.....	52
Figura N° 11: Ancho de Vía Efectivo de la Intersección N° 10	56
Figura N° 12: Zonificación del Área de Estudio.....	58
Figura N° 13: Fases de semáforo existente de la Intersección N° 01	59
Figura N° 14: Semáforo Vehicular en la ciudad de Huánuco, intersección N° 05...	59
Figura N° 15: Aforo Vehicular utilizando la aplicación móvil para Android “MideTrans”.....	61
Figura N° 16: Flujograma de Intersección del Jr. Ayacucho y Jr. San Martín	71
Figura N° 17: Flujograma de Intersección del Jr. Ayacucho y Jr. Huallayco.....	72
Figura N° 18: Flujograma de Intersección del Jr. Ayacucho y Abtao	73
Figura N° 19: Flujograma de Intersección del Jr. Ayacucho y Jr. Dos de Mayo	74
Figura N° 20: Flujograma de Intersección del Jr. Ayacucho y Jr. 28 de Julio	75
Figura N° 21: Flujograma de Intersección del Jr. Huánuco y Jr. San Martín	76
Figura N° 22: Flujograma de Intersección del Jr. Huánuco y Jr. Huallayco	77
Figura N° 23: Flujograma de Intersección del Jr. Huánuco y Jr. Abtao	78
Figura N° 24: Flujograma de Intersección del Jr. Huánuco y Jr. Dos de Mayo	79
Figura N° 25: Flujograma de Intersección del Jr. Huánuco y Jr. 28 de Julio	80
Figura N° 26: Flujograma de Intersección del Jr. Gral. Prado y Jr. San Martín	81
Figura N° 27: Flujograma de Intersección del Jr. Gral. Prado y Jr. Huallayco	82
Figura N° 28: Flujograma de Intersección del Jr. Gral. Prado y Jr. Abtao	83
Figura N° 29: Selección de Imagen a escala del área de estudio	103
Figura N° 30: Dibujo en el software de los jirones e intersecciones del área de estudio.	104
Figura N° 31: Ingreso en el software de los ajustes de los carriles.....	104
Figura N° 32: Ingreso en el software de los ajustes de los volúmenes	105
Figura N° 33: Ingreso en el software de los ajustes de tiempo de semáforos.....	106

Figura N° 34: Modelado del sistema en el software en estado actual.....	107
Figura N° 35: Niveles de Servicio de las Intersecciones en Estado Actual	108
Figura N° 36: Ingreso de los volúmenes proyectados al software Synchro 8.....	109
Figura N° 37: Modelación del flujo vehicular en las Intersecciones en Estado Actual con Proyección	110
Figura N° 38: Niveles de Servicio de las Intersecciones en Estado Actual con Proyección.....	110
Figura N° 39: Optimización de Ciclo Semafórico de la Intersección del Jr. Ayacucho y Huallayco	111
Figura N° 40: Velocidad de un automóvil y distancia entre semáforos.....	112
Figura N° 41: Sincronización y Optimización de todos los ciclo semafóricos del sistema.....	113
Figura N° 42: Tiempos de Verde Efectivo y Longitudes se Ciclo del Sistema en Sincronización.....	113
Figura N° 43: Restricción de estacionamientos de todo tipo de vehiculos	115
Figura N° 44: Simulación en 3D de las Intersecciones Con Propuesta sin Proyección.....	116
Figura N° 45: Niveles de Servicio de las Intersecciones Con Propuesta sin Proyección.....	117
Figura N° 46: Niveles de Servicio de las Intersecciones Con Propuesta y con Proyección.....	118

INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular en las calles del centro de la ciudad de Huánuco es un problema que viene empeorando significativamente con el paso de los años, según el Instituto de Estadística e Informática (INEI-2015), el distrito de Huánuco cuenta con 86,995 habitantes.

Al aumento de la población se suma la falta de un Plan de Desarrollo Urbano (PDU) y el crecimiento del parque automotor, sobre todo de vehículos menores, como son los trimóviles y motos lineales; los cuales, constituyen el 65.28% del flujo vehicular registrándose el año 2017 en la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (SUNARP) un total de 2608 trimóviles.

Ante esta problemática la presente investigación tiene como:

Objetivo: Plantear una propuesta que permita mitigar la congestión vehicular y mejorar el nivel de servicio en las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco.

Hipótesis: La propuesta de mitigación de congestión vehicular optimiza el nivel de servicio en las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco.

Metodología: Realizar un levantamiento en campo de las características geométricas y de flujo vehicular en 13 interacciones críticas de la ciudad de Huánuco, analizar y formular una propuesta de mejora que permita mitigar la congestión vehicular en función al flujo vehicular real, la implementación, optimización y sincronización de los ciclos semafóricos y la eliminación de estacionamientos de todo tipo de vehículos en determinados jirones. Finalmente, realizar la simulación de todo el sistema, con la propuesta de mejora, haciendo uso del Software Synchro Traffic 8.

Tipo de Investigación: Es una investigación cuantitativa, ya que en la toma de información y en la propuesta de congestión vehicular se trabaja con variables cuantitativas.

Nivel de Investigación: Es una investigación relacional, porque busca determinar la influencia de la propuesta de mitigación de congestión vehicular en el nivel de servicio de las intersecciones de la ciudad de Huánuco.

La presente investigación se justifica en la necesidad de solucionar los problemas de congestión vehicular en las intersecciones críticas de la ciudad de Huánuco; de esta manera, se pretende mejorar el transporte en la zona, disminuir los accidentes, la contaminación ambiental, la molestia, la frustración, y el tiempo perdido por parte de los conductores y pasajeros.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 Antecedentes

Antecedentes Internacionales

En su investigación que lleva por título “Análisis de capacidad y nivel de servicio del corredor vial Cali” (**Ocoró, 2014**), identifica las condiciones bajo las cuales opera el corredor vial Cali-Jamundí en su condición actual y ante escenarios futuros definidos con la participación de los proyectos urbanísticos y viales previstos hacia el sur de Santiago de Cali.

Luego del análisis y, a través del cálculo de la capacidad y el nivel de servicio, concluye que es necesario reprogramar los planes de semaforización a través del diseño de varios planes aplicables en las distintas situaciones de tráfico; es decir, que los tiempos de verde se flexibilicen de acuerdo con los volúmenes de tráfico que se presenten en los distintos horarios del día. Decisión que requerirá la modernización de los equipos de control. También es necesario reforzar la demarcación y la señalización así como las medidas de control y de regulación.

(**Velasco, 2016**), en su investigación “Estudio de movilidad en el sector de terminal terrestre en la ciudad de Riobamba – Ecuador”, analiza los problemas de congestión vehicular que presentan las intersecciones próximas al terminal terrestre de la ciudad de Riobamba – Ecuador. Para la recolección de información del tránsito peatonal realizó encuestas y fichas de datos; para la recolección de flujo vehicular, el conteo de volumen de vehículos que transitan durante una hora crítica, tomando en cuenta los giros que realizan y el sentido en el que circulan.

Posteriormente, realiza la simulación del sistema a través del software Synchro Traffic 8.0, teniendo en consideración el diseño geométrico de las vías y los datos obtenidos en campo.

Finalmente, plantea una propuesta vial favorable para superar la congestión vehicular en el sector, analizando los puntos de congestión, volumen vehicular, la capacidad y nivel de servicio y uso del suelo.

Antecedentes Nacionales

(**Otero, 2015**), en su investigación titulada “Alternativa de solución vial a la intersección de las Av. A. Cáceres y Av. Ramón Mugica, Piura”, analiza la congestión y el caos vehicular que presenta la intersección. Ante esto, propone diferentes alternativas de solución, las cuales fueron analizadas a través de un software de modelación según sus ventajas y desventajas. Asimismo, se consideró el costo de la obra, el impacto a corto y largo plazo, la facilidad de construcción y la geometría de la zona.

Finalmente, elige la mejor alternativa y procede a realizar el diseño geométrico, teniendo en cuenta las normas y manuales de diseño nacional e internacional, adaptando estas últimas, a nuestra realidad local.

(**Arias & Valdiviezo, 2014**), en su investigación “Estudio de Impacto Vial para Escuelas en Zonas Urbanas de Lima Metropolitana”, analizan el impacto que tiene la inserción de una escuela en una zona urbana de Lima Metropolitana, el efecto que genera en las intersecciones aledañas al proyecto, incluyendo su clasificación funcional, características geométricas, dispositivos de control de tráfico existentes, volúmenes de tráfico actual, entre otros.

Finalmente, se hace un análisis de la situación actual y futura del proyecto mediante la teoría aplicada y el software Synchro 8.0.

(Soto, 2017), en su investigación “Análisis y Planificación Vial del tránsito Vehicular en el Cercado de la Ciudad de Juliaca”, analiza los factores y variables que caracterizan el tránsito vehicular en el cercado de la ciudad de Juliaca (categorización vial, volúmenes, velocidades, capacidad, nivel de servicio, oferta, demanda y transporte público), lo cuales presentan pésimos niveles de operación siendo una de las principales causas la proliferación de vehículos menores tales como: mototaxis, tricilos y motos lineales.

Finalmente, propone un sistema planificación vial para mejorar las condiciones actuales de flujo vehicular mediante intersecciones, algoritmos, costos, semaforización y acciones encaminadas a la solución de la problemática de tránsito vehicular; todo ello, aplicando los métodos descritos en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010), el software Synchro 8.0 y otros.

(Angaspico, 2014), en su investigación “Nivel de Serviabilidad en las Avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca” analiza el nivel de serviabilidad considerando como problema actual en la ciudad el crecimiento del parque automotor que conlleva al congestionamiento vehicular y al bajo nivel de servicio en que operan las vías de la zona urbana. Una vez realizado el aforo vehicular y su análisis respectivo, concluye, que los vehículos predominantes dentro de las vías en estudio son los mototaxis. En la Av. de los Héroes tienen una influencia de 47.4% y 51.9% en ambos sentidos, en la Av. Independencia un 63.9%, en la Av. Atahualpa un 38.4% y 35.9% en ambos sentidos.

Finalmente, debido a las bajas velocidades de recorrido que ostentan los vehículos en su trayectoria, el nivel de servicio que presentan las vías es “D”, “E” y “F”.

Antecedentes Locales

(Soto A. , 2016), en su investigación “Intervención Vial del Puente Esteban Pavletich y sus Accesos, para Mejorar la Transitabilidad en la Ciudad de Huánuco – 2016”, analiza los problemas de congestión vehicular que sufren los accesos al puente Esteban Pavletich. Para ello, dividió los puntos de análisis en 2 intersecciones semaforizadas y, haciendo uso de la metodología descrita en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM - 2000), determina la influencia de los flujos, capacidad, nivel de servicio y señalización en el Puente Esteban Pavletich y sus accesos.

Finalmente, plantea una solución con 02 Rotondas a nivel, un paso a desnivel superior y 01 tramo con 04 carriles de salida e ingreso (Pte. Esteban P.); lo cual, mejora el nivel de servicio y se tienen flujos vehiculares más dinámicos con menos demoras.

1.1.2 Fundamentación del Problema

Cada vez es más evidente el problema de la congestión del tráfico vehicular en la ciudad de Huánuco, siendo una ciudad en constante crecimiento poblacional, cuenta con 86,995 habitantes (INEI- 2015).



INEI INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

Población 2000 al 2015

Departamento: HUANUCO
 Provincia: HUANUCO
 Distrito: HUANUCO
 Filtrar: Desde 2000 Hasta 2015

[Exportar](#)

HUANUCO	Año	Población
	2000	77,501
	2001	77,979
	2002	78,351
	2003	78,635
	2004	78,845
	2005	79,000
	2006	79,095
	2007	79,117
	2008	79,046
	2009	78,900
	2010	82,390
	2011	83,374
	2012	84,341
	2013	85,319
	2014	86,167
	2015	86,995

Figura N° 01: Población del distrito de Huánuco

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática 2015

Al aumento de la población se suma el crecimiento del parque automotor, sobre todo de vehículos menores como son los trimóviles y motos lineales, los cuales constituyen el 65.28% del flujo vehicular, registrándose el año 2017 en la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (SUNARP) un total de 2608 trimóviles. Asimismo, al no tener un Plan de Desarrollo Urbano que cuente con un terminal terrestre y los corredores viales necesarios (vías colectoras, malecones, vías de evitamiento e intercambios viales, etc.), se viene generando congestión vehicular en los diferentes puntos de la ciudad.

Cuadro N° 01: Placas Vehiculares en el período 2010 – 2017

VEHICULO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Moto Lineal	22548	35.27%
Trimovil	21032	32.89%
Autos Particulares	10032	15.69%
Taxis - Colectivos	5258	8.22%
Servicio Interurbano	375	0.59%
Servicio Interprovincial	358	0.56%
Transporte no motorizado	62	0.10%
Transporte de mercancías	4273	6.68%
	63938	100.00%

Fuente: Asociación Automotriz del Perú (AAP) y Cámara de Comercio e Industrias Huánuco.

Cuadro N° 02: Registro de Trimóviles 2011 – 2017

CIUDAD	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
HUÁNUCO	2235	2559	1455	1812	1670	2168	2608

Fuente: Superintendencia Nacional de Registros Públicos (SUNARP).

La congestión vehicular en las calles del centro de la ciudad de Huánuco, es generada también, por la falta de semáforos vehiculares y peatonales, falta de señales de tránsito y, el incumplimiento a las ordenanzas y resoluciones municipales, lo cual ocasiona, la proliferación de vendedores ambulantes y paraderos de vehículos de transporte público en lugares inapropiados.

Actualmente, las calles del centro de la ciudad están rodeados de zonas comerciales, recibiendo flujos vehiculares provenientes de los distritos de Pillco Marca y Amarilis,

siendo calles con un ancho de vía limitado, vienen presentando problemas de congestión vehicular, sobre todo en horas punta. Esto ocasiona en los conductores y pasajeros: incomodidad, molestia, consumo de combustible y tiempo de viaje perdido; que se traduce, en un bajo nivel de servicio.

Por último, el problema de la congestión vehicular se viene presentando en diversos puntos de la ciudad, siendo los más críticos y significativos, las intersecciones del jirón Huánuco con los jirones San Martín, Huallayco, Abtao, Dos de Mayo y 28 de Julio; intersecciones del jr. Gral. Prado con los jirones San Martín, Huallayco y Abtao; finalmente las intersecciones del Jr. Ayacucho con los jirones San Martín, Huallayco, Abtao, Dos de Mayo y 28 de Julio.



Figura N° 02: Congestión Vehicular en intersecciones críticas, Huánuco 2018.

Fuente: Elaboración Propia.

1.1.3 Formulación del Problema

1.1.3.1 Problema General

- ¿Cómo influye la propuesta de mitigación de congestión vehicular en el nivel de servicio de las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco?

1.1.3.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es el nivel de servicio que presentan las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco, en la actualidad?
- ¿Cuál será el nivel de servicio que presentarán las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco en 10 años, si es que no se realiza ninguna intervención?
- ¿Cuál será el nivel de servicio que presentarán las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco, con la intervención de la propuesta de mitigación de congestión vehicular?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo del General

- Determinar la influencia de la propuesta de mitigación de congestión vehicular en el nivel de servicio de las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar y evaluar el nivel de servicio que presentan las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco, en la actualidad.
- Determinar y evaluar el nivel de servicio que presentarán las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco en 10 años, si es que no se realiza ninguna intervención.
- Determinar y evaluar el nivel de servicio que presentarán las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco, con la intervención de la propuesta de mitigación de congestión vehicular.

1.3 Justificación e Importancia

La presente investigación se justifica en la necesidad de solucionar los problemas de congestión vehicular en las intersecciones críticas de la ciudad de Huánuco; de esta manera, se pretende mejorar el transporte en la zona, disminuir los accidentes, la contaminación ambiental, la molestia, la frustración, y el tiempo perdido por parte de los conductores y pasajeros.

La importancia de mitigar la congestión vehicular, radica, en que el problema empeora significativamente con el paso de los años; razón por la cual, se pretende alertar a las autoridades distritales, provinciales y regionales; al mismo tiempo, se propone soluciones en función a la implementación, optimización y sincronización de los ciclos semafóricos y la eliminación de estacionamientos de todo tipo de vehículos en determinados jirones. Todo el sistema será simulado utilizando el software Synchro Traffic 8 y, la metodología descrita en el Manual de Capacidad de Carreteras (The Highway Capacity Manual HCM - 2010).

1.4 Limitaciones y Alcances

- La recolección de datos será de forma manual, se realizarán aforos vehiculares en las trece intersecciones de análisis durante una semana de 7:00am a 8:00pm.
- El Perú no cuenta con un manual aprobado para el análisis del tránsito en intersecciones.
- El software Synchro Traffic 8 ha sido concebido en EE. UU donde el vehículo preponderante no son los trimóviles, razón por la cual, se incorporará al análisis a través de la conversión a Autos Directamente Equivalentes (ADE). Esto será considerado como una limitación para la presente investigación.

- La metodología aplicada y los resultados obtenidos, podrán servir para solucionar problemas de congestión vehicular en otros puntos de la ciudad, permitiendo así, su uso en futuras investigaciones.
- El alcance de la presente investigación, es la de analizar el flujo vehicular y proponer una solución a la congestión vehicular, de esta manera, mejorar el nivel de servicio en las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco.

1.5 Hipótesis, variables, indicadores y definiciones operacionales

1.5.1 Hipótesis

1.5.1.1 Hipótesis General

La propuesta de mitigación de congestión vehicular mejora el nivel de servicio en las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco.

1.5.1.2 Hipótesis Especificas

- En la actualidad, las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco presentan un nivel de servicio “D y E”.
- Si es que no se realiza ninguna intervención en 10 años, las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco presentarán un nivel de servicio “E” y “F”.
- Con la intervención de la propuesta de mitigación de congestión vehicular las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco presentarán un nivel de servicio “B y C”.

1.5.2 Sistema de Variables – Dimensiones e Indicadores

1.5.2.1 Variable Independiente

- Propuesta de Mitigación de Congestión Vehicular

1.5.2.2 Variable Dependiente

- Nivel de Servicio

1.5.2.3 Operacionalidad de Variables

Cuadro N° 03: Operacionalidad de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INTRUMENTO
INDEPENDIENTE:			
Propuesta de Mitigación de Congestión Vehicular	- Análisis de Flujos Vehiculares Semafóricos	- Indica las trayectorias que describen os vehículos y los puntos de conflictos que generan en una intersección.	- Aforos Vehiculares
	- Optimización y Sincronización de Ciclos	- Indica la coordinación de cada uno de los semáforos, los ciclos y las fases.	- Manual de Capacidad de Carreteras (HCM-2010)
	- Simulación del Tránsito Vehicular	- Indica el análisis del tránsito vehicular en una determinada vía a través de un software.	- Software Synchro Traffic 8
DEPENDIENTE:			
Nivel de Servicio	Serviciabilidad en una intersección Semaforizada	- Indica las condiciones de operación de un flujo vehicular, y su percepción por los conductores y pasajeros. Se basa en la demora media de parada por vehículo para varios movimientos dentro de una intersección.	- Manual de diseño geométrico de vías urbanas.

Fuente: Elaboración Propia

1.5.2.4 Matriz de Consistencia

Cuadro N° 04: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
GENERAL:	GENERAL:	GENERAL:	INDEPENDIENTE:	
¿Cómo influye la propuesta de mitigación de congestión vehicular en el nivel de servicio de las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco?	Determinar la influencia de la propuesta de mitigación de congestión vehicular en el nivel de servicio de las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco.	La propuesta de mitigación de congestión vehicular mejora el nivel de servicio en las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco.	Propuesta de Mitigación de Congestión Vehicular	- Análisis de Flujos Vehiculares - Optimización y Sincronización de Ciclos Semafóricos - Simulación del Tránsito Vehicular
ESPECIFICO:	ESPECIFICO:	ESPECIFICO:	DEPENDIENTE:	
¿Cuál es el nivel de servicio que presentan las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco, en la actualidad? ¿Cuál será el nivel de servicio que presentarán las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco en 10 años, si es que no se realiza ninguna intervención? ¿Cuál será el nivel de servicio que presentarán las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco con la intervención de la propuesta de mitigación de congestión vehicular?	- Determinar y evaluar el nivel de servicio que presentan las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco, en la actualidad. - Determinar y evaluar el nivel de servicio que presentarán las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco en 10 años, si es que no se realiza ninguna intervención. - Determinar y evaluar el nivel de servicio que presentarán las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco con la intervención de la propuesta de mitigación de congestión vehicular.	- En la actualidad, las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco presentan un nivel de servicio “D y E”. - Si es que no se realiza ninguna intervención en 10 años, las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco presentarán un nivel de servicio “E y F”. - Con la intervención de la propuesta de mitigación de congestión vehicular, las intersecciones críticas del centro de la ciudad de Huánuco presentarán un nivel de servicio “B y C”.	Nivel de Servicio	Serviciabilidad en una intersección Semaforizada

Fuente: Elaboración Propia

1.6 Bases Teóricas

1.6.1 Propuesta de Mitigación de Congestión Vehicular

1.6.1.1 Congestión Vehicular

Según el Diccionario de la Lengua Española se define a la congestión como: “Acción y efecto de congestionar”, mientras que congestionar significa obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo que, en este caso, es el tránsito vehicular. **(Real Academia Española, 2014)**

Para **(Thomson & Bull, 2014, págs. 7-8)** en su artículo “La congestión del Tránsito Urbano: Causas y Consecuencias Económicas y Sociales”:

La congestión vehicular se define como la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás. A medida que aumenta el tránsito se reduce la velocidad de circulación.

La causa fundamental de la congestión es la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, y otras condicionantes. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. (p.110)

Según **(Iturra, 2008, pág. 2)**:

En general entendemos la congestión vehicular como un exceso de vehículos en una vía, lo cual trae como consecuencia que cada vehículo avance de forma lenta e irregular en comparación a las condiciones normales de operación.

Técnicamente podríamos decir que la congestión vehicular se da cuando los vehículos de la vía interfieren en el normal desplazamiento de los demás vehículos, esto es cuando se supera un cierto nivel de concentración y los vehículos comienzan a circular a una velocidad menor que la velocidad de flujo libre de la vía. Sin embargo, lo anterior puede no coincidir con lo que entendemos por congestión vehicular, dado que, para niveles ligeramente superiores a la concentración crítica, la demora que introduce un vehículo adicional en la vía a cada uno de los otros automóviles es pequeña y podríamos decir que la vía sigue operando en condiciones normales.

Podemos concluir entonces que cualquier definición de congestión vehicular debe incluir aspectos medibles o calculables y la percepción que los usuarios de la vía tienen.

1.6.1.2 Puntos de Conflicto

Son lugares donde coinciden dos o más trayectorias de vehículos. Por lo tanto, para determinar los puntos de conflicto de una intersección debemos, en primer lugar, conocer las características geométricas de los vehículos que circulan por la intersección, en segundo lugar, representar las áreas ocupadas por los vehículos en los diferentes movimientos posibles; por último, hallar los puntos de conflicto, aunque en realidad se trata de áreas de conflicto.

Según **(Agosta, 2010)**:

Las interacciones posibles entre las trayectorias de vehículos en una intersección, son:

- Divergencia. - Una trayectoria común que se separa en dos o tres para tomar distintas direcciones.

- Convergencia. - Dos o más trayectorias que se unen para formar una común.
- Cruce. - Dos trayectorias que ocupan temporalmente el mismo lugar.

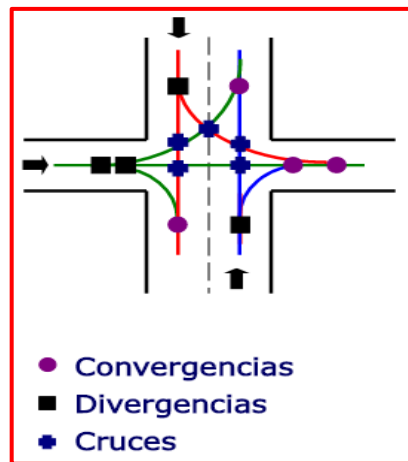


Figura N° 03: Trayectorias de vehículos y puntos de conflicto
Fuente: Diseño Geométrico de Intersecciones. Agosta, D 2010

1.6.1.3 Clasificación del Sistema Vial Urbano

Según el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas de (VCHISA, 2005): “La Red Vial Urbana se clasifica considerando cuatro categorías principales: Vías expresas, arteriales, colectoras y locales.” En la figura N° 03, el cuadro N° 03 y 04, se observa la configuración de las vías dentro de un sistema vial urbano.

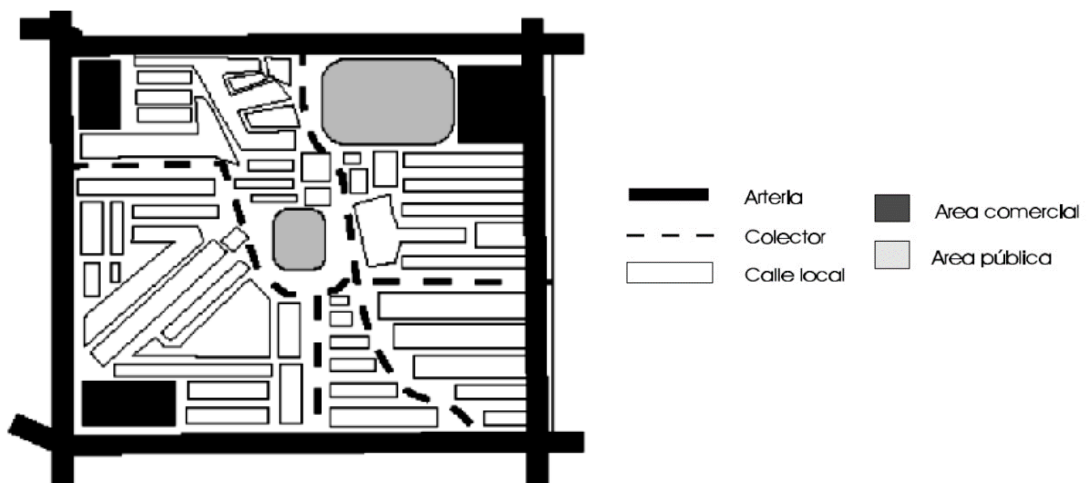


Figura N° 04: Jerarquía de movimientos en la Red Vial Urbana.
Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito 2005.

Cuadro N° 05: Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas, según la velocidad de diseño, características del flujo y control de accesos y relación con otras vías

ATRIBUTOS	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Control de Accesos y Relación con otras vías	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos se conecta con vías Colectoras.	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios Las intersecciones a nivel con otras vías arterial y/o colectoras deben ser semaforizadas y con carriles de volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.

Fuente: Adaptado del Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas 2005

Cuadro N° 06: Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas, según el número de carriles, servicio a propiedades adyacentes, servicio de transporte público, estacionamiento, carga y descarga de mercaderías.

ATRIBUTOS	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " <i>Carriles Exclusivos</i> " o " <i>Carriles Solo Bus</i> " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en " <i>Carriles Exclusivos</i> " o " <i>Carriles Solo Bus</i> " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se registrá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se registrá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se registrá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Fuente: Adaptado del Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas 2005.

1.6.1.4 Clasificación del Sistema Vial Urbano

Según el Reglamento Nacional de Tránsito del (**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 17**):

La velocidad de diseño para vías urbanas es:

Artículo 162.- Límites máximos de velocidad.

a) En zona urbana:

1. En Calles y Jirones: 40 Km/h.
2. En Avenidas: 60 Km/h.
3. Zona escolar: 30 Km/h.

Artículo 165.- Límites mínimos de velocidad.

Zona urbana y carreteras: mitad de la velocidad máxima.

1.6.1.5 Volumen de Transito

Según el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas del (VCHISA, 2005, págs. 33-34,41):

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado.

a) Volúmenes de tránsito absoluto o totales

Según la duración del lapso de tiempo, se tiene:

- **Tránsito semanal (TS)**

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

- **Tránsito diario (TD)**

Es el número total de vehículos que pasan durante un día.

$T = 1$ día.

- **Tránsito horario (TH)**

Es el número total de vehículos que pasan durante una hora.

T = 1 hora.

b) Volumen de tránsito promedio diario

- **Tránsito promedio diario semanal (TPDS)**

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

c) Volúmenes de tránsito horarios

- **Volumen horario de máxima demanda (VHMD)**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo que se pueden presentar durante un día.

- **Volumen horario de propuesta de solución (VHP)**

Es el volumen de tránsito horario de diseño (promedio) que servirá para determinar las características geométricas de la vía y determinar servicios aceptables.

1.6.1.6 Características de volúmenes de tránsito

Los volúmenes siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y de esta manera, prever la actuación de fuerzas dedicadas al control de tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

a) Distribución y composición del volumen de tránsito

En cuanto a la distribución, el flujo de tránsito se da según la vida cotidiana con volúmenes máximos hacia el centro en la mañana y hacia la periferia en

las tardes y noches. La composición vehicular se mide en % de automóviles, buses y camiones.

b) Variación horaria del volumen de tránsito

Es la variación que se presenta en los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día, un ejemplo de variaciones horarias se presenta en las ciudades, los volúmenes de tráfico son bajos en la madrugada, este se incrementa hasta un máximo entre las 07:30 y las 09:30 horas; luego baja para alcanzar otro máximo entre las 13:00 y las 15:00 horas; por último alcanza un tercer máximo entre las 18:00 y las 20:00 horas para luego bajar nuevamente a un mínimo en la madrugada.

c) Variación diaria del volumen de tránsito

En las vías de la ciudad, la variación de los volúmenes de tránsito diario no es muy pronunciada entre semana, esto es, están más o menos distribuidos en los días laborables.

d) Variación mensual del volumen de tránsito

Los meses en que las vías presentan máximos volúmenes de tráfico son por lo general los meses de año escolar, meses de fin de año, mes de alguna festividad regional, etc.

e) Aforos de volumen

Los aforos realizados en un punto o sección de una vía, permiten obtener los movimientos de automóviles respecto al tiempo y espacio.

Según (**Bañon Blázquez & Beviá García, 2000**) en su libro “Manual de Carreteras” dice lo siguiente:

Una vez definidas las magnitudes y los fundamentos teóricos del tráfico, se hace indispensable recabar información acerca de las características de la circulación de vehículos en las carreteras existentes. Para ello se emplean métodos de aforo que serán más o menos precisos dependiendo del grado de exactitud que pretenda obtenerse.

Las características que son objeto de un estudio de aforo son:

- Intensidades de circulación.
- Velocidades y tiempos de recorrido de los vehículos.
- Origen, destino y objeto de los viajes realizados.
- Accidentes de circulación.

Según (**Cal y Mayor & Cardenaz, 2007**) en su libro “Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones” menciona que:

Los aforos manuales se hacen mediante mediciones en las cuales un observador registra la cantidad de vehículos que transitan en una zona mediante conteos manuales o utilizando dispositivos para dicho fin. Los aforos mecánicos por otro lado contabilizan y registran automáticamente los ejes de los vehículos. Por otro lado, se pueden usar técnicas más sofisticadas como son el uso de cámaras, filmaciones o equipos computarizados.

Métodos de Aforo: Para realizar estas mediciones se dispone de diversos métodos, entre los cuales destacan los siguientes:

- **Aforos Manuales:** Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos,

como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo.

- Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.
 - La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.
 - El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.
 - Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.
- **Aforos Automáticos:** Se basan en la utilización de mecanismos automáticos que detectan el paso de vehículos, procediendo a su conteo y posterior almacenamiento
 - **Aforos Móviles:** En determinadas ocasiones puede interesar la determinación de aforos en un tramo determinado, para lo que se recurre al conteo de vehículos desde otro automóvil en movimiento e integrado a la corriente de tráfico.

- **Aforos Fotográficos:** Se basan en el control aéreo de la circulación, aprovechando los medios de los que se dispone para la vigilancia del tráfico.

Tiempo de Aforo: En las vías urbanas con problemas de congestión vehicular interesa más el flujo en las horas punta que el Transito Promedio Diario (TPD).

Según el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de la **(Alcaldía Mayor de Bogota, 2005, pág. 13):**

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, durante el mismo período máximo.

De acuerdo al Manual de Proyectos de Inversión Pública de Vías Urbanas **(Dirección General de Inversión Pública, 2015, pág. 69):**

Los conteos de volumen de tráfico vehicular, requieren como mínimo, una medición temporal de tres días (2 días hábiles y 1 de fin de semana) de una semana cualquiera, durante 12 horas.

Según **(Velasco, 2017, págs. 18-19):**

En el desarrollo de un Estudio de Impacto Vial Urbano, de acuerdo a las recomendaciones del Institute of Transportation Engineers (ITE), se obtienen resultados satisfactorios con tres días de conteos vehiculares,

los cuales pueden ser dos días hábiles y un día de fin de semana. También se puede dar el caso de utilizar tres días laborables, sobre todo cuando se requieren saber los volúmenes máximos de tránsito. Por lo general, se trabaja con días representativos de la semana como martes, miércoles, jueves y sábado. Los días lunes, viernes y domingos suelen a poseer características atípicas.

Para cada medición de aforo, el ITE recomienda que los datos se recolecten en periodos de 8 horas, esto con el fin de determinar la hora de máxima demanda u hora pico. Por otro lado, nos indica que cada periodo de una hora debe ser dividido en cuatro periodos de 15 minutos cada uno. Esto con el fin de obtener las tasas de flujo y los factores de hora pico requeridos para hacer el análisis de capacidad de las vías urbanas y sus intersecciones.

Adicionalmente, se recomienda que los conteos se realicen de manera simultánea en la red vial. De esta manera se busca juntar el balance de volúmenes y detectar posibles errores en la toma de datos. Cuando lo mencionado no sea posible, se puede sectorizar la red vial para realizar los aforos.

1.6.1.7 Clasificación Vehicular

Los vehículos que circulan por las vías urbanas tienen distintos usos en función de su peso, potencia, dimensiones y maniobrabilidad; asimismo, son ellos los que condicionan las características del diseño geométrico y la resistencia del pavimento.

Según el Reglamento Nacional de Vehículos del (**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2003**) y su última modificación con Decreto Supremo N° 019-2018-

MTC, los vehículos del país se clasifican en 4 grandes grupos o categorías detalladas a continuación:

Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

L1: Vehículos de dos ruedas, hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.

L2: Vehículos de tres ruedas, hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.

L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm³ ó velocidad mayor a 50 km/h.

L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ o una velocidad mayor de 50 km/h.

L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto no excedan 01 ton.

Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.

M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.

M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

Los vehículos M2 y M3, a su vez según la disposición de pasajeros se clasifican:

Clase I: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos

Clase II: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

Clase III: Vehículos construidos exclusivo para transporte pasajeros sentados.

Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.

N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.

N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 ton.

N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

Categoría O: Remolques (incluidos semi-remolques).

O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.

O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 ton.

O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 ton.


O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

También se tienen combinaciones especiales.

Asimismo, el Reglamento Nacional de Vehículos nos proporciona los pesos y medidas máximas permitidas de los vehículos del país.

Los vehículos que se distinguen en la zona de estudio son las motos lineales, trimóviles (que brindan servicio de taxi disperso), autos (que prestan servicio de colectivos y movilidad particular) camionetas y, por último, la presencia de combis y coasters que brindan servicio de transporte público. Excepcionalmente circulan camiones de 2 ejes.

Cuadro N° 07: Vehículos que transitan en la zona de estudio

TIPO DE VEHICULO		CATEGORIA	DESCRIPCION
MOTO LINEAL		L1 L3	Vehículo motorizado de dos (2) ruedas grandes o pequeñas, adecuado para urbano y en carretera.
TRIMOVIL		L2 L5	Vehículo de tres (3) ruedas y de variadas configuraciones, cuya parte delantera puede ser similar a la de una moto y la parte posterior está conformada por una extensión del chasis con dos (2) ruedas posteriores; pueden ser abiertos o cerrados, siendo destinados al transporte de pasajeros o de mercancías.
AUTO		M1	Vehículo fabricado con una carrocería cerrada, con el techo fijo, rígido y algo extendido hacia atrás, cuya cubierta de maletera incorpora la lun posterior, de tal manera que el área de pasajeros y el área de carga conforman un solo volumen; para cuatro (4) o más asientos en por lo menos dos filas.
CAMIONETA		N1 N2	Vehículo destinado al transporte de mercancías, con carrocería de metal que sigue la línea y forma de la cabina, sin techo que forma una caja rectangular con compuerta posterior, puede tener una cubierta de protección en la zona de carga.
COMBI		M2	Vehículo de diez (10) hasta diez y seis (16) asientos, incluyendo el asiento del conductor.
CUSTER		M2 M3	Vehículo de diez y siete (17) hasta treinta y tres (33) asientos incluyendo el asiento del conductor y no más de 6000 kg. De peso bruto vehicular.
CAMION 2E		N1 N2 N3 O1 O2 O3	Vehículo destinado al transporte de mercancías con carrocería de madera o metal, sin techo, que forma una caja rectangular. Puede tener o no compuertas laterales y/o posteriores.

Fuente: Elaboración Propia

En la ciudad de Huánuco el vehículo preponderante es el trimovil, razón por la cual, para el análisis del flujo vehicular se realizará la conversión a Autos Directamente Equivalentes (ADE), a través del producto con el factor de Unidad de Conversión Patrón (UCP), de manera similar con los otros tipos de vehículos.

Cuadro N° 08: Unidad de Conversión Patrón (UCP)

TIPO DE VEHÍCULO	UNIDAD DE CONVERSION PATRÓN (UCP)
MOTO LINEAL	0.20
TRIMOVIL	0.32*
AUTO	1.00
CAMIONETA	1.25
COMBI	2.00
COASTER	2.50
CAMION 2E	3.00

Fuente: Consejo de Investigación de Transporte (Transportation Research Board's - TRB), HCM 2010

Fuente*: PAUTAS METODOLÓGICAS PARA INCORPORAR AL TRIMOVIL EN LOS ESTUDIOS DEL TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – CARLOS ENRIQUE CÓRDOVA FACUNDO

1.6.1.8 Tráfico en Vías Urbanas

Según **(Bañon Blázquez & Beviá García, 2000)**:

En las vías que conforman el entramado vial urbano, existe una abundancia de intersecciones a nivel, es por eso que los vehículos se ven obligados a detenerse en determinados instantes. Este tipo de circulación se denomina discontinua y los elementos que la regulan son las señales de prioridad y los semáforos.

A diferencia de los tramos interurbanos, este tipo de vías se caracteriza por una velocidad de circulación más baja y una mayor variabilidad de sus condiciones de tráfico a lo largo del día y de la semana, así como por una mayor concentración de vehículos, sobre todo en determinadas zonas.

Tipos de Movimientos

En una intersección regulada por semáforos la asignación de tiempo de verde no es lo único que influye de manera significativa en su capacidad; también debe

tenerse en cuenta la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases.

Pueden distinguirse 4 tipos de movimientos: de paso, giro permitido, giro protegido y giro si oposición.

- a) **De paso:** El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema.
- a) **Giro Permitido:** El vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo de verde.
- b) **Giro protegido:** En este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos –una flecha verde adicional en el semáforo- o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase.
- c) **Giro sin oposición:** A diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operen con dos fases separadas para cada dirección.

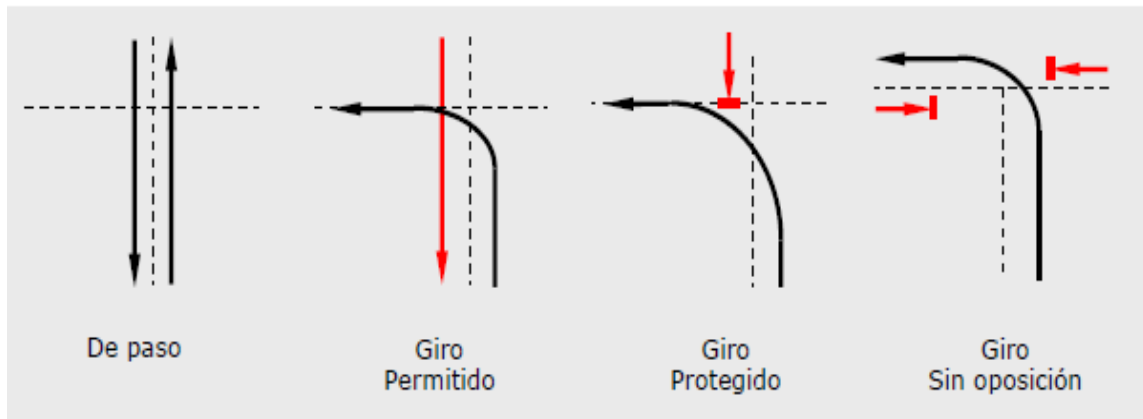


Figura N° 05: Tipos de Movimiento en una Intersección.

Fuente: Capacidad de Carreteras Bañón Vlázquez y Beviá García.

1.6.1.9 Capacidad Vial

Para (Bañón Blázquez & Beviá García, 2000):

Teóricamente la capacidad ($q_{\text{máx}}$) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable.

Para el análisis de la capacidad vial en las 13 intersecciones críticas, se tomará en cuenta la capacidad de las vías urbanas en la ciudad de Huánuco.

1.6.1.10 Factores que Condicionan la Capacidad

Existen diversos factores que condicionan la capacidad de una determinada intersección; algunos de ellos son de tipo geométrico –tales como la anchura de los carriles o la

inclinación de la rasante- y otros de tipo circunstancial, que reflejan el uso que hacen de la intersección tanto vehículos como peatones.

a) Geometría de la calle

El ancho de carril de una vía es el factor más significativo de cara a evaluar la capacidad de una intersección. La anchura del acceso no varía únicamente con la de la calle, sino que depende de otros factores como la disposición de las marcas viales o la presencia de isletas y otros obstáculos.

El número de filas en que se dispone el tráfico no sólo depende de que así se haya señalado, ya que con frecuencia –sobre todo en las horas punta- los vehículos se sitúan formando más filas que las definidas por las marcas viales. Esto no quiere decir que una buena demarcación de carriles no contribuya a aumentar la capacidad de la intersección, por norma general.

Otro factor que ejerce influencia en la capacidad es la inclinación de la rasante, ya que puede favorecer o dificultar el movimiento de los vehículos, especialmente de los pesados.

b) Composición del tráfico

La proporción de vehículos pesados existente en la corriente de tráfico se hace patente en la capacidad individual de cada acceso y de la intersección en conjunto.

Como ya sabemos, el vehículo pesado es más lento y voluminoso, y sus maniobras en el ámbito urbano están más restringidas, debido a su mayor radio de giro.

Por otro lado, los autobuses influyen doblemente ya que, aparte de poder considerarlos como vehículos pesados, su frecuencia de parada en los puntos

destinados a la subida y bajada de viajeros –paradas de autobús- modifica la capacidad del acceso donde existan este tipo de zonas.

c) Estacionamiento

La existencia de vehículos parados, detenidos o estacionados en las proximidades de la intersección es un factor que afecta doblemente a la capacidad de la intersección: disminuye la anchura eficaz del acceso y retarda la circulación de vehículos, en el caso de existir vehículos realizando maniobras de estacionamiento.

Por tanto, la presencia de vehículos estacionados en las inmediaciones de la intersección reducirá notablemente su capacidad de la misma. Por otro lado, si se destina una zona de la vía a este fin, pueden obtenerse mejoras notorias de la capacidad.

d) Maniobras de giro

Ante la presencia de una intersección semaforizada, y dependiendo de la tipología y la regulación de ésta, el conductor del vehículo tiene una serie de posibles trayectorias a seguir, que genéricamente son: continuar en la dirección que lleva, girar a la derecha o girar a la izquierda.

Se ha comprobado experimentalmente que el porcentaje de vehículos que efectúan maniobras de giro afecta negativamente a la capacidad de la intersección. En el caso de los giros a la derecha, la presencia de peatones con prioridad de paso reduce aún más su capacidad.

e) Factor de hora punta

Sin duda, el momento más crítico para la intersección en lo que a capacidad se refiere se produce durante la hora punta, por lo que será necesario tener en cuenta el factor de hora punta (FHP), definido por el Manual de Capacidad

de Carreteras del (**Transportation Research Board, 2010**) como: “El cociente entre la intensidad de la hora punta y cuatro veces la intensidad de los quince minutos más cargados”.

f) Situación de la intersección

Análogamente a la influencia del tamaño de la ciudad en la fluidez del tráfico, también ejerce cierta influencia la localización de la intersección dentro de dicha ciudad.

A efectos de cálculo, se distinguen dos zonas:

- Centro: Zona en la que el uso predominante del suelo es la actividad mercantil y de negocios. Se caracteriza por el gran número de peatones, por la frecuencia con los vehículos cargan y descargan mercancías, por la alta demanda de estacionamiento y por la alta rotación del mismo.
- Zona intermedia: Zona contigua al centro, donde se mezcla la actividad mercantil con suelo residencial de alta densidad.

1.6.1.11 Optimización de las Fases

Se refiere a la optimización de ciclos semafóricos en función al tráfico real que transita a través de una vía.

(Bañon Blázquez & Beviá García, 2000):

Ha ideado una rutina iterativa en la que, por refinamientos sucesivos, llega a obtener un resultado óptimo. Naturalmente, este procedimiento es muy genérico, pudiendo existir detalles particulares de cada intersección que escapan a su planteamiento.

Esta rutina se basa en un reparto inicial de los tiempos de verde en función del ancho de cada acceso, donde la constante de proporcionalidad k se obtiene en función del ciclo semafórico de la intersección (C). Es conveniente señalar que un ciclo excesivamente largo afecta negativamente al nivel de servicio.

Con estos tiempos de verde se determinan los niveles de servicio de cada acceso en función de la demora, debiendo procurar que sean iguales (demoras similares).

Si no lo son, se realiza un reajuste de los tiempos de verde de forma que los accesos más perjudicados tengan una fase mayor.

Los distintos pasos a seguir se detallan en el siguiente diagrama de flujo:

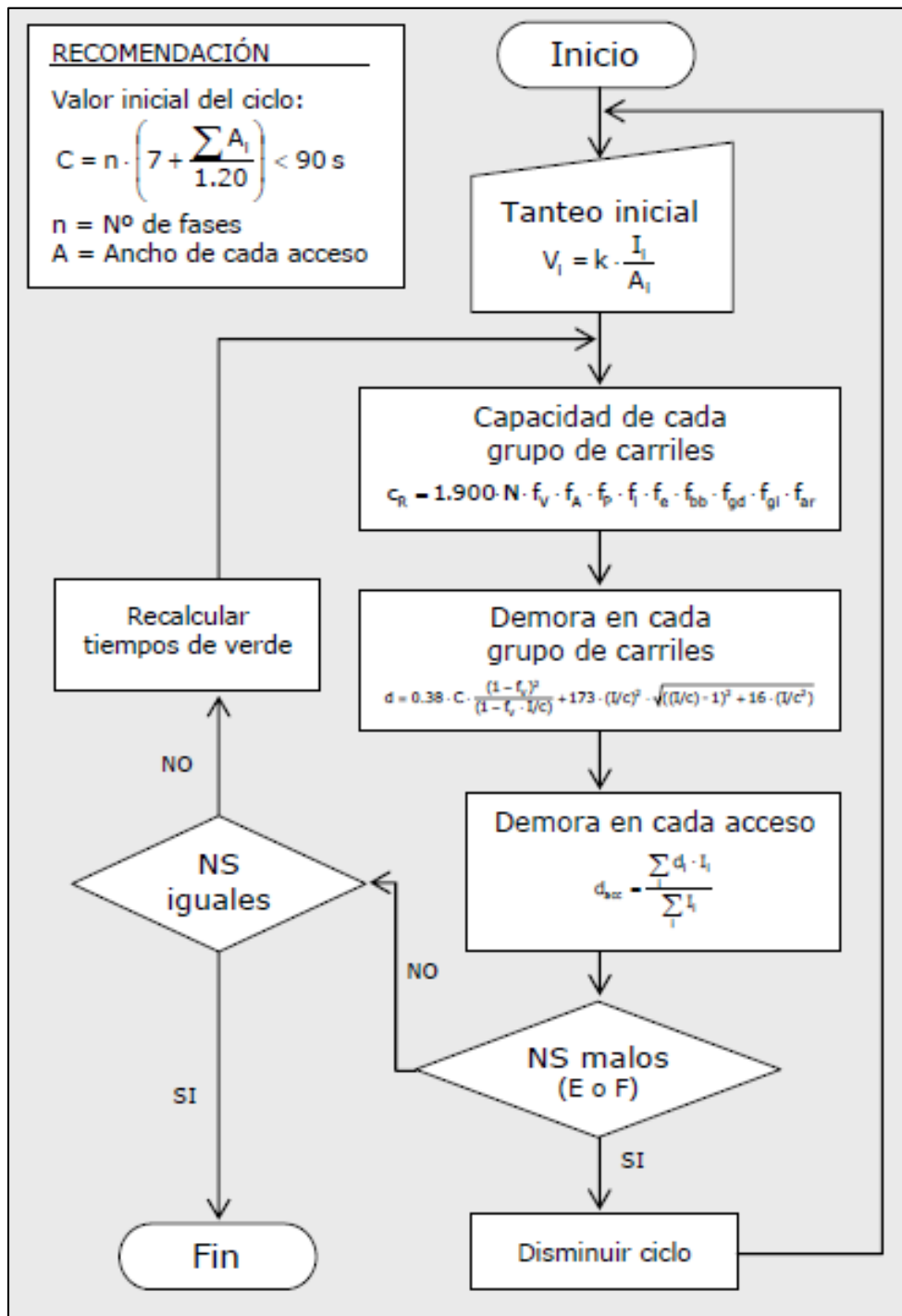


Figura N° 06: Diagrama de Flujo para el Cálculo de Intersecciones

Fuente: Manual de Carreteras, Bañón Vlázquez y Bevia García 2000.

Del Manual de dispositivos de control de tránsito del (**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, págs. 365, 379, 386**) se tiene:

a) Semáforos

Son dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar.

b) Requisitos que justifican su instalación de semáforos

Los semáforos deben instalarse si cumple:

Cuadro N° 09: Volumen mínimo de vehículos para el uso de semáforos

Número de carriles de circulación para ambos accesos		Vehículos por hora en la calle principal (total volumen de la calle secundaria)	Vehículos por hora en el acceso mayor (un solo sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	500	150
2 o mas	1	600	150
2 o mas	2 o mas	600	200

Fuente: Adaptado del Manual de Dispositivos de Tránsito 2015.

c) Intersecciones Semaforizadas

De **(Bañon Blázquez & Beviá García, 2000)**:

En intersecciones semaforizadas recordar dos conceptos: la fase y el ciclo.

- Fase: Tiempo durante el que puede realizarse un determinado movimiento dentro de la intersección (verde).
- Ciclo: Tiempo necesario para que vuelvan a repetirse las mismas condiciones de regulación dentro de la intersección; es el resultado de la suma de las fases.

Suelen tomarse 5 o 6 segundos de despeje y transición. El tiempo total de un ciclo será igual a:

$$C = \sum_{i=1}^n V_i + n \cdot (Y + D) \quad \dots (ec. 01)$$

Siendo:

n: el número total de fases.

V_i : cada una de las fases verdes del ciclo.

Y: el tiempo de ámbar.

D: el tiempo de seguridad o despeje.

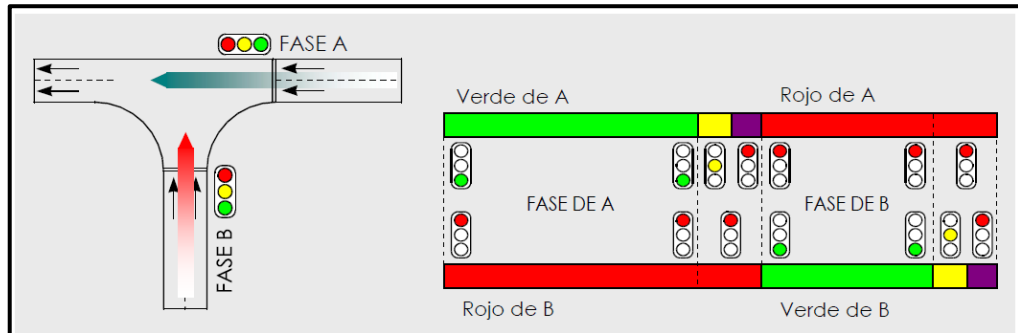


Figura N° 07: Funcionamiento de una intersección semaforzada

Fuente: Manual de Carreteras, Bañón Vlázquez y Bevia García (2000)

Es aconsejable que la duración del ciclo entre los 50 y 100 segundos, no adoptando fases de menos de 10 segundos ni periodos de rojo superiores a 90 segundos. (págs. 206,208)

d) Cálculo de los tiempos del semáforo de tiempo fijo y su reparto en las diferentes fases, en una intersección.

Según (Arandia & Veizaga, 2006, pág. 394) el:

➤ **Intervalo de cambio de fase**

Tiene como función principal alertar al usuario de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección.

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right) \quad \dots (ec. 02)$$

Dónde:

y = Intervalo de cambio de fase, amarillo mas todo rojo (s)

t = Tiempo de percepción-reacción del conductor (usual 1 s.)

v = Velocidad de aproximación de vehículos (85% Vm) (m/s)

a = Tasa de deceleración (Valor usual 3,05 m/s²)

W = Ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo (valor sugerido 6.10 m)

➤ Longitud de Ciclo

Se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} \beta_i} \quad \dots \text{(ec. 03)}$$

Dónde:

C₀ = Tiempo óptimo de ciclo (s)

L = Tiempo total perdido por ciclo (s)

β_i = Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso, movimiento o carril crítico de la fase

ϕ = Número de fases.

1.6.1.12 Señalización

Según el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del (**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 273**): “La señalización surge de la necesidad de mantener informado al conductor del vehículo, acerca de las características de la vía por la que circula y del entorno por el que ésta discurre”.

Del Manual de Señalización de Tránsito del (**Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2012, pág. 11**) de Chile: “Para el Paso Peatonal Regulado por

Semáforo, proporciona una tabla el cual nos indica el ancho mínimo de cruce peatonal en función al flujo peatonal de mayor demanda (promedio)”.

Cuadro N° 10: Ancho Mínimo de Paso Peatonal Semaforizado

Flujo peatonal /hora	Ancho Mínimo (m)
$p/h \leq 500$	2.0
$501 < p/h \leq 750$	2.5
$751 < p/h \leq 1000$	3.0

Fuente: Manual de señalización de tránsito, MTT 2012 de Chile.

1.6.1.13 HCM 2010

El Manual de Capacidad de Carreteras del (**Transportation Research Board, 2010**), HCM por sus siglas en inglés de “Highway Capacity Manual” del divide el tránsito en dos situaciones, a) el flujo ininterrumpido y b) el flujo interrumpido. Para éste análisis, se usará el flujo interrumpido por tratarse del tránsito urbano en la ciudad de Huánuco. La metodología del HCM 2010 considera los accesos de una intersección de manera individual y los grupos de carriles de cada acceso también de forma individual. La segmentación toma en cuenta la geometría de la intersección y la distribución de movimientos; estima las medidas de eficiencia que son generadas en principio para elementos individuales y luego agregadas (ponderadas) para el sistema como un todo.

1.6.1.14 Software Synchro Traffic 8.0

Synchro Traffic es un programa desarrollado por la Universidad Trafficware (TU). El programa realiza un análisis macroscópico determinístico además del análisis de tráfico mediante animaciones. Los modelos de simulación permiten caracterizar calles con intersecciones semaforizadas y señalizadas. La metodología que utiliza el programa es la establecida en el Manual de Capacidad de Carreteras.

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizará la versión 8.0 que incluye el modelamiento del tránsito, la optimización de ciclos semafóricos y el cálculo de niveles de servicio.

1.6.2 Nivel de Servicio

Según el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas del (**VCHISA, 2005**):

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

De acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras del (**Transportation Research Board, 2010**):

Los niveles de Servicio o Level of Service (LOS) miden la seguridad, la comodidad, las facilidades de maniobrar y la selección del tipo de velocidad en una vía. De esta manera, los niveles de servicio son una medida cualitativa que caracteriza diversas situaciones referentes a la facilidad de maniobrar de los usuarios.

1.6.2.1 Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

Según el Manual de Capacidad de Carreteras del (Transportation Research Board, 2010, pág. 316):

El nivel de servicio en intersecciones reguladas por semáforos se define en términos de demora. La demora consiste en una medida de la molestia, la frustración, el consumo de combustible y el tiempo de viaje perdido por el conductor y los pasajeros.







A	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones con muy poca demora (<5 s.) • El avance de vehículos es extremadamente favorable, sin apenas detenerse • La mayoría de los vehículos llegan a la intersección en la fase verde 	
B	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones con ligera demora (5-15 s.) • El avance de vehículos es favorable, produciéndose detenciones esporádicas • Se da en intersecciones con buena progresión y ciclos semafóricos cortos 	
C	<ul style="list-style-type: none"> • La demora es considerable (15 a 25 s.) • La progresión de los vehículos es de mediana calidad y el ciclo es más largo • Detención de un número significativo de vehículos 	
D	<ul style="list-style-type: none"> • La demora es elevada, entre 25 y 40 s. • Notable influencia de la congestión, con progresiones desfavorables y ciclos largos • Muchos vehículos se detienen • Falta de capacidad en ciclos individuales 	
E	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones con gran demora (40-60 s) • Avance lento de los vehículos y largas duraciones del ciclo • Alto grado de congestión • Frecuente falta de capacidad en ciclos individuales 	
F	<ul style="list-style-type: none"> • La demora supera el minuto por vehículo • Nivel inaceptable por los conductores • Sobresaturación: la intensidad de llegada supera la capacidad de la intersección • Progresión deficiente, ciclos prolongados 	

Figura N° 08: Niveles de servicio en intersección Semaforizadas

Fuente: Adaptación del Manual de Carreteras, Bañón Vlázquez y Bevia García 2000

1.6.2.2 Determinación del Nivel de Servicio

Para determinar el nivel de servicio en una intersección (**Bañon Blázquez & Beviá García, 2000**) indica que:

De cara a evaluar el nivel de servicio de una intersección, se manejan dos magnitudes básicas en el tráfico, como son la intensidad y la capacidad:

a) Intensidad: Se define como el número de vehículos que atraviesan la intersección en un período determinado de tiempo. Es frecuente referir dicha intensidad en términos relativos, teniendo así dos indicadores:

Intensidad por hora de verde	Intensidad por metro de ancho y hora de verde	... (ec. 04)
$I_V = \frac{C}{V} \cdot I = \frac{I}{f_V}$	$I_{m,v} = \frac{C}{V \cdot A} \cdot I = \frac{I}{A \cdot f_V}$	

b) Capacidad: Es la máxima intensidad capaz de albergar un acceso. De cara a estudiar la capacidad real (C_R) de una intersección, se hace referencia al concepto de capacidad por hora de verde (C_V):

$$C_R = \frac{V}{C} \cdot C_V = f_V \cdot C_V \quad \dots (ec. 05)$$

Donde f_V es el factor de verde, que es la proporción de verde respecto al ciclo en una determinada fase. La capacidad real de la intersección, se empleará posteriormente para hallar la demora y el nivel de servicio.

La capacidad ideal de una intersección se considera en 1.900 vehículos ligeros por hora de verde y carril (vl/hv/c). Dicha capacidad se verá modificada por una serie de factores ya comentados, y que se plasman en la siguiente expresión:

$$C_R = 1.900 \cdot N \cdot f_V \cdot f_A \cdot f_P \cdot f_i \cdot f_e \cdot f_{bb} \cdot f_{gd} \cdot f_{gi} \cdot f_{ar} \quad \dots (ec. 06)$$

Donde

- N: es el número de carriles del grupo de carriles
- fv: el factor de verde, o la relación de la fase respecto al ciclo
- fa: es el factor de corrección por anchura de carriles
- fp: es el factor de ajuste por vehículos pesados
- fi: es el factor de corrección por inclinación de la rasante
- fe: es el factor de corrección por el efecto del estacionamiento
- fbb: es el factor de ajuste por la influencia de las paradas de autobús
- fgd: es el factor de corrección por efecto de los giros a la derecha
- fgi: es el factor de ajuste por efecto de los giros a la izquierda
- far: es el factor de corrección en función del tipo de zona urbana

La obtención de todos estos factores se realiza de forma más precisa aplicando fórmulas polinómicas, o bien acudiendo a las tablas de las páginas siguientes, que contienen valores interpolados mediante el uso de dichas fórmulas.

Cuadro N° 11: Factores de Corrección en Intersecciones Semaforizadas

ANCHURA (f_A)				PESADOS (f_P)			
$f_A = 1 + \frac{A - 3.60}{9}$ A = Ancho del carril (2.40 ≤ A ≤ 4.80 m)				$f_P = \frac{1}{1 + P_p \cdot (E_c - 1)}$ P _p = % de vehículos pesados (0 ≤ P _p ≤ E _c = 2.0)			
Ancho (m)	f_A	Ancho (m)	f_A	% Pesados	f_P	% Pesados	f_P
2.40	0.867	3.60	1.000	0	1.000	25	0.800
2.70	0.900	3.90	1.033	2	0.980	30	0.769
3.00	0.933	4.20	1.067	4	0.962	35	0.741
3.30	0.967	4.50	1.100	6	0.943	40	0.714
				8	0.926	45	0.690
				10	0.909	50	0.667
				15	0.870	75	0.571
				20	0.833	100	0.500

INCLINACIÓN (f_i)			ESTACIONAMIENTO (f_e)			
$f_i = 1 - \frac{i}{200}$ i = Pendiente en % (-6 ≤ i ≤ +10)			$f_e = 1 - \frac{0.1}{N} - \frac{18 \cdot N_m}{3600 \cdot N} > 0.05$ N _m = N° de estacionamientos por hora (0 ≤ N _m ≤ 180)			
TIPO	PENDIENTE (%)	f_i	N _M	N° de carriles (N)		
				1	2	3
Bajada	-6 ó inferior	1.030	Prohibido	1.000	1.000	1.000
	-4	1.020	0	0.900	0.950	0.967
	-2	1.010	10	0.850	0.925	0.950
A nivel	0	1.000	20	0.800	0.900	0.933
Subida	+2	0.990	30	0.750	0.875	0.917
	+4	0.980	40	0.700	0.850	0.900
	+6	0.970	50	0.650	0.825	0.883
	+8	0.960	60	0.600	0.800	0.867
	+10 ó sup.	0.950	70	0.550	0.775	0.850

ZONA URBANA (f_{ar})		
TIPO DE ÁREA	CENTRO URBANO (CBD)	ZONAS PERIFÉRICAS
FACTOR DE ÁREA (f_{ar})	0.90	1.00

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras HCM-2010

Cuadro N° 12: Factores de Corrección en Intersecciones Semaforizadas

PARADAS DE AUTOBÚS (f_{bb})						
$f_{bb} = 1 - \frac{14.4 \cdot N_b}{3600 \cdot N} \geq 0.05$ $N_b = \text{N}^\circ \text{ de autobuses que paran por hora}$ $(0 \leq N_m \leq 250)$						
Nº DE CARRILES (N)	Nº DE AUTOBUSES QUE PARAN POR HORA (N_b)					
	0	10	20	30	40	50
1	1.000	0.960	0.920	0.880	0.840	0.800
2	1.000	0.980	0.960	0.940	0.920	0.900
3	1.000	0.987	0.973	0.960	0.947	0.933

GIROS A LA DERECHA (f_{gd})						
P_{gd} = Proporción de giros a la derecha $P_{gd,p}$ = Proporción de giros protegidos a la derecha I_p = Intensidad peatonal en conflicto (pt/h)						
CARRIL (EXCL=Exclusivo, COMP=Compartido) FASE (PROT=Protegida, PERM=Permitida, PR+PE=Protegida/Permitida)						
CASO			RANGO DE VARIABLES			FÓRMULA SIMPLIFICADA
Nº	CARRIL	FASE	P_{gd}	$P_{gd,p}$	I_p	
1	EXCL.	PROT.	1.0	1.0	0	0.85
2		PERM.	1.0	0	0-1700	$0.85 - (I_p/2100)$
3		PR+PE	1.0	0-10	0-1700	$0.85 - (I_p/2100) \cdot (1 - P_{gd,p})$
4	COMP.	PROT.	0-1	1.0	0	$1 - 0.15 \cdot P_{gd}$
5		PERM.	0-1	0	0-1700	$1 - P_{gd} \cdot (0.15 + I_p/2100)$
6		PR+PE	0-1	0-10	0-1700	$1 - P_{gd} \cdot \left(0.15 - \frac{I_p \cdot (1 - P_{gd,p})}{2100} \right)$
7	ACCESO DE UN SOLO CARRIL		0-1	-	0-1700	$0.90 - P_{gd} \cdot (0.135 + I_p/2100)$

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras HCM-2010

Cuadro N° 13: Factores de Corrección en Intersecciones Semaforizadas

GIROS A LA IZQUIERDA (f_{gi})			
<small>P_{gi} = Proporción de giros a la izquierda Q_0 = Intensidad en sentido opuesto (veh/h)</small>			
CASO			FÓRMULA SIMPLIFICADA
Nº	CARRIL	FASE	
1		PROT.	0.95
2	EXCL.	PERM.	Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad)
3		PR+PE	Caso 1 a fase protegida Caso 2 a fase permitida
4	COMP.	PROT.	$f_{gi} = 1/(1+0.05 \cdot P_{gi})$
5		PERM.	Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad)
6		PR+PE	$Q_0 < 1.220$
	$Q_0 \geq 1.220$		$f_{gi} = \frac{1}{1 + 4.525 \cdot Q_0}$
7	ACCESO DE UN SOLO CARRIL		No se contempla

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras HCM-2010

1.6.2.3 Determinación de la Demora

En el caso de intersecciones el nivel de servicio se encuentra en función de la demora, es por eso que, (Bañón Blázquez & Beviá García, 2000) indica que:

Una vez divididos cada uno de los accesos que componen la intersección en grupos de carriles y calculada la capacidad de cada uno de estos grupos, puede calcularse la demora media en cada grupo aplicando la siguiente expresión:

$$d = 0.38 \cdot C \cdot \frac{(1 - f_v)^2}{(1 - f_v \cdot I/c)} + 173 \cdot (I/c)^2 \cdot \sqrt{((I/c) - 1)^2 + 16 \cdot (I/c^2)} \quad \dots (ec. 07)$$

Donde

- f_v : es el factor de verde del grupo de carriles
- C : es el ciclo semafórico en segundos
- I : es la intensidad total del grupo de carriles

- c : es la capacidad real del grupo de carriles

Calculadas las demoras en cada grupo de carriles, obtendremos la demora media de cada acceso, mediante una media ponderada de las demoras de cada grupo de carriles en función de la intensidad:

$$d_{\text{acc}} = \frac{\sum_i d_i \cdot I_i}{\sum_i I_i} \quad \dots \text{(ec. 08)}$$

Finalmente se calcula la demora media de la intersección ponderando las obtenidas en cada acceso:

$$d_{\text{Int}} = \frac{\sum_i d_{\text{acc}} \cdot I_{\text{acc}}}{\sum_i I_{\text{acc}}} \quad \dots \text{(ec. 09)}$$

Con los valores obtenidos de la demora pueden obtenerse los niveles de servicio de cada uno de los accesos, así como el nivel de servicio global de la intersección:

Cuadro N° 14: Nivel de Servicio en Vías Urbanas

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA MEDIA (s/veh)
A	$d \leq 5$
B	$5 < d \leq 15$
C	$15 < d \leq 25$
D	$25 < d \leq 40$
E	$40 < d \leq 60$
F	$d < 60$

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras HCM-2010

CAPITULO II

MARCO METODÓLOGICO

2.1 Tipo y Nivel de Investigación

2.1.1 Tipo de Investigación

- **De acuerdo a la orientación es Aplicada,** Porque se va utilizar teorías existentes como la optimización de ciclos semafóricos, señalización y modelación del tránsito vehicular con el software Synchro Traffic 8.0. Todo ello para solucionar la problemática de la congestión vehicular y mejorar el nivel de servicio en las intersecciones de la ciudad de Huánuco.
- **Por su enfoque:** Es una investigación cuantitativa ya que la toma de información y en la propuesta de congestión vehicular se trabaja con variables cuantitativas.

2.1.2 Tipo de Investigación según su carácter exhaustivo y excluyente

- **Según la intervención del investigador:** Es una investigación Experimental, porque la hipótesis se verifica mediante la manipulación “deliberada” de las variables por parte del investigador. La manipulación de la variable independiente, que es la propuesta de mitigación de congestión vehicular, produce modificaciones en el comportamiento de la variable dependiente, que es el nivel de servicio de las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco.

- **Según la planificación de la toma de datos:** Es una investigación Prospectiva, porque se registra la información del flujo vehicular y predecir su efecto en el futuro.
- **Según el número de ocasiones en que mide la variable de estudio:** Es una investigación Transversal, porque los datos son recopilados en un solo momento o en un segmento de tiempo, es decir, en el siguiente trabajo de investigación recoge la información, durante una sola semana a través de aforos vehiculares.
- **Según el número de variables de interés:** Es una investigación Analítica, porque no existen valores intermedios entre 2 valores consecutivos de la variable.

2.1.3 Nivel de la investigación

Es una **investigación relacional**, porque busca determinar la influencia de la propuesta de mitigación de congestión vehicular en el nivel de servicio de las intersecciones de la ciudad de Huánuco.

2.1.4 Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es observacional, porque no se manipulan las variables.

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población

La población está constituida por todos los vehículos motorizados que circulan a través de las calles del centro de la Ciudad de Huánuco.

2.2.2 Muestra

En la presente investigación se ha considerado un muestreo no probabilístico, es decir, se ha tomado una muestra intencional a todos los vehículos que circulan de lunes a

domingo de 7:00 am a 8:00 pm, a través de las 13 intersecciones críticas, del centro de la Ciudad de Huánuco.

2.3 Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos del flujo vehicular se realizaron aforos manuales en las 13 intersecciones de análisis haciendo uso de la aplicación móvil (MideTrans) (Figura N°09), la cual, facilita el conteo y el tipo de movimiento que realiza cada vehículo.

Asimismo, se realizó una capacitación previa al personal a cargo sobre el uso de la aplicación y la importancia de los datos obtenidos.

The image displays two screenshots of the MideTrans mobile application interface. The left screenshot shows the data entry form with the following fields and values:

- Ingrese nombre del medidor:** Sergio Salcedo
- Ingrese nombre de país y ciudad:** Huánuco 16/07/19
- Ingrese punto de control e intersección de calles:** 01 Ayacucho San Martin
- Ingrese el código del periodo a medir:** 24H
- Ingrese hora de inicio y hora de término del periodo (HH:MM, Formato 24 horas):**
 - Hora inicio: 06 : 00
 - Hora término: 21 : 00
- Button:** PRESIONE AL TERMINAR

The right screenshot shows the vehicle selection screen with the following options:

- MOTOS** (Motorcycle icon)
- TRIMOVIL** (Three-wheeled vehicle icon)
- AUTOS** (Car icon)
- CAMIONETAS** (Pickup truck icon)
- COMBI** (Van icon)
- CÚSTER** (Bus icon)
- CAMION 2E** (Truck icon)
- Movement options:** MovSG and MovCG

Figura N° 09: Conteo Vehicular utilizando la aplicación móvil para Android “MideTrans”

Fuente: Elaboración Propia

Períodos de Conteo: El aforo se realizó de lunes a domingo de 7:00am a 8:00pm en las 13 intersecciones de estudio en simultáneo.

Cuadro N° 15: Formato para Aforo Vehicular

INTERSECCIÓN		: N° 09
UBICACIÓN		: JR. HUANUCO Y JR. DOS DE MAYO
DIA Y FECHA		: MARTES 05 DE FEBRERO DEL 2019
RESPONSABLE		: SERGIO SALCEDO CRUZ

TIPO DE VEHICULO	MOTO				TRIMOVIL				AUTOS				CAMIONETA				COMBI				COASTER				CAMION 2E				TOTAL				
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4					
UCP	0.20				0.32				1.00				1.25				2.00				2.50				3.00								
MOVIMIENTO	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	
HORA																																	
07:00-07:15	31	6	6	4	89	9	29	26	65	4	6	3	3	0	3	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	290
07:15-07:30	44	6	10	13	91	15	32	28	69	9	10	9	2	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	346
07:30-07:45	28	10	12	3	88	11	35	15	20	3	9	10	5	1	3	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	259	
07:45-08:00	26	2	1	1	92	15	23	14	68	10	6	2	3	2	3	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	275
08:00-08:15	32	5	5	10	68	9	38	20	62	9	11	2	5	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	282
08:15-08:30	10	2	11	6	50	5	40	35	49	2	16	4	3	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	246
08:30-08:45	28	6	11	8	99	18	36	25	56	6	16	10	2	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	329
08:45-09:00	41	3	7	7	67	12	33	13	27	8	9	2	3	2	3	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	244
09:00-09:15	17	1	9	4	55	20	39	32	49	5	10	3	5	2	2	2	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	261

Fuente: Elaboración Propia

Para la recolección de los datos geométricos se realizó un levantamiento topográfico en las 13 intersecciones de análisis, se obtuvieron datos de las vías que conforman las intersecciones tales como: Ancho de vía, pendientes y señalización existente.

2.4 Procesamiento y presentación de datos

Para el análisis de flujos vehiculares, flujos de saturación, flujogramas y proyección de volumen vehicular se utilizó el software Microsoft Excel.

Para optimizar y sincronizar los ciclos semafóricos y para determinar el nivel de servicio de las intersecciones, se realizó la simulación de todo el sistema con el software Synchro Traffic 8.

La presentación de datos se realiza a través cuadros, gráficos, capturas de pantalla y el modelado dinámico del flujo vehicular en el software Synchro Traffic 8.

2.5 Caso de Investigación

El proyecto de investigación ha sido enfocado en la ciudad de Huánuco, específicamente en 13 intersecciones, las cuales presentan problemas críticos de congestión vehicular. Si bien este problema está asociado a diferentes causas como bien pueden ser sociales, culturales o económicos; esta investigación analiza y propone una solución vial en función a la ingeniería de tránsito, sus fundamentos y sus aplicaciones.

2.5.1 Ubicación Geográfica

La ubicación de la zona de estudio es la siguiente:

Departamento : Huánuco

Provincia : Huánuco

Distrito : Huánuco

Intersecciones : Las 13 intersecciones son las siguientes:

Intersección N° 01: cruce del Jr. Ayacucho y el Jr. San Martín, N° 02: cruce del Jr. Ayacucho y el Jr. Huallayco, N° 03: cruce del Jr. Ayacucho y el Jr. Abtao, N° 04: cruce del Jr. Ayacucho y el Jr. Dos de Mayo, N° 05: cruce del Jr. Ayacucho y el Jr. 28 de Julio, N° 06: cruce del Jr. Huánuco y el Jr. San Martín, N° 07: cruce del Jr. Huánuco y el Jr. Huallayco, N° 08: Cruce del Jr. Huánuco y el Jr. Abtao, N° 09: Cruce del Jr. Huánuco y el Jr. 2 de Mayo, N° 10: cruce del Jr. Huánuco y el Jr. 28 de Julio, N° 11: cruce del Jr. General Prado y el Jr. San Martín, N° 12: cruce del Jr. General Prado y el Jr. Huallayco, N° 13: cruce del Jr. General Prado y el Jr. Abtao.

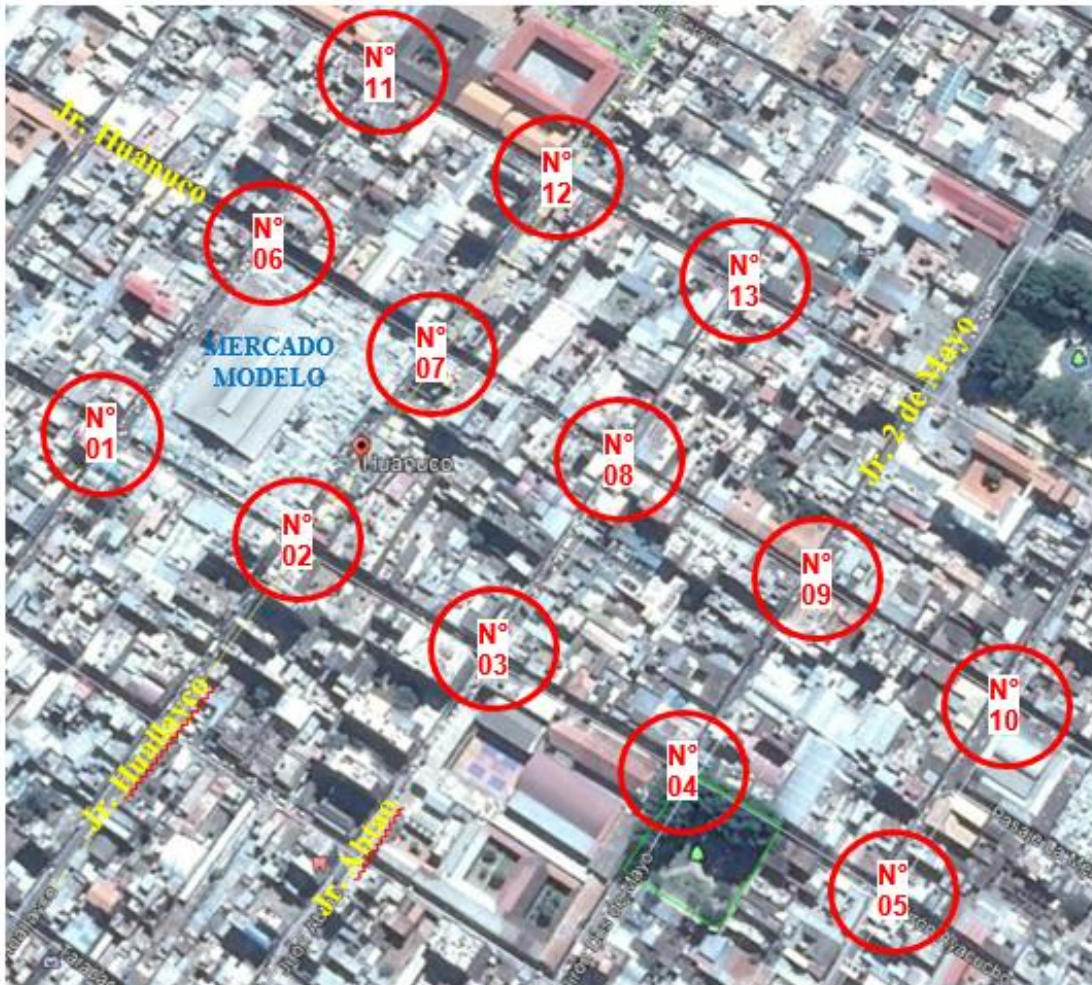


Figura N° 10: Zona de Estudio y las 13 las Intersecciones de Análisis

Fuente: Elaboración Propia.

2.5.2 Metodología de Trabajo

La base de la metodología empleada es la descrita en el Manual de Capacidad de Carreteras del (**Transportation Research Board, 2010**) y la forma de trabajo expuesta en el libro Ingeniería de Tránsito de (**Cal y Mayor & Cardenaz, 2007**).

Para la realización de la presente investigación se cuenta con una metodología de trabajo dividida por etapas a las cuales llamaremos pasos. El esquema de metodología de trabajo describe a continuación:

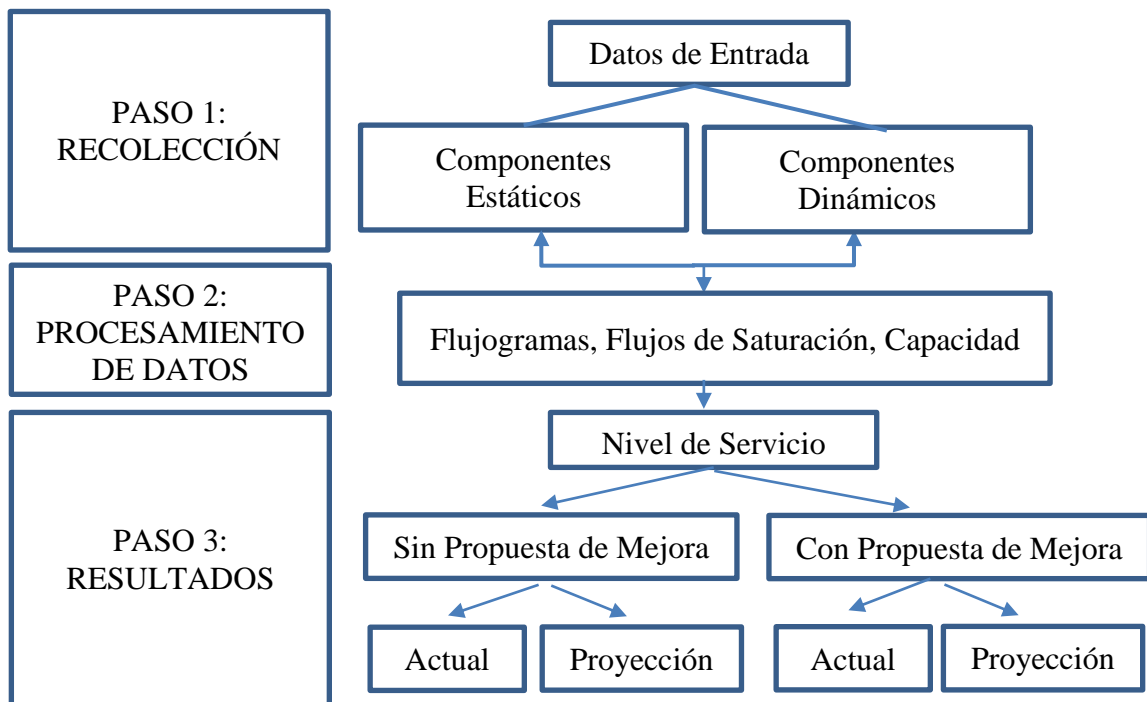


Gráfico N° 01: Esquema de Metodología de Trabajo

Fuente: Elaboración Propia

Paso 1: Datos de entrada, abarcan la evaluación y el reconocimiento del área de estudio, dentro de las actividades tenemos:

- Condiciones geométricas (Ancho de carril, pendiente)
- Aforo de las intersecciones
- Condiciones de tránsito (Paraderos y estacionamientos)
- Condiciones de los semáforos

Paso 2: Después de paso 1 pasamos a un trabajo de gabinete para caracterizar el modelo de congestión. Primero tenemos que determinar los ajustes de los volúmenes la demanda y oferta; con esto determinar la capacidad y el nivel de servicio, dentro de las actividades tenemos:

Ajuste de la Demanda:

- Establecimiento del grupo de carriles
- Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)
- Asignación de Volúmenes a grupo de carriles

Ajuste de la Oferta:

- Flujo de saturación ideal
- Factores de ajuste

También, dentro de este paso se tiene el conjunto de actividades que implican la determinación de la relación volumen capacidad (x) con la finalidad de realizar en análisis de capacidad, las actividades son:

- Cálculo de las capacidades por grupo de carriles
- Cálculo de la relación v/c por grupo de carriles

Paso 3: Luego de los pasos previos llegamos a la determinación del nivel de servicio de cada intersección, dentro de las actividades se tiene:

- Cálculo de demoras por grupos de carriles
- Determinación del nivel de servicio actual
- Simulación del tránsito actual con el Software Synchro Traffic 8

Una vez finalizado el análisis al tránsito actual, se estima el tránsito futuro a 10 años y se realizamos las actividades iniciales del paso 2 hasta determinar el nivel de servicio futuro sin ninguna intervención. Dentro de las actividades tenemos:

- Determinación del nivel de servicio sin propuesta con proyección
- Simulación del tránsito futuro sin propuesta con proyección con el Software Synchro Traffic 8.

Finalmente, se llega a la etapa de análisis de los resultados obtenidos y se formula la propuesta para mitigar la congestión vehicular y mejorar el nivel de servicio de las 13 intersecciones de análisis, dentro de las actividades a realizarse tenemos:

- Optimización de Ciclos semafóricos
- Sincronización de Ciclos semafóricos
- Restricción de estacionamientos
- Determinación del nivel de servicio con propuesta en estado actual y con proyección.
- Simulación de tránsito con propuesta en estado actual y con proyección utilizando el Software Synchro Traffic 8.

2.6 Recolección de Datos

A continuación, se muestra la recopilación de datos realizada en las 13 intersecciones, los datos se obtuvieron a través de aforos vehiculares, levantamiento topográfico y constatación in situ del estado de los semáforos y paraderos existentes. Las intersecciones son las siguientes:

- Intersección N° 01: Comprendida entre el Jr. Ayacucho y el Jr. San Martín.
- Intersección N° 02: Comprendida entre el Jr. Ayacucho y el Jr. Huallayco.
- Intersección N° 03: Comprendida entre el Jr. Ayacucho y el Jr. Abtao.
- Intersección N° 04: Comprendida entre el Jr. Ayacucho y el Jr. 2 de Mayo.
- Intersección N° 05: Comprendida entre el Jr. Ayacucho y el Jr. 28 de Julio.
- Intersección N° 06: Comprendida entre el Jr. Huánuco y el Jr. San Martín.
- Intersección N° 07: Comprendida entre el Jr. Huánuco y el Jr. Huallayco.
- Intersección N° 08: Comprendida entre el Jr. Huánuco y el Jr. Abtao.
- Intersección N° 09: Comprendida entre el Jr. Huánuco y el Jr. 2 de Mayo.

- Intersección N° 10: Comprendida entre el Jr. Huánuco y el Jr. 28 de Julio.
- Intersección N° 11: Comprendida entre el Jr. General Prado y el Jr. San Martín.
- Intersección N° 12: Comprendida entre el Jr. General Prado y el Jr. Huallayco.
- Intersección N° 13: Comprendida entre el Jr. General Prado y el Jr. Abtao.

2.6.1 Componentes Estáticos

2.6.1.1 Características Geométricas

En el caso del ancho de vía se tiene una reducción por la presencia de paraderos, estacionamientos y el comercio ambulante, es así que las características geométricas de las intersecciones se detallan en el cuadro N° 16 y la figura N° 11.



Figura N° 11: Ancho de Vía Efectivo de la Intersección N° 10

Fuente: Elaboración Propia

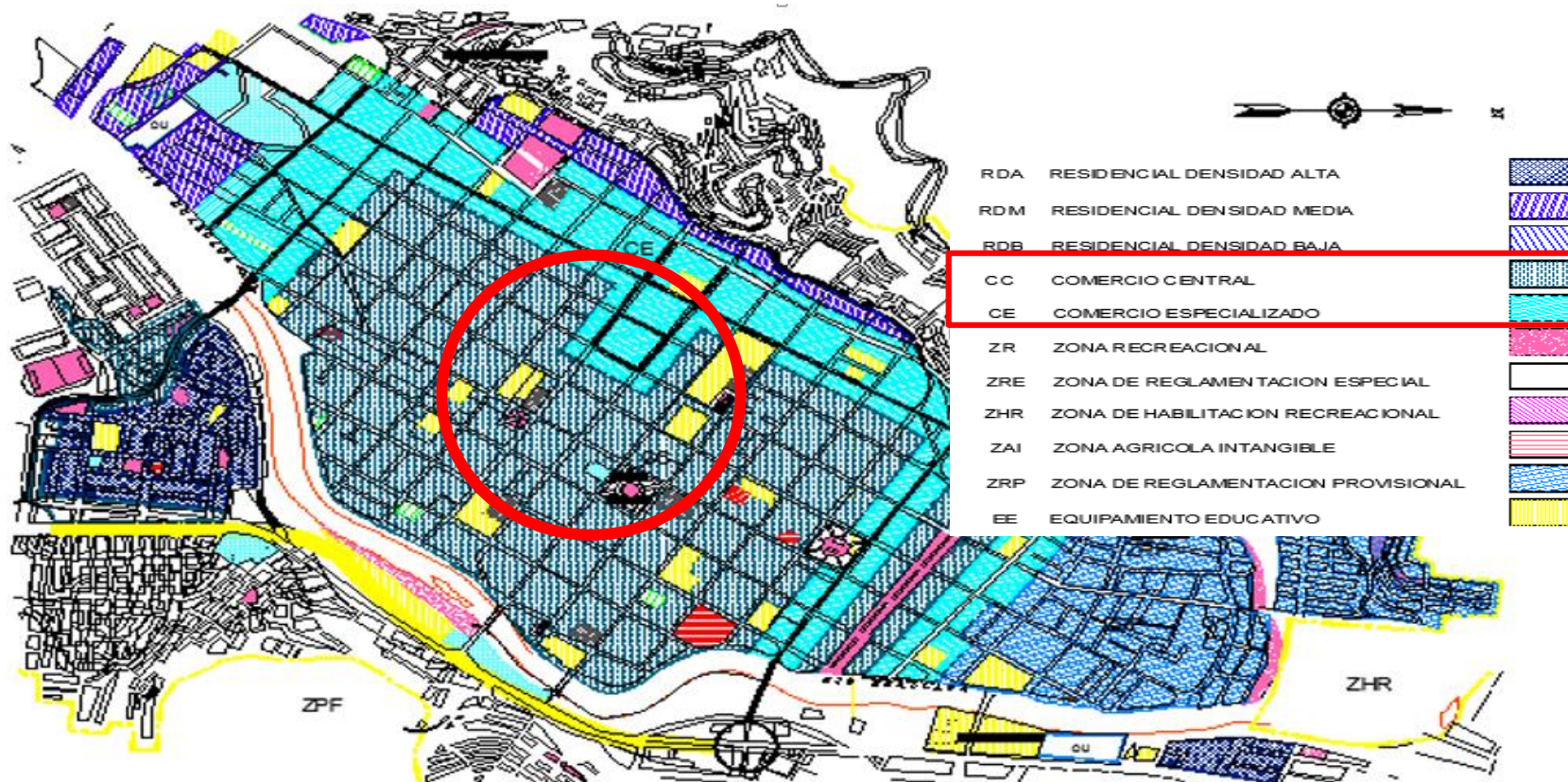
Cuadro N° 16: Características Geométricas de las Intersecciones

Intersección	Jirón	Ancho de Vía (m)	Ancho de Vía efectivo (m)	Número de Carriles	Pendiente
INTERSECCION N° 01	Jr. Ayacucho	6.57	4.17	1	0.5%
	Jr. San Martin	6.54	4.14	1	0.2%
INTERSECCION N° 02	Jr. Ayacucho	5.93	3.53	1	0.2%
	Jr. Huallayo	6.25	6.25	2	0.3%
INTERSECCION N° 03	Jr. Ayacucho	6.40	4.00	1	0.3%
	Jr. Abtao	6.27	6.27	2	0.4%
INTERSECCION N° 04	Jr. Ayacucho	6.05	3.65	1	0.3%
	Jr. Dos de Mayo	5.66	5.66	2	0.4%
INTERSECCION N° 05	Jr. Ayacucho	6.34	3.94	1	0.3%
	Jr. 28 de Julio	5.40	5.40	2	0.5%
INTERSECCION N° 06	Jr. Huánuco	6.48	4.08	1	0.4%
	Jr. San Martin	6.52	4.12	1	0.2%
INTERSECCION N° 07	Jr. Huánuco	5.69	3.29	1	0.3%
	Jr. Huallayo	6.96	6.96	2	0.2%
INTERSECCION N° 08	Jr. Huánuco	5.54	3.14	1	0.3%
	Jr. Abtao	7.01	7.01	2	0.4%
INTERSECCION N° 09	Jr. Huánuco	5.04	2.64	1	0.4%
	Jr. Dos de Mayo	5.90	5.90	2	0.2%
INTERSECCION N° 10	Jr. Huánuco	5.83	3.43	1	0.3%
	Jr. 28 de Julio	5.76	5.76	2	0.4%
INTERSECCION N° 11	Jr. Gral. Prado	6.55	4.15	1	0.3%
	Jr. San Martin	6.44	4.04	1	0.2%
INTERSECCION N° 12	Jr. Gral. Prado	6.12	3.72	1	0.4%
	Jr. Huallayo	6.84	6.84	2	0.3%
INTERSECCION N° 13	Jr. Gral. Prado	5.78	3.38	1	0.3%
	Jr. Abtao	6.48	6.48	2	0.4%

Fuente: Elaboración Propia

2.6.1.2 Zonificación

Figura N° 12: Zonificación del Área de Estudio



Fuente: Municipalidad Provincial de Huánuco

2.6.2 Componentes Dinámicos

2.6.2.1 Situación Actual de los Semáforos en el Área de Estudio

Las intersecciones de análisis en el área de estudio cuentan con semáforos Led de cuenta regresiva fija. Los tiempos de verde, rojo y ámbar de cada fase de los semáforos son los mismos y se puede visualizar en la figura N°13.



Figura N° 13: Fases de semáforo existente de la Intersección N° 01

Fuente: Elaboración Propia

La fase 1 corresponde al sentido suroeste a noreste y viceversa (paralelo al sentido del río Huallaga) y la fase 2 al sentido sureste a noroeste y viceversa (perpendicular al sentido del río Huallaga).



Figura N° 14: Semáforo Vehicular en la ciudad de Huánuco, intersección N° 05

Fuente: Elaboración Propia

No todas las intersecciones cuentan con semáforos, tal como se puede verificar en el cuadro N° 17.

Cuadro N° 17: Semáforos en las intersecciones de Análisis

Intersección	Jirón	Semáforo
INTERSECCION N° 01	Jr. Ayacucho	Sin Semáforo
	Jr. San Martin	
INTERSECCION N° 02	Jr. Ayacucho	Sin Semáforo
	Jr. Huallayo	
INTERSECCION N° 03	Jr. Ayacucho	Con Semáforo
	Jr. Abtao	
INTERSECCION N° 04	Jr. Ayacucho	Sin Semáforo
	Jr. Dos de Mayo	
INTERSECCION N° 05	Jr. Ayacucho	Con Semáforo
	Jr. 28 de Julio	
INTERSECCION N° 06	Jr. Huánuco	Sin Semáforo
	Jr. San Martin	
INTERSECCION N° 07	Jr. Huánuco	Con Semáforo
	Jr. Huallayo	
INTERSECCION N° 08	Jr. Huánuco	Con Semáforo
	Jr. Abtao	
INTERSECCION N° 09	Jr. Huánuco	Con Semáforo
	Jr. Dos de Mayo	
INTERSECCION N° 10	Jr. Huánuco	Sin Semáforo
	Jr. 28 de Julio	
INTERSECCION N° 11	Jr. Gral. Prado	Sin Semáforo
	Jr. San Martin	
INTERSECCION N° 12	Jr. Gral. Prado	Con Semáforo
	Jr. Huallayo	
INTERSECCION N° 13	Jr. Gral. Prado	Con Semáforo
	Jr. Abtao	

Fuente: Elaboración Propia

2.6.2.2 Aforo de Volúmenes en Cada Intersección

Los aforos se realizaron en las 13 intersecciones en simultáneo durante una semana, de 7:00am a 8:00pm; se inició el lunes 04 febrero del 2019 hasta el domingo 10 de febrero del 2019.

Para realizar los aforos en campo se utilizó la aplicación móvil (MideTrans), en gabinete se exportaron y agruparon los datos obtenidos al formato establecido que se muestra en la figura N° 15.

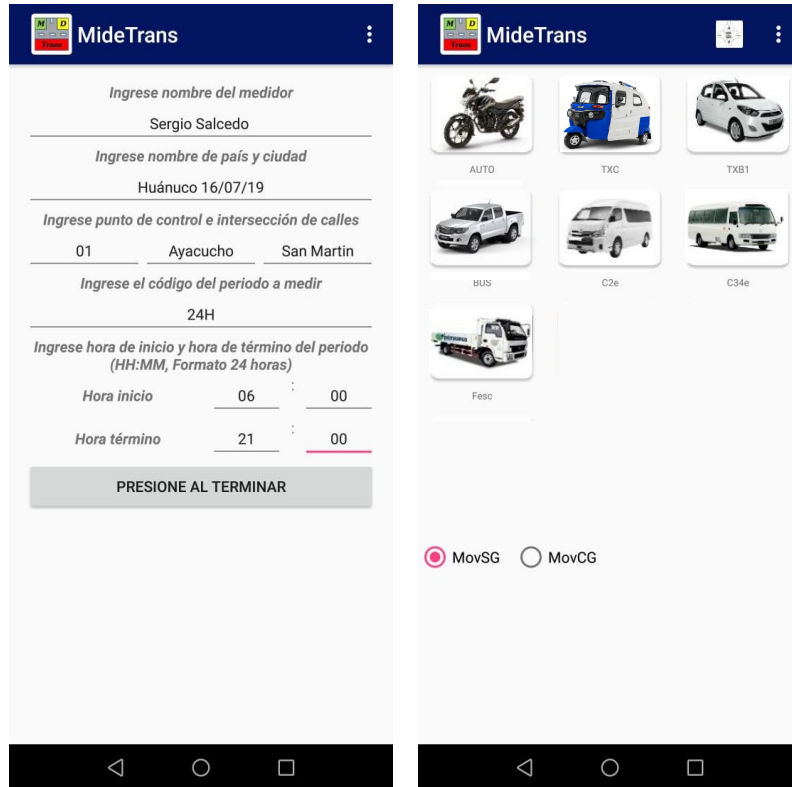


Figura N° 15: Aforo Vehicular utilizando la aplicación móvil para Android “MideTrans”

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 18: Formato de Aforo Vehicular

INTERSECCIÓN		: N° 09															
UBICACIÓN		: JR. HUANUCO Y JR. DOS DE MAYO															
DÍA Y FECHA		: MARTES 05 DE FEBRERO DEL 2019															
RESPONSABLE		: SERGIO SALCEDO CRUZ															

MOTO		TRIMOVIL				AUTOS				CAMIONETA				COMBI				COASTER				CAMION 2E				TOTAL				
UCP		0.20				0.32				1.00				1.25				2.00				2.50					3.00			
MOVIMIENTO	HORA	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	
07:00-07:15		31	6	6	4	89	9	29	26	65	4	6	3	3	0	3	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	290
07:15-07:30		44	6	10	13	91	15	32	28	69	9	10	9	2	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	346
07:30-07:45		28	10	12	3	88	11	35	15	20	3	9	10	5	1	3	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	259
07:45-08:00		26	2	1	1	92	15	23	14	68	10	6	2	3	2	3	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	275
08:00-08:15		32	5	5	10	68	9	38	20	62	9	11	2	5	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	282
08:15-08:30		10	2	11	6	50	5	40	35	49	2	16	4	3	2	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	246
08:30-08:45		28	6	11	8	99	18	36	25	56	6	16	10	2	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	329
08:45-09:00		41	3	7	7	67	12	33	13	27	8	9	2	3	2	3	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	244
09:00-09:15		17	1	9	4	55	20	39	32	49	5	10	3	5	2	2	2	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	261

Fuente: Elaboración Propia

Luego de analizar los resultados obtenidos se determinó que el mayor volumen vehicular se dio el día **martes 05 de febrero del 2019**; asimismo se identificó que la hora pico empieza a las 5:45 pm y termina a las 6:45 pm.

En las siguientes figuras se expone el volumen vehicular mixto en periodos de 15 minutos y la hora pico para cada intersección del área de estudio. Los aforos realizados durante toda la semana se adjuntan en el anexo N° 02.

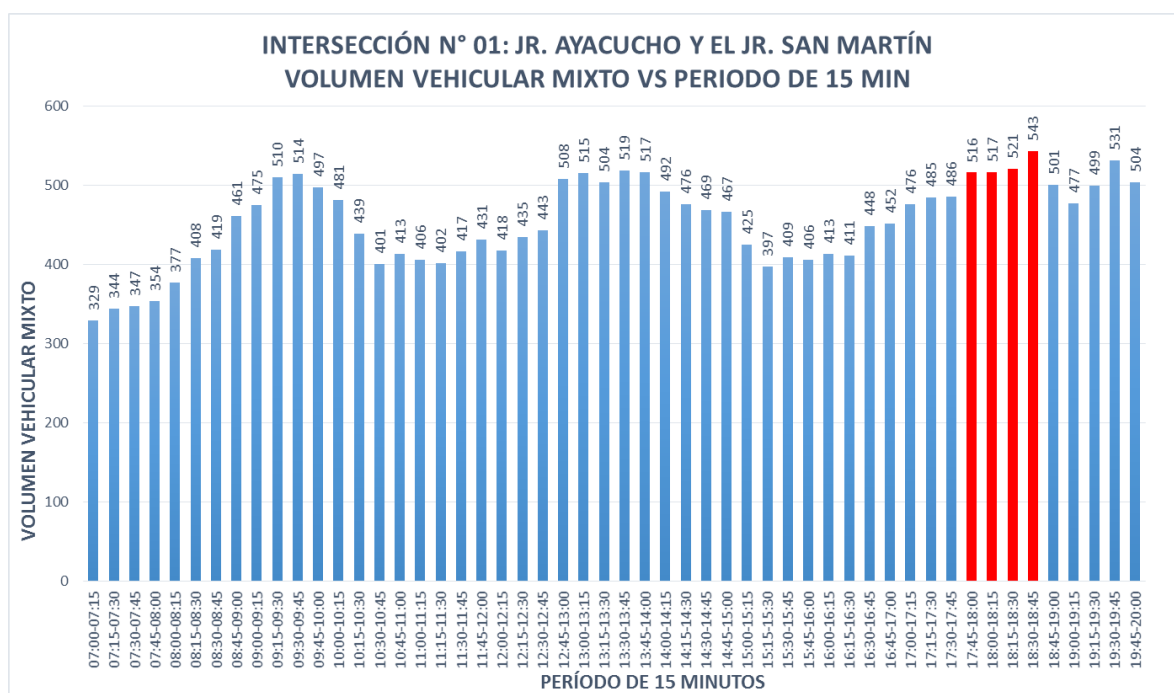


Gráfico N° 02: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 01

Fuente: Elaboración Propia

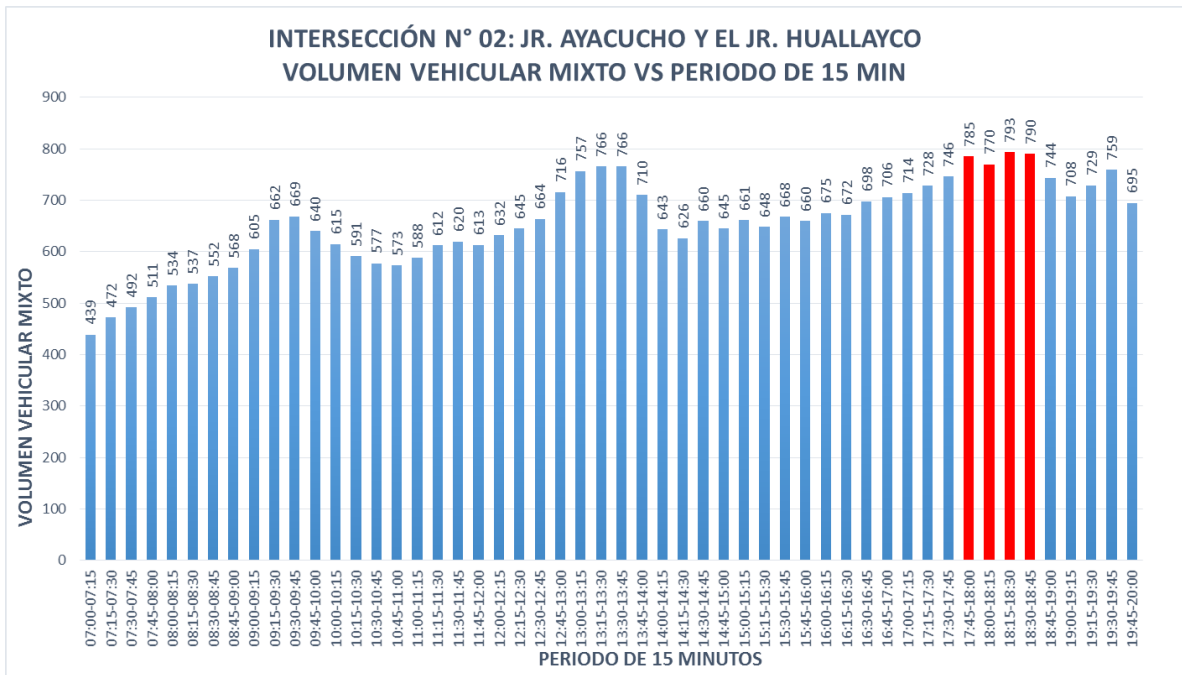


Gráfico N° 03: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 02

Fuente: Elaboración Propia

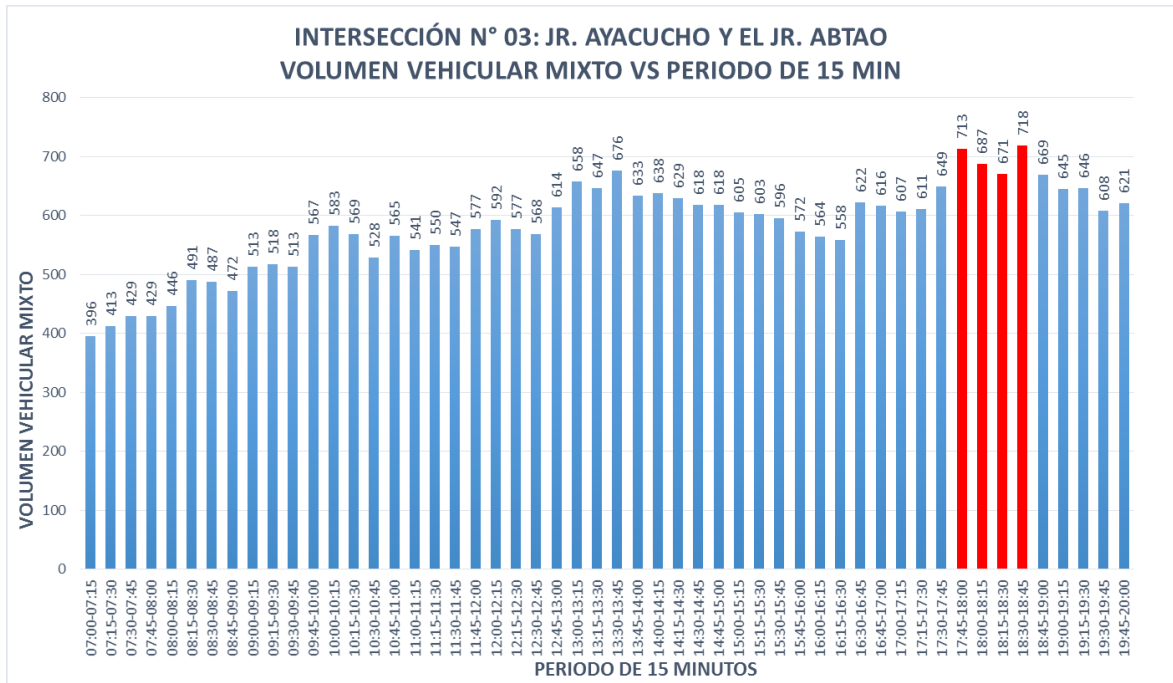


Gráfico N° 04: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 03

Fuente: Elaboración Propia

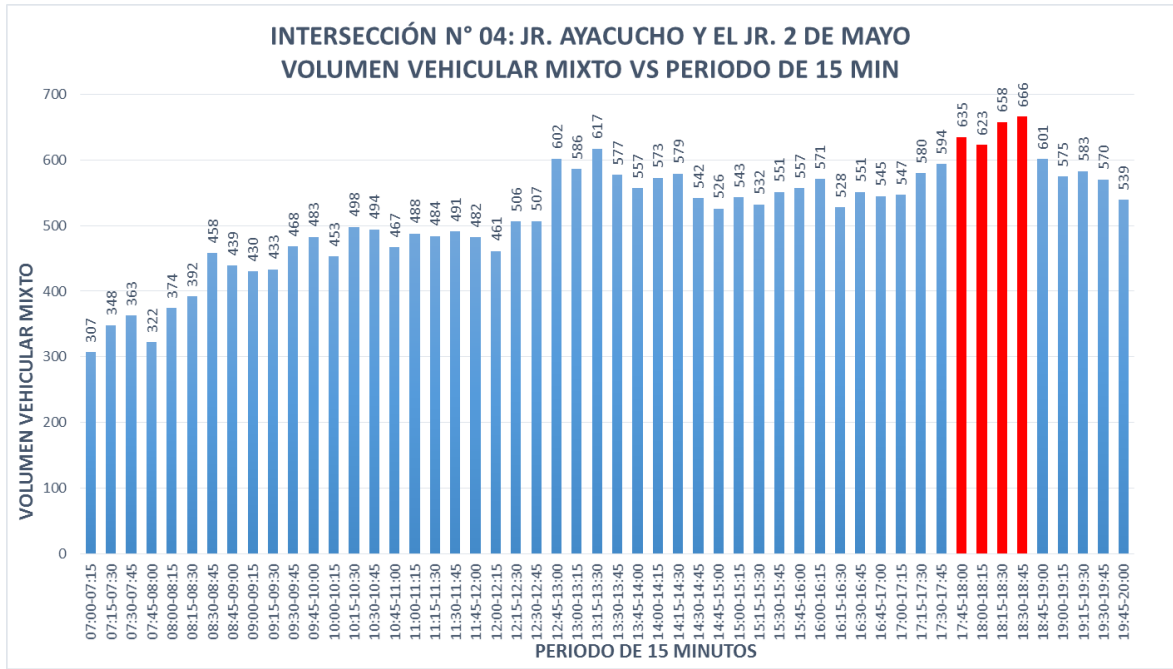


Gráfico N° 05: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 04

Fuente: Elaboración Propia

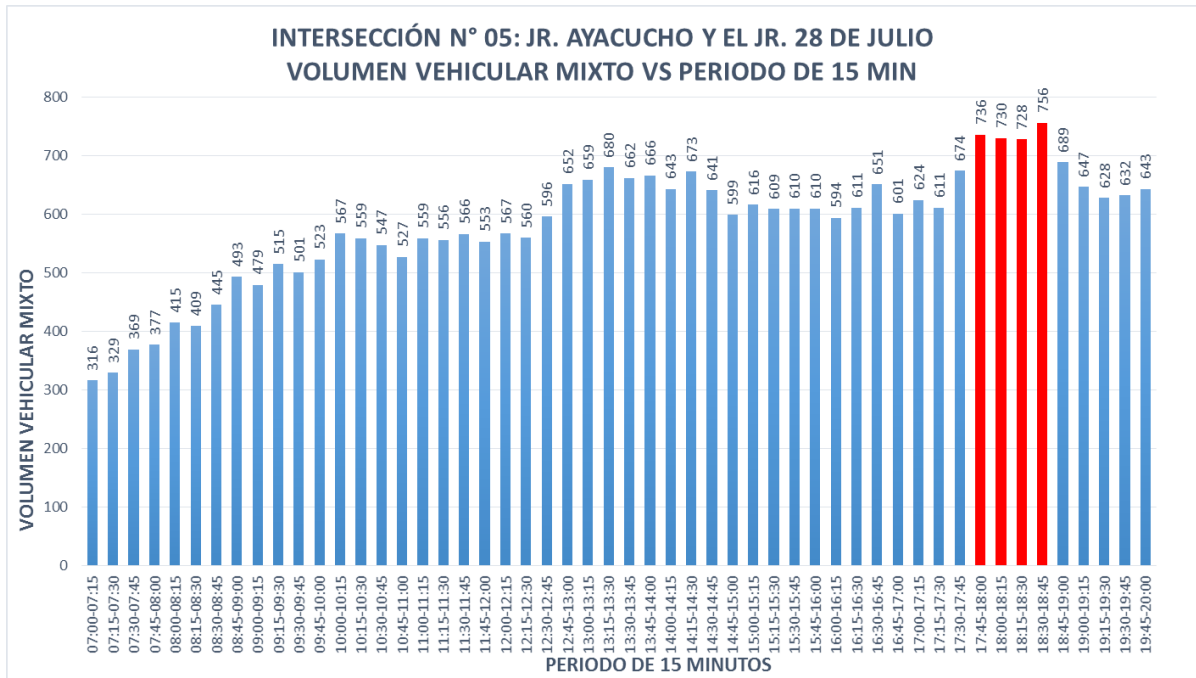


Gráfico N° 06: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 05

Fuente: Elaboración Propia

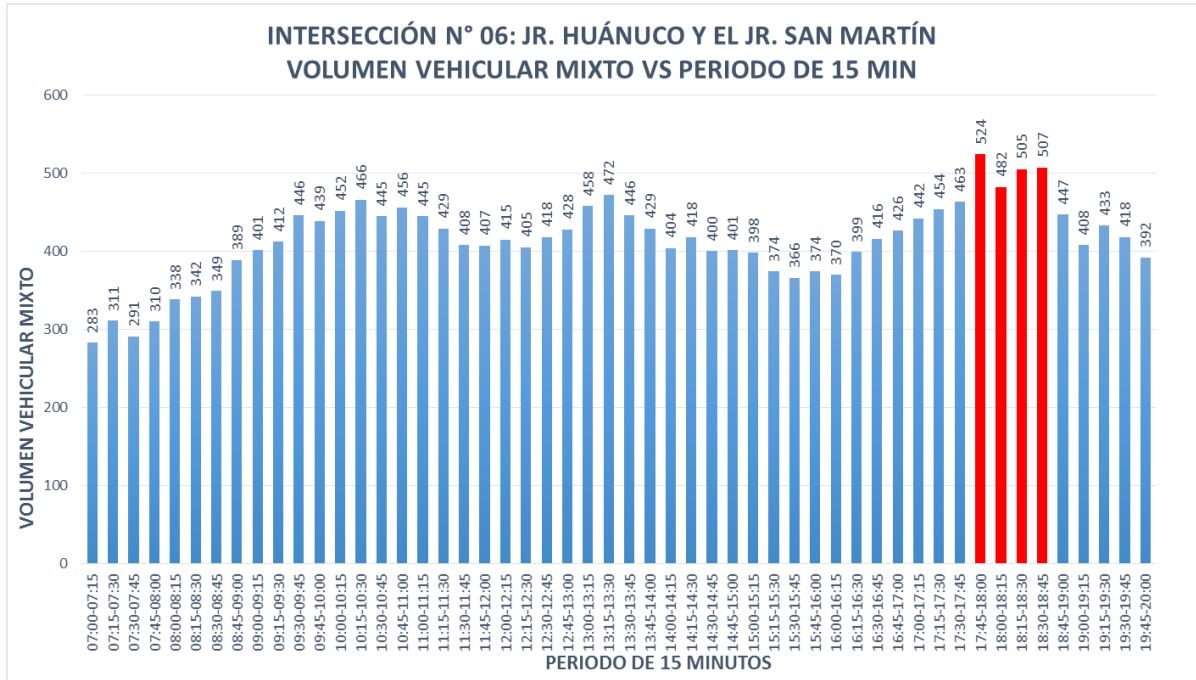


Gráfico N° 07: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 06

Fuente: Elaboración Propia

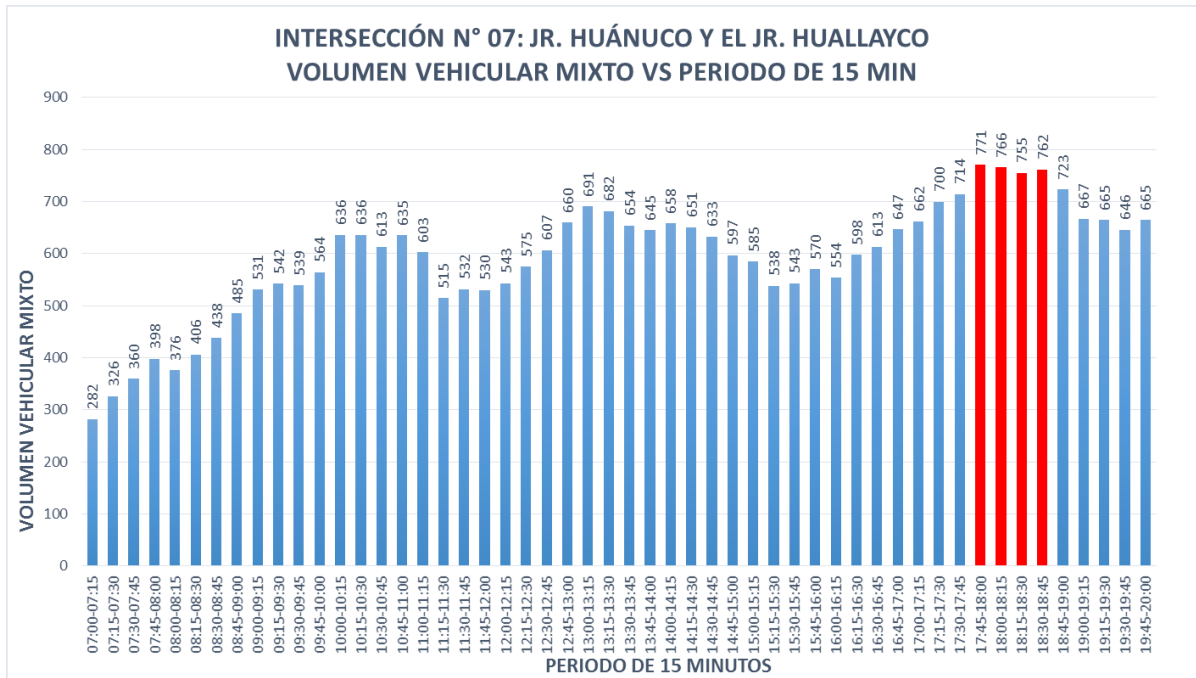


Gráfico N° 08: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 07

Fuente: Elaboración Propia

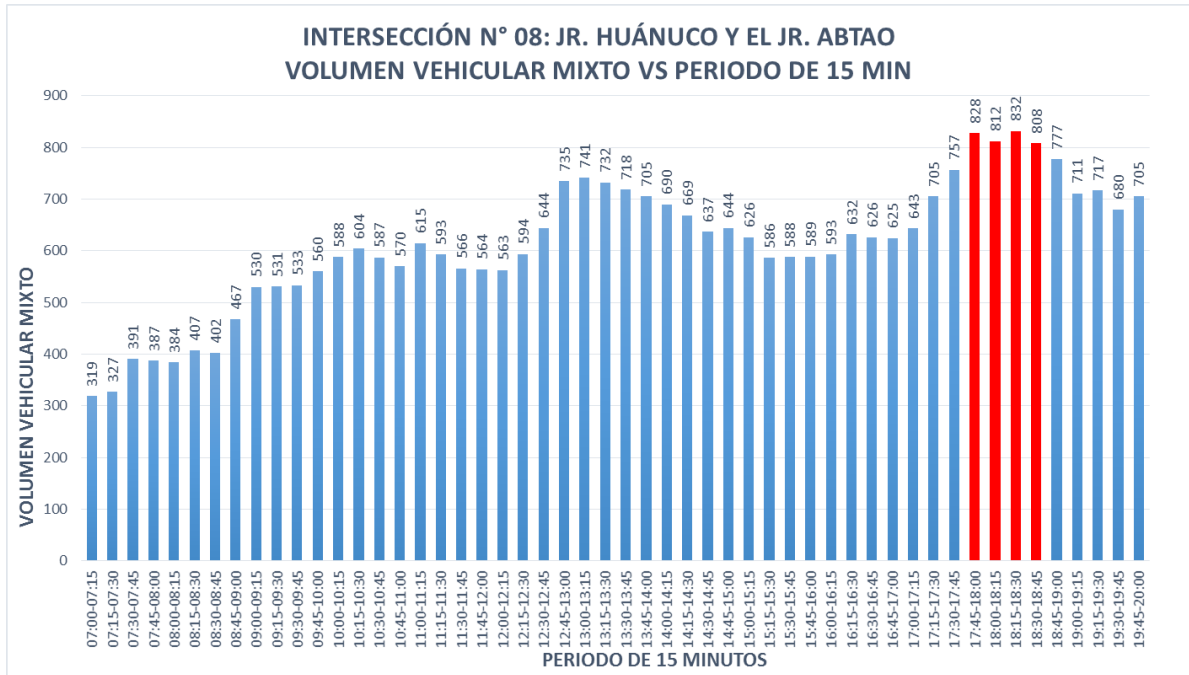


Gráfico N° 09: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 08

Fuente: Elaboración Propia

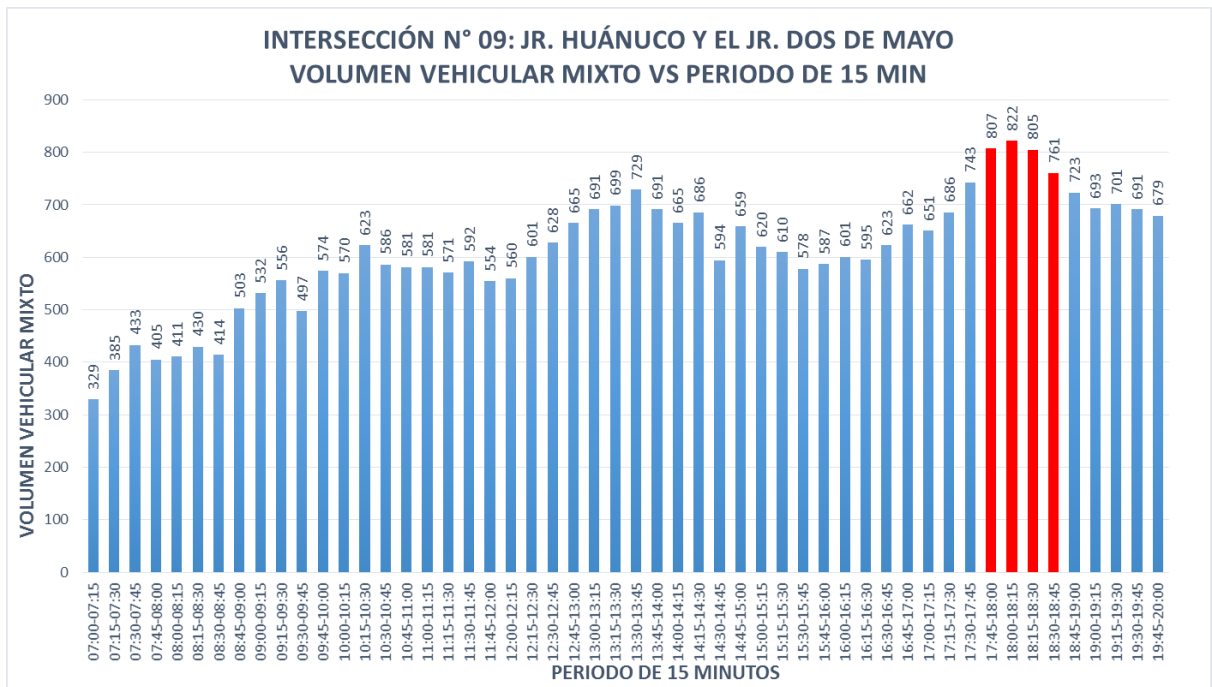


Gráfico N° 10: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 09

Fuente: Elaboración Propia

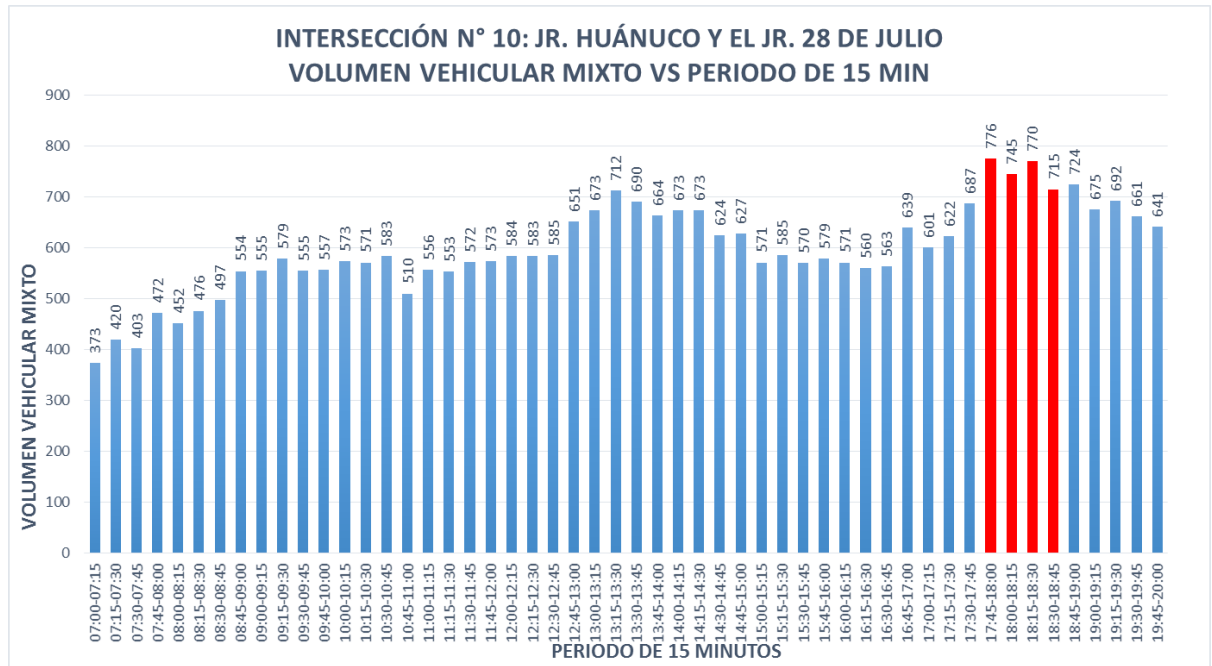


Gráfico N° 11: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 10

Fuente: Elaboración Propia

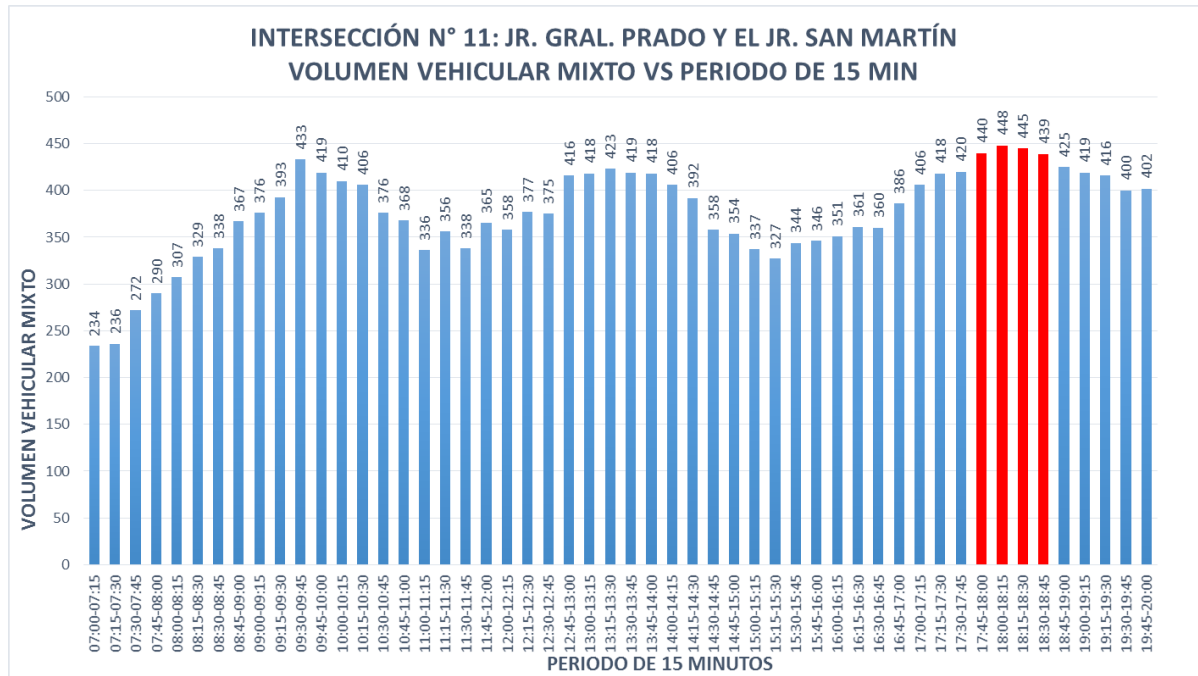


Gráfico N° 12: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 11

Fuente: Elaboración Propia

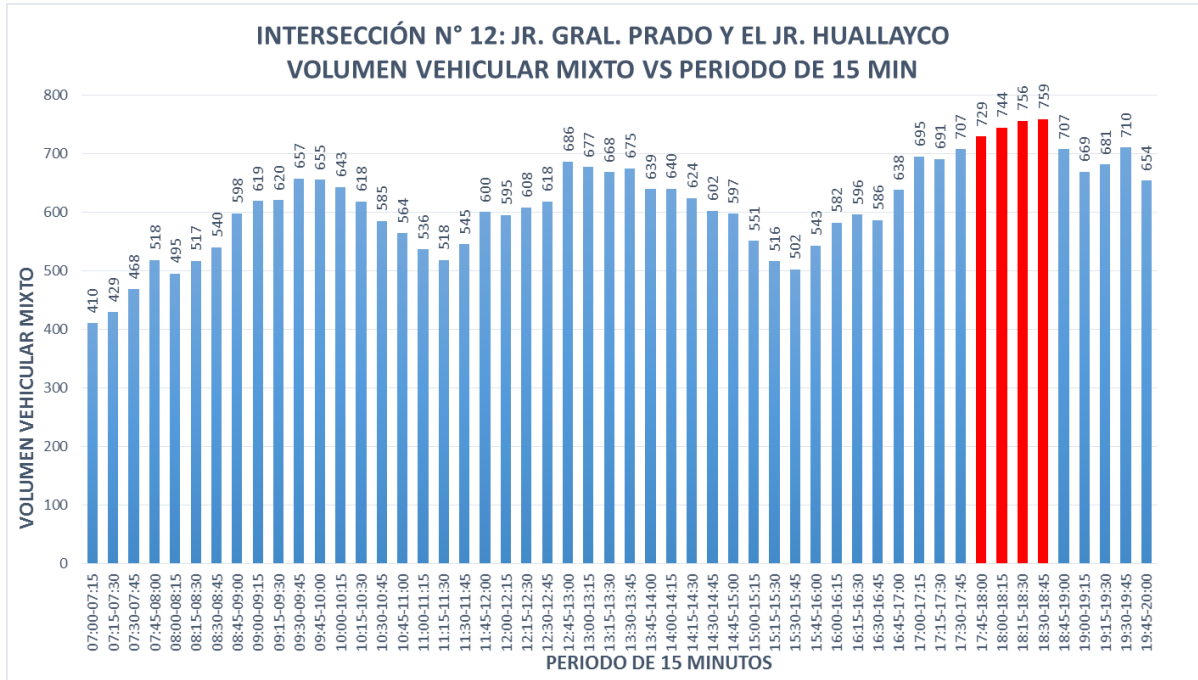


Gráfico N° 13: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 12

Fuente: Elaboración Propia

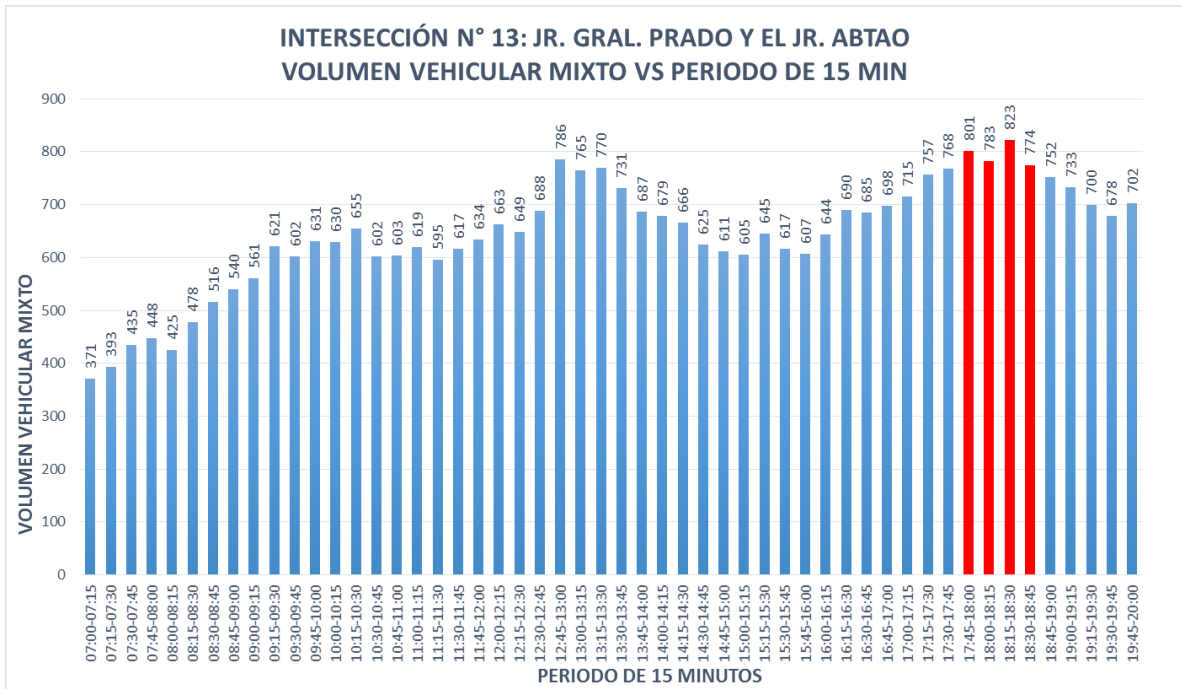


Gráfico N° 14: Volumen Vehicular Mixto vs Período de la Intersección N° 13

Fuente: Elaboración Propia

2.7 Procesamiento de Datos

2.7.1 Factor de equivalencia para diferentes tipos de vehículos

A cada vehículo mixto le corresponde un factor de unidad de coche patrón (UCP) que nos permite hacer la conversión a Automóviles Directamente Equivalentes (ADE), en el presente trabajo de aplicaron estos factores para calcular el flujo total de vehículos mixtos en la hora de máxima demanda en (ADE/hora) para cada intersección de análisis.

Estos datos nos permiten realizar los cálculos de flujos de saturación, capacidad, nivel de servicio y el modelado de los flujos vehiculares en el Software Synchro Traffic 8.

En el caso de la Unidad de Coche Patrón (UCP), de los trimoviles, se utilizó el factor 0.32, este dato fue tomado de la investigación “Pautas Metodológicas para incorporar el Trimovil en los Estudios del Tránsito en la Ciudad de Huánuco” realizada por (Córdova Facundo, pág. 8).

Cuadro N° 19: Unidad de Conversión Patrón (UCP)

TIPO DE VEHÍCULO	UNIDAD DE CONVERSION PATRÓN (UCP)
MOTO LINEAL	0.20
TRIMOVIL	0.33*
AUTO	1.00
CAMIONETA	1.25
COMBI	2.00
COASTER	2.50
CAMION 2E	3.00

Fuente: Consejo de Investigación de Transporte (Transportation Research Board's - TRB), HCM 2010

Fuente*: PAUTAS METODOLÓGICAS PARA INCORPORAR AL TRIMOVIL EN LOS ESTUDIOS DEL TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – CARLOS ENRIQUE CÓRDOVA FACUNDO

2.7.2 Flujogramas

Con los datos de volúmenes de vehículos mixtos en cada intersección de análisis que se detallan en los gráficos N° 02 al 14 y los factores de unidad de coche patrón que describe en el cuadro N° 19. Se procede a realizar la conversión del volumen horario de máxima demanda (5:45pm a 6:45pm) a automóviles directos equivalentes, asimismo, se realizan los cálculos de porcentaje de vehículos pesados, porcentaje de giros en cada acceso y el factor de hora pico. Todo esto se detalla en los flujogramas que se describen en las siguientes figuras.

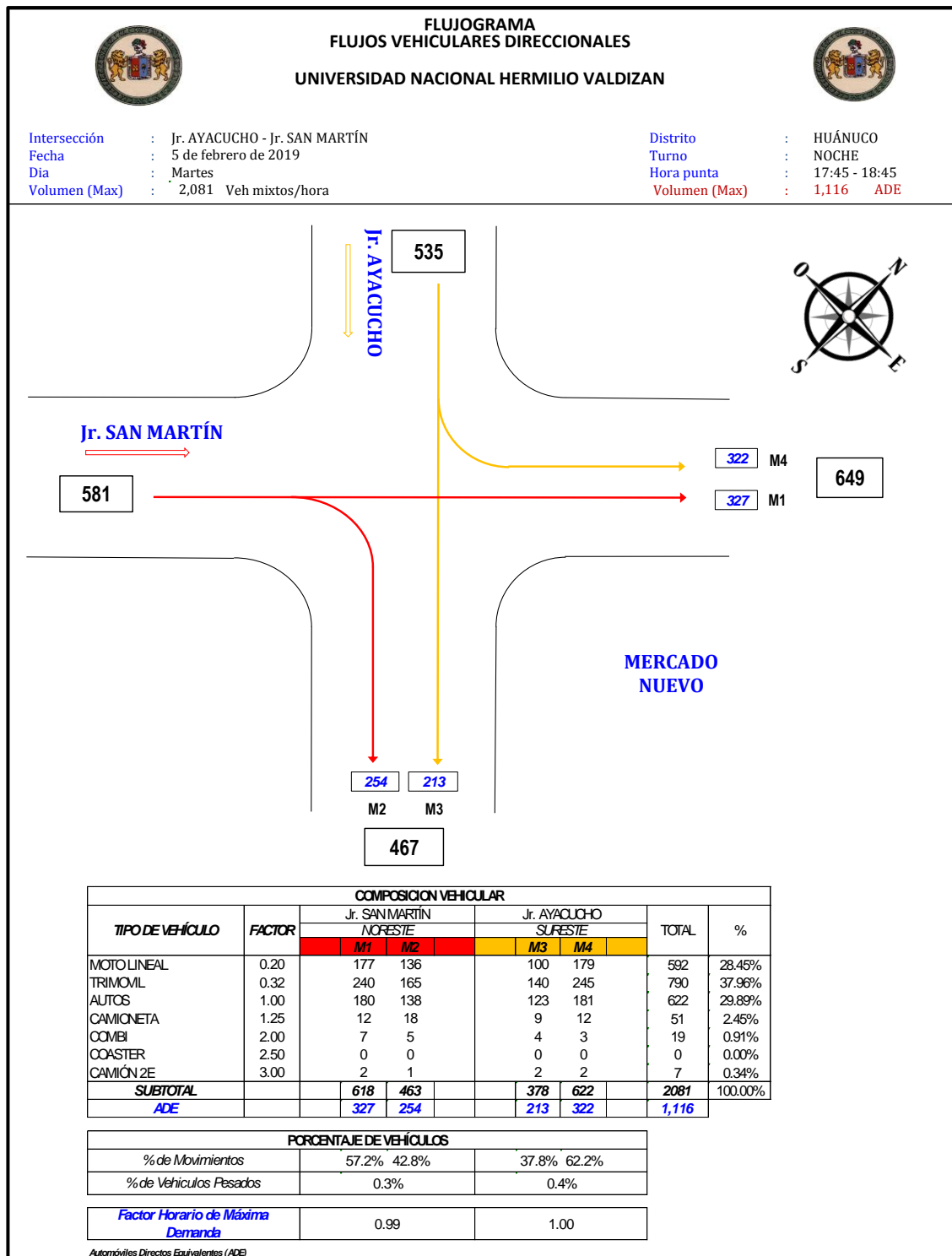


Figura N° 16: Flujograma de Intersección del Jr. Ayacucho y Jr. San Martín

Fuente: Elaboración Propia

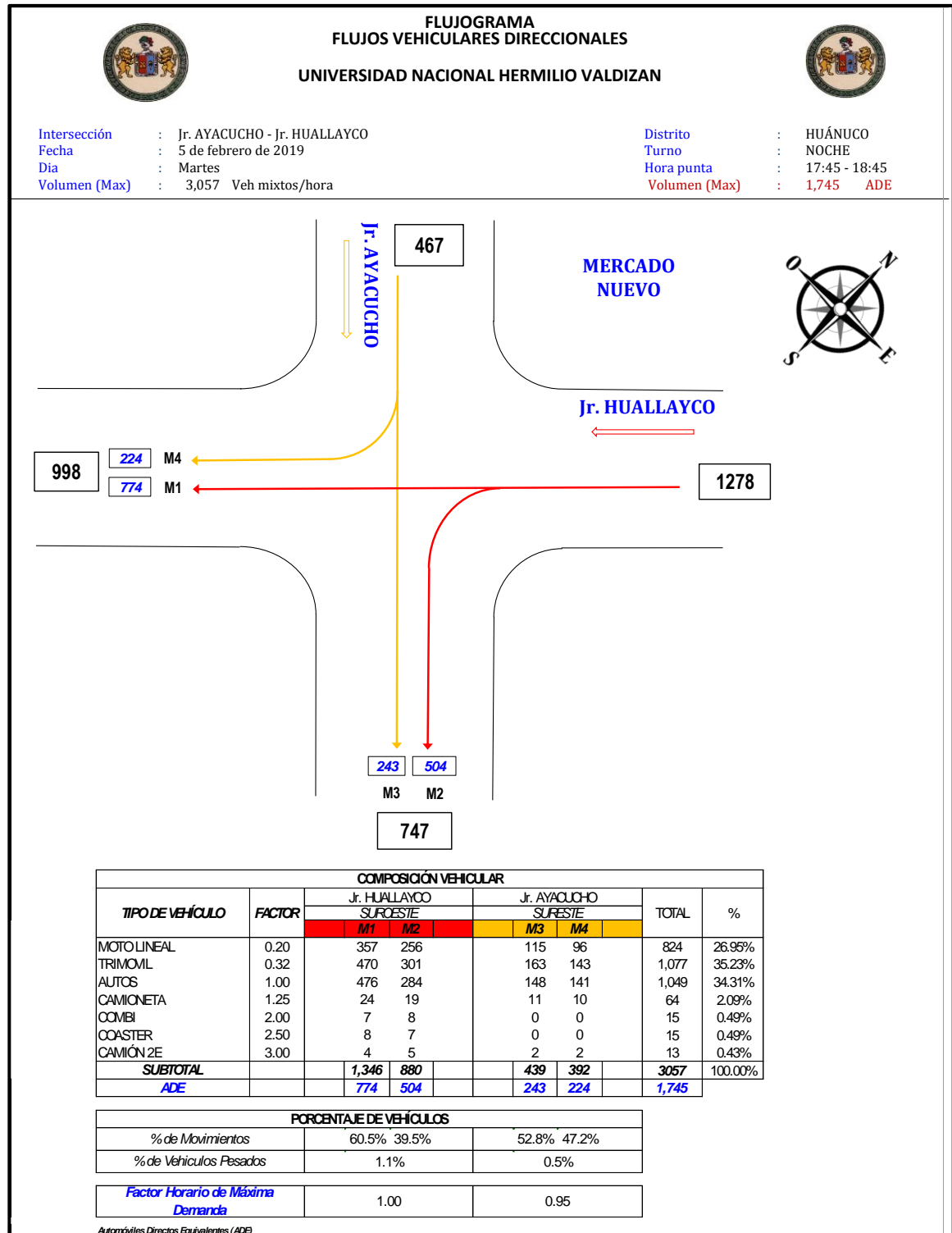


Figura N° 17: Flujograma de Intersección del Jr. Ayacucho y Jr. Huallayco

Fuente: Elaboración Propia

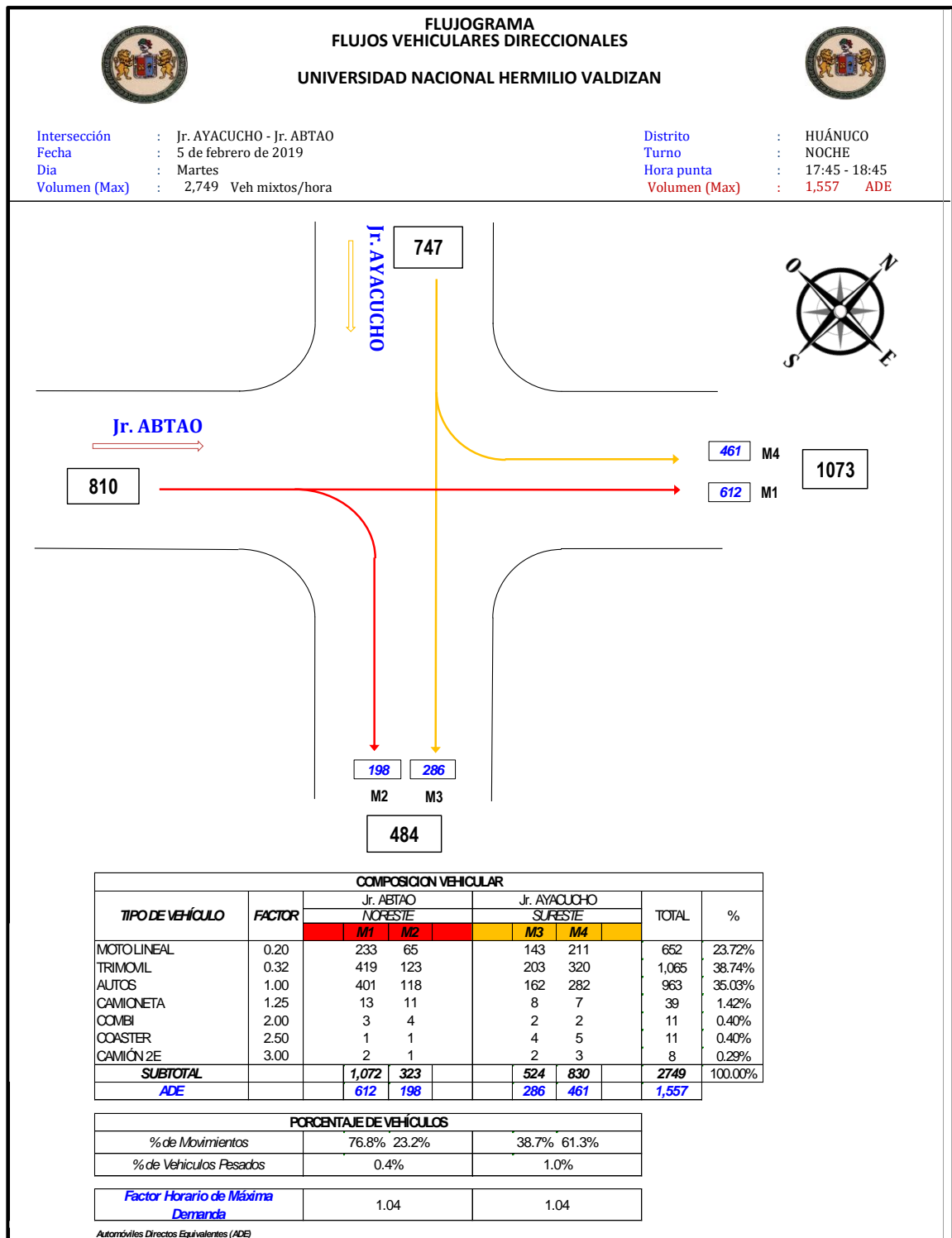


Figura N° 18: Flujoگرامa de Intersección del Jr. Ayacucho y Abtao

Fuente: Elaboración Propia

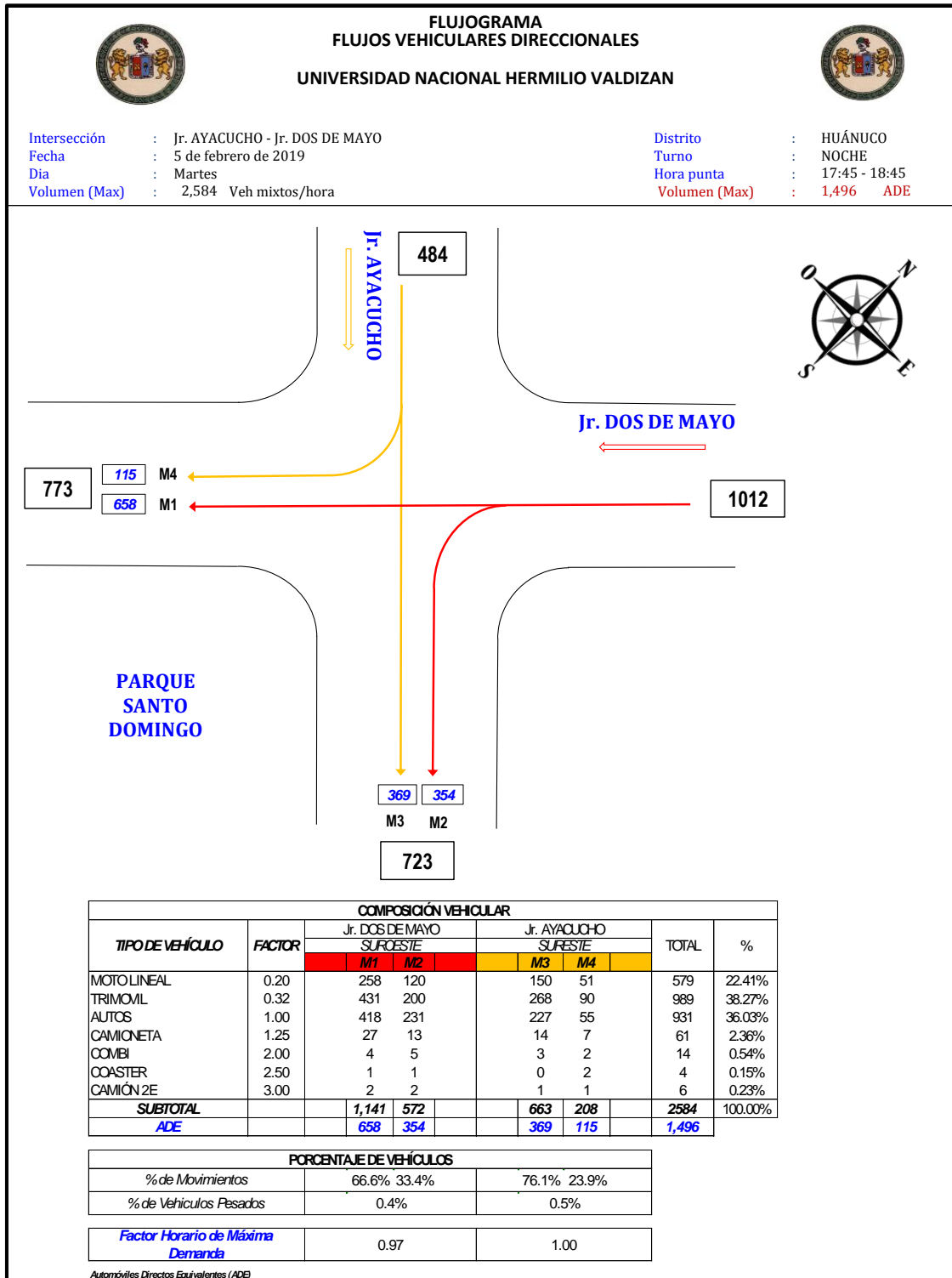


Figura N° 19: Flujograma de Intersección del Jr. Ayacucho y Jr. Dos de Mayo

Fuente: Elaboración Propia

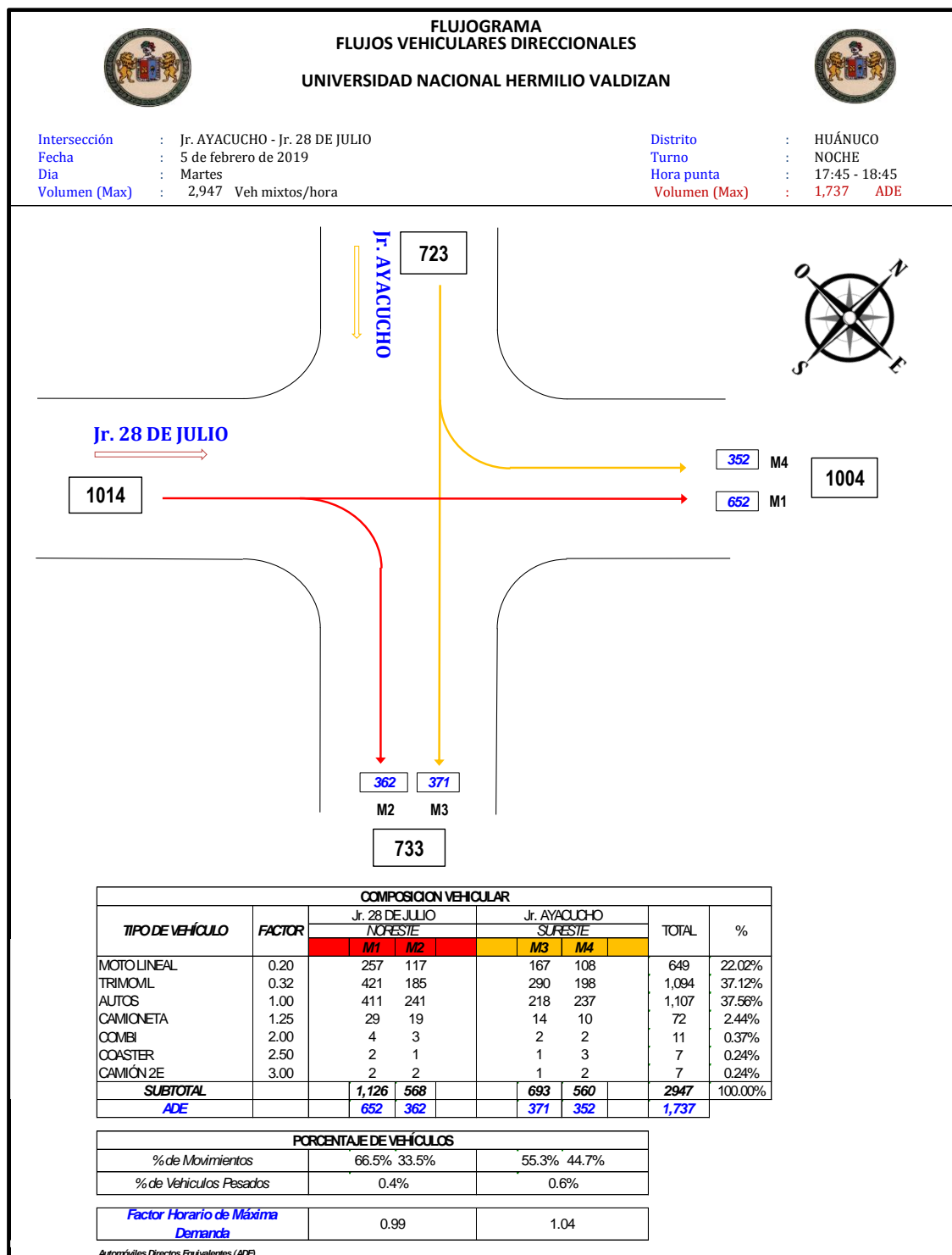


Figura N° 20: Flujoگرامa de Intersección del Jr. Ayacucho y Jr. 28 de Julio

Fuente: Elaboración Propia

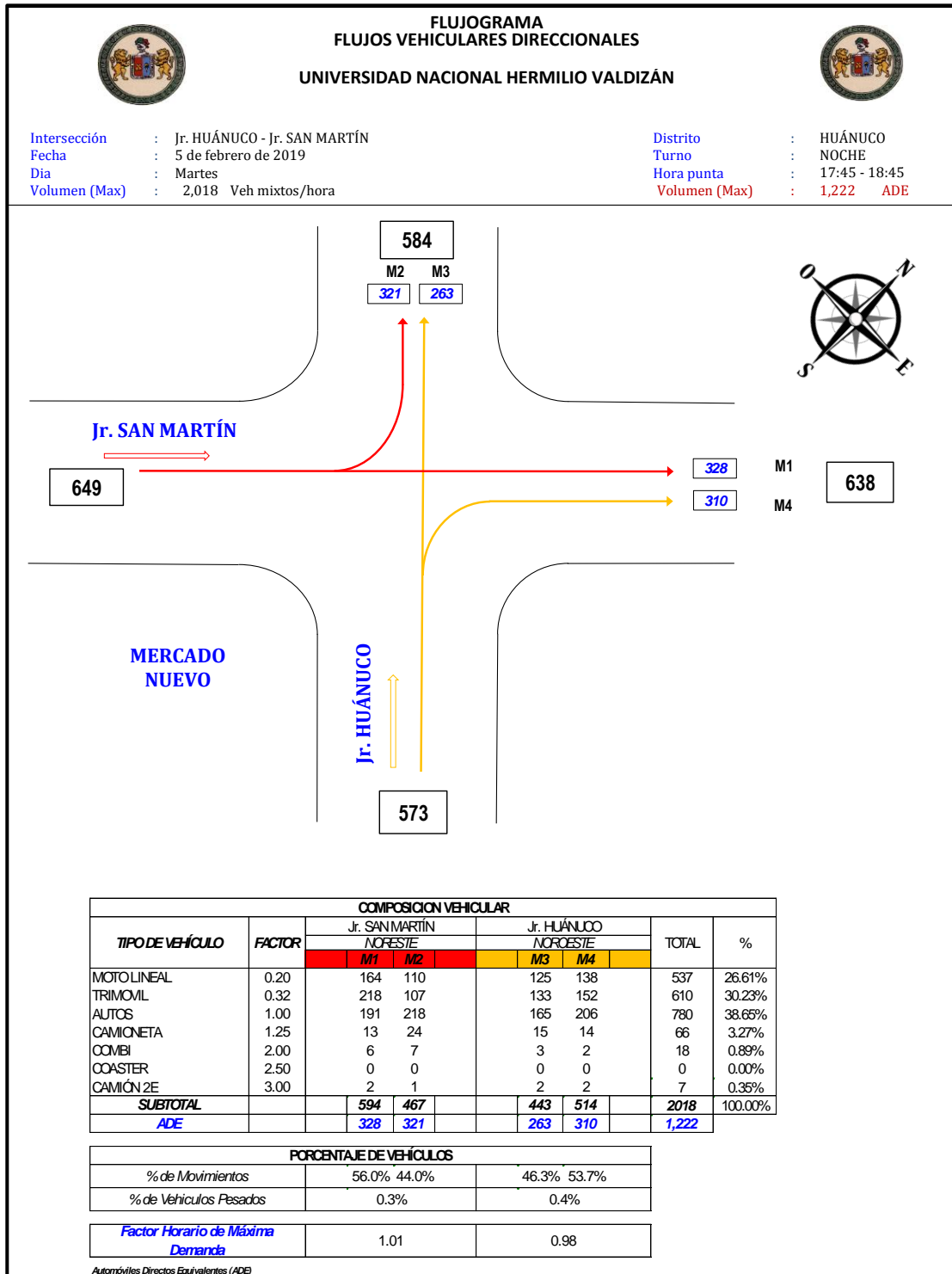


Figura N° 21: Flujoograma de Intersección del Jr. Huánuco y Jr. San Martín

Fuente: Elaboración Propia

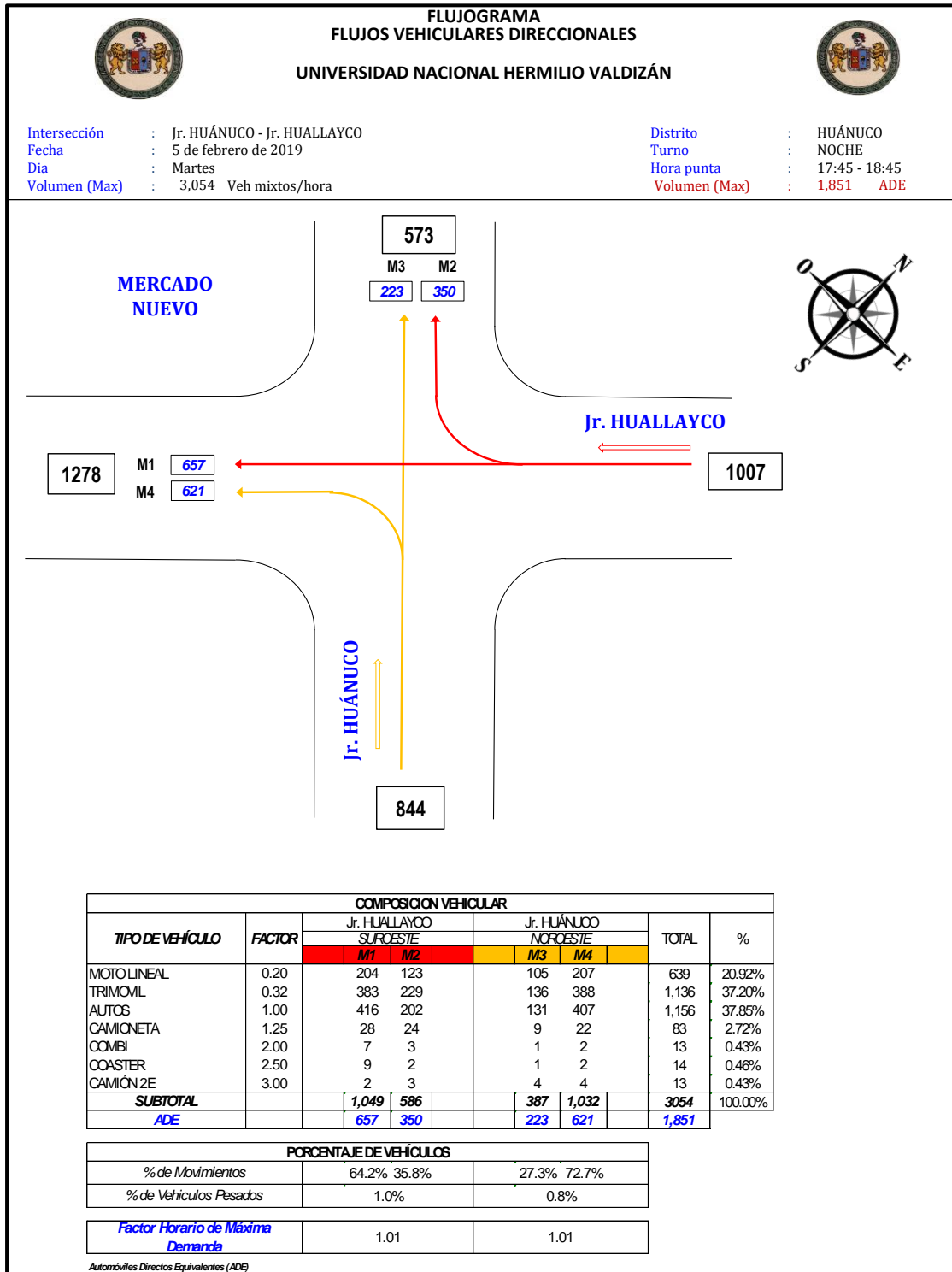


Figura N° 22: Flujograma de Intersección del Jr. Huánura y Jr. Huallayco

Fuente: Elaboración Propia

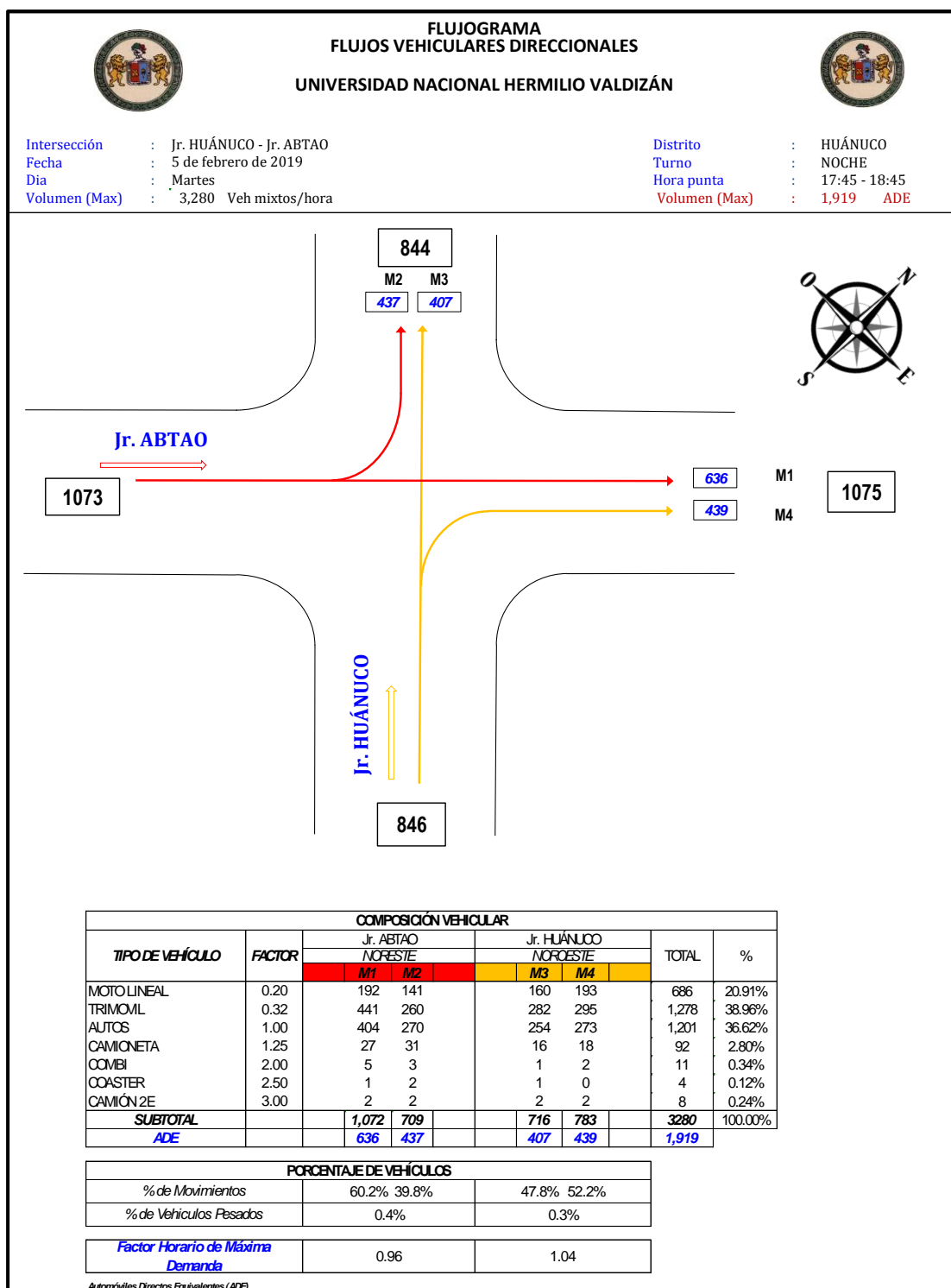


Figura N° 23: Flujograma de Intersección del Jr. Huánura y Jr. Abtao

Fuente: Elaboración Propia

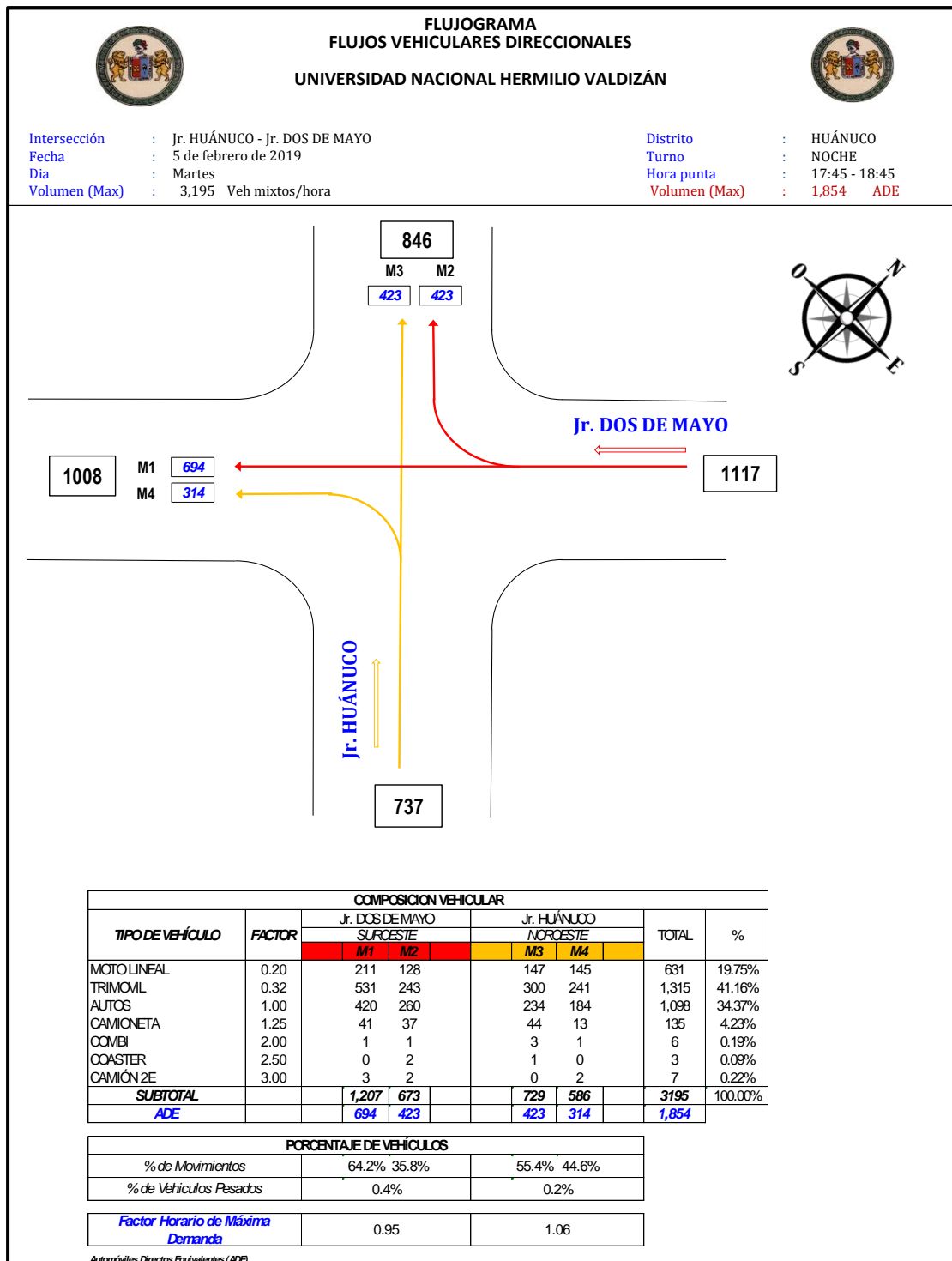


Figura N° 24: Flujoograma de Intersección del Jr. Huánuco y Jr. Dos de Mayo

Fuente: Elaboración Propia

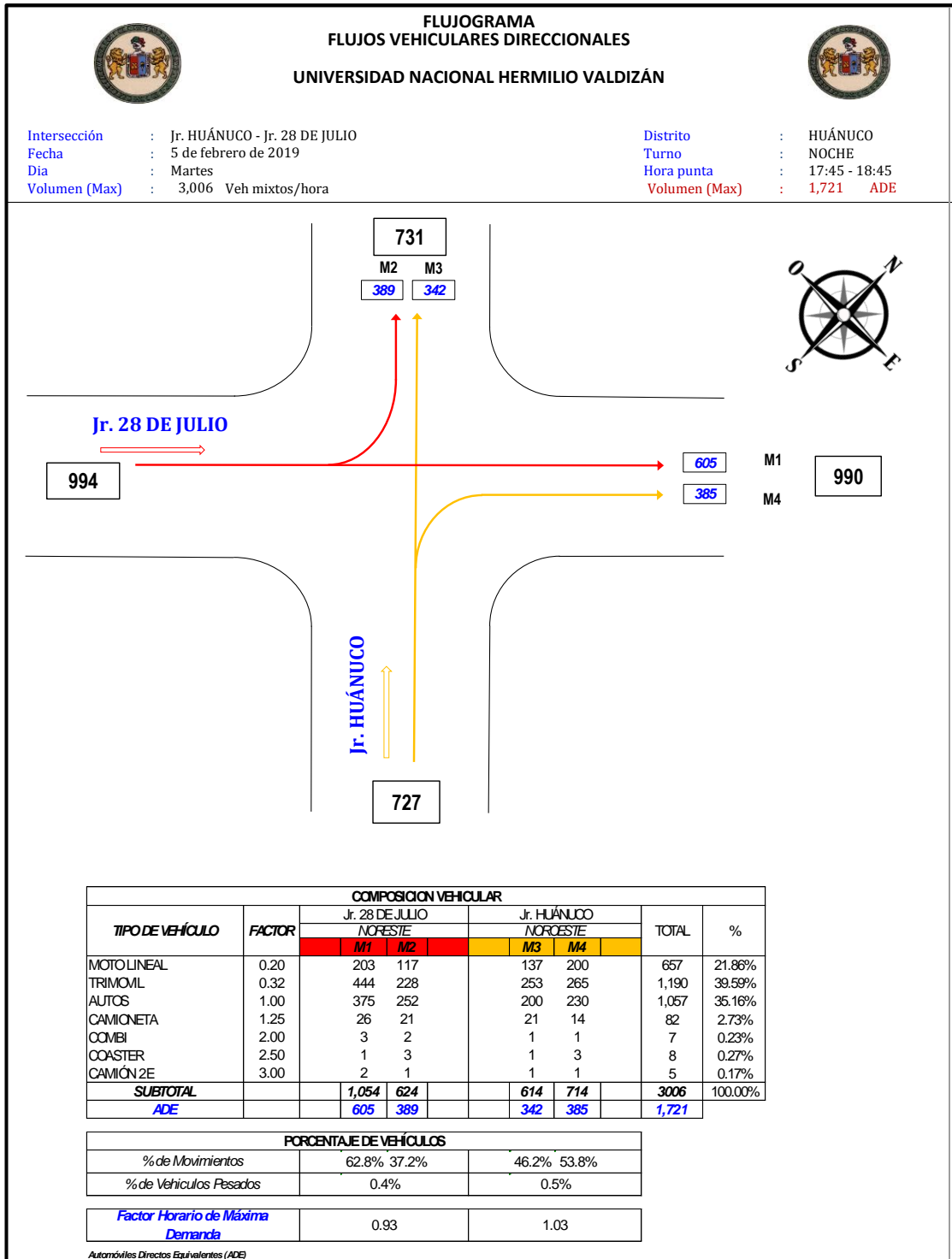


Figura N° 25: Flujoograma de Intersección del Jr. Huánuco y Jr. 28 de Julio

Fuente: Elaboración Propia

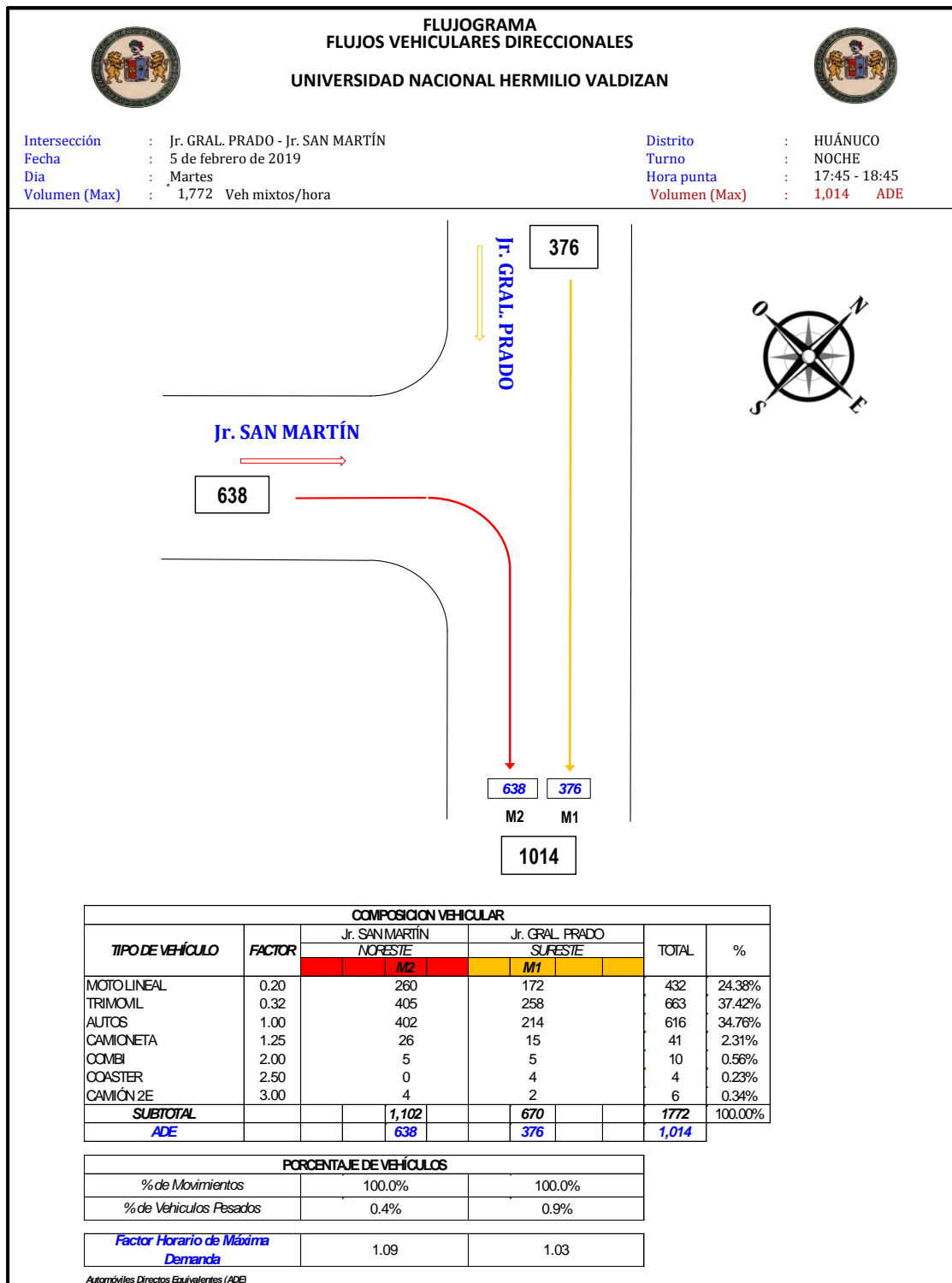


Figura N° 26: Flujograma de Intersección del Jr. Gral. Prado y Jr. San Martín

Fuente: Elaboración Propia

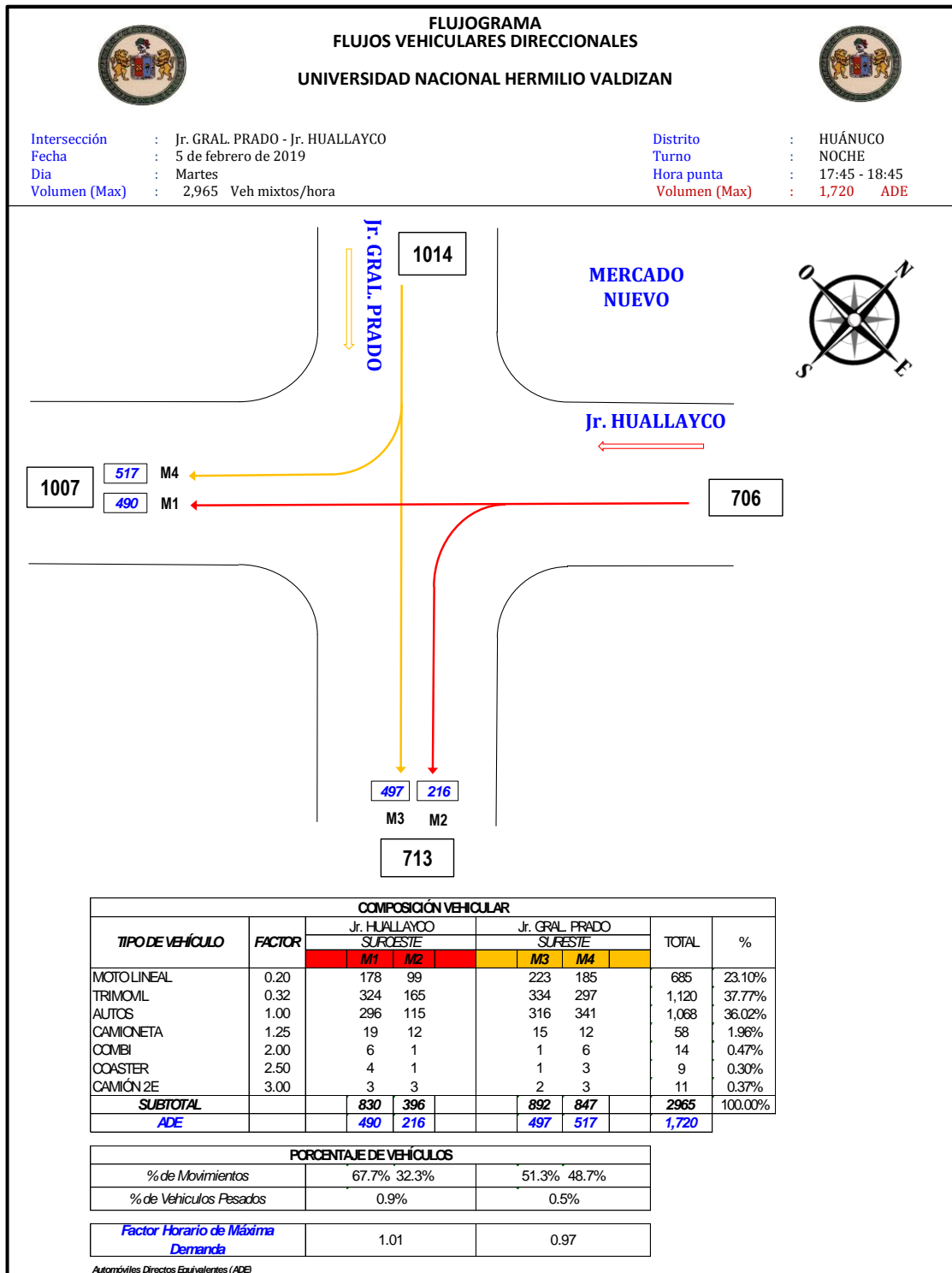


Figura N° 27: Flujograma de Intersección del Jr. Gral. Prado y Jr. Huallayco

Fuente: Elaboración Propia

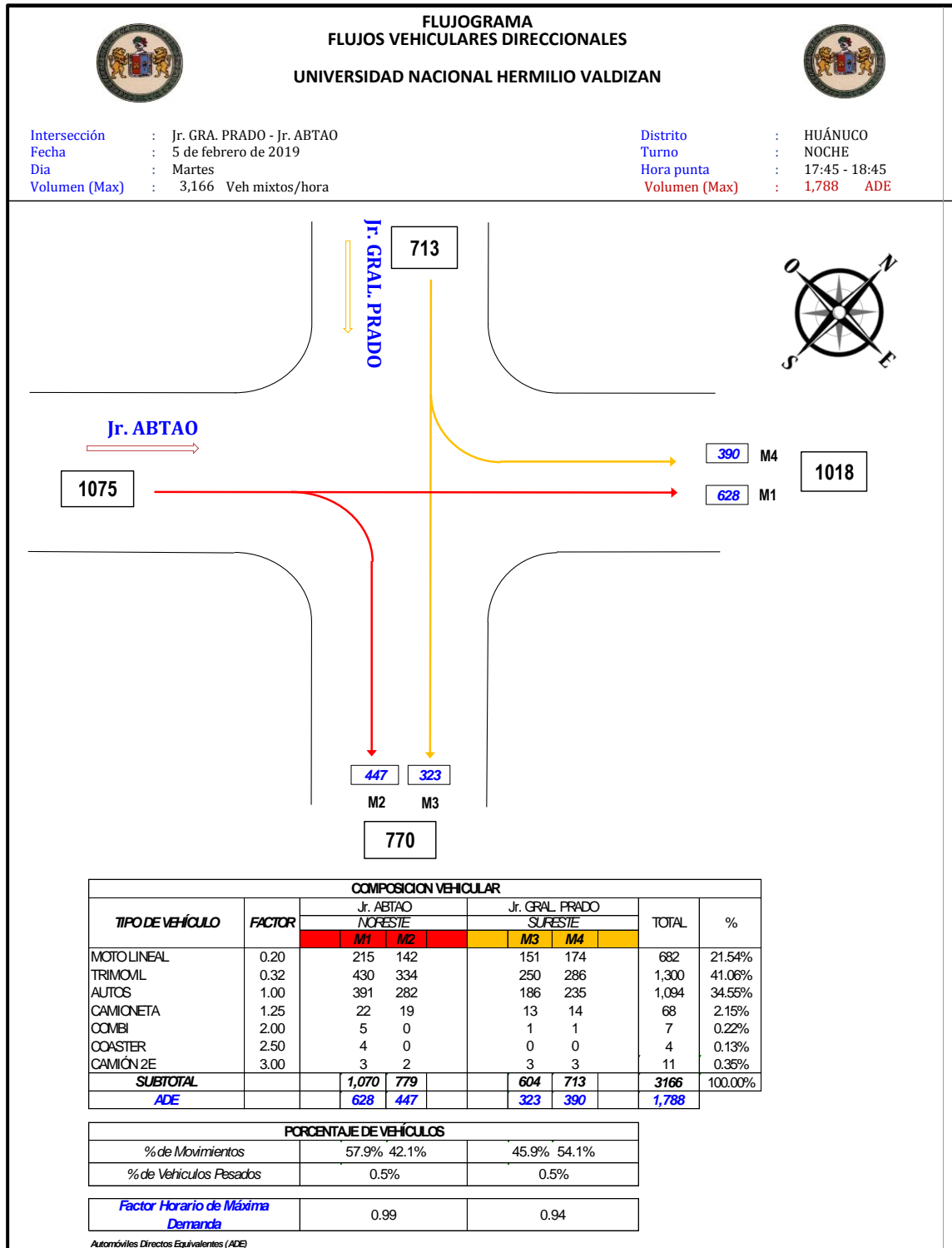


Figura N° 28: Flujograma de Intersección del Jr. Gral. Prado y Jr. Abtao

Fuente: Elaboración Propia

2.7.3 Capacidad en Intersecciones

La capacidad de una vía se define como el número máximo de vehículos por unidad de tiempo que pueden pasar por una sección de vía bajo condiciones prevaecientes de tránsito.

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del (**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 121**) la capacidad de una vía en condiciones ideales es la siguiente:

Cuadro N° 20: Capacidad en Condiciones Ideales

Sentido de Tránsito	Clase de vía		Capacidad Ideal
Unidireccional	Carretera	2 carriles por sentido	2,200 VL/h/carril
		3 o más carriles por sentido	2,300 VL/h/carril
	Multicarril		2,200 VL/h/carril
Bidireccional	Dos carriles		2,800 VL/h/ambos sentidos

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MDGC-2018)

Cuadro N° 21: Capacidad de Carreteras de 2 Carriles

Reparto por sentidos	Capacidad total (VL/h)	Relación Capacidad/Capacidad ideal
50/50	2,800	1.00
60/40	2,650	0.94
70/30	2,500	0.89
80/20	2,300	0.86
90/10	2,100	0.75
100/0	2,000	0.71

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MDGC-2018)

Según las características de las vías que conforman las intersecciones del área de estudio, se tendría carreteras bidireccionales de dos carriles, asimismo, según se describe en el capítulo “3.3.2 Flujogramas”, el reparto por sentidos se encuentra entre los valores de 60/40 y 30/70, consecuentemente, la capacidad total sería de 2500-2650 VL/h.

Estos valores aplicados en nuestro medio serían muy altos, pues el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del (**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 120**) considera como condiciones prevalecientes de tránsito lo siguiente:

- Flujo de Tránsito Continuo. Libre de interferencias.
- Flujo de Tránsito Existente. El Método considera solamente vehículos ligeros (automóviles, camionetas), ello implica la aplicación de factores de corrección por la presencia de vehículos pesados, en función a la topografía del terreno.
- Carriles de 3.6 m, con bermas iguales o mayores a 1.8 m libres de obstáculos. Se considera obstáculo cualquier elemento de más de 0.15 m de alto y su influencia será diferente si se trata de obstáculos continuos o aislados.
- El Alineamiento horizontal y vertical, debe tener una "Velocidad Promedio del Camino" (VDC: velocidad de diseño de sus diversos elementos geométricos ponderada por la longitud), igual o mayor a 110 km/h. En carreteras de dos carriles con tránsito bidireccional debe contarse, además, con distancias de visibilidad adecuadas para adelantar, en forma continua, a lo largo de todo el sector en estudio.

Las condiciones prevalecientes descritas no serían las que existen en nuestro medio, además, el manual no detalla el cálculo de la capacidad ni como depreciar esos valores.

Por todo lo descrito, para determinar la capacidad de una intersección se utilizó el Manual de Capacidad de Carreteras de la Junta de Investigación del Transporte (Transportation Research Board, 2010) la cual se basa en el cálculo de flujos de saturación.

2.7.3.1 Cálculo de Flujos de Saturación

A continuación se detalla el procedimiento para encontrar el flujo de saturación del Jr. Dos de Mayo cuando se intersecta con el Jr. Huánuco, esta vendría a ser la intersección de análisis N° 09.

FACTOR POR ANCHO DE CARRIL

Número de Carriles 2 ($N = 2$)

El ancho total de calzada 5.06 (Cuadro N° 16) por lo tanto cada carril tendrá $5.90 / 2 = 2.95$ metros de ancho ($W = 2.95$ m).

$$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$$

$$f_w = 1 + \frac{2.95 - 3.6}{9}$$

$$f_w = 0.928$$

FACTOR POR PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS

El porcentaje de pesados en el tramo es 0.4% (Figura N° 24).

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV (ET - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 0.4 (2 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.996$$

FACTOR POR PENDIENTE EN EL ACCESO

La pendiente en el Jr. Dos de Mayo 0.2% (Cuadro N° 16).

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$$

$$f_g = 1 - \frac{0.2}{200}$$

$$f_g = 0.999$$

FACTOR POR OBRAS DE PARQUEO Y ESTACIONAMIENTO

Número de Carriles 2 ($N = 2$).

En el Jr. Dos de Mayo se tiene en promedio ($Nm = 20$) maniobras por hora.

$$fp = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3600}}{N}$$

$$fp = \frac{2 - 0.1 - \frac{18 \times 20}{3600}}{2}$$

$$fg = 0.900$$

FACTOR POR BLOQUE DE PARADEROS DE BUSES - COASTER

En la intersección de análisis, por el Jr. Dos de Mayo no transitan buses ni coasters por lo que:

$$fbb = 1.000$$

FACTOR POR TIPO DE ÁREA

El Jr. Dos de Mayo está ubicado en una zona céntrica de comercio por lo que se considera el factor de Central Business Distric (CBD), que es de:

$$fa = 0.900$$

FACTOR POR UTILIZACIÓN DE CARRILES

Para factor de utilización de carril se toman datos del flujograma que se muestra en la (Figura N° 24).

$$fLU = \frac{Vg}{Vg1 \times N}$$

$$fLU = \frac{423 + 694}{694 \times 2}$$

$$fLU = 0.805$$

FACTOR POR GIROS A LA IZQUIERDA

En este caso particular no se tienen giros a la izquierda, por lo que:

$$f_{LT} = 1.000$$

FACTOR POR GIROS A LA DERECHA

Para factor por giros a la derecha se toman datos del flujograma que se muestra en la (Figura N° 24).

$$f_{RT} = 1 - 0.15 \times P_{RT}$$

$$f_{RT} = 1 - 0.15 \times \left(\frac{423}{694 + 423} \right)$$

$$f_{RT} = 0.934$$

FACTOR POR PEATONES Y CICLISTAS PARA GIROS A LA IZQUIERDA Y DERECHA

El factor por peatones es ($f_{Lpb}=1.0$), porque existe paso cebra y semáforos.

El factor por bicicletas es ($f_{Rpb}=1.0$), porque no existen ciclovías.

El Flujo de Saturación para los 2 carriles del Jr. Dos Mayo en la intersección con el Jr. Huánuco es:

$$S_i = S_o(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb})$$

S_i

$$= 1900 \times 2 \times 0.928 \times 0.996 \times 0.999 \times 0.90 \times 1 \times 0.90 \times 0.805 \times 1 \times 0.943 \times 1 \times 1$$

$$S_i = 2157 \text{ Vehículos Equivalentes/ hora}$$

El procedimiento para el cálculo detallado de los flujos de saturación de todas las intersecciones del área de estudio de adjuntan en el anexo N° 03, en el siguiente cuadro se muestran los resultados.

Cuadro N° 22: Flujos de Saturación de todas las Intersecciones del Área de Estudio

Intersección	Jirones	So	N	fw	fHV	fg	fp	fb	fa	fLU	fLT	fRT	fLpb	fRpb	Flujo Saturación ADE/hora
N° 01	AYACUCHO	1900	1	1.000	0.996	0.998	0.850	1.000	0.900	1.000	0.971	1.000	1.000	1.000	1402
	SAN MARTÍN	1900	1	1.000	0.997	0.999	0.825	1.000	0.900	1.000	1.000	0.934	1.000	1.000	1313
N° 02	AYACUCHO	1900	1	0.992	0.995	0.999	0.880	1.000	0.900	1.000	1.000	0.928	1.000	1.000	1377
	HUALLAYCO	1900	2	0.947	0.989	0.999	0.883	0.976	0.900	0.826	0.981	1.000	1.000	1.000	2231
N° 03	AYACUCHO	1900	1	1.000	0.990	0.999	0.870	0.976	0.900	1.000	0.970	1.000	1.000	1.000	1392
	ABTAO	1900	2	0.948	0.996	0.998	0.933	0.988	0.900	0.662	1.000	0.963	1.000	1.000	1894
N° 04	AYACUCHO	1900	1	1.000	0.995	0.999	0.865	0.976	0.900	1.000	1.000	0.964	1.000	1.000	1383
	DOS DE MAYO	1900	2	0.914	0.996	0.998	0.898	1.000	0.900	0.769	0.983	1.000	1.000	1.000	2109
N° 05	AYACUCHO	1900	1	1.000	0.994	0.999	0.875	0.976	0.900	1.000	0.976	1.000	1.000	1.000	1415
	28 DE JULIO	1900	2	0.900	0.996	0.998	0.918	0.988	0.900	0.778	1.000	0.946	1.000	1.000	2040
N° 06	HUÁNUCO	1900	1	1.000	0.996	0.998	0.770	1.000	0.900	1.000	1.000	0.919	1.000	1.000	1203
	SAN MARTÍN	1900	1	1.000	0.997	0.999	0.865	1.000	0.900	1.000	0.976	1.000	1.000	1.000	1438
N° 07	HUÁNUCO	1900	1	0.966	0.992	0.999	0.840	1.000	0.900	1.000	0.965	1.000	1.000	1.000	1325
	HUALLAYCO	1900	2	0.987	0.990	0.999	0.878	0.976	0.900	0.766	1.000	0.948	1.000	1.000	2076

N° 08	HUÁNUCO	1900	1	0.949	0.997	0.999	0.845	1.000	0.900	1.000	1.000	0.922	1.000	1.000	1259
	ABTAO	1900	2	0.989	0.996	0.998	0.903	0.988	0.900	0.844	0.980	1.000	1.000	1.000	2480
N° 09	HUÁNUCO	1900	1	0.893	0.998	0.998	0.855	1.000	0.900	1.000	0.979	1.000	1.000	1.000	1274
	DOS DE MAYO	1900	2	0.928	0.996	0.999	0.900	1.000	0.900	0.805	1.000	0.943	1.000	1.000	2157
N° 10	HUÁNUCO	1900	1	0.981	0.995	0.999	0.860	1.000	0.900	1.000	1.000	0.921	1.000	1.000	1320
	28 DE JULIO	1900	2	0.920	0.996	0.998	0.923	0.986	0.900	0.821	0.981	1.000	1.000	1.000	2292
N° 11	GRAL. PRADO	1900	1	1.000	0.991	0.999	0.810	0.964	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1321
	SAN MARTÍN	1900	1	1.000	0.996	0.999	0.815	1.000	0.900	1.000	1.000	0.850	1.000	1.000	1179
N° 12	GRAL. PRADO	1900	1	1.000	0.995	0.998	0.820	0.968	0.900	1.000	1.000	0.924	1.000	1.000	1245
	HUALLAYCO	1900	2	0.980	0.991	0.999	0.880	0.988	0.900	0.720	0.985	1.000	1.000	1.000	2046
N° 13	GRAL. PRADO	1900	1	0.976	0.995	0.999	0.785	1.000	0.900	1.000	0.973	1.000	1.000	1.000	1266
	ABTAO	1900	2	0.960	0.995	0.998	0.903	0.986	0.900	0.856	1.000	0.938	1.000	1.000	2328

Fuente: Elaboración Propia

2.7.3.2 Cálculo de la Capacidad de una intersección

La capacidad de cada acceso que comprende una intersección es el producto del flujo de saturación por la relación del tiempo de verde efectivo entre la longitud del ciclo semafórico.

$$c = (g/C) \times s \quad \dots \text{ (ec. 10)}$$

Dónde:

c = capacidad (ADE*/hora)

g = tiempo de verde efectivo para la fase en cuestión (seg)

C = longitud del ciclo (seg)

s = Índice de saturación del flujo (ADE*/hora)

ADE* = Automóviles Directos Equivalentes

La relación g/C de los accesos en las intersecciones se describen en el capítulo “3.2.2.1 Situación Actual de los Semáforos en el Área de Estudio”; el cálculo de la capacidad se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 23: Cálculo de Capacidad de Todas las Intersecciones

Intersección	Jirones	Flujo Saturación ADE/hora	g/C	Capacidad ADE/hora
N° 01	AYACUCHO	1402	-	1402
	SAN MARTÍN	1313	-	1313
N° 02	AYACUCHO	1377	-	1377
	HUALLAYCO	2231	-	2231
N° 03	AYACUCHO	1392	0.33	460
	ABTAO	1894	0.55	1041
N° 04	AYACUCHO	1383	-	1383
	DOS DE MAYO	2109	-	2109
N° 05	AYACUCHO	1415	0.33	467
	28 DE JULIO	2040	0.55	1122
N° 06	HUÁNUCO	1203	-	1203
	SAN MARTÍN	1438	-	1438
N° 07	HUÁNUCO	1325	0.33	437
	HUALLAYCO	2076	0.55	1142
N° 08	HUÁNUCO	1259	0.33	415
	ABTAO	2480	0.55	1364
N° 09	HUÁNUCO	1274	0.33	420
	DOS DE MAYO	2157	0.55	1186
N° 10	HUÁNUCO	1320	-	1320
	28 DE JULIO	2292	-	2292
N° 11	GRAL. PRADO	1321	-	1321
	SAN MARTÍN	1179	-	1179
N° 12	GRAL. PRADO	1245	0.33	411
	HUALLAYCO	2046	0.55	1125
N° 13	GRAL. PRADO	1266	0.33	418
	ABTAO	2328	0.55	1281

Fuente: Elaboración Propia

2.7.4 Volumen Vehicular Proyectado al Año 2029

Para la proyección del tránsito no se cuenta con información histórica o estadística de tráfico en el Ministerio de Transportes y Comunicación ni en la Municipalidad Provincial de Huánuco.

Para el cálculo de los volúmenes de tránsito futuro se tomó como parámetro la **Tasa de Crecimiento Poblacional** ya que con el aumento de la población se crea una mayor demanda de viajes. Según el INEI al año 2015 se tienen los siguientes datos.

Cuadro N° 24: Tasa de Crecimiento Poblacional Huánuco- Huánuco- Huánuco

<i>Año</i>		<i>Población</i>	<i>Tasa de Crecimiento (TC)</i>
1	2000	77501	
2	2001	77979	0.62%
3	2002	78351	0.48%
4	2003	78635	0.36%
5	2004	78845	0.27%
6	2005	79000	0.20%
7	2006	79095	0.12%
8	2007	79117	0.03%
9	2008	79046	-0.09%
10	2009	78900	-0.18%
11	2010	82390	4.42%
12	2011	83374	1.19%
13	2012	84341	1.16%
14	2013	85319	1.16%
15	2014	86167	0.99%
16	2015	86995	0.96%

Fuente: INEI al 30 de Junio del 2019

Con los datos de base que se muestran en el cuadro N° 24 se realizó la proyección de la población al año 2029 con el método lineal, logarítmico, potencial y polinómico cuyos gráficos se muestran a continuación:

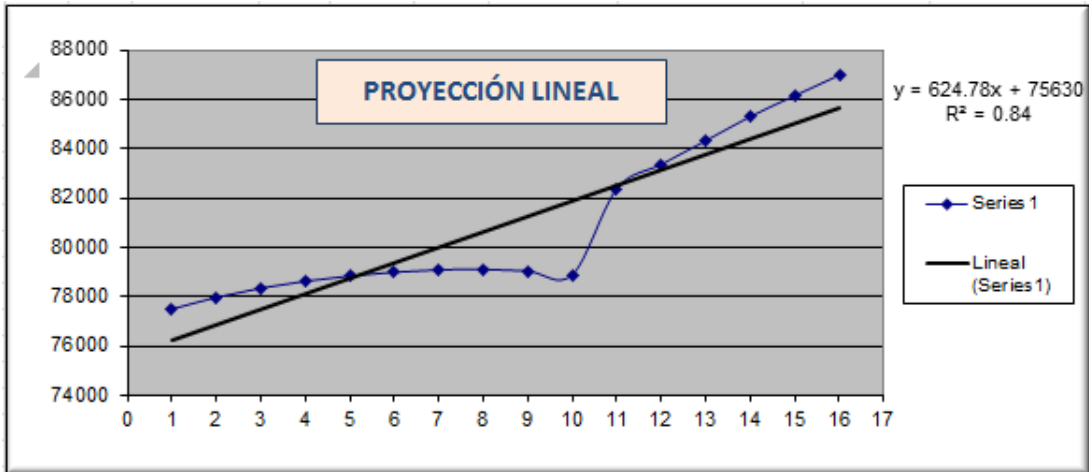


Gráfico N° 15: Curva de Crecimiento Lineal

Fuente: Elaboración Propia

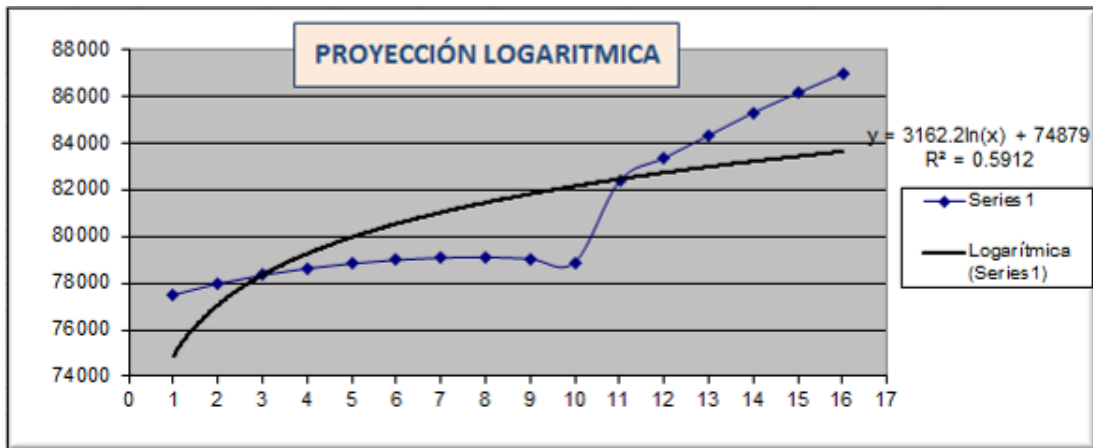


Gráfico N° 16: Curva de Crecimiento Logarítmica

Fuente: Elaboración Propia

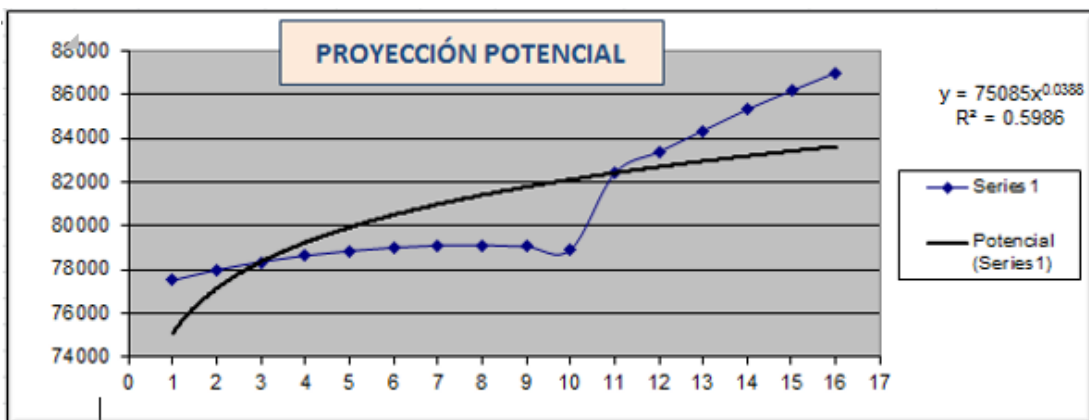


Gráfico N° 17: Curva de Crecimiento Potencial

Fuente: Elaboración Propia

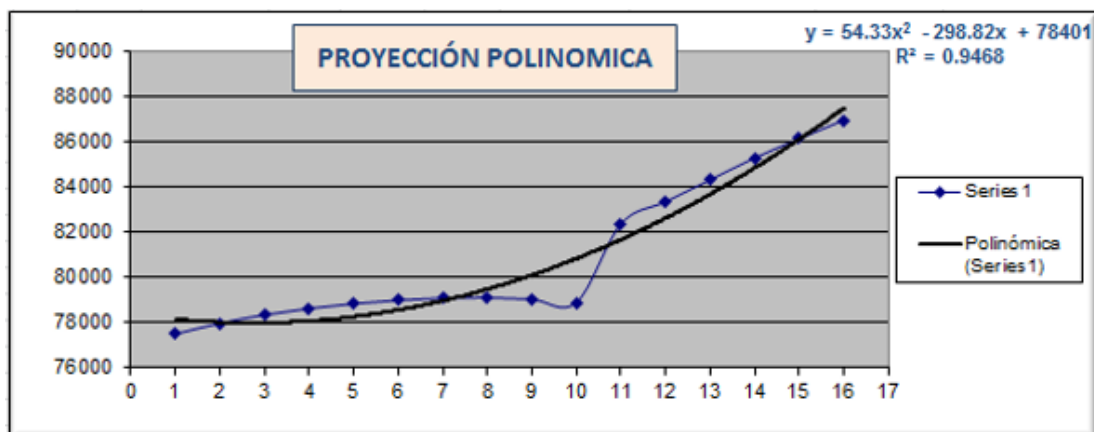


Gráfico N° 18: Curva de Crecimiento Polinómica

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos la curva de crecimiento cuya grafica se aproxima más a la serie de datos base del INEI y cuyo R^2 es más próximo a 1, es la proyección polinómica, por lo tanto esta se utilizará para hacer las proyecciones de la población al año 2029.

Cuadro N° 25: Proyección de Crecimiento Poblacional al 2029 Huánuco- Huánuco- Huánuco

<i>Año</i>		<i>Población</i>	<i>Tasa de Crecimiento (TC)</i>
17	2016	89022	2.33%
18	2017	90625	1.80%
19	2018	92337	1.89%
20	2019	94157	1.97%
21	2020	96085	2.05%
22	2021	98123	2.12%
23	2022	100269	2.19%
24	2023	102523	2.25%
25	2024	104887	2.31%
26	2025	107359	2.36%
27	2026	109939	2.40%
28	2027	112629	2.45%
29	2028	115427	2.48%
30	2029	118333	2.52%

Fuente: Elaboración Propia

2.7.4.1 Cálculo del Volumen Vehicular Proyectado al Año 2029

Con los datos del volumen vehicular actual (2019) que se describen en el capítulo “3.3.2 Flujogramas” y la tasa de crecimiento poblacional que se detalla en el Cuadro N° 25, se calculó el volumen vehicular proyectado al año 2029, para cada acceso que comprende el área de estudio, utilizando la siguiente ecuación:

$$Dónde: \quad P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

Pf: tránsito final.

P0: tránsito inicial (año base).

Tc: tasa de crecimiento anual

n: año a estimarse.

Los resultados obtenidos se muestran los siguientes cuadros:

Cuadro N° 26: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 01

		INTERSECCION N° 01							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. SAN MARTÍN		Jr. AYACUCHO		Jr. SAN MARTÍN		Jr. AYACUCHO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	177	136	100	179	227	174	128	230
Trimovil	0.32	240	165	152	252	308	212	195	323
Autos	1.00	180	138	123	181	231	177	158	232
Camioneta	1.25	12	18	9	12	15	23	12	15
Combi	2.00	7	5	2	2	9	6	3	3
Coaster	2.50	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	3.00	2	1	2	2	3	1	3	3
SUBTOTAL		618	463	388	628	793	593	499	806
ADE		327	254	213	322	421	323	276	415

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 27: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 02

INTERSECCION N° 02									
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. HUALLAYCO		Jr. AYACUCHO		Jr. HUALLAYCO		Jr. AYACUCHO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	357	256	115	96	458	328	147	123
Trimovil	0.32	520	333	163	143	667	427	209	183
Autos	1.00	478	300	148	141	613	385	190	181
Camiontea	1.25	24	19	11	10	31	24	14	13
Combi	2.00	3	4	0	0	4	5	0	0
Coaster	2.50	4	2	0	0	5	3	0	0
Camión 2E	3.00	4	3	2	2	5	4	3	3
SUBTOTAL		1,390	917	439	392	1,783	1,176	563	503
ADE		774	504	243	224	992	647	313	289
% V(Pesabos)		0.6%		0.5%		0.6%		0.6%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 28: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 03

INTERSECCION N° 03									
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. ABTAO		Jr. AYACUCHO		Jr. ABTAO		Jr. AYACUCHO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	233	65	143	211	299	83	183	271
Trimovil	0.32	419	123	221	340	537	158	283	436
Autos	1.00	401	118	167	288	514	151	214	369
Camiontea	1.25	13	11	8	7	17	14	10	9
Combi	2.00	3	4	2	2	4	5	3	3
Coaster	2.50	1	1	0	0	1	1	0	0
Camión 2E	3.00	2	1	2	3	3	1	3	4
SUBTOTAL		1,072	323	543	851	1,375	413	696	1,092
ADE		612	198	286	461	786	251	369	592
% V(Pesabos)		0.4%		0.4%		0.3%		0.4%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 29: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 04

		INTERSECCION N° 04							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. DOS DE MAYO		Jr. AYACUCHO		Jr. DOS DE MAYO		Jr. AYACUCHO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	258	120	150	51	331	154	192	65
Trimovil	0.32	431	200	268	90	553	257	344	115
Autos	1.00	418	231	227	55	536	296	291	71
Camioneta	1.25	27	13	14	7	35	17	18	9
Combi	2.00	4	5	3	2	5	6	4	3
Coaster	2.50	1	1	0	2	1	1	0	3
Camión 2E	3.00	2	2	1	1	3	3	1	1
SUBTOTAL		1,141	572	663	208	1,464	734	850	267
ADE		658	354	369	115	844	454	473	149
% V(Pesados)		0.4%		0.5%		0.4%		0.4%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 30: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 05

		INTERSECCION N° 05							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. 28 DE JULIO		Jr. AYACUCHO		Jr. 28 DE JULIO		Jr. AYACUCHO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	257	117	167	108	330	150	214	139
Trimovil	0.32	421	185	290	198	540	237	372	254
Autos	1.00	411	241	218	242	527	309	280	310
Camioneta	1.25	29	19	14	10	37	24	18	13
Combi	2.00	4	3	2	2	5	4	3	3
Coaster	2.50	2	1	1	1	3	1	1	1
Camión 2E	3.00	2	2	1	2	3	3	1	3
SUBTOTAL		1,126	568	693	563	1,445	728	889	723
ADE		652	362	371	352	839	464	476	453
% V(Pesados)		0.4%		0.4%		0.5%		0.4%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 31: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 06

		INTERSECCION N° 06							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. SAN MARTÍN		Jr. HUÁNUCO		Jr. SAN MARTÍN		Jr. HUÁNUCO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	164	110	125	138	210	141	160	177
Trimovil	0.32	218	107	133	152	280	137	171	195
Autos	1.00	191	218	165	206	245	280	212	264
Camiontea	1.25	13	24	15	14	17	31	19	18
Combi	2.00	6	7	3	2	8	9	4	3
Coaster	2.50	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	3.00	2	1	2	2	3	1	3	3
SUBTOTAL		594	467	443	514	763	599	569	660
ADE		328	321	263	310	423	412	339	399
% V(Pesados)		0.3%		0.4%		0.3%		0.5%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 32: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 07

		INTERSECCION N° 07							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. HUALLAYCO		Jr. HUÁNUCO		Jr. HUALLAYCO		Jr. HUÁNUCO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	204	123	105	207	262	158	135	265
Trimovil	0.32	383	229	136	368	491	294	174	498
Autos	1.00	416	202	131	407	534	259	168	522
Camiontea	1.25	28	24	9	22	36	31	12	28
Combi	2.00	7	3	1	2	9	4	1	3
Coaster	2.50	9	2	1	2	12	3	1	3
Camión 2E	3.00	2	3	4	4	3	4	5	5
SUBTOTAL		1,049	586	387	1,032	1,347	753	496	1,324
ADE		657	350	223	621	846	451	285	798
% V(Pesados)		1.0%		0.8%		1.0%		0.8%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 33: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 08

INTERSECCION N° 08									
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. ABTAO		Jr. HUÁNUCO		Jr. ABTAO		Jr. HUÁNUCO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	192	141	160	193	246	181	205	248
Trimovil	0.32	441	260	282	295	566	333	362	378
Autos	1.00	404	270	254	273	518	346	326	350
Camiontea	1.25	27	31	16	18	35	40	21	23
Combi	2.00	5	3	1	2	6	4	1	3
Coaster	2.50	1	2	1	0	1	3	1	0
Camión 2E	3.00	2	2	2	2	3	3	3	3
SUBTOTAL		1,072	709	716	783	1,375	910	919	1,005
ADE		636	437	407	439	816	563	523	564
% V(Pesados)		0.4%		0.3%		0.4%		0.4%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 34: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 09

INTERSECCION N° 09									
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. DOS DE MAYO		Jr. HUÁNUCO		Jr. DOS DE MAYO		Jr. HUÁNUCO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	211	128	147	145	271	164	189	186
Trimovil	0.32	531	243	300	241	681	312	385	309
Autos	1.00	420	260	234	184	539	333	300	236
Camiontea	1.25	41	37	44	13	53	47	56	17
Combi	2.00	1	1	3	1	1	1	4	1
Coaster	2.50	0	2	1	0	0	3	1	0
Camión 2E	3.00	3	2	0	2	4	3	0	3
SUBTOTAL		1,207	673	729	586	1,549	863	935	752
ADE		694	423	423	314	891	543	542	404
% V(Pesados)		0.4%		0.2%		0.4%		0.2%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 35: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 10

		INTERSECCION N° 10							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. 28 DE JULIO		Jr. HUÁNUCO		Jr. 28 DE JULIO		Jr. HUÁNUCO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	203	117	137	200	260	150	176	257
Trimovil	0.32	444	228	253	265	569	292	324	340
Autos	1.00	375	252	200	230	481	323	257	295
Camiontea	1.25	26	21	21	14	33	27	27	18
Combi	2.00	3	2	1	1	4	3	1	1
Coaster	2.50	1	3	1	3	1	4	1	4
Camión 2E	3.00	2	1	1	1	3	1	1	1
SUBTOTAL		1,054	624	614	714	1,351	800	787	916
ADE		605	389	342	385	776	499	437	493
% V(Pesados)		0.4%		0.5%		0.4%		0.4%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 36: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 11

		INTERSECCION N° 11							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. SAN MARTÍN		Jr. GRAL PRADO		Jr. SAN MARTÍN		Jr. GRAL PRADO	
		M2	M1	M2	M1	M2	M1		
Moto Lineal	0.20		260	172		333	221		
Trimovil	0.32		405	258		519	331		
Autos	1.00		402	214		516	274		
Camiontea	1.25		26	15		33	19		
Combi	2.00		5	5		6	6		
Coaster	2.50		0	4		0	5		
Camión 2E	3.00		4	2		5	3		
SUBTOTAL			1,102	670		1,412	859		
ADE			638	376		817	481		
% V(Pesados)		0.4%		0.9%		0.4%		0.9%	

Elaboración Propia

Cuadro N° 37: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 12

		INTERSECCION N° 12							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. HUALLAYCO		Jr. GRAL PRADO		Jr. HUALLAYCO		Jr. GRAL PRADO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	178	99	223	185	228	127	286	237
Trimovil	0.32	324	180	344	297	416	231	441	381
Autos	1.00	296	115	318	341	380	147	408	437
Camioneta	1.25	19	12	15	12	24	15	19	15
Combi	2.00	6	0	0	6	8	0	0	8
Coaster	2.50	4	0	0	3	5	0	0	4
Camión 2E	3.00	3	3	2	3	4	4	3	4
SUBTOTAL		830	409	902	847	1,065	524	1,157	1,086
ADE		490	216	497	517	629	277	639	663
% V(Pesados)		0.8%		0.5%		0.8%		0.5%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 38: Proyección del Volumen Vehicular al año 2029 – Intersección N° 13

		INTERSECCION N° 13							
		Año:	2019	n:	0	Año:	2029	n:	10
		Tasa de Crecimiento:				Tasa de Crecimiento:			
		1.97%				2.52%			
TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR	VEHICULOS MIXTOS AÑO BASE (2019)				VEHICULOS MIXTOS AÑO PROYECTADO (2029)			
		Jr. ABTAO		Jr. GRAL PRADO		Jr. ABTAO		Jr. GRAL PRADO	
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Moto Lineal	0.20	215	142	151	174	276	182	194	223
Trimovil	0.32	440	334	254	286	564	428	326	367
Autos	1.00	395	282	186	237	507	362	239	304
Camioneta	1.25	22	19	13	14	28	24	17	18
Combi	2.00	5	0	0	0	6	0	0	0
Coaster	2.50	1	0	0	0	1	0	0	0
Camión 2E	3.00	3	2	3	3	4	3	4	4
SUBTOTAL		1,081	779	607	714	1,386	999	780	916
ADE		628	447	323	390	804	574	415	501
% V(Pesados)		0.3%		0.5%		0.3%		0.5%	

Fuente: Elaboración Propia

2.7.5 Nivel de Servicio en Situación Actual

Para determinar el nivel de servicio en situación actual se modeló el flujo vehicular de las 13 intersecciones que comprende el área de estudio con el Software Synchro Traffic

8. Se siguieron los siguientes pasos:

1. Seleccionamos una imagen a escala del área de estudio utilizando la pestaña “File/Select Background”, para el desarrollo de la presente tesis se utilizó Software Google Earth Pro.

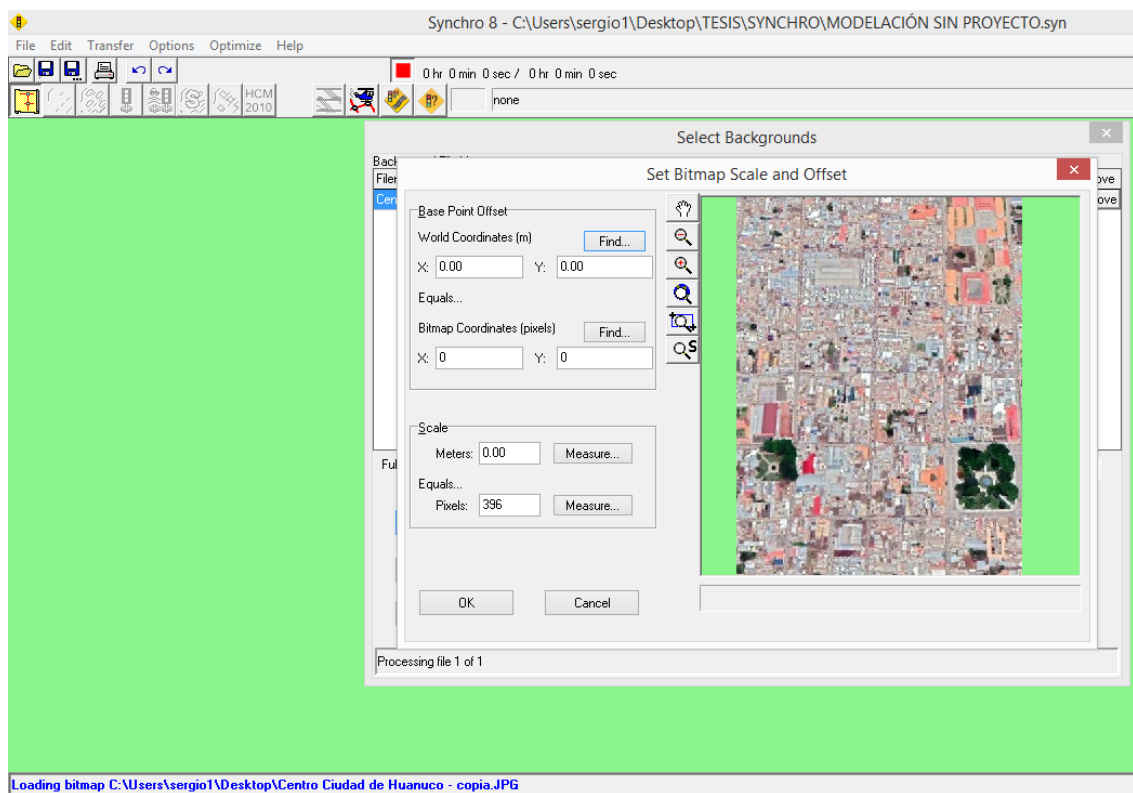


Figura N° 29: Selección de Imagen a escala del área de estudio

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.0

2. Se procede a dibujar los jirones que comprenden las 13 intersecciones con la herramienta “Add Link”.



Figura N° 30: Dibujo en el software de los jirones e intersecciones del área de estudio.

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

3. Se ingresa los ajustes de los carriles, los sentidos los flujos vehiculares, longitud de carriles, anchos, pendientes y el volumen horario de máxima demanda en Automóviles Directos Equivalentes (ADE), para cada acceso según lo descrito en el capítulo “3.3.2 Flujogramas”.

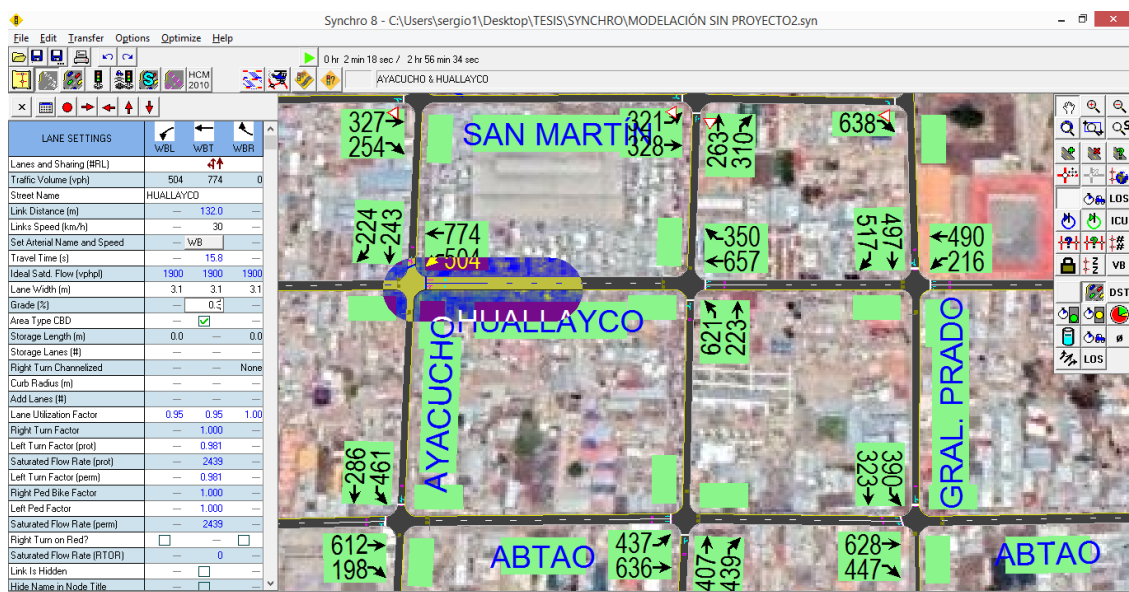


Figura N° 31: Ingreso en el software de los ajustes de los carriles

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

4. Se ingresa los ajustes de los volúmenes, los factores de hora pico, porcentajes de vehículos pesados, número de paradas y todas las características necesarias para el cálculo de los flujos de saturación, para cada acceso según lo descrito en el capítulo “3.3.3.1 Cálculo de Flujos de Saturación”.

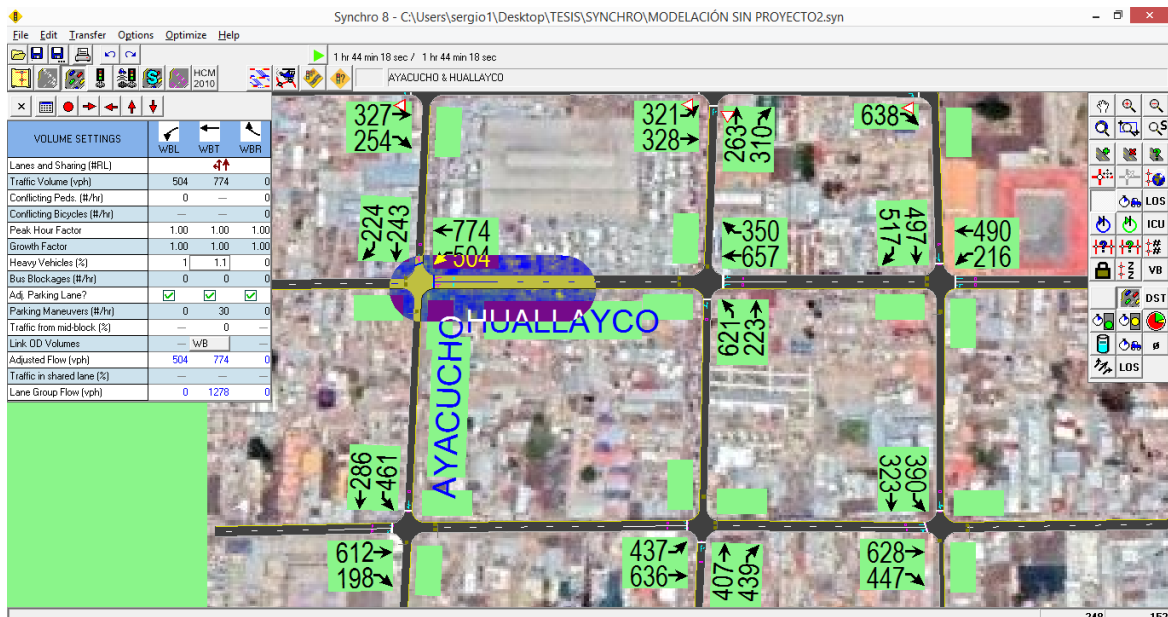


Figura N° 32: Ingreso en el software de los ajustes de los volúmenes

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

5. En la herramienta “Timing Setting” se ingresan los ajustes de tiempo, se selecciona la opción de semáforos de tiempos fijos y las longitudes de ciclo y tiempos de verde que se describen en el capítulo “3.2.2.1 Situación Actual de los Semáforos en el Área de Estudio”.

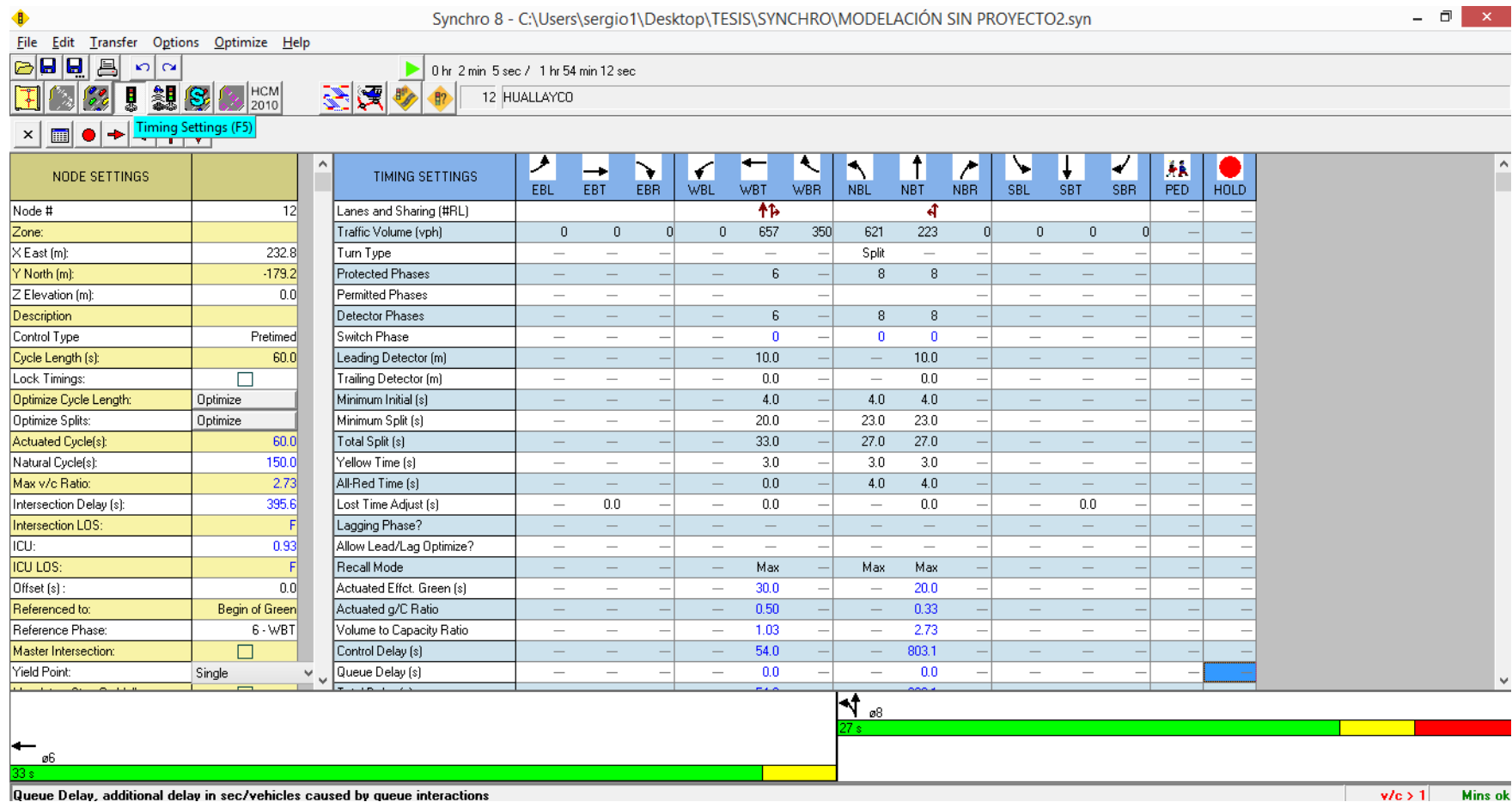


Figura N° 33: Ingreso en el software de los ajustes de tiempo de semáforos

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

6. Con la herramienta “Sim Traffic Animation” se realiza el modelado de todo el sistema en estado actual.

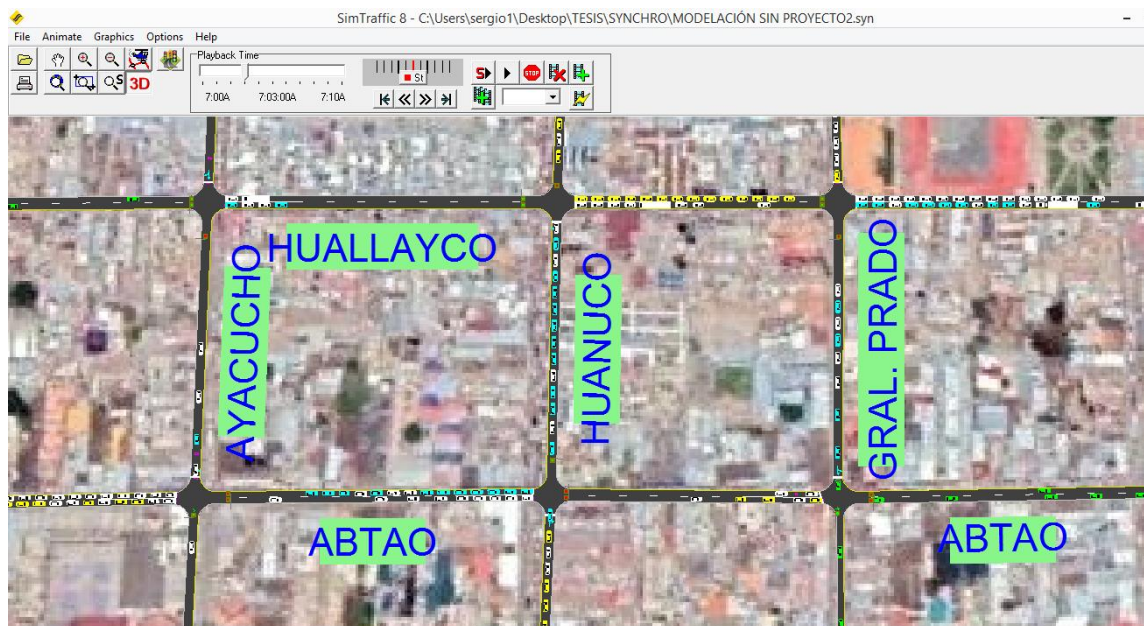


Figura N° 34: Modelado del sistema en el software en estado actual

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

7. Finalmente determinamos los niveles de servicio que presenta cada intersección en estado actual con la herramienta “Show Levels Of Service”.



Figura N° 35: Niveles de Servicio de las Intersecciones en Estado Actual

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

2.7.6 Nivel de Servicio en Situación Actual con Proyección al 2029

Para determinar el nivel de servicio de las intersecciones si es no se realiza ninguna intervención en 10 años se utilizaron los datos de proyección del volumen horario de máxima demanda al año 2029 descritos en el capítulo “3.3.4 Volumen Vehicular Proyectado al Año 2029”.

Los ajustes de carriles y tiempos son los mismos que en la modelación sin proyección, por lo que, para realizar el modelado se siguieron los siguientes pasos:

1. Se ingresaron los nuevos datos de volúmenes proyectados para cada acceso en automóviles directos equivalentes (ADE).



Figura N° 36: Ingreso de los volúmenes proyectados al software Synchro 8

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

2. Modelado de todo el sistema en estado actual con proyección del volumen vehicular al año 2029 con la herramienta “Sim Traffic Animation” del software Synchro Traffic 8.



Figura N° 37: Modelación del flujo vehicular en las Intersecciones en Estado Actual con Proyección

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

3. Finalmente determinamos los niveles de servicio que presenta cada intersección en estado actual con proyección del volumen vehicular al año 2029.



Figura N° 38: Niveles de Servicio de las Intersecciones en Estado Actual con Proyección.

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

2.7.7 Propuesta para mitigar la congestión vehicular

La propuesta para mitigar la congestión vehicular en las intersecciones críticas de la ciudad de Huánuco consiste en lo siguiente:

1. Optimización de cada uno de los ciclos semafóricos de cada intersección en función a las características geométricas y el volumen vehicular real.

Para realizar la optimización de los ciclos semafóricos se utilizó el software Synchro 8, habiéndose ingresado las características de ajustes de carriles y volúmenes se utilizó la herramienta “Optimize Cycle Length” en cada intersección de estudio.

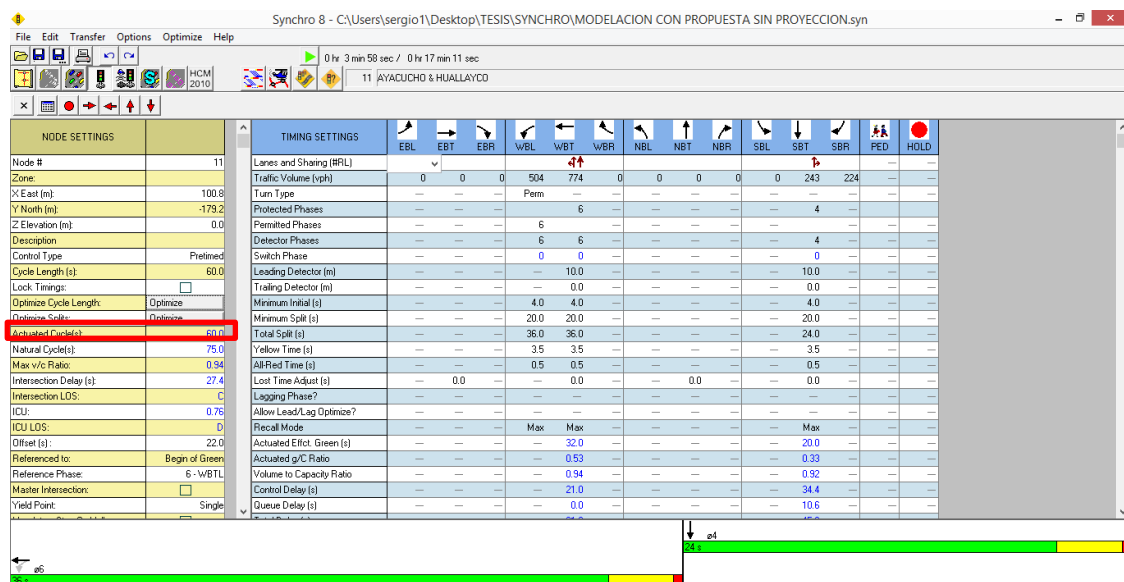


Figura N° 39: Optimización de Ciclo Semafórico de la Intersección del Jr. Ayacucho y Huallayco

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

2. Sincronización de todos los ciclos semafóricos como un sistema integrado en función a las características geométricas y el volumen vehicular real.

Para realizar la sincronización de todos los ciclos semafóricos de determino el desfase entre semáforos considerando al vehículo predominante como un punto que se traslada desde el primer semáforo hasta el segundo y así sucesivamente, esto se aplicó en el Jr. 28 de Julio, Dos de Mayo, Abtao.

El espacio promedio que existe entre semáforos es de 100 (datos geométricos) y la velocidad promedio de un automóvil es de 30 km/h, según la investigación realizada por (Delgado Flores, 2016, pág. 98) en la ciudad de Huánuco.

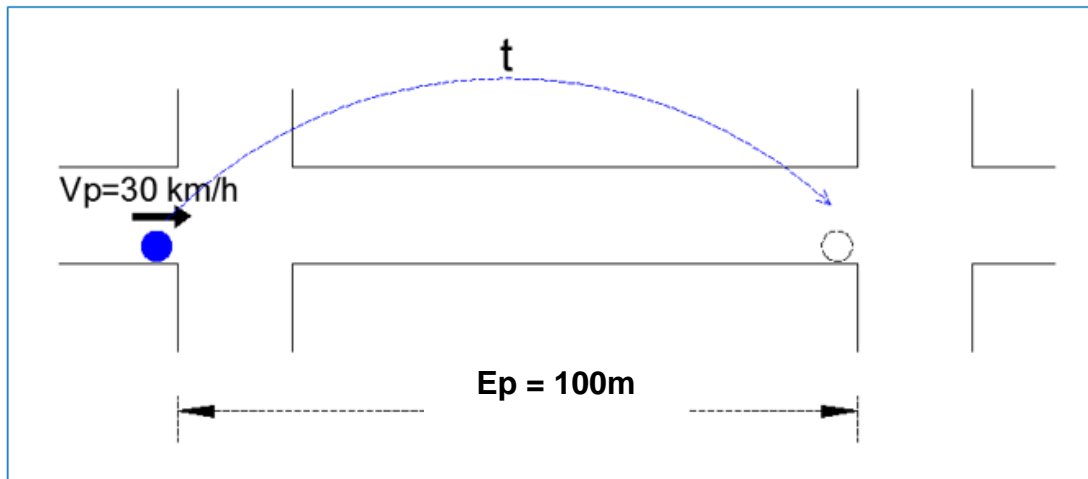


Figura N° 40: Velocidad de un automóvil y distancia entre semáforos.

Fuente: Elaboración Propia

De la fórmula:

$$t = \frac{E_p}{V_p} \dots (ec. 11)$$

t = Tiempo E_p = Distancia promedio V_p = Velocidad Promedio Automóvil

$$t = \frac{100}{30} \times \left(\frac{3600}{1000}\right)$$

$$t = 12 \text{ seg.}$$

Una vez cálculo el tiempo de desfase se utilizó el software Synchro 8 para sincronizar los ciclos semafóricos de todo el sistema utilizando la herramienta “Network Cycle Lengths”.

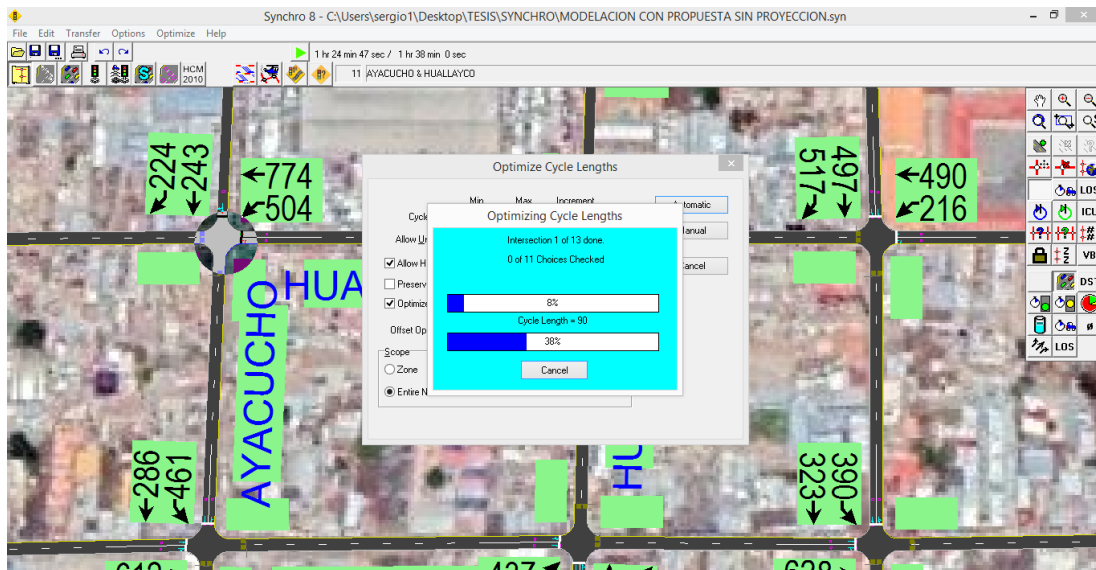


Figura N° 41: Sincronización y Optimización de todos los ciclo semafóricos del sistema

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

Esto nos permite sincronizar todos los ciclos semafóricos con una sola longitud de ciclo óptimo, los tiempos de verdes efectivos para cada intersección del área de estudio se muestran en la siguiente figura.



Figura N° 42: Tiempos de Verde Efectivo y Longitudes se Ciclo del Sistema en Sincronización

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8.

3. Restricción de estacionamientos en los jirones Ayacucho y Huánuco. La restricción de estacionamiento de todo tipo de vehículos en el carril izquierdo de los jirones Ayacucho y Huánuco, permitiría recuperar 2.4m de ancho de vía y reduciría el número de maniobras por estacionamientos.

Esto aumentaría el flujo de saturación en las intersecciones que conforman estos jirones; consecuentemente, se aumentaría la capacidad.

Para determinar el flujo de saturación con la propuesta se utilizó la metodología descrita en el capítulo “3.3.3.1 Cálculo de Flujos de Saturación”, los resultados se describen a continuación.



Figura N° 43: Restricción de estacionamientos de todo tipo de vehiculos

Fuente: Elaboración Propia – Google Eath

Cuadro N° 39: Flujo de Saturación con Propuesta

Intersección	Jirones	So	N	fw	fHV	fg	fp	fbp	fa	fLU	fLT	fRT	fLpb	fRpb	Flujo Saturación ADE/hora
N° 02	AYACUCHO	1900	1	0.992	0.995	0.999	0.880	1.000	0.900	1.000	1.000	0.928	1.000	1.000	1377
	HUALLAYCO	1900	2	0.947	0.989	0.999	0.883	0.976	0.900	0.826	0.981	1.000	1.000	1.000	2231
N° 03	AYACUCHO	1900	2	0.956	0.990	0.999	1.000	0.988	0.900	0.500	0.970	1.000	1.000	1.000	1548
	ABTAO	1900	2	0.948	0.996	0.998	0.933	0.988	0.900	0.662	1.000	0.963	1.000	1.000	1894
N° 04	AYACUCHO	1900	2	0.936	0.995	0.999	1.000	0.988	0.900	0.500	1.000	0.964	1.000	1.000	1515
	DOS DE MAYO	1900	2	0.914	0.996	0.998	0.898	1.000	0.900	0.769	0.983	1.000	1.000	1.000	2109
N° 07	HUÁNUCO	1900	2	0.916	0.992	0.999	1.000	1.000	0.900	0.500	0.965	1.000	1.000	1.000	1497
	HUALLAYCO	1900	2	0.987	0.990	0.999	0.878	0.976	0.900	0.766	1.000	0.948	1.000	1.000	2076
N° 08	HUÁNUCO	1900	2	0.908	0.997	0.999	1.000	1.000	0.900	0.500	1.000	0.922	1.000	1.000	1425
	ABTAO	1900	2	0.989	0.996	0.998	0.903	0.988	0.900	0.844	0.980	1.000	1.000	1.000	2480
N° 09	HUÁNUCO	1900	2	0.880	0.998	0.998	1.000	1.000	0.900	0.500	0.979	1.000	1.000	1.000	1468
	DOS DE MAYO	1900	2	0.928	0.996	0.999	0.900	1.000	0.900	0.805	1.000	0.943	1.000	1.000	2157
N° 10	HUÁNUCO	1900	2	0.924	0.995	0.999	1.000	1.000	0.900	0.500	1.000	0.921	1.000	1.000	1445
	28 DE JULIO	1900	2	0.920	0.996	0.998	0.923	0.986	0.900	0.821	0.981	1.000	1.000	1.000	2292

Fuente: Elaboración Propia

2.7.7.1 Nivel de Servicio con Propuesta sin Proyección

Para determinar el nivel de servicio de las intersecciones del área de estudio se simulación en el software Synchro Traffic 8 la propuesta descrita en el capítulo “3.3.7 Propuesta para mitigar la congestión vehicular” obteniéndose los siguientes resultados.



Figura N° 44: Simulación en 3D de las Intersecciones Con Propuesta sin Proyección.

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8



Figura N° 45: Niveles de Servicio de las Intersecciones Con Propuesta sin Proyección.

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8

2.7.7.2 Nivel de Servicio con Propuesta con Proyección al 2029

Para determinar el nivel de servicio de las intersecciones del área de estudio con propuesta y proyección al 2029 se utilizaron los datos del volumen vehicular descritos en el capítulo “3.3.4 Volumen Vehicular Proyectado al Año 2029”.

Los datos de la propuesta descrita en capítulo “3.3.7 Propuesta para mitigar la congestión vehicular” se ingresaron al software Synchro Traffic 8 obteniéndose los siguientes resultados.



Figura N° 46: Niveles de Servicio de las Intersecciones Con Propuesta y con Proyección

Fuente: Elaboración Propia – Synchro Traffic 8

CAPITULO III

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Análisis del Flujo Vehicular

Del análisis de flujo vehicular realizado en las 13 intersecciones de estudio se tuvo como resultado que el volumen horario de máxima demanda se da desde las 5:45 pm hasta las 6:45 pm con una proporción promedio de tipos de vehículos distribuidos de la siguiente manera.

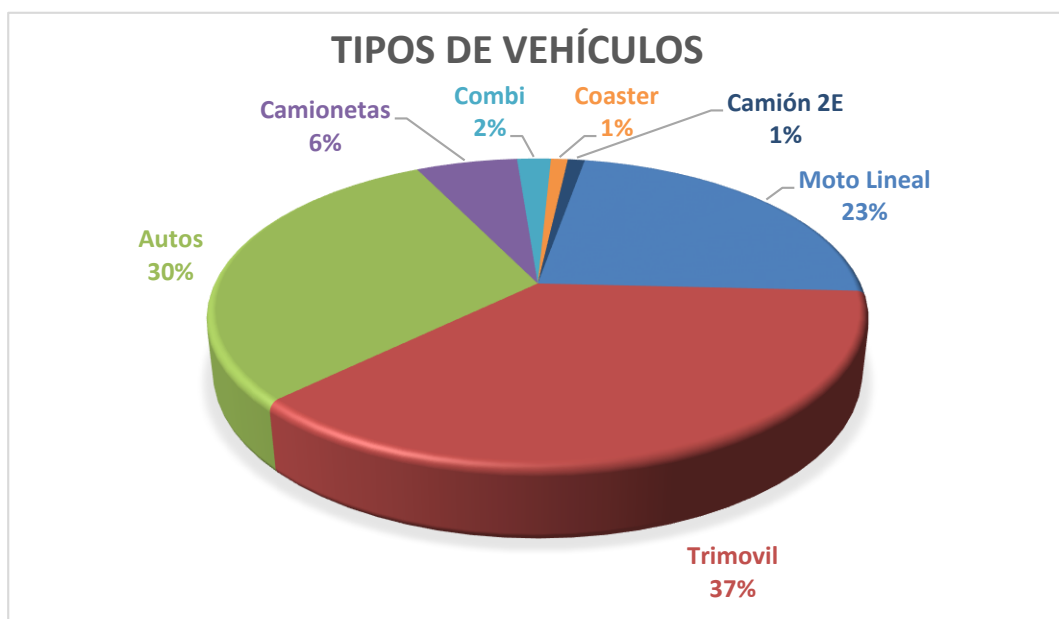


Gráfico N° 19: Tipos de Vehículos

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Resultados de la Investigación

Cuadro N° 40: Resumen de Simulación del Tránsito, Demoras y Niveles de Servicio

N°	INTERSECCION	SIN PROPUESTA SIN PROYECCIÓN			SIN PROPUESTA CON PROYECCIÓN			CON PROPUESTA SIN PROYECCIÓN			CON PROPUESTA CON PROYECCIÓN		
		Tiempo del Ciclo (seg)	Nivel de Servicio	Demoras (Seg/Veh)	Tiempo del Ciclo (seg)	Nivel de Servicio	Demoras (Seg/Veh)	Tiempo del Ciclo (seg)	Nivel de Servicio	Demoras (Seg/Veh)	Tiempo del Ciclo (seg)	Nivel de Servicio	Demoras (Seg/Veh)
1	Jr. Ayacucho - Jr. San Martín	-	D	36.2	-	E	56.3	50	C	23.9	50	D	36.9
2	Jr. Ayacucho - Jr. Huallayco	-	E	57.3	-	F	87.6	50	C	22.3	50	C	33.5
3	Jr. Ayacucho - Jr. Abtao	60	D	40.4	60	E	65.5	50	B	15.2	50	B	17.3
4	Jr. Ayacucho - Jr. Dos de Mayo	-	D	38.6	-	E	63.2	50	B	10.7	50	B	11.4
5	Jr. Ayacucho - Jr. 28 de Julio	60	E	55.8	60	F	90.9	50	B	18.0	50	C	21.9
6	Jr. Huánuco - Jr. San Martín	-	E	46.0	-	F	89.6	50	C	31.7	50	D	49.5
7	Jr. Huánuco - Jr. Huallayco	60	E	64.2	60	F	101.0	50	C	34.8	50	D	50.3
8	Jr. Huánuco - Jr. Abtao	60	E	60.7	60	F	96.6	50	B	18.7	50	D	36.9
9	Jr. Huánuco - Jr. Dos de Mayo	60	E	58.1	60	E	78.6	50	C	20.0	50	C	27.8
10	Jr. Huánuco - Jr. 28 de Julio	-	E	61.3	-	F	87.3	50	B	16.6	50	C	20.7
11	Jr. Gral. Prado - Jr. San Martín	-	D	37.5	-	E	55.7	50	C	20.9	50	C	26.5
12	Jr. Gral. Prado - Jr. Huallayco	60	E	63.6	60	E	74.2	50	B	19.1	50	C	25.4
13	Jr. Gral. Prado - Jr. Abtao	60	D	38.9	60	E	67.2	50	B	16.4	50	C	20.1

Fuente: Elaboración Propia

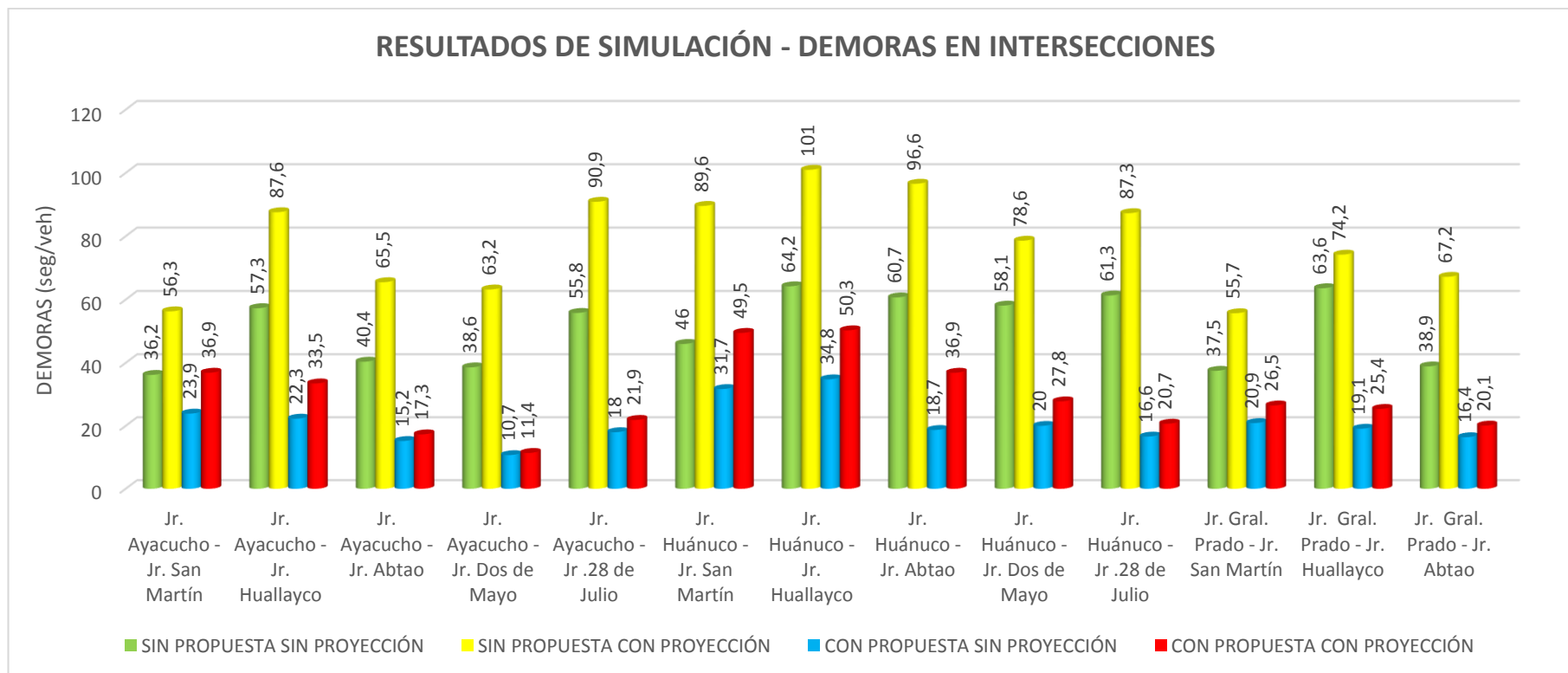


Gráfico N° 20: Resultados de Simulación del Tránsito y Demoras en Intersecciones

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Validación de la Hipótesis

HIPOTESIS

La propuesta de mitigación de congestión vehicular mejora el nivel de servicio en las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco.

VALIDACIÓN DE LA HIPOTESIS

Se puede observar en el cuadro N° 40 y el grafico N° 20 los resultados de la simulación del tránsito vehicular verificándose que propuesta mejora el nivel de servicio en las intersecciones, con lo que, se valida hipótesis planteada en esta investigación.

CONCLUSIONES

- En la actualidad, las intersecciones de estudio presentan niveles de servicio D y E con tiempos de demora que varían de 25 a 60 segundos.
- Si es que no se realiza ninguna intervención en 10 años, las intersecciones presentarán niveles de servicio E y F con tiempos de demora mayores a 60 segundos.
- Con la propuesta que se plantea en esta investigación las intersecciones presentarán en la actualidad niveles de servicio B y C; en 10 años solo 4 intersecciones alcanzarían un nivel de servicio D las demás se mantienen en niveles de servicio B y C.
- El volumen horario de máxima demanda en las intersecciones de estudio se da en la tarde – noche, iniciando a las 5:45 pm hasta las 6:45pm. El vehículo predominante es el Trimovil (Bajaj), con una incidencia del 37% del flujo vehicular total.
- Para realizar los cálculos de capacidad de una vía el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MDGC - 2018) establece valores muy altos, sin detallar la forma de cálculo ni como depreciarlos, asimismo, las condiciones prevalecientes del tránsito descritas en el manual no son aplicables a intersecciones ni a nuestra realidad local.
- Para determinar la capacidad y los niveles de servicio en intersecciones se utilizó el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM-2010), el cual fue concebido en Estados Unidos. Actualmente, el Perú no cuenta con un manual para realizar este tipo de estudios que esté aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- Se determinó que sin la propuesta la intersección más crítica es la del Jr. Huánuco y el Jr. Huallayco con un nivel de servicio E y una demora de 64.2 segundos; esta intersección con la propuesta presenta un nivel de servicio C y una demora de 34.8 segundos.

- El Software Synchro Traffic 8.0 permite realizar la optimización y sincronización de ciclos semafóricos de manera rápida y dinámica, facilitando así la evaluación de diferentes propuestas.

RECOMENDACIONES

- A la Municipalidad Provincial de Huánuco, controlar el crecimiento descontrolado del parque automotor, sobre todo de trimóviles; ya que sin ninguna intervención en 10 años las intersecciones presentarán niveles de servicio de E y F.
- A las autoridades locales evaluar la aplicación de la propuesta descrita en la presente investigación y sus efectos a corto y largo plazo.
- Se recomienda que para futuras investigaciones de tránsito en la ciudad de Huánuco se priorice el análisis en la hora de máxima demanda de 5:45 pm a 6:45pm; asimismo, enfocarse en las características particulares del vehículo predominante que es Trimovil (Bajaj).
- Al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, incorporar en la siguiente publicación del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras la forma del cálculo de la capacidad de una vía y como depreciar esos valores.
- Al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobar un manual que permita realizar estudios de tránsito a intersecciones acordes a las características de medio local, regional y nacional.
- Se recomienda priorizar la intervención de las intersecciones más críticas, como es la que está conformada por el Jr. Huánuco y el Jr. Huallayco.
- Se recomienda que para estudios futuros de tránsito se utilice el Software Synchro Traffic 8.0 ya que permite modelar diferentes propuestas de manera rápida y dinámica hasta obtener los mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Agosta, D. (01 de Setiembre de 2010). *SlidePlayer*. Obtenido de Infraestructura del Transporte Terrestre: <http://slideplayer.com/slide/5221618/>
- Alcaldía Mayor de Bogota. (2005). *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte*. Bogotá: Secretaria de Tránsito y Transporte. Obtenido de: <https://es.scribd.com/doc/165594410/Manual-de-planeacion-y-diseno-para-la-administracion-del-transito-y-del-transporte-Tomo-1>
- Angaspico, C. (2014). *Nivel de Serviciabilidad en las Avenidas; Atahualpa, Juan XXIII, Independencia de los Héroes y San Martín de la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/319>
- Arandia, T., & Veizaga, B. (2006). *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Ingeniería de Tráfico*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.
- Arias, P., & Valdiviezo, V. (2014). *Estudio de Impacto Vial para Escuelas en Zonas Urbanas de Lima Metropolitana*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de: <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/337204/1/Tesis+Arias++Valdiviezo.pdf>
- Bañon Blázquez, L., & Beviá García, J. (2000). *Manual de Carreteras* (Vol. 2). Madrid: Contratista de Obras.
- Cal y Mayor, R., & Cardenaz, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones* (8a ed.). Distrito Federal, MEXICO: Alfaomega. Obtenido de:

<http://download674.mediafire.com/iovj1shqqgdg/bvrl6hp05sqygcl/Libro+Gu%C3%ADa+de+Ingenier%C3%ADa+de+Tr%C3%A1nsito.pdf>

Córdova Facundo, C. E. (2017). *Pautas Metodológicas para Incorporar el Trimovil en los Estudios del Tránsito en la Ciudad de Huánuco*. Huánuco: Huánuco.

Delgado Flores, A. (2016). *Microsimulación Semafórica Coordinada en la Vía Arterial Céntrica Jr. 28 de Julio Huánuco*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5417>

Dirección General de Inversión Pública. (2015). *Manual de Proyectos de Inversión Pública de Vías Urbanas*. Lima: MEF. Obtenido de:

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Guia_Urbana.pdf

Iturra, N. (18 de Junio de 2008). *La congestión en las Grandes Ciudades*. Obtenido de Blogger:

<http://papers-nico.blogspot.com/2008/06/la-congestin-en-las-grandes-ciudades.html>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos*. Lima: Diario Oficial el Peruano.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito*. Lima: Diario Oficial el Peruano.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Lima: Diario Oficial El Peruano.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Reglamento Nacional de Tránsito*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Obtenido de:

<http://www.sutran.gob.pe/wpcontent/uploads/2018/09/C%C3%B3digo-de-Tr%C3%A1nsito-Spij-.pdf>

- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2012). *Manual de Señalización de Tránsito*. Santiago, Chile: CONASET. Obtenido de: https://www.conaset.cl/manualesenalizacion/document/manual_senalizacion.rar
- Ocoró, M. (2014). *Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio del Corredor Vial Cali*. Cali, Colombia: Universidad del Valle. Obtenido de: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8006/1/CB-0495135.pdf>
- Otero, L. (2015). *Alternativa de Solución Vial a la Intersección de las Av. A. Cáceres y Av. Ramón Mugica, Piura*. Piura, Perú: Universidad de Piura. Obtenido de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2263/ICI_216.pdf?sequence=1
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la Lengua Española* (23 ed.). Madrid, España: Real Academia Española. Obtenido de: http://www.rae.es/sites/default/files/Dossier_Prensa_Drae_2014_5as.pdf
- Soto, A. (2016). *Intervención Vial del Puente Esteban Pavletich y sus Accesos, para Mejorar la Transitabilidad en la Ciudad de Huánuco – 2016*. Huanuco, Huánuco, Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Soto, D. (2017). *Análisis y Planificación Vial del tránsito Vehicular en el Cercado de la Ciudad de Juliaca*. Juliaca, Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5238>
- Sulca Correa, K. (2016). *hola*.
- Thomson, I., & Bull, A. (2014). *La congestión del Tránsito Urbano: Causas y Consecuencias Económicas y Sociales*. Santiago, Chile: Cepal. Obtenido de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6381/1/S01060513_es.pdf

Transportation Research Board. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Estados Unidos: National Academy of Sciences.

Transportation Research Board. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual)*. Washington, EE.UU: Asociación Técnica de Carreteras.

VCHISA. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.

Velasco. (2017). *Los Estudios de Impacto Vial y el Tráfico Generado en la Ciudad de Lima*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/9407/VELASCO_JIMMY_IMPACTO_VIAL_TRAFICO_LIMA.pdf?sequence=1

Velasco, M. (2016). *Estudio de Movilidad en el Sector de Terminal Terrestre en la Ciudad de Riobamba – Ecuador*. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3066>

ANEXOS

- ANEXO 1: PLAN DE TESIS APROBRADO CON RESOLUCION N° 381-2018-UNHEVAL-FICA
- ANEXO 2: AFOROS
- ANEXO 3: FLUJOS DE SATURACIÓN
- ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
- ANEXO 5: NOTA BIBLIOGRÁFICA
- ANEXO 6: ACTA DE APROBACIÓN
- ANEXO 7: AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICA



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los diez días del mes de octubre del 2019, siendo a las veinte horas, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N° 391-2019-UNHEVAL-FICA-D y Resolución de Decano N° 541-2019-UNHEVAL-FICA-D y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis titulado "PROPUESTA PARA MITIGAR LA CONGESTION VEHICULAR Y MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE HUANUCO", para optar el Título de Ingeniero Civil del Bachiller Sergio Luis SALCEDO CRUZ.

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

Los Miembros del Jurado declararon **APROBADO** con la nota de: **Dieciseis (16)**

Con el calificativo de: **BUENO**

Dándose por concluido dicho acto a las: **21:00 HORAS** del mismo día.

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....
.....

MBa. Carlos Córdova Facundo
PRESIDENTE

Ing. Edgar Grimaldo Matto Pablo
SECRETARIO

Ing. Luis Fernando Narro Jara
VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	1 de 2

ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: SALCEDO CRUZ SERGIO LUIS

DNI: 46892687 Correo electrónico: ES.SERGIO1608@GMAIL.COM

Teléfonos: Casa _____ Celular 998867261 Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa _____ Celular _____ Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa _____ Celular _____ Oficina _____

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS


Pregrado	
Facultad de:	<u>INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</u>
E. P. :	<u>INGENIERIA CIVIL</u>

Título Profesional obtenido:

INGENIERO CIVIL

Título de la tesis:

PROPUESTA PARA MITIGAR LA CONGESTIÓN VEHICULAR Y MEJORAR EL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES		
			RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	VERSION 0.0	FECHA 06/01/2017

NIVEL DE SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO.

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
<input checked="" type="checkbox"/>	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
<input type="checkbox"/>	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web repositorio.unheval.edu.pe, por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- 1 año
- 2 años
- 3 años
- 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma: 21 de Octubre del 2019

Firma del autor y/o autores:

