

Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga

Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



Tesis Para Optar el Título de Ingeniero Civil

”ANÁLISIS VIAL EN INTERSECCIONES A DESNIVEL CON
MICROSIMULACIÓN Y SISTEMA INTELIGENTE DE
TRANSPORTE, APLICADO A LA INTERSECCIÓN Av.
EJÉRCITO CON Av. RAMÓN CASTILLA.”

Autor:

Bach. Saul Lapa Meza

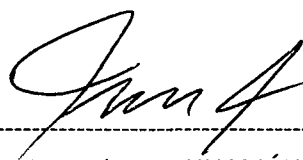
Asesor:

M.Sc. Ing. Hemerson Lizarbe Alarcón

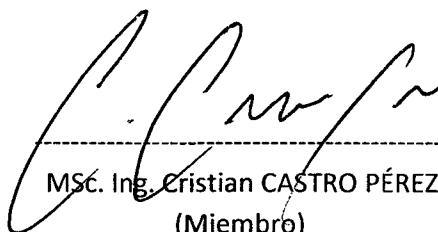
Ayacucho - 2017

“ANÁLISIS VIAL EN INTERSECCIONES A DESNIVEL CON MICROSIMULACIÓN Y SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE, APLICADO A LA INTERSECCIÓN Av. EJÉRCITO CON Av. RAMÓN CASTILLA.”

RECOMENDADO : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2017
APROBADO : 22 DE DICIEMBRE DEL 2017



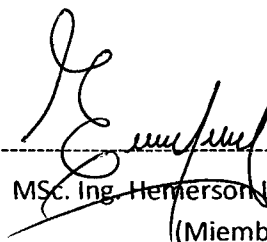
Dr. Ing. Jaime A. HUAMÁN MONTES
(Presidente)



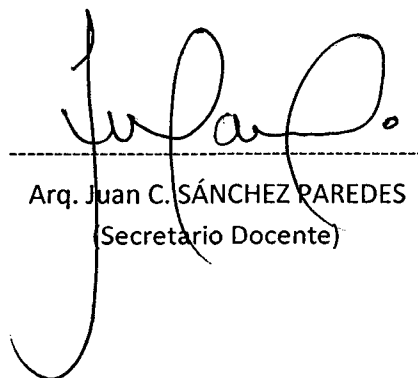
MSc. Ing. Cristian CASTRO PÉREZ
(Miembro)



MSc. Ing. Adolfo LINARES FLORES
(Miembro)



MSc. Ing. Hermerson LIZARBE ALARCÓN
(Miembro)

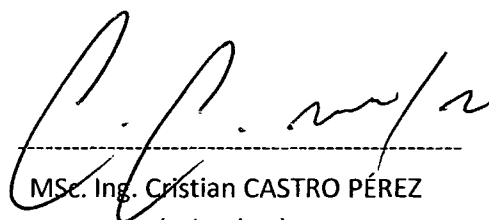


Arq. Juan C. SÁNCHEZ PAREDES
(Secretario Docente)

Según el acuerdo constatado en el acta, levantado el 22 de diciembre del 2017, en la sustentación de tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil Sr. Saúl LAPA MEZA, Con la Tesis Titulado "ANÁLISIS VIAL EN INTERSECCIONES A DESNIVEL CON MICROSIMULACIÓN Y SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE, APLICADO A LA INTERSECCIÓN Av. EJÉRCITO CON Av. RAMÓN CASTILLA", fue calificada con la nota de CATORCE (14) por los que se da la respectiva APROBACIÓN.



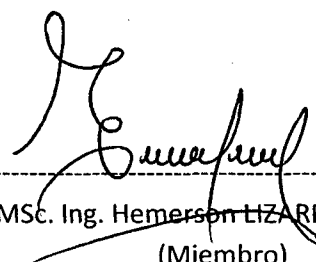
Df. Ing. Jaime A. HUAMÁN MONTES
(Presidente)



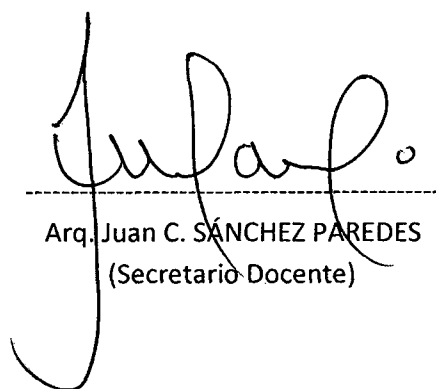
MSc. Ing. Cristian CASTRO PÉREZ
(Miembro)



MSc. Ing. Adolfo LINARES FLORES
(Miembro)



MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN
(Miembro)



Arq. Juan C. SÁNCHEZ PAREDES
(Secretario Docente)

Presentación

Esta tesis es presentada como parte de los requisitos para optar el título académico de Ingeniero Civil, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, la misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el periodo 2016-2017.

Saul Lapa Meza

saul_lapa@hotmail.es

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Ayacucho, 2017

Dedicatoria

*Dedico esta Tesis a mis padres Santiago y Lisbeth
y a mis queridos hermanos.*

Agradecimientos

- A la *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga* y todos los Catedráticos de la *Escuela Profesional de Ingeniería Civil*.
- A mis padres, por su apoyo trascendental en mi vida.
- A *Lauri*, por apoyarme de manera incondicional para culminar esta tesis.
- Al *Ing. Hemerson*, por sus consejos y la motivación que otorga con su constante emprendimiento.
- A *Edwin y Piero*, amigos de la PUCP que me apoyaron con sus conocimientos en la microsimulación con el Vissim.
- A *Dennis*, por el apoyo en la animación en 3D de mis planteamientos.

Resumen

El objetivo principal de la presente *Tesis* es considerar la implementación de un sistema de transporte en la intersección vial en estudio, la cual presenta una importante congestión vial, por lo que se plantea las soluciones de dos pasos a desnivel o un sistema inteligente de transporte que nos permita evaluar mediante una microsimulación de ambos, cuál de las opciones permite tener un mejor flujo vehicular.

Realizada la evaluación con los sistemas planteados, los pasos a desnivel presentaron un mejor resultado frente a los *ITS*¹, al obtener menores longitudes de cola y tiempos de recorrido en los pasos a desnivel que el sistema inteligente de transporte.

Palabras claves:

Paso a desnivel, sistema inteligente de transporte, microsimulación, Tráfico vehicular.

¹Por sus siglas en inglés: Intelligent Transport System

Summary

The main objective of this thesis is to consider the implementation of a transportation system at the road intersection under study, which presents a significant road congestion, which is why it proposes two-step solutions or an intelligent transport system that allows us to evaluate through a microsimulation of both, which of the options allows having a better vehicular flow.

Once the evaluation was done with the systems proposed, the overpasses showed a better result compared to the ITS, by obtaining lower tail lengths and travel times in the overpasses than the intelligent transport system.

Keywords:

Overpass, intelligent transport system, microsimulation, vehicular traffic.

Índice general

Portada	I
Presentación	I
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Resumen	IV
Summary	V
Índice general	VI
Índice de figuras	XIII
Índice de cuadros	XXII
I Introducción	1
1. Introducción	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.1.1. Formulación del problema.	3
1.1.1.1. Problema principal.	3
1.1.1.2. Problemas secundarios.	3
1.2. Justificación	4
1.3. Importancia	4

1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.	4
1.4.2. Objetivos específicos.	5
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. hipótesis específicos	5
1.5.3. Variables e Indicadores.	6
1.5.3.1. Variables independientes.	6
1.5.3.2. Variables dependientes.	6
1.6. Metodología de investigación	7
1.6.1. Tipo de investigación.	7
1.6.2. Nivel de investigación.	7
1.6.3. Diseño de la investigación.	7
II Marco teórico	9
2. Estado del arte	10
2.1. Conceptos generales.	10
2.1.1. Transporte e ingeniería de tránsito.	10
2.1.2. Sistema de transporte.	11
2.1.2.1. Estructura del sistema de transporte	11
2.2. Paso a desnivel.	12
2.2.1. Características de un paso a desnivel.	13
2.2.2. Importancia de un paso a desnivel.	13
2.2.3. Entorno integrado para un paso a desnivel.	14
2.2.4. Proyección y evolución de un paso a desnivel a través del tiempo.	14
2.2.5. Tipos de pasos a desnivel.	14
2.2.6. Integración de los vehículos y los peatones en una vía a través de un paso a desnivel.	16
2.2.7. Diseños de intersecciones a desnivel.	16
2.2.7.1. Criterios generales de diseño.	18

2.3.	Sistema inteligente de transporte(ITS).	27
2.3.1.	Características de un ITS.	28
2.3.2.	Importancia de un ITS.	29
2.3.3.	Entorno integrado para un ITS.	29
2.3.4.	Proyección y evolución de un ITS.	30
2.3.5.	Ejemplos de ITS.	31
2.3.6.	Integración de los vehículos y las peatones en una vía a través de un ITS.	31
2.4.	Modelos de tráfico vehicular.	32
2.5.	Fenómenos del flujo vehicular.	33
2.5.1.	Congestión vehicular o vial.	33
2.5.2.	Causas de la congestión vehicular.	33
2.5.3.	Consecuencias y efectos.	34
2.5.4.	Señalización vial.	35
2.6.	Microsimulación, características y sistemas.	37
2.6.1.	Modelo y sistema	37
2.6.2.	Modelo del tráfico	37
2.6.2.1.	Tipos de modelación del tráfico	38
2.6.3.	Microsimulación del tráfico	41
2.6.4.	Fundamentos de la microsimulación	41
2.6.4.1.	Estadísticas no paramétricas	41
2.6.4.2.	Aleatorización	43
2.6.4.3.	Nivel de aleatoriedad en el flujo del tráfico	45
2.6.4.4.	Número semilla	45
2.6.4.5.	Número de corridas	45
2.6.4.6.	Warm up (tiempo de estabilidad)	48
2.6.4.7.	Interacción de vehículos	49
2.6.4.8.	Calibración del modelo	50
2.6.4.9.	Validación del modelo	50
2.6.5.	Modelos de seguimiento vehicular (car following)	50

2.6.5.1.	Modelo de la general motors	51
2.6.5.2.	Modelo de gipps	52
2.6.5.3.	Modelo de wiedemann	53
2.6.6.	Modelos de cambio de carril	55
2.7.	Software PTV VISSIM 9.0	56
2.7.1.	Vissim	56
2.7.2.	Antecedentes de Vissim	57
2.7.3.	Funcionamiento del software Vissim	57
2.7.4.	Componente estático	58
2.7.5.	Componente dinámico	59
2.7.6.	Infraestructura del modelo	59
2.7.6.1.	Link y conectores	59
2.7.6.2.	Otros elementos del modelo	60
2.7.7.	Control del tráfico	61
2.7.7.1.	Intersecciones no semaforizadas	61
2.7.7.2.	Intersecciones semaforizadas	62

III Materiales y métodos 64

3. Materiales y Métodos 65

3.1.	Características generales de ámbito de estudio.	65
3.1.1.	Características topográficas y de suelo.	66
3.1.2.	Característica del área de tránsito peatonal.	67
3.1.3.	Característica del área de tránsito vehicular.	68
3.1.4.	Identificación de las señales viales.	69
3.1.5.	Identificación de las conexiones al área de estudio.	70
3.2.	Diagnóstico actual del transporte.	71
3.2.1.	Área de estudio.	71
3.2.2.	Situación actual.	72
3.2.3.	Demanda de transporte.	80
3.2.4.	Operación del sistema de transporte actual.	87

3.2.5.	Jerarquización vial.	92
3.2.6.	Clasificación vial.	93
3.3.	Análisis del tráfico en el área de estudio.	95
3.3.1.	Resumen promedio del aforo realizado de las 7:00 am a 8:00 am	96
3.3.2.	Resumen promedio del aforo realizado de las 12:00 pm a 1:00 pm	100
3.3.3.	Resumen promedio del aforo realizado de las 6:00 pm a 7:00 pm	104
3.4.	Simulación con PTV VISSIM V.9	108
3.4.1.	Descripción del programa Vissim 9.0	108
3.4.2.	Funcionamiento del software Vissim 9.0	109
3.4.3.	Componente estático	110
3.4.4.	Componente dinámicos	111
3.4.5.	Metodología a emplear	111
3.4.6.	Consideraciones y datos para el modelo	113
3.4.6.1.	Anchos de vías disponibles	114
3.4.6.2.	Resultados de los aforos realizados	114
3.4.6.3.	Longitudes de colas	116
3.4.6.4.	Semaforización utilizada en la actualidad	117
3.4.6.5.	Velocidades y tiempos de recorrido	118
3.4.6.6.	Pasos a desnivel propuestos	119
3.4.6.7.	Presupuesto de los pasos a desnivel propuestos	123
3.4.6.8.	Sistema inteligente de transporte propuestos	126
3.4.7.	Construcción de los modelos, calibración y validación	128
3.4.7.1.	Imagen de fondo (background)	128
3.4.7.2.	Link y conectores	129
3.4.7.3.	Definición de vehículos	130
3.4.7.4.	Datos de entrada	131
3.4.7.5.	Señales de control	133
3.4.7.6.	Reglas de prioridades	134
3.4.7.7.	Verificación del modelo realizado	135

3.4.7.8. Calibración y validación del modelo	138
3.4.8. Presupuesto de la implementación de los ITS	141
IV Resultados	143
4. Resultados y discusión	144
4.1. Descripción del aforo	144
4.2. Resultados de los aforos realizados	144
4.2.1. Flujo total de vehículos que pasan por la intersección	145
4.2.2. Resultado promedio por hora en cada sentido	147
4.2.3. Resultado final por cada hora y en cada sentido	149
4.2.4. Representación del resultado promedio de los vehículos en cada sentido de las vías	151
4.3. Resultados del diseño con VISSIM 9.0	154
4.3.1. Diseño actual de la intersección	154
4.3.2. Diseño de los pasos a desnivel	154
4.3.3. Diseño de los ITS	155
4.4. Comparación de resultados de la microsimulación con VISSIM 9.0	157
V Conclusiones	160
5. Conclusiones y recomendaciones	161
5.1. Conclusiones	161
5.1.1. De la metodología	161
5.1.2. De los resultados	162
5.2. Recomendaciones	163
5.3. Desarrollos futuros	164
Referencias Bibliográficas	165
Referencias Bibliográficas	165

VI Anexos	169
A. Planteamiento en 3D de los pasos a desnivel	170
B. Microsimulación en Vissim 9.0	181
C. Resultados de aforos realizados	190
C.0.1. Aforo Av. Ramón Castilla, sentido Oeste - Este	190
C.0.2. Aforo Av. Ramón Castilla, sentido Este - Oeste	199
C.0.3. Aforo Av. Ejército, sentido Norte - Sur	208
C.0.4. Aforo Av. Ejército, sentido Sur - Norte	217
C.0.5. Aforo Jr. José C. Mariátegui, sentido NorOeste - Este	226
D. Plano del plan de desarrollo urbano de la ciudad de ayacucho 2008- 2018	236

Índice de figuras

2.1. Paso a Desnivel, puerta principal UNSCH.	12
2.2. Intercambio Vial-Panamerina Norte.	13
2.3. Paso a desnivel superior.	15
2.4. Paso a desnivel inferior.	15
2.5. Paso a desnivel.	16
2.6. Secuencia general de actividades de diseño geométrico de un inter- cambio vial a desnivel.	17
2.7. Longitudes mayores de entrecruzamiento.	21
2.8. Planta y perfil de un ramal.	25
2.9. Esquema de un ITS.	28
2.10. Fases de un ITS.	30
2.11. ITS en semaforización.	31
2.12. ITS en circulación de vehículos.	31
2.13. ITS desarrollados a la actualidad.	32
2.14. Tipos de modelos considerados.	38
2.15. Principales estrategias de simulación del tráfico.	40
2.16. Proceso Iterativo para determinar el número de corridas.	48
2.17. Ilustración del periodo de Warm up.	49
2.18. Representación estabilizada del modelo.	49
2.19. Seguimiento vehicular modelo General Motors.	51
2.20. Fases del modelo de Wiedemann.	55
2.21. Cambio de carril necesario.	56
2.22. Cambio de carril libre.	56

2.23. La arquitectura del sistema de Vissim	58
2.24. Modelo de rotonda en diseño.	60
2.25. Concepto de modelación con reglas de prioridad.	62
2.26. Intersección semaforizada.	63
3.1. Vista panorámica de la Ciudad de Ayacucho.	66
3.2. Vista de la Av.Ramón Castilla y Jr. José C. Mariátegui sin cruce peatonal.	67
3.3. Vista de la Av.Ramón Castilla sin cruce peatonal.	67
3.4. Vista de la Av.Ejército sin cruce peatonal.	68
3.5. Vista de la Intersección sin cruces peatonales.	68
3.6. Punto de intersección 1.	69
3.7. Punto de intersección 2.	69
3.8. Uso de semáforos en la vía.	70
3.9. Uso de semáforos en la vía.	70
3.10. Reconocimiento de las conexiones.	71
3.11. Descripción de las vías y sentidos considerados.	72
3.12. Distribución de rutas en Huamanga.	73
3.13. Distribución de rutas en el punto de intersección.	75
3.14. Distribución porcentual de tipos de vehículos Oeste - Este.	76
3.15. Distribución porcentual de tipos de vehículos Este - Oeste.	76
3.16. Distribución porcentual de tipos de vehículos Norte - Sur.	77
3.17. Distribución porcentual de tipos de vehículos Sur - Norte.	77
3.18. Distribución porcentual de tipos de vehículos NorOeste - Este.	77
3.19. Planta de la intersección vial.	78
3.20. Corte A-A de la Av. Ramón Castilla Sentido Oeste - Este.	78
3.21. Corte B-B de la Av. Ramón Castilla Sentido Este - Oeste.	78
3.22. Corte C-C de la Av. Ejército.	79
3.23. Corte D-D del Jr. José C. Mariátegui.	79
3.24. Pasajeros en promedio por hora.	83
3.25. Pasajeros en promedio por día.	83

3.26. Organigrama de los modelos de transporte.	85
3.27. Volúmen vehicular promedio Av. Ramón Castilla, sentido Oeste - Este.	90
3.28. Volúmen vehicular promedio Av. Ramón Castilla, sentido Este - Oeste.	90
3.29. Volúmen vehicular promedio Av. Ejército, sentido Norte - Sur.	91
3.30. Volúmen vehicular promedio Av. Ejército, sentido Sur - Norte.	91
3.31. Volúmen vehicular promedio Jr. José C. Mariátegui, sentido NorOeste - Este.	92
3.32. Puntos de toma de datos en campo.	96
3.33. Flujo vehicular: Moto Taxi.	97
3.34. Flujo vehicular: Moto Lineal.	97
3.35. Flujo vehicular: Auto.	97
3.36. Flujo vehicular: Coaster.	98
3.37. Flujo vehicular: Bus.	98
3.38. Flujo vehicular: Camioneta.	98
3.39. Flujo vehicular: Camión.	99
3.40. Flujo vehicular: Volquete.	99
3.41. Flujo vehicular: trailer.	99
3.42. Flujo vehicular: Moto Taxi.	101
3.43. Flujo vehicular: Moto Lineal.	101
3.44. Flujo vehicular: Auto.	101
3.45. Flujo vehicular: Coaster.	102
3.46. Flujo vehicular: Bus.	102
3.47. Flujo vehicular: Camioneta.	102
3.48. Flujo vehicular: Camión.	103
3.49. Flujo vehicular: Volquete.	103
3.50. Flujo vehicular: trailer.	103
3.51. Flujo vehicular: Moto Taxi.	105
3.52. Flujo vehicular: Moto Lineal.	105
3.53. Flujo vehicular: Auto.	105
3.54. Flujo vehicular: Coaster.	106

3.55. Flujo vehicular: Bus.	106
3.56. Flujo vehicular: Camioneta.	106
3.57. Flujo vehicular: Camión.	107
3.58. Flujo vehicular: Volquete.	107
3.59. Flujo vehicular: trailer.	107
3.60. Giros y movimientos en la intersección.	111
3.61. Metodología propuesta para la realización del proyecto.	112
3.62. Metodología compacta propuesta para la realización del proyecto. . .	113
3.63. Flujograma Av. Ramón Castilla, Oeste-Este.	115
3.64. Flujograma Av. Ramón Castilla, Este-Oeste.	115
3.65. Flujograma Av. Ejército, Norte-Sur.	116
3.66. Flujograma Jr. José C. Mariátegui, NorOeste-Este.	116
3.67. Planteamiento general en planta.	120
3.68. Vista de la salida del paso a desnivel inferior.	120
3.69. Vista del ingreso del paso a desnivel superior.	121
3.70. Vista panorámica del paso a desnivel superior.	121
3.71. Vista panorámica del paso a desnivel superior e inferior.	121
3.72. Vista del ingreso del paso a desnivel inferior.	122
3.73. Vista del paso a desnivel inferior.	122
3.74. Planteamiento en perfil de los pasos a desnivel.	122
3.75. Planteamiento en planta del paso a desnivel superior.	123
3.76. Planteamiento en Planta del paso a desnivel inferior.	123
3.77. Introducción de la restricción al modelo.	127
3.78. Introducción de los ciclos semafóricos.	128
3.79. Background utilizado para el diseño.	129
3.80. definición de los link y conectores de cada vía.	130
3.81. Definición de vehículos, mototaxi.	131
3.82. Definición de los sentidos que optan en cada vía.	133
3.83. Grupo de señales, grupo de fases, tiempo de semáforos.	134
3.84. Definición de áreas de conflictos y restricciones.	135

3.85. Histograma de distribución de las longitudes de colas.	136
3.86. Gráfico de probabilidad de las longitudes de colas.	136
3.87. Representación gráfica adaptada al modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74.	137
3.88. Definición de los parámetros de Wiedemann 74 en el software Vissim 9.0.	137
3.89. Randomization de la calibración.	140
3.90. Prueba de hipótesis nula de la calibración.	140
3.91. Randomization de la validación.	141
3.92. Prueba de hipótesis nula de la validación.	141
4.1. Formato de aforo de vehículos.	145
4.2. Distribución porcentual promedio del flujo total de vehículos que pa- san por el punto de intersección.	146
4.3. Variación promedio del volumen total de vehículos que pasan por el punto de intersección.	147
4.4. Distribución porcentual promedio del flujo total de vehículos por sen- tido de dirección.	148
4.5. Variación promedio del volumen total de vehículos por sentido de dirección.	149
4.6. Flujo vehicular: Mototaxi.	151
4.7. Flujo vehicular: Moto lineal.	151
4.8. Flujo vehicular: Auto.	152
4.9. Flujo vehicular: Coaster.	152
4.10. Flujo vehicular: Bus.	152
4.11. Flujo vehicular: Camioneta.	153
4.12. Flujo vehicular: Camión.	153
4.13. Flujo vehicular: Volquete.	153
4.14. Flujo vehicular: trailer.	154
4.15. Diseño actual de la intersección.	154
4.16. Diseño del paso a desnivel superior.	155

4.17. Diseño del paso a desnivel inferior.	155
4.18. Diseño del ITS con restricción de carriles.	156
4.19. Restricción de carriles con dispositivos.	156
4.20. Semaforización con ciclos cambiantes.	157
4.21. Comparación de longitudes de colas en cada diseño. Longitud en metros.	158
4.22. Comparación de tiempos de recorrido en cada diseño. Tiempo en segundos.	159
A.1. Planteamiento general en planta.	170
A.2. Vista de la salida del paso a desnivel inferior.	171
A.3. Vista del ingreso del paso a desnivel superior.	171
A.4. Vista panorámica del paso a desnivel superior.	172
A.5. Vista aérea del paso a desnivel superior.	172
A.6. Vista aérea del paso a desnivel superior.	173
A.7. Vista panorámica del paso a desnivel superior.	173
A.8. Vista panorámica del paso a desnivel superior e inferior.	174
A.9. Vista panorámica del paso a desnivel superior e inferior.	174
A.10. Vista interior de la intersección.	175
A.11. Vista interior de la intersección.	175
A.12. Vista interior de la intersección.	176
A.13. Vista del paso a desnivel superior.	176
A.14. Vista aérea de la intersección.	177
A.15. Vista aérea de la primera conexión de la intersección.	177
A.16. Vista aérea de la segunda conexión de la intersección.	178
A.17. Vista de la salida y entrada del paso a desnivel superior e inferior. . .	178
A.18. Vista del ingreso del paso a desnivel inferior.	179
A.19. Vista del paso a desnivel inferior.	179
A.20. Vista del paso a desnivel inferior.	180
B.1. Background utilizado para el diseño.	181
B.2. Definición de la geometría actual	182

B.3. Definición de la geometría del paso a desnivel superior.	182
B.4. Definición de la geometría del paso a desnivel inferior.	182
B.5. Diseño del ITS con restricción de carriles.	183
B.6. Restricción de carriles con dispositivos.	183
B.7. Definición de los link y conectores de cada vía.	184
B.8. Definición de vehículos, mototaxi.	184
B.9. Definición de los sentidos que optan en cada vía.	185
B.10. Grupo de señales, grupo de fases, tiempo de semáforos.	185
B.11. Definición de áreas de conflictos y restricciones.	186
B.12. Definición de los parámetros de Wiedemann 74 en el software Vissim	
9.0.	186
B.13. Valores de calibración vehicular para Wiedemann 74.	187
B.14. Distancia en metros.	187
B.15. Randomization de la calibración.	187
B.16. Prueba de hipótesis nula de la calibración.	188
B.17. Tiempo de viaje en segundos.	188
B.18. Randomization de la validación.	189
B.19. Prueba de hipótesis nula de la validación.	189
C.1. Variación del flujo vehicular, 30/01/17	191
C.2. Variación del volumen vehicular, 30/01/17	191
C.3. Variación del flujo vehicular, 31/01/17	192
C.4. Variación del volumen vehicular, 31/01/17	193
C.5. Variación del flujo vehicular, 01/02/17	194
C.6. Variación del volumen vehicular, 01/02/17	194
C.7. Variación del flujo vehicular, 02/02/17	195
C.8. Variación del volumen vehicular, 02/02/17	196
C.9. Variación del flujo vehicular, 03/02/17	197
C.10. Variación del volumen vehicular, 03/02/17	197
C.11. Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 30/01/17 al	
03/02/17	198

C.12. Variación promedio del volumen vehicular, 30/01/17 al 03/02/17 . . .	199
C.13. Variación del flujo vehicular, 06/02/17	200
C.14. Variación del volumen vehicular, 06/02/17	200
C.15. Variación del flujo vehicular, 07/02/17	201
C.16. Variación del volumen vehicular, 07/02/17	202
C.17. Variación del flujo vehicular, 08/02/17	203
C.18. Variación del volumen vehicular, 08/02/17	203
C.19. Variación del flujo vehicular, 09/02/17	204
C.20. Variación del volumen vehicular, 09/02/17	205
C.21. Variación del flujo vehicular, 10/02/17	206
C.22. Variación del volumen vehicular, 10/02/17	206
C.23. Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 06/02/17 al 10/02/17.	207
C.24. Variación promedio del volumen vehicular, 06/02/17 al 10/02/17. . .	208
C.25. Variación del flujo vehicular, 13/02/17	209
C.26. Variación del volumen vehicular, 13/02/17	209
C.27. Variación del flujo vehicular, 14/02/17	210
C.28. Variación del volumen vehicular, 14/02/17	211
C.29. Variación del flujo vehicular, 15/02/17	212
C.30. Variación del volumen vehicular, 15/02/17	212
C.31. Variación del flujo vehicular, 16/02/17	213
C.32. Variación del volumen vehicular, 16/02/17	214
C.33. Variación del flujo vehicular, 17/02/17	215
C.34. Variación del volumen vehicular, 17/02/17	215
C.35. Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 13/02/17 al 17/02/17.	216
C.36. Variación promedio del volumen vehicular, 13/02/17 al 17/02/17. . .	217
C.37. Variación del flujo vehicular, 20/02/17	218
C.38. Variación del volumen vehicular, 20/02/17	218
C.39. Variación del flujo vehicular, 21/02/17	219

C.40. Variación del volumen vehicular, 21/02/17	220
C.41. Variación del flujo vehicular, 22/02/17	221
C.42. Variación del volumen vehicular, 22/02/17	221
C.43. Variación del flujo vehicular, 23/02/17	222
C.44. Variación del volumen vehicular, 23/02/17	223
C.45. Variación del flujo vehicular, 24/02/17	224
C.46. Variación del volumen vehicular, 24/02/17	224
C.47. Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 20/02/17 al 24/02/17.	225
C.48. Variación promedio del volumen vehicular, 20/02/17 al 24/02/17. . .	226
C.49. Variación del flujo vehicular, 27/02/17	227
C.50. Variación del volumen vehicular, 27/02/17	227
C.51. Variación del flujo vehicular, 28/02/17	228
C.52. Variación del volumen vehicular, 28/02/17	229
C.53. Variación del flujo vehicular, 01/03/17	230
C.54. Variación del volumen vehicular, 01/03/17	230
C.55. Variación del flujo vehicular, 02/03/17	231
C.56. Variación del volumen vehicular, 02/03/17	232
C.57. Variación del flujo vehicular, 03/03/17	233
C.58. Variación del volumen vehicular, 03/03/17	233
C.59. Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 27/02/17 al 03/03/17.	234
C.60. Variación promedio del volumen Vehicular, 27/02/17 al 03/03/17. . .	235

Índice de cuadros

2.1. Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel.	18
2.2. Volúmenes vehiculares de servicio según calidad de flujo.	19
2.3. Relación entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento.	20
2.4. Longitudes mínimas de entrecruzamiento.	20
2.5. Velocidad de diseño, ancho de calzada y pendiente en vías de enlace. .	23
2.6. Valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace. . . .	23
2.7. Radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace.	24
2.8. Parámetros mínimos de clotoides.	24
2.9. Parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales.	26
2.10. Máxima diferencia algebraica entre inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro en su arista común.	27
3.1. Empresas de transporte urbano.	74
3.2. Población de cada distrito involucrado en la zona de estudio.	81
3.3. Porcentaje promedio del flujo vehicular.	82
3.4. Velocidades de recorrido promedio.	84
3.5. Tiempos de recorrido promedio.	84
3.6. Demanda promedio por hora y por día, sentido Oeste-Este.	86
3.7. Demanda promedio por hora y por día, sentido Este-Oeste.	86
3.8. Demanda promedio por hora y por día, sentido Norte-Sur.	86
3.9. Demanda promedio por hora y por día, sentido Sur-Norte.	87
3.10. Demanda promedio por hora y por día, sentido NorOeste-Este.	87

3.11. Resumen de la cantidad total de vehículos 7:00am - 8:00am.	100
3.12. Resumen de la cantidad total de vehículos 12:00pm - 1:00pm.	104
3.13. Resumen de la cantidad total de vehículos 6:00pm - 7:00pm.	108
3.14. Aforo total procesado.	114
3.15. Cambios de sentidos en la intersección.	115
3.16. Longitudes de colas en cada vía y sentidos.	117
3.17. Tiempos de semáforos en la intersección.	117
3.18. Velocidades de recorrido en cada vía por autos.	118
3.19. Tiempos de recorrido en cada vía por autos.	119
3.20. Partidas y precios de un paso a desnivel.	125
3.21. Presupuesto aproximado del costo de los pasos a desnivel.	126
3.22. Aforo total procesado.	132
3.23. Cambios de sentidos en la intersección.	132
3.24. Valores de calibración vehicular para Wiedemann 74.	139
3.25. Distancia en metros.	139
3.26. Tiempo de viaje en segundos.	140
3.27. Presupuesto aproximado de la implementación de los ITS.	142
4.1. Promedio del flujo total de vehículos que pasan por el punto de In- tersección.	146
4.2. Promedio del flujo total de vehículos por sentido de dirección.	148
4.3. Resultado final de cada vehículo, en cada horario y para cada sentido.	150
C.1. Resumen de flujo de vehículos, 30/01/17.	190
C.2. Resumen de flujo de vehículos, 31/01/17.	192
C.3. Resumen de flujo de vehículos, 01/02/17.	193
C.4. Resumen de flujo de vehículos, 02/02/17.	195
C.5. Resumen de flujo de vehículos, 03/02/17.	196
C.6. Promedio de flujo de vehículos, 30/01/17 al 03/02/17.	198
C.7. Resumen de flujo de vehículos, 06/02/17.	199
C.8. Resumen de flujo de vehículos, 07/02/17.	201

C.9. Resumen de flujo de vehículos, 08/02/17.	202
C.10. Resumen de flujo de vehículos, 09/02/17.	204
C.11. Resumen de flujo de vehículos, 10/02/17.	205
C.12. Promedio de flujo de vehículos, 06/02/17 al 10/02/17.	207
C.13. Resumen de flujo de vehículos, 13/02/17.	208
C.14. Resumen de flujo de vehículos, 14/02/17.	210
C.15. Resumen de flujo de vehículos, 15/02/17.	211
C.16. Resumen de flujo de vehículos, 16/02/17.	213
C.17. Resumen de flujo de vehículos, 17/02/17.	214
C.18. Promedio de flujo de vehículos, 13/02/17 al 17/02/17.	216
C.19. Resumen de flujo de vehículos, 20/02/17.	217
C.20. Resumen de flujo de vehículos, 21/02/17.	219
C.21. Resumen de flujo de vehículos, 22/02/17.	220
C.22. Resumen de flujo de vehículos, 23/02/17.	222
C.23. Resumen de flujo de vehículos, 24/02/17.	223
C.24. Promedio de flujo de vehículos, 20/02/17 al 24/02/17.	225
C.25. Resumen de flujo de vehículos, 27/02/17.	226
C.26. Resumen de flujo de vehículos, 28/02/17.	228
C.27. Resumen de flujo de vehículos, 01/03/17.	229
C.28. Resumen de flujo de vehículos, 02/03/17.	231
C.29. Resumen de flujo de vehículos, 03/03/17.	232
C.30. Promedio de flujo de vehículos, 27/02/17 al 03/03/17.	234

Parte I

Introducción

Capítulo 1

Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Las intersecciones viales urbanas describen un importante modelo del denso tráfico vehicular que convergen todas sus direcciones para buscar llegar a su destino final, lo cual sin un planeamiento y la aplicación de un modelo o sistema de transporte entorpece el flujo continuo de los vehículos.

En la actualidad, en la ciudad de Ayacucho, existen diversos puntos de congestión los cuales requieren implementar nuevas soluciones a las existentes, para lo cual no se cuenta con una comparación y conceptualización entre uno u otro sistema de mejora, al ver la necesidad se plantea desarrollar entre dos alternativas, cuál se desarrollaría de manera más eficiente cumpliendo con cada expectativa desde diferentes puntos de vista y considerando los factores a los que cada sistema está sujeta.

Teniendo en cuenta ésta situación, el problema de la presente investigación se plantea en los siguientes términos: No se cuenta con nuevas alternativas de solución, requiriendo la implementación de un nuevo sistema que nos permita tener un mejor flujo vehicular y salvaguardar la integridad de las personas, al contar con anchos de vía reducidos en algunos sectores, entonces la alternativas planteadas son un *Paso*

a *Desnivel* o un *Sistema Inteligente de Transporte (ITS)*¹.

1.1.1.1. Formulación del problema.

Pretendemos solucionar dos problemas:

1. Permitir un flujo normal y continuo de los vehículos.
2. Contemplar con un plan vial, ceñido a la necesidad real.

Para los cuales un *paso a desnivel* desarrolla de manera eficiente esos dos problemas de forma inmediata, por otro lado la implementación de un *sistema inteligente de transporte* de manera similar también nos permite solucionarlos, siendo las dos alternativas muy tentativas para la mejora de una integración en una vía entre las personas y los vehículos.

Para el desarrollo de cada una de las alternativas se tienen que considerar múltiples factores los cuales reflejarán qué sistema o alternativa es la más adecuada a corto, mediano y largo plazo.

1.1.1.1.1. Problema principal.

- ¿ El tráfico urbano en las intersecciones requieren implementar diferentes alternativas de solución para su flujo continuo, para lo cual es necesario realizar una micro simulación para describir mejor el comportamiento de un sistema inteligente de transporte con lo que conlleva a necesitar la implementación de la tecnología como alternativa de solución al fenómeno del tránsito ?

1.1.1.1.2. Problemas secundarios.

- ¿ Existen alternativas de solución ya consideradas ante problemas similares en otros puntos de la ciudad?
- ¿ Qué alcances se espera brindar con la solución y cómo favorece a los involucrados en el análisis?

¹Por sus siglas en inglés: Intelligent Transport System

- ¿ La intersección como tema de aplicación, requiere una solución a su congestiónamiento vehicular?

1.2. Justificación

En primera instancia, ésta investigación se justifica por el hecho de que su temática es muy importante, dado que los sistemas de transportes no están cumpliendo con el fin, que es mantener un orden continuo en puntos de mayores confluencias, para ello es necesario evaluar las alternativas no únicamente a corto plazo, sino un comportamiento generacional, que nos permita mantener una ciudad organizada con diferentes aplicaciones de las soluciones.

1.3. Importancia

La importancia de un estudio como éste radica en que se muestra solución al problema principal de tal manera que al ser evaluado nos permita tomar mejores decisiones al conocer las ventajas y desventajas del sistema. Por esto al conocer sus aplicaciones, sus características nos conllevará a mantener una armonía entre el flujo vehicular y el tránsito peatonal sin descuidar ambos aspectos al implementar un sistema de transporte que se adecue mejor a la solicitud del ámbito a desarrollarse.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

- Contar con la implementación de un sistema de transporte en el ámbito local y que nos permita conocer sus aplicaciones para diferentes puntos de congestión, mediante una micro simulación, conocer cómo se comporta el ITS ante las necesidades presentadas y así Considerar el uso de la tecnología como una alternativa para diversos problemas de tránsito.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Establecer e impulsar nuevas alternativas de solución en el ámbito local para un mejor desarrollo del tráfico vehicular.
- Implementar un sistema de transporte que genere beneficios tanto a los conductores como a los peatones.
- Realizar un análisis al área de aplicación y contribuir al descongestionamiento de la intersección verificando posibles resultados con una micro simulación.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- Al realizar un análisis de la intersección a desnivel con un ITS se podrá definir y considerar mejor el problema a solucionar, considerando cada factor que intervenga; siendo una microsimulación necesaria para evaluar la respuesta ante la solución planteada y desarrollar mejoras en la implementación de un sistema de transporte, así considerar la utilización de tecnología evitaría en muchos puntos los conocidos cuellos de botella, ya que nos permitiría conocer a una distancia prudente y considerar un desvío para no abultar con más vehículos la zona de congestión, siendo éste una alternativa, entre otras que solucionarían problemas de similar entorpecimiento vehicular.

1.5.2. hipótesis específicos

- Al no contar con otras alternativas de solución con respecto al tránsito vehicular en nuestro ámbito, esto nos permitirá considerar la planteada e investigar sobre otras que también se adopten a nuestra realidad.
- Plantear la implementación de un sistema de transporte en nuestra área nos favorecería, tanto a los conductores como a los peatones al tener un mejor orden en nuestro sistema, y así evitar accidentes de tránsito.

- La verificación de la solución planteada nos mostrará resultados en nuestra zona de aplicación.

1.5.3. Variables e Indicadores.

Los parámetros a considerar para el análisis del sistema de transporte es la cantidad de vehículos que transitan por nuestro punto de observación, intersección de la Av. Ejército y Av. Ramón Castilla, longitudes de colas, tiempos de recorrido, tipo de vehículos, sentido de las vías, señalización vial, tiempo de cambio de señal en los semáforos, si se genera congestión o no en nuestro punto de observación, cantidad de personas que influyen al congestionamiento, transporte público. Nuestras variables se pueden desplegar en variables independientes y variables dependientes, como sigue:

1.5.3.1. Variables independientes.

- Cantidad de vehículos
- Tipos de vehículos
- Sentido de las vías
- Ancho de vías
- Cantidad de peatones

1.5.3.2. Variables dependientes.

- Longitudes de cola
- Tiempo de cambio de señal de los semáforos
- Señalización vial
- Transporte público
- Tiempos de recorrido

1.6. Metodología de investigación

1.6.1. Tipo de investigación.

El tipo de estudio que se aborda en éste documento titulado *Análisis vial en intersecciones a desnivel con micro simulación y sistema inteligente de transporte, aplicado a la intersección Av. Ejército con Av. Ramón Castilla.*, está enmarcado dentro de la modalidad de *investigación cuantitativa*.

1.6.2. Nivel de investigación.

El nivel de investigación que se presenta hace referencia a los niveles correlacionales mostrando cada aspecto de ambos sistemas de transportes y relacionándolos al considerar que ambos pueden dar solución al problema planteado.

1.6.3. Diseño de la investigación.

De acuerdo a las necesidades de ésta investigación, los criterios que se consideran pertinentes para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se plasman de la siguiente manera:

- 1 *Tipo de investigación:* en este caso se decidió abordar la presente investigación con los criterios correspondientes al de una *investigación cuantitativa*, puesto que lo que se desea, tal como se expresó en los objetivos específicos y comentarios anteriores, es descubrir los elementos que caracterizan el evento de estudio, es decir, la mejor utilización de los semáforos, señalización vial, la integración de un paso a desnivel que permita el flujo continuo entre personas y vehículos.
- 2 *Número de eventos o variables de estudio:* en este trabajo, el criterio se corresponde al de un solo evento, congestión vehicular y peatonal, con variables antes descritas que nos permitan describir y desarrollar cada solución planteada a través de una comparación entre ambos sistemas y su respectiva micro-simulación.

- 3 *Manipulación de variables*: en este trabajo no hubo manipulación de variables, puesto que la situación del evento de estudio ya se ha dado en la realidad y el investigador no ha intervenido en él, este criterio corresponde al de una *investigación correlacional*, basados en procedimientos probabilísticos desarrollados en gabinete.
- 4 *Temporalidad*: este criterio alude a dos perspectivas; en la primera, se refiere a la duración del estudio, que la cual es el de una investigación de tipo cuantitativa, puesto que el estudio se realizará en un periodo de tiempo definido y corto; en la segunda perspectiva, se refiere al momento en el que se realiza la investigación y que, en este caso, corresponde al momento actual o contemporáneo.
- 5 *Fuentes de información*: este criterio se refiere a cuál es el contexto en el que se desarrollará el estudio, y de dónde surgirán los datos que darán cuenta el evento o variables que son investigados. En este caso se recurrirá a fuentes obtenidas del mismo lugar de estudio, tomados en diferentes periodos para esclarecer en qué horarios se produce la mayor congestión.

En consecuencia, el diseño de la investigación de este trabajo corresponde al de una investigación cuantitativa correlacional entre un paso a desnivel y un sistema inteligente de transporte, univariada centrándose en la respuesta de la micro simulación obtenida entre ambas soluciones, no experimental basada en procesos probabilísticos analizados en gabinete, transeccional correlacional actual contemplados e implementados para diferentes requerimientos de servicios en otras realidades locales, de fuente con datos obtenidos en el lugar de estudio.

Parte II

Marco teórico

Capítulo 2

Estado del arte

2.1. Conceptos generales.

2.1.1. Transporte e ingeniería de tránsito.

- **Ingeniería de transporte:** Es la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, comfortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente[1].
- **Ingeniería de tránsito:** Es aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación de tránsito por las calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte[1].
- **Transportar:** Llevar una cosa de un lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el porte o precio convenido[2].
- **Transporte:** Acción y efecto de transportar[2].
- **Transitar:** Ir o pasar de un punto a otro por vías, calles o pasajes públicos[2].
- **Tránsito:** Acción de transitar. Sitio por donde se pasa de un lugar a otro[2].

- **Tráfico:** Tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, etc[2].

2.1.2. Sistema de transporte.

La mayoría de las actividades globales de transporte se llevan a cabo en cinco grandes sistemas: carretero, ferroviario, aéreo, acuático y de flujos continuos. Cada uno de ellos se divide en dos o más modos específicos.

El sistema de transporte usualmente afecta la manera en que los sistemas socioeconómicos crecen y cambian, a su vez, las variaciones en los sistemas socioeconómicos generan cambios en el sistema de transporte; esta basado en tres variables básicas[3]:

- El sistema de transporte T.
- El sistema de actividades A, esto es, el patron de actividades sociales y económicos que se desarrolla en la región.
- La estructura del flujo F, esto es, los orígenes, destinos, rutas y volúmenes de personas y carga que se mueven a través del sistema.

2.1.2.1. Estructura del sistema de transporte

La misión del transporte se lleva acabo mediante la provisión de redes compuestas por la siguiente manera[4]:

Las conexiones o medios

Son aquellos elementos fijos que conectan las terminales sobre los cuales se desplazan las unidades transportadoras. pueden ser de dos tipos[4]:

- conexiones físicas: calles, rieles, ductos, rodillos y cables.
- conexiones navegables: mares, rios, el aire, el espacio.

Las unidades transportadoras

- Vehículos: automotores, trenes, aviones, embarcaciones y vehículos no motorizados.
- Cabinas, bandas, motobombas, la presión y la gravedad.

2.2. Paso a desnivel.

Paso a desnivel es el proceso de la adaptación de un cruce de dos o más ejes de transporte a diferentes alturas (pendientes) para no interrumpir el flujo de tráfico entre otras rutas de tránsito cuando se cruzan entre sí. La composición de esos ejes de transporte no tienen que ser uniforme, sino que puede consistir en una mezcla de caminos, senderos, vías férreas, canales, o pistas de aeropuertos. Túneles, puentes, viaductos, o combinaciones entre estos pueden ser construidos en un cruce para lograr el grado necesario de separación[5].

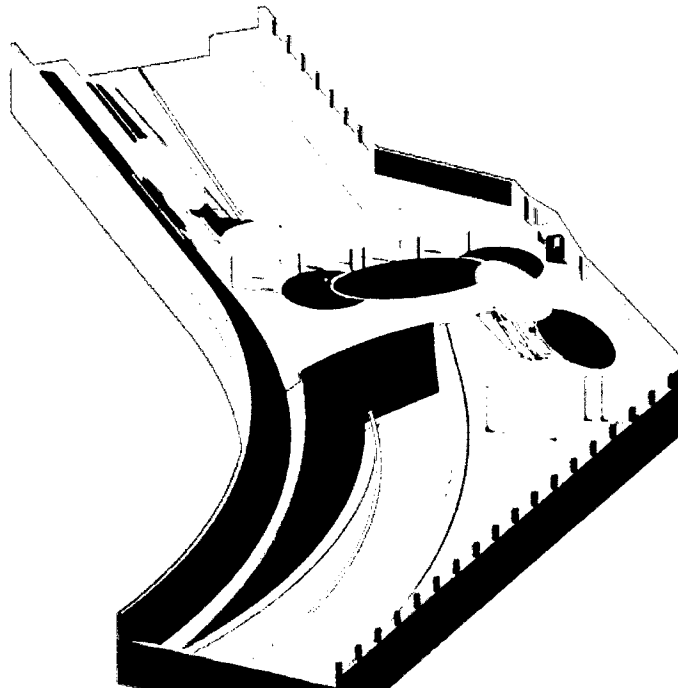


Figura 2.1: Paso a Desnivel, puerta principal UNSCH.

Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Características de un paso a desnivel.

Las características resaltantes de un paso a desnivel son[5]:

- Continuo flujo del tráfico vehicular y peatonal.
- Solución inmediata ante el tráfico en tramos congestionados.
- Separación del tráfico vehicular y el cruce peatonal, lo cual permite la interacción entre ellas en zonas congestionadas y de libre tránsito

2.2.2. Importancia de un paso a desnivel.

Un paso a desnivel se valora de acuerdo al planteamiento del problema a solucionar, siendo muy importante para solucionar problemas de alto tráfico a corto plazo, permitiendo un flujo continuo ya que éste se desarrolla por zonas bajas de las vías o zonas altas integrándose a conexiones alternas o principales de las vías, muchas veces se realizan éstas obras para realizar intercambios viales importantes.[5]

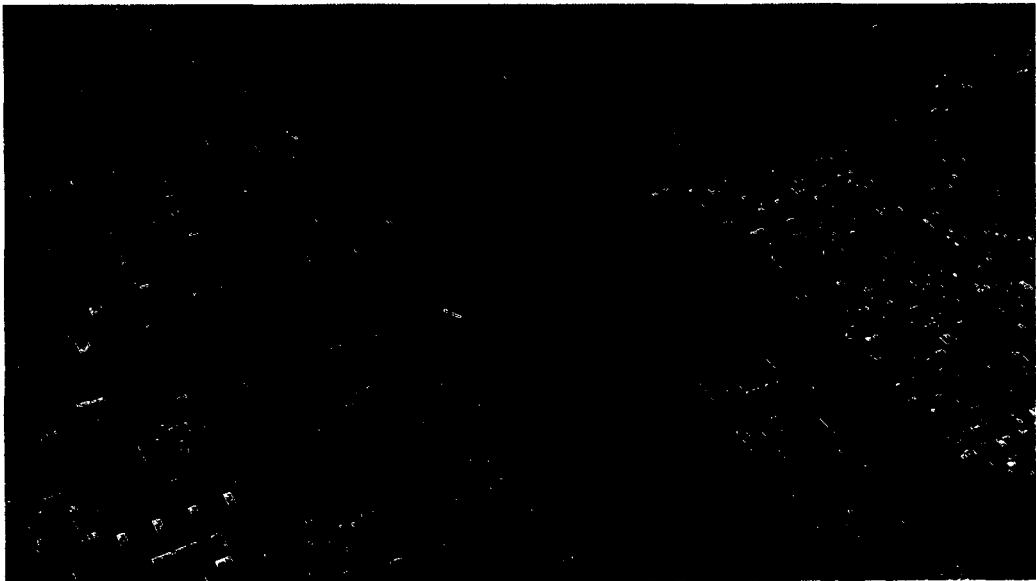


Figura 2.2: Intercambio Vial-Panamerina Norte.

Fuente: www.elcomercio.pe

2.2.3. Entorno integrado para un paso a desnivel.

Para que un paso a desnivel se integre al espacio en el que será implementado se deberá considerar varios factores como son, la cantidad de vehículos que circulan por dicha vía, los tipos de vehículos que circulan, si la vía es de dos o más carriles, la confluencia de personas en un punto de cruce, la topografía del terreno en el que se colocará, las conexiones o vías a las que se integrará el paso a desnivel.

Todos estos factores son determinantes para seleccionar el tipo de desnivel que se empleará, siendo estos ubicados sobre el nivel o debajo del nivel de las vías adyacentes o a las que se conectará.[5]

2.2.4. Proyección y evolución de un paso a desnivel a través del tiempo.

Los pasos a desnivel como proyección a través del tiempo, representan una solución a corto plazo, viendo los resultados esperados de inmediato, sin embargo su aplicación e utilidad se ve afectada en una proyección por encima de los 5 años, contemplando que para ese futuro se tenga una cantidad de vehículos mayor al del momento de estudio. Por otro lado siendo el lugar de aplicación una zona con evolución adquisitiva de vehículos menor a las de ciudades grandes, el paso a desnivel sería una alternativa con una proyección aún mayor de los 5 años.[5]

2.2.5. Tipos de pasos a desnivel.

Los pasos a desnivel se diferencian básicamente en 2, los que ubican a un nivel superior de las vías principales y los que se ubican a un nivel inferior de las vías principales, los cuales se identificarán con las imágenes a continuación.[5]



Figura 2.3: Paso a desnivel superior.

Fuente: www.nacion.com

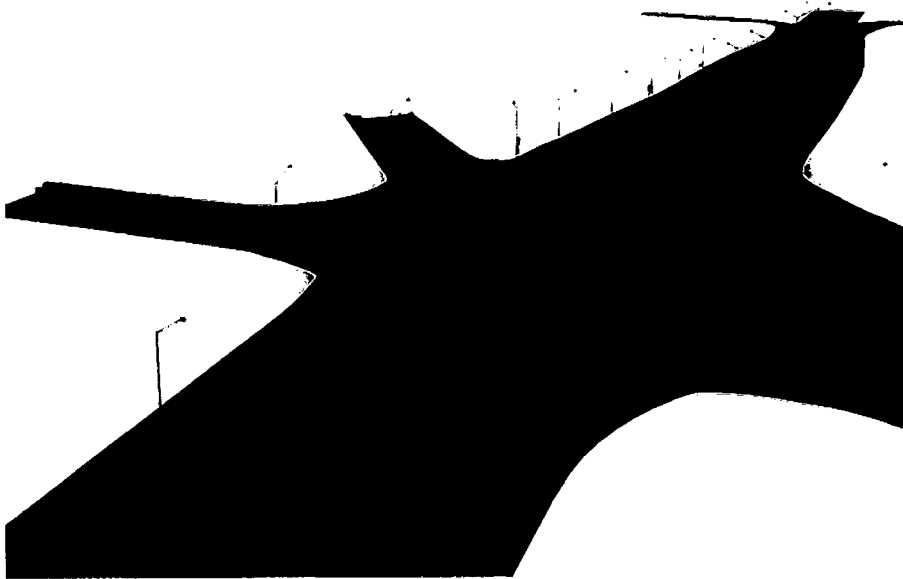


Figura 2.4: Paso a desnivel inferior.

Fuente: www.nacion.com

2.2.6. Integración de los vehículos y los peatones en una vía a través de un paso a desnivel.

La integración entre vehículos y peatones será libre, ya que al plantear un paso a desnivel inferior para el paso de vehículos y con una plataforma de libre circulación en la parte superior permitirá un flujo continuo vehicular que no permitirá o no influenciará en los accidentes de tránsito que se pudiesen suscitar en este lugar concurrente por todo tipo de vehículos y peatones.[5]

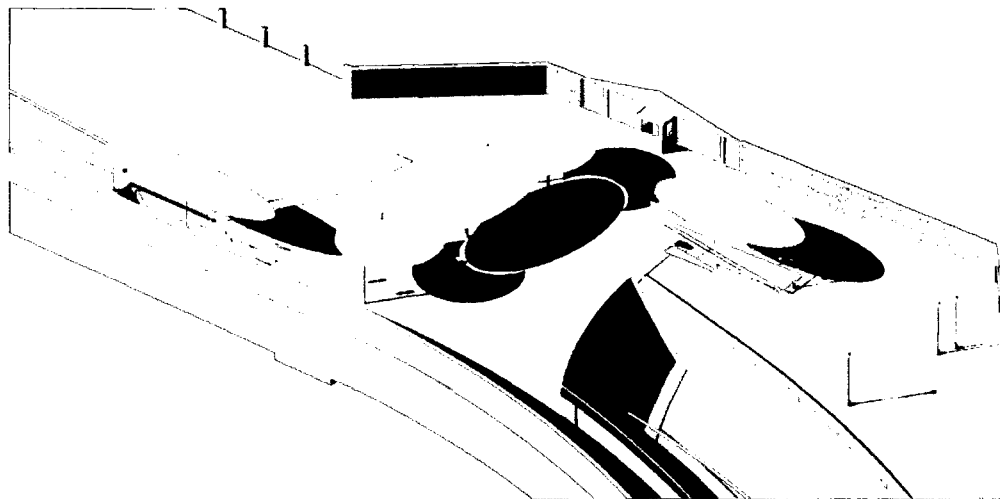


Figura 2.5: Paso a desnivel.

Fuente: Elaboración propia

2.2.7. Diseños de intersecciones a desnivel.

Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.[6]

Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel. Las intersecciones. deben

contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad.[6]

En las autopistas de primera clase, es condición indispensable que toda intersección sea a desnivel, en cambio en las autopistas de Segunda Clase y carreteras de Primera Clase, es posible la combinación de intersecciones a nivel y desnivel.[6]

Para la realización de un proyecto de carretera en una intersección a desnivel, se debe tener presente la secuencia general de actividades de diseños geométrico de un intercambio vial a desnivel, el cual se muestra a continuación:

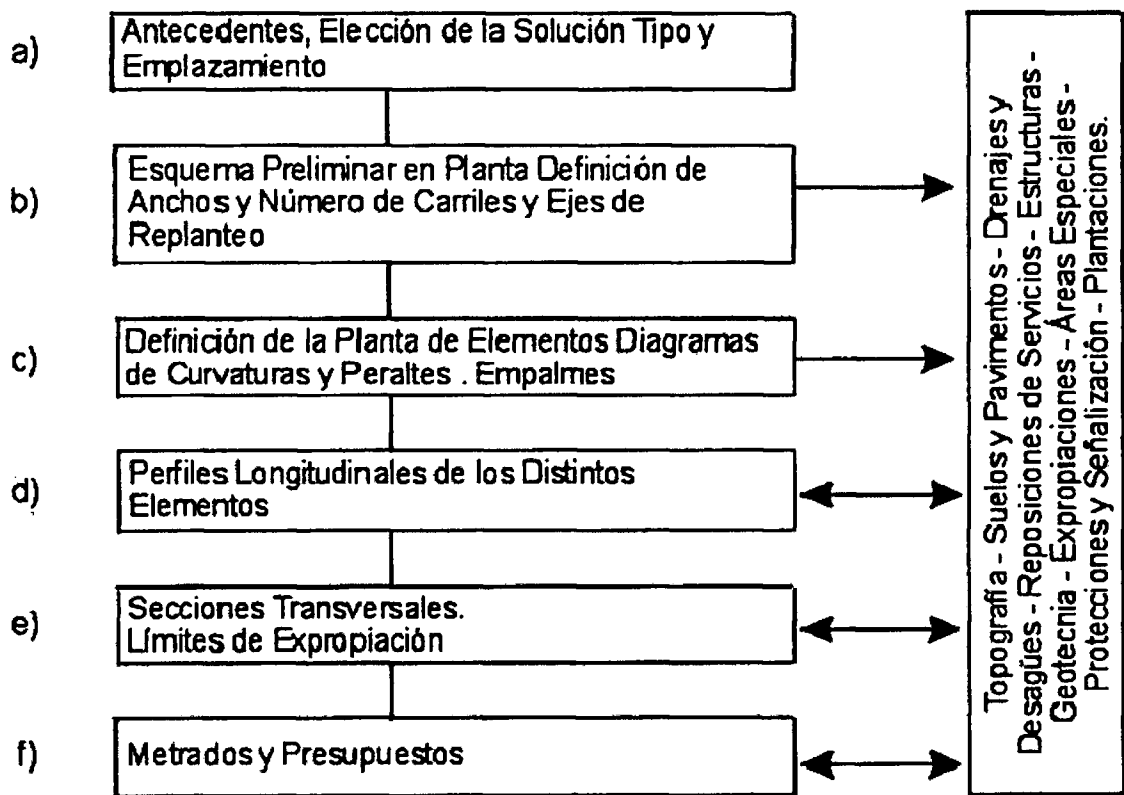


Figura 2.6: Secuencia general de actividades de diseño geométrico de un intercambio vial a desnivel.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

Las seis etapas del indicado esquema, contiene al lado izquierdo, el conjunto de actividades que abarcan el diseño propiamente dicho del intercambio vial a desnivel; en tanto que al lado derecho, considera las actividades que indirectamente

interactúan con él y entre sí durante el diseño del proyecto.[6]

2.2.7.1. Criterios generales de diseño.

Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel, se debe partir de los resultados del estudio de tráfico correspondiente.

- a. **Capacidad de las vías y flujos emergentes** En el siguiente cuadro, se indica la capacidad de las vías principales y de las vías de enlace en intersecciones a desnivel.

Tipo de Vía	Ancho del Carril (metros)	Capacidad por carril (vehículo/hora)
Vía Principal	3,60	1.500
Vía Secundaria	3,30	1.350
Vía de Enlace		1.200
Carril de Deceleración		1.200, Colocar señal informativa antes de llegar a la intersección (200 m).

Cuadro 2.1: Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

Flujo emergente, es el máximo proveniente del carril más cercano anterior al punto de entrada, más el flujo de la vía secundaria que conecta a la principal. Por lo general dicho flujo está comprendido entre 1.300 y 2.000 vehículos/hora. Si el flujo que emerge es superior a 2.000 vehículos/hora, se debe proveer un carril adicional en la vía principal, más allá del punto de intersección.[6]

b. Diseño en planta Sección de entrecruzamiento

La sección de entrecruzamiento corresponde a aquella donde se entrecruzan los distintos flujos vehiculares que siguen un mismo sentido de circulación, la cual consta del número mínimo de carriles que se requiere en la sección de entrecruzamiento, y la longitud mínima de la indicada sección de entrecruzamiento.

El número mínimo de carriles de entrecruzamiento, se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:[6]

$$N = \frac{(W1 + K.W2 + F1 + F2)}{(C)} \quad (2.1)$$

Donde:

N : Número de carriles de entrecruzamiento.

$W1$: Volumen vehicular mayor que se entrecruza.

K : Factor de entrecruzamiento (1 a 3) .

$W2$: Volumen vehicular menor que se entrecruza.

$F1, F2$: Flujos exteriores que no se entrecruzan.

C : Capacidad normal del carril de la vía principal.

Por último, es conveniente que para verificar la conveniencia técnica de la solución, se lleve a cabo el análisis con un modelo de simulación de tránsito, que permita examinar el funcionamiento de la intersección en conjunto con la malla vial aledaña.

En el siguiente cuadro, se presentan volúmenes vehiculares por hora de servicio, correspondientes a la calidad del flujo deseado.[6]

Calidad de Flujo	C: (Volumen por carril)
I	2.000
II	1.900
III	1.800
IV	1.700
V	1.600

Cuadro 2.2: Volúmenes vehiculares de servicio según calidad de flujo.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

La calidad de flujo deseado, equivale a lo que se denomina niveles de servicio en la capacidad de las carreteras con tránsito ininterrumpido. El siguiente cuadro,

presenta la relación existente entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en los tramos de entrecruzamiento.

Nivel de servicio	Calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento			
	Autopistas		Carreteras de dos carriles	Vías urbanas
	En la propia carretera	Carreteras conexión, colectoras, distribuidoras y de enlace		
A	I-III	II-III	II	III-IV
B	II	III	II-III	III-IV
C	II-III	III-IV	III	IV
D	III-IV	IV	IV	
E	IV-V	V	V	IV
F		Insatisfactorio		V

Cuadro 2.3: Relación entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

La longitudes mínimas de la sección de entrecruzamiento, se presentan en el siguiente cuadro, y que corresponden a los siguientes valores mínimos absolutos: $V=50$ km/h, $C=1700$ y $K=3$.

Volumen de Entrecruzamiento = $W1 + W2$ (vehículo/hora)	Longitud Mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
1.000	75
1.500	120
2.000	200
2.500	290
3.000	410
3.500	565

Cuadro 2.4: Longitudes mínimas de entrecruzamiento.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

Es factible proporcionar longitudes mayores que las mínimas indicadas en la tabla que antecede, en tales casos puede hacerse una corrección en el número de carriles, cambiando el valor de K por el que corresponda en la siguiente figura, al usar una mayor longitud de entrecruzamiento.[6]

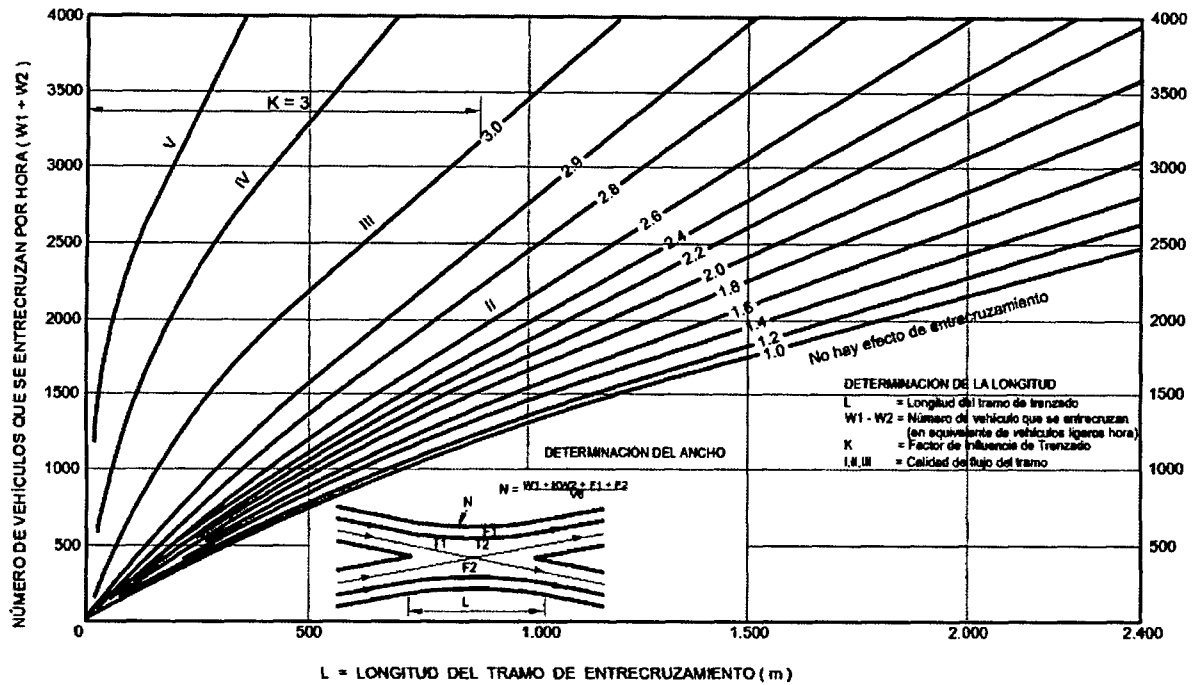


Figura 2.7: Longitudes mayores de entrecruzamiento.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

En el análisis de las secciones de entrecruzamiento, debe tenerse en consideración lo siguiente:[6]

- Cuando N es menor que 3, para un volumen total con un volumen exterior superior a 600 vehículos/hora, se debe suministrar un carril adicional para el flujo exterior.
- Cuando N es menor que 4, para un volumen total con dos volúmenes exteriores superiores a 600 vehículos/hora (cada uno), se debe suministrar un carril adicional a cada uno.
- No se tendrá en cuenta el entrecruzamiento, si la distancia en metros entre las vías de entrada y salida es igual o superior a 0,8 veces el volumen horario que se entrecruza.
- Dónde emergen dos vías, el número de carriles más allá del punto de entrada, no debe ser menor que la suma de los carriles de las calzadas que emergen menos uno (1).

- Más allá del punto de salida, el ancho de la calzada principal no se debe reducir en más de un carril.

Balance de carriles

En el diseño de intersecciones a desnivel, debe efectuarse un balance de carriles, que contemple lo siguiente:

- La distancia entre puntos de salida sucesivos, debe ser al menos, la longitud del carril que interviene en el cambio de velocidad y debe incrementarse hasta dónde sea necesario, para facilitar las maniobras y la señalización.
- La distancia mínima entre puntos consecutivos de entrada y salida, debe ser 180 m.
- El ángulo deseable entre la vía de enlace o secundaria y la calzada de la vía principal, debe estar entre 4° y 5° .
- La longitud mínima de las narices de entrada y salida, debe ser de 45 m.
- Si después de una punta de salida, el ancho de la vía principal se reduce en un carril, la reducción debe hacerse mediante una línea diagonal cuya longitud sea superior a 90 m, medidos a partir de la nariz de salida.

Carriles de cambio de velocidad

Los carriles de cambio de velocidad, deben ubicarse en los tramos en tangente y dónde los estándares del trazo longitudinal y del nivel de visibilidad son altos, no se deben ubicar en los alineamientos curvos de la vía principal.[6]

Vías de enlace

En el siguiente cuadro se presentan los criterios correspondientes a velocidad de diseño, ancho de la calzada y pendiente en vías de enlace de intersecciones a desnivel.

Descripción	Criterio	
Velocidad de diseño	Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y, por homogeneidad, se procurará que no sea inferior a la mitad de la velocidad correspondiente a la vía de la que procede. Si es un enlace, mínimo 25 km/h.	
Ancho de calzada	Mínimo 4,0 m de calzada. Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,20 m.	
Sobreeancho	No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30,0 m el ancho de calzada será de 4,50 m.	
Pendiente	Normal < 5%	
	Máxima.	8% tránsito liviano. 5% mayor porcentaje de tránsito pesado

Cuadro 2.5: Velocidad de diseño, ancho de calzada y pendiente en vías de enlace.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

El siguiente cuadro, contiene valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace.

		Enlaces directos entre autopistas			Enlaces directos				Enlaces semidirectos				Lazos			
		V.D Carretera de destino (km/h)														
		80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40-80	100-120
V.D Carretera de origen (km/h)	40					30	30	35	40		30	30	35	40	25	30
	60				30	35	40	45	50	30	35	40	45	30	35	
	80	60	65	70	45	50	55	60	40	45	50	35				
	100	70	80	70	60	40										
	120	80	90	100	80	70	50									

Cuadro 2.6: Valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

Notas:

- Las velocidades de diseño de enlace indicadas en la tabla son las mínimas deseables, las que pueden disminuir en 5 km/h cada vez, hasta un mínimo de 25 km/h; es aplicable desde 40 km/h, a cualquier velocidad de diseño de la carretera de destino.
- Para Velocidades de diseño de una o ambas vías, que sean intermedias entre

los valores dados, se deberá interpolar.

c) Si el ramal es de doble sentido, se aplica el valor que corresponda al sentido más exigente.

El siguiente cuadro contiene valores de radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace.

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
f máx %	31	28	25	23	21	19	18	17	16	15	14	13	13
p máx %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7,5	7	6,5	6,5
R mín adoptado	15	20	30	40	55	75	90	120	140	170	240	330	400

Cuadro 2.7: Radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

En el siguiente cuadro se presentan valores de parámetros mínimos (Amín) de clotoides de transición, para determinadas velocidades de diseño y radios mínimos.

Vp Ramal (km/h)	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
R mín (m)	25	35	45	60	75	90	120	170	240	330	400
A mín (m)	20	30	35	40	50	60	70	100	135	160	190

Cuadro 2.8: Parámetros mínimos de clotoides.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

c. Diseño en perfil

El diseño en perfil de un intercambio a desnivel, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el Manual de diseño geométrico de carreteras, para el Diseño Geométrico en Perfil. En la siguiente figura, se muestra el detalle en planta y perfil de un ramal.[6]

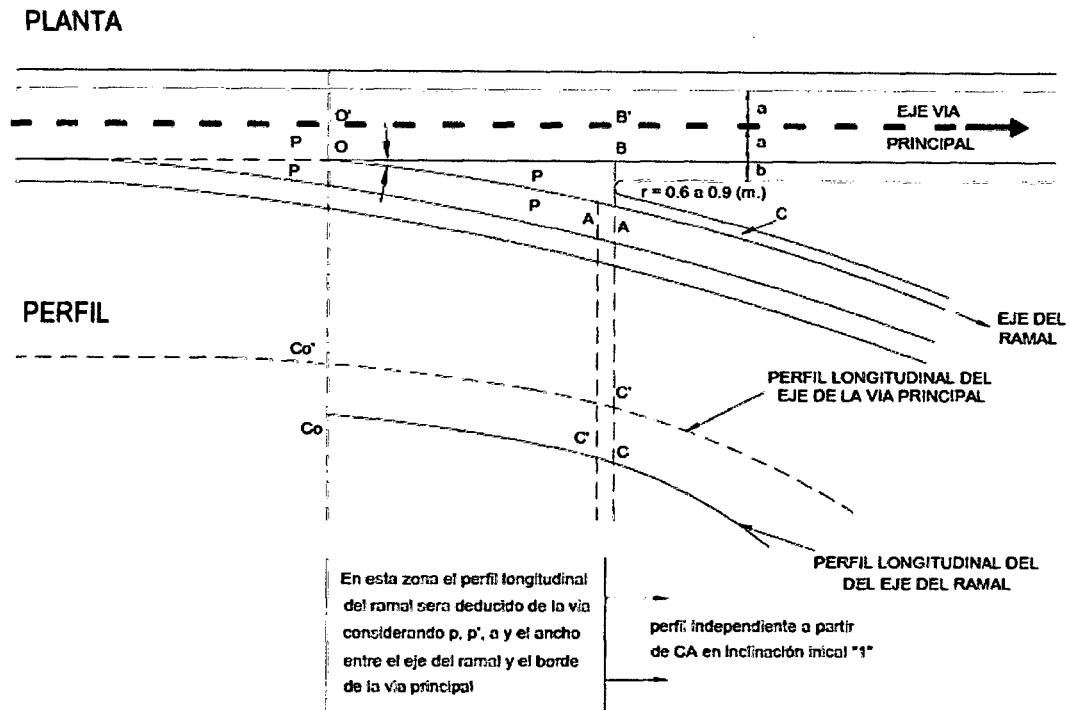


Figura 2.8: Planta y perfil de un ramal.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

Donde:

a : Ancho carril vía principal.

O : Origen del eje ramal (en este caso, sobre el borde de la calzada).

o' : Proyección de O sobre el eje de la vía principal.

p_1 : Inclinación transversal de la punta (de preferencia igual a p).

p_2 : Peralte del ramal (es variable en la zona de transición).

AB : Ancho de la punta en la nariz: distancia entre bordes de calzada a partir del cual el eje longitudinal del ramal se independiza. En este caso: $c + b + 0.6 < AB < c + b + 0.9$.

A' : Punto próximo a A dentro de la cuña y sobre el eje del ramal ($AA' @ 1m$).

C'_o : Cota de O'

C_o : Cota de origen del ramal

$$C_o = (C'_o \pm a \cdot p) \quad (2.2)$$

C'_B : Cota del eje de la vía principal en la nariz (en B')

C_B : Cota del borde del carril en la nariz

$$C_B = C'_B \pm a \cdot p \quad (2.3)$$

C_A : Cota de partida del perfil longitudinal del ramal en su zona independiente

$$(C_B \pm AB \cdot p_1) \quad (2.4)$$

C'_A : Cota del puente A'(Se deduce igual que C_A)'

i : Pendiente inicial del P.L. del ramal en su zona independiente $i=(C_A - C'_A)/AA'$

En el siguiente cuadro se presenta los parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales, en función a la velocidad de diseño.

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Distancia de visibilidad de parada (m)	20	26	32	39	47	55	65	75	85	95	120	145	175
K Convexo(m)	300	300	300	400	525	700	1.000	1.400	1.700	2.200	3.500	5.000	7.200
K Cóncavo (m)	250	350	450	600	800	1.000	1.200	1.500	1.750	2.000	2.700	3.400	4.200
L mínimo (m)	15	20	20	22	25	28	32	35	40	50	60	80	100
Inclinaciones máximas de rasante (%)	± 8,0	± 8,0	± 8,0	± 8,0	± 7,5	± 7,0	± 6,5	± 6,0	± 6,0	± 5,5	± 5,0	± 4,5	± 4,0

Cuadro 2.9: Parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

Notas:

- Los parámetros mínimos recomendables para una V dada, son aquellos correspondientes a la V 10 km/h superior.
- En lugares dónde se prevean formaciones de hielo, las pendientes no deben exceder el 6c) $K = L/A$, L = Longitud de curva vertical, A = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.[6]

d. Diseño de la sección transversal

El diseño de la sección transversal de un intercambio a desnivel, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, para el Diseño Geométrico de la Sección Transversal.

El siguiente cuadro, presenta valores de la máxima diferencia algebraica que debe existir entre la inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro, en su arista común.[6]

Velocidad de diseño en ramal (km/h)	Diferencia Algebraica ($P_{carretera} - P_{ramal}$) %
25 - 30	5 - 8
40 - 50	5 - 6
>60	4 - 5

Cuadro 2.10: Máxima diferencia algebraica entre inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro en su arista común.

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2014).[6]

2.3. Sistema inteligente de transporte(ITS).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) pueden ser definidos como la integración de tecnologías de comunicación y electrónicas con el fin de mitigar los problemas de transporte terrestre.[7]

En el mundo actual la función de los organismos oficiales y departamentos de transporte ha evolucionado de manera importante; la labor principal de estas agencias se ha expandido, mucho más allá de las tareas de construcción y mantenimiento de infraestructura de transporte, a encargarse también de la operación de las redes, para lograr mejoras en seguridad, fluidez, confiabilidad, comodidad y eficiencia. Mejorar la movilidad y la seguridad, reducir el consumo de combustible y la emisión de contaminantes, así como ofrecer información dinámica y efectiva al viajero, son las principales metas del mercado en nuestros días.

Con el fin de manejar las redes de transporte de manera eficiente, la operación de las mismas se ha convertido en foco de atención primordial, por lo que se han venido utilizando los Sistemas Inteligentes de Transporte como herramientas que hacen posible dicha eficacia. Los sistemas ITS aplican tecnología a los sistemas de transporte para solucionar problemas y lograr un óptimo funcionamiento.[8]

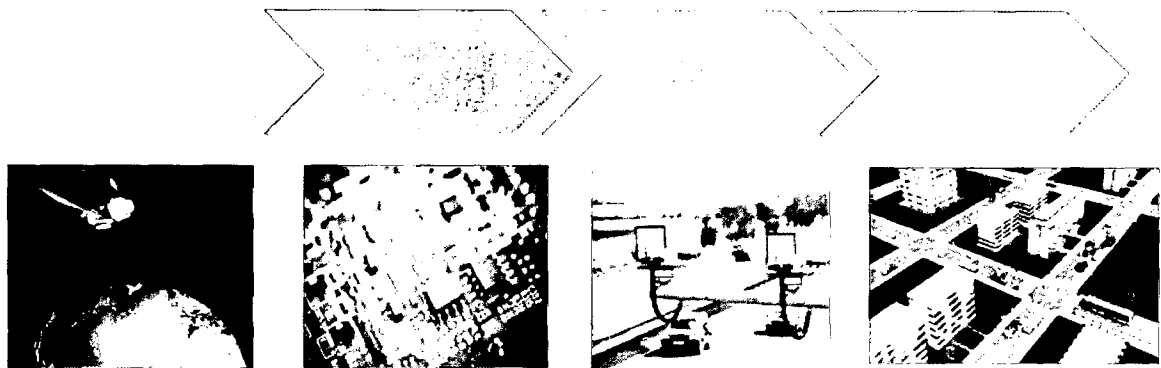


Figura 2.9: Esquema de un ITS.

Fuente: Espinoza(2004)[7]

2.3.1. Características de un ITS.

Para realizar mejoras y obtener beneficios en seguridad, capacidad, fluidez, comodidad; hay que ver más allá del enfoque en construcción y mantenimiento que hemos tenido durante las últimas 5 décadas.[8]

- ITS se trata de la aplicación de tecnologías avanzadas y otros esquemas de operación en el transporte.
- ITS es la herramienta más importante de un programa de operación.
- Comparado con la infraestructura, el costo de ITS es bajo y el indicador costo-beneficio es muy alto.
- Un sistema ITS bien diseñado, bien construido y bien operado, ofrece beneficios muy marcados desde el principio.

2.3.2. Importancia de un ITS.

La importancia de los sistemas de transporte inteligente es mejorar la movilidad, seguridad y eficiencia del transporte, mejorando la funcionalidad de los vehículos y las vías usando las tecnologías de la información. Utilizar tecnologías ITS en el desempeño del sistema optimizará la utilización de la capacidad efectiva del mismo.

Reducción de la contaminación ambiental, del número de accidentes, de la congestión, aumento de la velocidad, mejoramiento de la capacidad de utilización de la vía, ayudar a los conductores a circular evitando producir congestionamiento y accidentes.[7]

2.3.3. Entorno integrado para un ITS.

Seguimos la metodología de la Teoría de Ingeniería de Sistemas en el desarrollo de proyectos ITS, la cual ha sido aplicada con éxito en muchos de los sistemas ITS que actualmente existen en el mundo. Es una técnica con el enfoque de sistemas, la cual permite ver el todo y las partes que componen el sistema, sus relaciones al interior y con su entorno de forma integral. El uso de este método en el desarrollo de ITS ha mostrado muchos beneficios, entre ellos, el tener menos sobrecostos, sobretiempos y defectos en los sistemas.

Se sigue un proceso continuo que inicia con una definición y análisis de los componentes del sistema hasta lograr una definición e integración total del ITS. En cada una de las fases, el proceso se valida, si los resultados son los esperados se procede a la siguiente fase.[8]

El proceso consta de las siguientes fases claves:

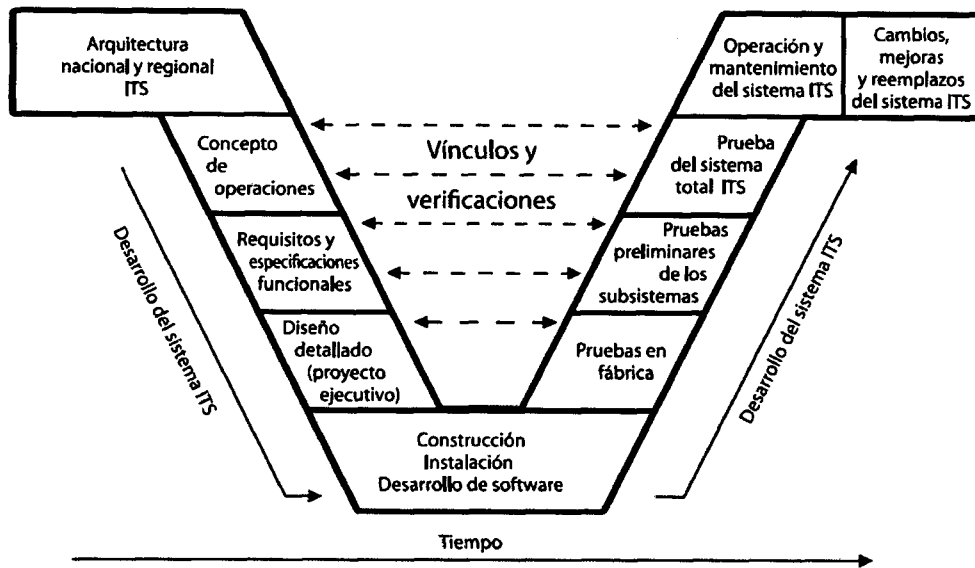


Figura 2.10: Fases de un ITS.

Fuente: Espinoza(2004)[7]

2.3.4. Proyección y evolución de un ITS.

El mundo se urbaniza rápidamente y la densidad de población aumenta. Un informe de las Naciones Unidas estima que aproximadamente el 70 % de la población mundial vivirá en ciudades en 2050.[9]

Este crecimiento conlleva una expansión de la demanda a la que están sometidas todas las infraestructuras urbanas, incluyendo el transporte.

No podemos aceptar que los atascos paralicen ciudades, suburbios y cadenas de suministro todos los días cuando disponemos de herramientas, tecnologías y estrategias innovadoras para gestionar nuestros sistemas de transporte y utilizar más eficazmente nuestras infraestructuras?, afirma Scott Belcher, Presidente y CEO de ITS America¹. [9]

¹ITS America: Empresa de EE.UU. dedicada a la tecnología de transformación del transporte

2.3.5. Ejemplos de ITS.

Existen diversos ejemplos de ITS los cuales se pueden agrupar en los siguientes:[7]

- Cámaras de video para detectar accidentes
- Tableros de mensajes dinámicos de información vial
- Detectores de vehículos para calcular tiempos de recorrido
- Sistemas de pago electrónico en plazas de cobro
- Centros de gestión de tránsito
- Software de integración de sistemas
- Sistemas inteligentes de semáforos

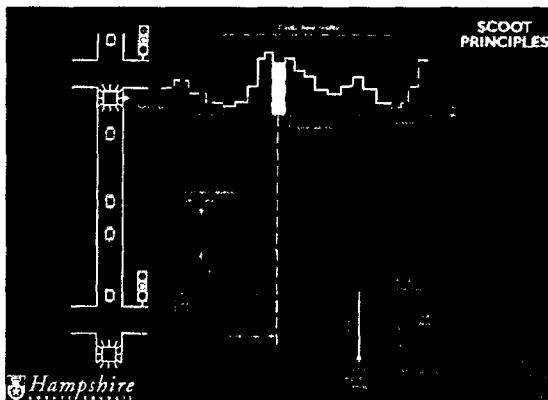


Figura 2.11: ITS en semaforización.

Fuente: Espinoza(2004)[7]

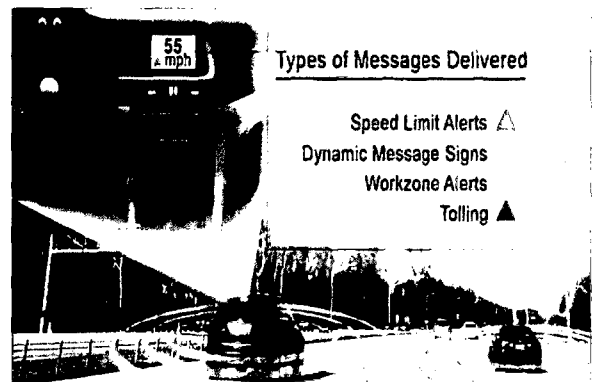


Figura 2.12: ITS en circulación de vehículos.

Fuente: Espinoza(2004)[7]

2.3.6. Integración de los vehículos y las peatones en una vía a través de un ITS.

Las ciudades evolucionan hacia sistemas de transporte más integrados, en los que los usuarios disfrutan de servicios más rápidos y eficaces, mejor coordinados y en los que todos los interesados participan activamente y pueden enorgullecerse al

saber que sus ciudades son mucho más competitivas y sostenibles desde el punto de vista medioambiental.[9]

Grupos	Servicios
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de viaje , tránsito - transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Información al conductor en ruta • Guía en ruta • Servicios de información al viajero • Control de tránsito • Gestión de incidentes • Prueba de emisiones y mitigación • Intersección de carreteras y ferrocarriles • Información previa al viaje • Reservación y búsqueda de características de viajes similares • Gestión de demanda y operación
<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de transporte público 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de Transporte Público • Información de transporte en ruta • Transporte público personalizado
<ul style="list-style-type: none"> • Pago electrónico 	<ul style="list-style-type: none"> • Cobro electrónico de peaje
<ul style="list-style-type: none"> • Operación de vehículos comerciales 	<ul style="list-style-type: none"> • Pago electrónico de vehículos comerciales • Inspecciones automatizadas de seguridad para vehículos comerciales • Control de seguridad dentro del vehículo • Procesos de administración de vehículos comerciales • Respuestas a incidentes por materiales peligrosos
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de emergencias 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de flota comercial <ul style="list-style-type: none"> • Notificación de la emergencia y seguridad personal • Gestión de emergencia de los vehículos
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas avanzados de seguridad vehicular 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas para evitar colisiones longitudinales • Sistemas para evitar colisiones laterales • Alarmas de colisión en intersecciones • Amplificadores de la visión • Preparación para la seguridad • Sistemas de retención • Operación automática de vehículos <ul style="list-style-type: none"> • Función de datos en archivo
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de información 	
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de mantenimiento y construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • Operación de mantenimiento y construcción

Figura 2.13: ITS desarrollados a la actualidad.

Fuente:Espinoza(2004)[7]

2.4. Modelos de tráfico vehicular.

Un modelo nos sirve para representar un fenómeno, en función de un propósito, existen diferentes modelos que describen el tráfico vehicular tomando algunas de sus características y nos dan aproximaciones matemáticas con cierto grado de apego a la realidad. Estos modelos son llevados a la simulación, elaborando un programa de cómputo que se comporte como el fenómeno físico, y así analizar y probar el modelo.

Hay muchas aproximaciones matemáticas que intentan modelar el flujo de tráfico vehicular en términos de alguna de sus características. Todas ellas responden

con cierto grado de apego a la realidad, midiendo alguna o algunas características del flujo vehicular[4].

En términos generales, existen tres enfoques para modelar flujo de tráfico vehicular:

- Modelo macroscópico
- Modelo microscópico
- Modelo mesoscópico

2.5. Fenómenos del flujo vehicular.

Dentro del estudio del flujo de tráfico vehicular, se pueden estudiar diversos fenómenos relacionados, como pueden ser[2]:

- Usos de semáforos
- Cruces en avenidas
- Accidentes de tránsito

2.5.1. Congestión vehicular o vial.

La congestión vehicular o vial, se refiere tanto urbana como interurbana, a la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atochamientos. Este fenómeno se produce comúnmente en las hora punta u horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.[3]

2.5.2. Causas de la congestión vehicular.

La congestión del tráfico se produce cuando el volumen de tráfico o de la distribución normal de transporte genera una demanda de espacio mayor que el disponible

en las carreteras. Hay una serie de circunstancias específicas que causan o agravan la congestión, la mayoría de ellos reducen la capacidad de una carretera en un punto determinado o en un periodo determinado, o aumentar el número de vehículos necesarios para un determinado caudal de personas o mercancías. En muchas ciudades altamente pobladas la congestión vehicular es recurrente, y se atribuye a la gran demanda del tráfico, la mayoría del resto se atribuye a incidentes de tránsito, obras viales y eventos climáticos. La velocidad y el flujo también puede afectar la capacidad de la red , aunque la relación es compleja. Es difícil predecir en qué condiciones un atasco sucede, pues puede ocurrir de repente, Se ha constatado que los incidentes (tales como accidentes o incluso un solo coche frenado en gran medida en un buen flujo anteriormente) puede causar repentinamente (un fallo en cascada), que luego se difunde y crear un atasco de tráfico sostenido, cuando, de otro modo, el flujo normal puede haber continuado algún tiempo más.[3]

2.5.3. Consecuencias y efectos.

Las consecuencias de las congestiones vehiculares denotan en accidentes, a pesar que los automóviles no pueden circular a gran velocidad, ya que el automovilista pierde la calma al encontrarse estático por mucho tiempo en un lugar de la vía. Esto también deriva en la violencia vial, por otro lado reduce la gravedad de los accidentes ya que los vehículos no se desplazan a una velocidad importante para ser víctima de daños o lesiones de la mayor gravedad. También, los vehículos pierden innecesariamente combustible debido a que se está inactivo por mucho tiempo en un mismo lugar, sin avanzaren el trayecto de un punto a otro.[3]

- Pérdida del tiempo de los automovilistas y pasajeros (coste de oportunidad).
Como una actividad no productiva para la mayoría de la gente, reduce la salud económica regional.
- Retrasos, lo cual puede resultar en la hora atrasada para de llegada para el empleo, las reuniones, y las educación, lo cual al final resulta en pérdidas de negocio, medidas disciplinarias u otras pérdidas personales.

- Incapacidad para predecir con exactitud el tiempo de viaje, lo que lleva a los conductores la asignación de más tiempo para viajar, y menos tiempo en actividades productivas.
- Desperdicio de combustible, aumenta la contaminación en el aire ya las emisiones de dióxido de carbono, debido al aumento de ralentización, aceleración y frenado. Aumento del uso de combustible, también puede causar el aumento del costes del combustible y por consiguiente aumentos en los cobros por traslados de un lugar a otro.
- El desgaste de los vehículos como consecuencia de la ralentización en el tráfico y la frecuencia de aceleración y frenado, lo que hace más frecuentes que se produzca reparaciones y reemplazos.
- Automovilistas frustrados, el fomento de la ira de carretera y la reducción de la salud de los automovilistas. Emergencias: si se bloquea el tráfico esto podría interferir con el paso de los vehículos de emergencia para viajar a sus destinos en los que se necesitan con urgencia.
- Efecto de la congestión de las arterias principales de las carreteras secundarias y calles como rutas alternativas que pueden afectar barrios, comunidades y los precios de dichos bienes.
- El que se esté demasiado tiempo en un sólo punto produce en los conductores que al liberar la vía, aceleren, lo cual podría conllevar a un accidente de tránsito con un peatón herido.

2.5.4. Señalización vial.

La señalización surge por 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. En este sentido, la misión de la señalización vial se define en tres puntos[10]:

- Advertir de la existencia de peligros potenciales.

- Informar de la vigencia de ciertas normas y reglamentaciones en un tramo determinado de vía.
- Orientar al usuario mediante las oportunas Indicaciones para que éste sepa en todo momento dónde está, hacia dónde va y Qué dirección tomar para cambiar de destino.

Para llevar a cabo estos principios, la señalización debe cumplir una serie preceptos fundamentales sin los cuales su eficacia es más que dudosa[10]:

- Claridad: La información debe ser presentada de forma que llame la atención del usuario y en zonas en que no dé lugar a una mala interpretación de la misma.
- Sencillez: El código empleado debe ser comprensible por cualquier usuario capacitado para la conducción. Además, no conviene densificar el contenido de la información suministrada, ya que lo más seguro es que no se interprete correctamente.
- Precisión: Es imprescindible que la información se suministre cuando el conductor la necesite, de forma que éste disponga de un tiempo de comprensión, decisión y reacción ante la advertencia visualizada. Tampoco debe suministrarse con demasiada antelación, ya que puede confundirlo.
- Universalidad: La interpretación del código y la representación del mismo debe ser homogénea, de forma que todo usuario sea capaz de recibir la información independientemente de la zona, provincia, región o país donde se encuentre.

Una correcta señalización -que cumpla las reglas y objetivos anteriormente expuestos- mejorará las condiciones de capacidad y seguridad de la vía, por lo que es un aspecto que no debe subestimarse.

Un determinado porcentaje de accidentes se deben exclusivamente a la mala señalización de un tramo. Estas zonas, conocidas popularmente como puntos

negros, añaden a un deficiente trazado o estado de conservación la inexistencia de una adecuada señalización que avise adecuada e incluso repetidamente de la peligrosidad en dicha zona.

Dejando aparte los semáforos y las indicaciones de los agentes de tráfico, pueden diferenciarse tres tipos de señales[10]:

Señalización vertical: Se sitúa en un plano perpendicular al eje de la vía. Señalización horizontal o marcas viales: Se localiza sobre la propia vía. Señales de balizamiento: Se encargan de encauzar o restringir el paso del flujo de vehículos.

2.6. Microsimulación, características y sistemas.

2.6.1. Modelo y sistema

Un modelo es una forma de representación sencilla de un sistema con el fin de facilitar su entendimiento y controlar su comportamiento. [11] En el caso del proyecto, al desarrollar un modelo de microsimulación se busca replicar el comportamiento del tráfico de la intersección escogida para su posterior análisis. Por otro lado, un sistema se suele definir como una colección de entidades que interactúan entre sí hacia un fin lógico. [12] El sistema, en este trabajo, está conformado por los siguientes elementos: la Avenida Ramón Castilla, Avenida Ejército, Jr. José Carlos Mariátegui, y también por los peatones, vehículos, etc. Los primeros mencionados son la geometría del proyecto. Por otro lado, los otros elementos mencionados son representaciones del componente dinámico del modelo.

2.6.2. Modelo del tráfico

Es el concepto mediante el cual un sistema de transporte (cruces de autopistas, avenidas, rotondas, etc.) es llevado de la realidad a una representación virtual para el análisis de su comportamiento, usando un modelo estocástico y la ayuda de un software de computadora. [13] La modelación posibilita estudiar la presente y futura

situación del flujo vehicular de la zona elegida mediante la recolección de datos en campo que se expresarán mediante parámetros en la realización del modelamiento.

2.6.2.1. Tipos de modelación del tráfico

La clasificación de los modelos, empleados para efectuar el estudio de un proyecto, se puede realizar de distintas maneras. Por ejemplo, se pueden ordenar de acuerdo al tipo de proyecto a realizar y el fin del mismo. En este estudio se contemplarán los tipos de modelos primordiales que se emplearán en el desarrollo del presente trabajo. Los mismos que se pueden apreciar en la figura, donde se muestra una organización de los modelos de acuerdo a su naturaleza (continuos o discretos), según su nivel de detalle (macroscópicos, mesoscópicos y microscópicos) y por su nivel de aleatoriedad (determinísticos o estocásticos).[11]

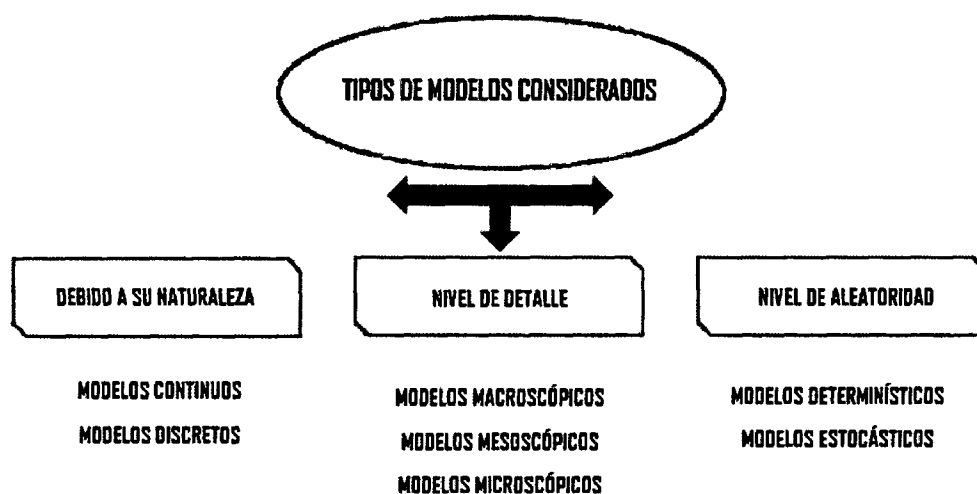


Figura 2.14: Tipos de modelos considerados.

Fuente: Alvarez (2017)[11]

- **Modelos discretos**

Estos modelos se destacan por considerar una modelación de un sistema por medio de una representación en la cual los estados de las variables cambian instantáneamente en instante de tiempo separados[11]. Por ejemplo, en un modelo de flujo de tráfico en una autopista las características y el movimiento individual de los vehículos varían constantemente en instantes distintos

- **Modelos continuos**

Son aquellos que involucran ecuaciones matemáticas diferenciales que relacionan tasas de cambio de las variables o parámetros en el tiempo. Además, las variables que se emplean en el modelo cambian constantemente. Por ejemplo, el comportamiento del tráfico en una intersección, la velocidad de los vehículos, las longitudes de cola, etc[11]. Después de haber introducido los dos primeros modelos de acuerdo a su naturaleza, se debe mencionar que también se pueden clasificar según su predictibilidad. Esto según el tipo de proyecto y el fin con el que se desee desarrollar el mismo. Esta clasificación corresponde a los modelos determinísticos y estocásticos que se explicaran a continuación.

- **Modelos determinísticos**

Son modelos cuya solución para determinadas condiciones es única y siempre la misma, también son aquellos donde se supone que los datos se conocen con certeza, es decir, se supone que cuando el modelo sea analizado se tiene disponible toda la información necesaria para la toma de decisiones.[11]

- **Modelos estocásticos**

El modelo estocástico, opuesto al modelo determinístico, contiene uno o más parámetros (variables endógenas) aleatorias. Por lo que, se genera un conjunto de respuestas cuando es utilizado para efectuar un estudio. Los resultados obtenidos mediante el uso de este modelo son empleados para estimar el comportamiento real de un sistema[11]. El programa Vissim es un ejemplo de software que maneja este modelo.

- **Modelos macroscópicos**

Los modelos macroscópicos se caracterizan por ser representaciones continuas del flujo de tránsito, se refieren a medidas generales como la relación entre flujo, velocidad, y densidad. Estas características del modelo pierden mucho detalle, pero ganan en habilidad para tratar los problemas de dimensiones colosales dentro de tiempos de ejecución cortos.[14]

- **Modelos mesoscópicos**

La metodología de estos modelos consiste en simular un conjunto reducido de vehículos como si fueran uno solo. Esto no quiere decir que los vehículos se analizarán como conjunto del todo; ya que en el caso de algunos parámetros como los de giros, tiempos de entrada y salida se evaluarán de manera individual[14]. Por otro lado, los vehículos y el comportamiento del conductor no son distinguidos ni descritos individualmente, si no en términos con funciones de distribución de probabilidad. Estas distribuciones dependen de varias variables (aceleración, interacción entre vehículos, cambios de carril, etc.) que describirán el comportamiento de cada conductor. [14] En la figura 4 se ilustra las consideraciones que pertenecen a cada modelo, según el nivel de detalle de la simulación.

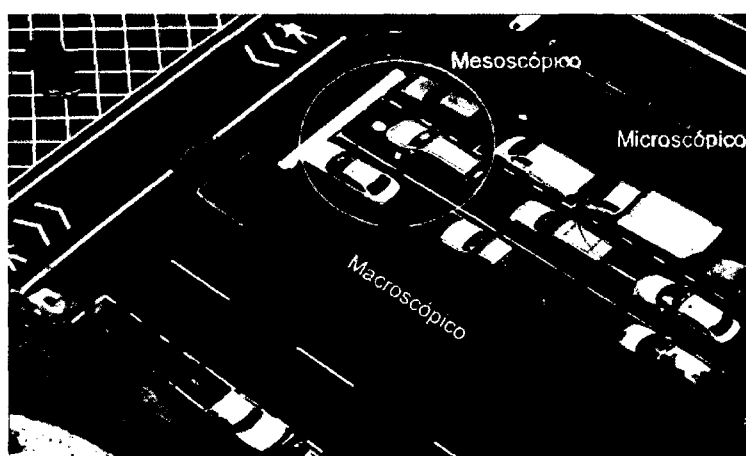


Figura 2.15: Principales estrategias de simulación del tráfico.

Fuente: Alcalá (2016)[15]

- **Modelos microscópicos**

Los modelos microscópicos son aquellos que se centran en el comportamiento individual de cada vehículo para obtener el comportamiento global del tráfico en una vía. Tienen en cuenta, por tanto, los parámetros interrelacionados que determinan la dinámica de los vehículos. Así, por ejemplo, conociendo la aceleración de cada vehículo en cada instante, se puede saber, dada su posición y velocidad, cual será su situación tras un intervalo de tiempo.[16]

2.6.3. Microsimulación del tráfico

El uso de los modelos microscópicos con fines de simulación ha ido aumentando a pasos agigantados en este último siglo. Estos han sido empleados para el estudio y análisis del tráfico (su comportamiento, problemas, soluciones, etc.). El hecho de poder tratar tal cantidad de información plantea la posibilidad de enfocar el problema del tráfico a nivel celular; es decir, considerando a cada vehículo como un objeto independiente que se enmarca dentro de un sistema (flujo de tráfico) y que por el cual se puede interactuar con otros componentes del mismo sistema como por ejemplo el resto de vehículos.[16] Uno de los programas que basan su estudio en el modelo microscópico es el software computacional Vissim.

2.6.4. Fundamentos de la microsimulación

Los fundamentos de la micro-simulación son la base del análisis que se desarrolla a lo largo de este trabajo con el fin de lograr los objetivos propuestos. Entre ellos destacan la aleatoriedad del modelo, el warm up o tiempo de estabilidad, la interacción vehicular, la calibración del modelo y la validación del mismo. [11]

2.6.4.1. Estadísticas no paramétricas

Una prueba estadística no paramétrica está basada en un modelo que especifica solo condiciones muy generales y ninguna acerca de la forma específica de la distribución de la cual fue obtenida la muestra. Ciertas suposiciones están asociadas con la mayoría de las pruebas no paramétricas, a saber que las observaciones son

independientes y quizá que la variable en estudio es continua; pero estas suposiciones son menores y más débiles que aquéllas asociadas con las pruebas paramétricas[17]. Los procedimientos no paramétricos prueban diferentes hipótesis acerca de la población, que los procedimientos paramétricos no hacen. Por último a diferencia de las pruebas paramétricas, existen no paramétricas que pueden aplicarse apropiadamente a datos medidos en una escala ordinal, y otras pruebas para datos en una escala nominal o categoría[17].

- **Ventajas y desventajas de la estadística no paramétrica**

como todo tiene su pro y su contra en la estadística no paramétrica no hay excepciones. en los siguientes puntos podemos observar las ventajas y desventajas que nos trae el utilizar la estadística no paramétrica[17].

- **Ventajas de la estadística no paramétrica**

- Si el tamaño de la muestra es muy pequeño, puede no haber otra opción que usar una estadística no paramétrica, a menos que la naturaleza de la distribución de la población se conozca con exactitud.
- Las pruebas no paramétricas típicamente hacen menos suposiciones acerca de los datos y pueden ser más relevantes a una situación particular. Además las hipótesis probadas por una prueba no paramétrica pueden ser más adecuadas para la investigación.
- Los métodos no paramétricos están disponibles para tratar datos que son simplemente clasificatorios o categóricos, es decir, que son medidos en una escala nominal. Ninguna técnica se aplica a tales datos.
- Existen pruebas estadísticas no paramétricas que son adecuadas para tratar muestras obtenidas de observaciones de diferentes poblaciones. Las pruebas paramétricas a menudo no pueden manipular tales datos sin exigirnos hacer suposiciones aparentemente irreales o requisitos pesados de computación.

- Las pruebas estadísticas no paramétricas típicamente son más fáciles de aprender y aplicar que las paramétricas. Además, su interpretación suele ser más directa que la interpretación de pruebas paramétricas.

■ Desventajas de la estadística no paramétrica

- Una objeción a las pruebas estadísticas no paramétricas es que no son sistemáticas, mientras que las pruebas estadísticas paramétricas han sido sistematizados y diferentes pruebas son simplemente variaciones de un tema central.
- Otra objeción a las pruebas estadísticas no paramétricas se relaciona con la conveniencia, esto se debe a que no se tiene una distribución fija para este tipo de estadística, por lo que en ocasiones puede ser un problema el elegir la adecuada.

■ Herramientas de la estadística no paramétrica

- Prueba de cambio de McNemár
- Prueba de los signos
- Prueba de rangos asignados de Wilcoxon
- Prueba exacta de Fisher para tablas de 2x2
- Prueba de la mediana
- Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney
- Análisis de la varianza unifactorial para rangos de Kruskal-Wallis
- El coeficiente C de Cramér
- Coeficiente Phi para tablas 2x2
- Coeficiente de correlación de Spearman de rangos ordenados

2.6.4.2. Aleatorización

La aleatorización es una técnica que se utiliza para equilibrar el efecto de condiciones externas o no controlables que pueden influir en los resultados de un ex-

perimento. Por ejemplo, la temperatura ambiental, la humedad, la materia prima o los operadores pueden cambiar durante un experimento y afectar inadvertidamente los resultados de la prueba. Al aleatorizar el orden en el que se realizan las corridas experimentales, usted reduce la probabilidad de que las diferencias en los materiales o las condiciones del experimento sesguen considerablemente los resultados. La aleatorización también permite estimar la variación inherente de los materiales y las condiciones de manera que usted pueda hacer inferencias estadísticas válidas con base en los datos del experimento.[18].

La noción de aleatoriedad es el centro de los métodos probabilísticos modernos en las ciencias naturales y del comportamiento pero es difícil definir ¿aleatorio? o ¿azar?. La noción del diccionario de casual, accidental, sin objetivo ni dirección, no ayuda mucho. De hecho, los científicos son muy sistemáticos acerca de la aleatoriedad; seleccionan cuidadosamente muestras aleatorias y planean procedimientos aleatorios.[18].

Se puede adoptar la posición de que nada sucede al azar, que para todo evento hay una causa. La única razón que esta posición puede sustentar, de utilizar la palabra ¿aleatorio? es que los seres humanos no conocen lo suficiente. Para la sabiduría nada es aleatorio. Supóngase que un ser con mucha sabiduría tiene un periódico con un extenso conocimiento. Este es un periódico gigantesco en el cual cada evento es narrado hasta el último detalle ¿ para mañana, el día siguiente y el siguiente, y así indefinidamente ? y está cuidadosamente incluido. No hay nada desconocido y, desde luego, no hay nada de aleatoriedad. La aleatoriedad es ignorancia desde este punto de vista. De acuerdo con este argumento, la aleatoriedad ha sido definida en una forma poco usual. Se dice que los eventos son aleatorios si sus resultados no se pueden predecir. Por ejemplo, no hay una forma conocida de ganar un volado con una moneda. Cuando no hay un sistema para jugar un juego que asegure el ganarlo (o perderlo), entonces los resultados y los eventos del juego son aleatorios. Dicho formalmente, aleatoriedad significa que no hay una ley conocida, capaz de ser expresada en un lenguaje coherente, que correctamente describa o explique los eventos y sus resultados de manera correcta. En otras palabras, cuando los eventos

son aleatorios, no se pueden predecir en forma individual. Es extraño decir, sin embargo, que se pueden predecir en forma individual. Es extraño decir, sin embargo, que se pueden predecir con mucho éxito en conjunto. Esto es, se puede predecir el resultado de un gran número de eventos. No se puede predecir si una moneda lanzada al aire va a ser cara o cruz, pero si se lanza la moneda al aire 1000 veces, se puede predecir, con considerable exactitud, el total de veces de caras y cruces.[18].

2.6.4.3. Nivel de aleatoriedad en el flujo del tráfico

El nivel de aleatoriedad en un flujo de tráfico se relaciona directamente con sus parámetros; ya que en estos se refleja el comportamiento y funcionamiento del tránsito estudiado. Esta aleatoriedad se puede presentar de manera determinística o estocástica. Entre estas dos representaciones existen diferencias marcadas. En el caso de una manifestación estocástica, se tiene una característica propia en referencia al tipo de manejo de los conductores y sus vehículos a partir de las estadísticas. Mientras que, en una muestra determinística, no se observan variaciones respecto a las particularidades de vehículos y conductores.[11]

2.6.4.4. Número semilla

Los análisis dentro de los modelos que empleen simulaciones deben de utilizar números aleatorios generados a partir de un solo valor inicial (semilla) dentro de cada análisis para minimizar los errores en la simulación aleatoria. Esto en el modelo se observa con el cambio de comportamiento de los conductores (gentil, agresivo, etc.) y los tipos de vehículos participantes (motos, camiones, buses, etc.). Cada vez que se cambie este número denominado semilla, estos parámetros variarán generando distintos patrones de comportamiento y flujo vehicular.[19]

2.6.4.5. Número de corridas

El número semilla, definido anteriormente, tendrá una influencia directa a la hora de realizar el análisis de un modelo microscópico; ya que este se encarga de que cada corrida realizada sea distinta de cualquier otra que se haya efectuado. Los

resultados obtenidos, normalmente, se encuentran en un rango cercano al promedio de las respuestas alcanzadas en las corridas llevadas a cabo. Los datos obtenidos de las corridas se deben validar a través de un número mínimo de corridas[11]. Este número de corridas específico, se conseguirá con ayuda de la estadística. Por lo tanto, se debe tomar una muestra que represente a la población (corridas) de forma adecuada, es decir esta debe ser heterogénea y sin tendencias de ninguna clase. Mientras mejor se represente a la población en la muestra de trabajo, mejores serán los resultados a la hora de extrapolarlos a la población total.[20]

Finalmente, para realizar este análisis estadístico se necesitará de las siguientes ecuaciones estadísticas:

$$S^2 = \frac{\sum \cdot (x - \bar{x})^2}{N - 1} \quad (2.5)$$

Donde:

S : desviación estándar

x : respuesta del parámetro de eficiencia en una corrida específica

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

N : número de corridas

La Federal Highway Administration (FHWA) sugiere emplear la distribución T student con el fin de obtener el mínimo número de corridas, por lo que se emplean las siguientes expresiones:

$$CI_{(1-\alpha \%)} = 2 \cdot t_{(\frac{\alpha}{2}), N-1} \cdot \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (2.6)$$

Donde:

CI : intervalo de confianza

$t_{(\frac{\alpha}{2})}$: t-student con N-1 grados de libertad

N : número de corridas

S : desviación estándar

El número mínimo de corridas, según los estudios elaborados por la FHWA (2004), se calcula de la siguiente forma:

$$N = \left(t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \cdot \frac{S^2}{e} \right) \quad (2.7)$$

Donde:

N : número mínimo de corridas

$t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$: t-student con $N-1$ grados de libertad

S : desviación estándar

e : margen de error

El proceso de análisis que propone, la Federal Highway Administration (FHWA), para calcular el número mínimo de corridas consta de los siguientes pasos: Para comenzar, se evalúa el modelo trabajado con un número de al menos 4 corridas. Después, mediante el uso de las ecuaciones antes expresadas, se debe obtener la media, la desviación estándar y el nivel de confiabilidad. Cuando se realizan cálculos estadísticos como los mencionados, es necesario tomar en cuenta el margen de error posible en los resultados obtenidos. Al final del proceso, se realiza el cálculo de las repeticiones mínimas, mediante la tercera ecuación, para su posterior comparación con el número de corridas del modelo. Se considerará dos posibles opciones. Si el número de corridas realizadas es menor al mínimo y el caso contrario donde la cantidad de corridas exceda al mínimo. La segunda, es la opción que se busca alcanzar; ya que si se logra será un indicador de suficiencia en la evaluación del modelo. Por otro lado, si se tiene un menor valor que el mínimo de corridas se efectuarán nuevas corridas y una nueva medición de los parámetros. Este proceso debe continuarse hasta lograr la segunda opción mencionada.[11] Con el fin de ilustrar lo mencionado, se presenta el siguiente esquema:



Figura 2.16: Proceso Iterativo para determinar el número de corridas.

Fuente: Alvarez(2017)[11]

2.6.4.6. Warm up (tiempo de estabilidad)

El warm up o tiempo de estabilidad es aquel en el cual el flujo de tráfico, en el modelo de la simulación, alcanza el equilibrio. En otras palabras, se logra la estabilidad vehicular. Una vez alcanzado este punto en la simulación, se puede proceder a la recolección de datos estadísticos. Esta información se compone del análisis de parámetros de eficiencia como la longitud de colas, el tiempo de viaje, etc[21]. El warm up debe extenderse durante el tiempo suficiente antes del período de calibración del modelo requerido para demostrar la existencia de densidades de tráfico suficientes en el proyecto que se trabaja [22]. Según la FHWA se obtuvo que el tiempo de estabilización para modelos elaborados (warm up) es de como mínimo 10 minutos de simulación. En las siguientes imágenes, se puede observar represen-

taciones del modelo cuando no se alcanza la estabilidad (primera imagen) y cuando si se produce (segunda imagen). Además, el tiempo que necesitó el modelo (en el ejemplo) para alcanzar su estabilización fue de 20 minutos como se puede apreciar en las ilustraciones.[11]

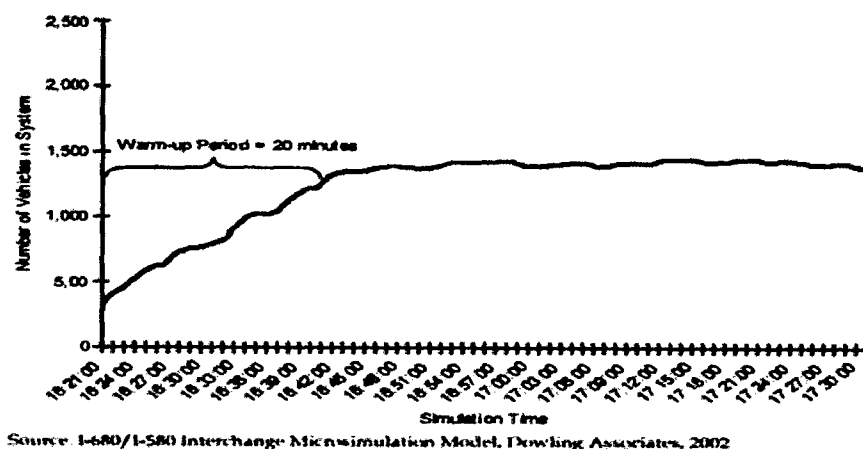


Figura 2.17: Ilustración del periodo de Warm up.

Fuente: Alcalá(2016)[?]

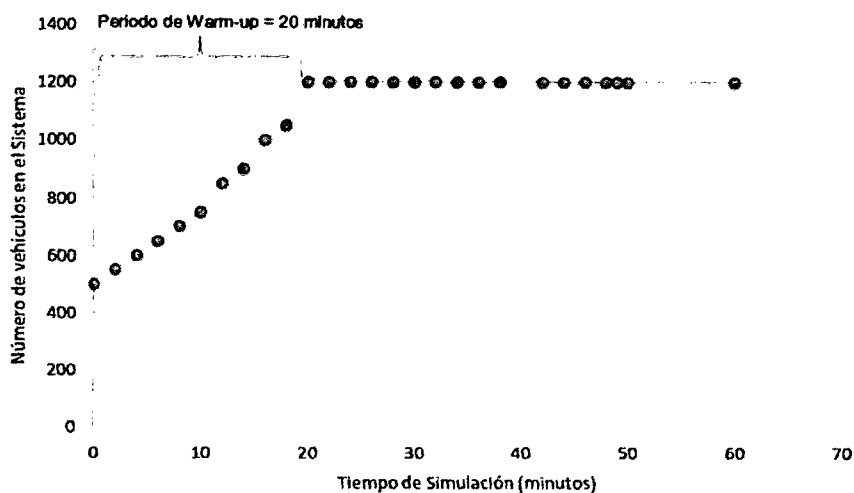


Figura 2.18: Representación estabilizada del modelo.

Fuente: Alvarez(2017)[11]

2.6.4.7. Interacción de vehículos

La interacción de vehículos es una característica propia de los modelos de simulación microscópicos. Esta se realiza a través de modelos de cambio de carril y seguimiento vehicular [23]. En adición a estos modelos, se añade por parte del soft-

ware Vissim el comportamiento no basado en carriles. En el modelo de seguimiento vehicular, se toma en cuenta para el análisis la velocidad, la distancia segura, entre otros parámetros. Por otro lado, en el modelo de cambio de carril la necesidad de realizar este acto es la que impera. Esta necesidad se puede presentar por el deseo de adelantar un vehículo o por la forma de conducción del conductor. En el caso del comportamiento no basado en carriles, se basa en la posibilidad de adelantamiento vehicular en el mismo carril.[24]

2.6.4.8. Calibración del modelo

La calibración es el proceso mediante el cual los parámetros del modelo de simulación que afectan el comportamiento de la red de flujo creada son ajustados hasta lograr una representación adecuada de las condiciones reales[25]. Algunos de los parámetros que pueden ser calibrados son: la longitud de las colas, tiempo de viaje, velocidad, etc.[21]

2.6.4.9. Validación del modelo

El modelo calibrado se evalúa con un conjunto nuevo de datos de campo, incluyendo en ellos los volúmenes de entrada, la composición del tráfico, y otros datos necesarios. Este proceso es conocido como validación del modelo. El modelo se dice que está validado si se obtienen valores similares entre el software Vissim y los resultados extraídos en campo.[25]

2.6.5. Modelos de seguimiento vehicular (car following)

Los modelos de seguimiento vehicular se desarrollan a partir de la interacción que existe entre un vehículo que transita por delante de otro. En otras palabras, se refiere a un concepto que involucra a un móvil *líder* y a otro con el papel de *seguidor*. Con el fin de desarrollar esta teoría, se han creado diversos modelos que abarcan esta relación particular entre dos vehículos. Algunas de ellas son el modelo de la compañía estadounidense General Motors, el modelo de Gipps y el modelo de Wiedemann.

2.6.5.1. Modelo de la general motors

El modelo de la General Motors está basado en un mecanismo conformado por estímulos, sensibilidad y la reacción del conductor del móvil seguidor. Los estímulos se representan como la diferencia relativa entre la velocidad de un vehículo y el que le sigue. La sensibilidad se entiende como la percepción o tiempo de reacción del vehículo que sigue y la reacción se interpreta como la aceleración o desaceleración, basada en la sensibilidad y los estímulos, por parte del conductor del vehículo que seguidor [11]. A continuación, se presenta una ilustración del modelo.

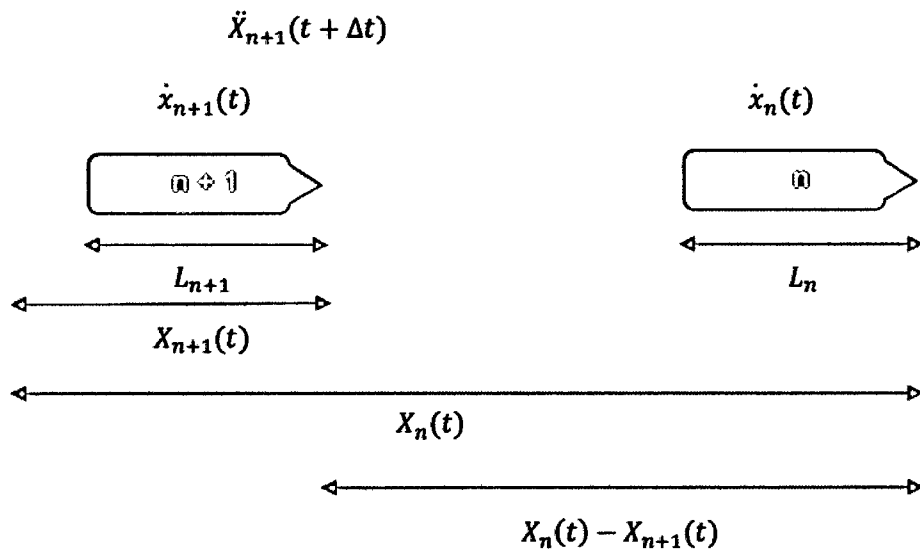


Figura 2.19: Seguimiento vehicular modelo General Motors.

Fuente: Alvarez(2017)[11]

Donde:

n : Vehículo Líder

$n + 1$: Vehículo seguidor

L_n : Medida del vehículo líder (pies)

L_{n+1} : Medida del vehículo seguidor (pies)

x_n : Posición del vehículo líder (pies)

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

\dot{x}_n : Velocidad del vehículo líder (pies/seg)

\dot{x}_{n+1} : Velocidad del vehículo seguidor (pies/seg)

\ddot{x}_{n+1} : Aceleración/desaceleración del vehículo seguidor (pies/seg²)

t : Variable que representa el tiempo

$t + \Delta t$: Variación del tiempo en la interacción

2.6.5.2. Modelo de gipps

El modelo de Gipps sugiere que la velocidad de un vehículo está sujeta a tres limitaciones. En primer lugar, la velocidad del móvil no debe sobrepasar la velocidad deseada por el conductor. En segundo lugar, el vehículo acelera rápidamente hasta que se acerca a la velocidad deseada y luego la aceleración se reduce casi a cero. La tercera limitación es tomada en cuenta cuando la distancia entre los vehículos es corta y determina el comportamiento de marcha del vehículo siguiente, mientras que este último desacelera. Se da por entendido que el vehículo siguiente(n-1) ajustará su velocidad para mantener una distancia segura del vehículo precedente(n). Por otro lado, si dos vehículos se encuentran separados considerablemente, se comportan en condición de flujo libre[26]. A continuación, se presentan ecuaciones representativas del modelo.

$$u_n(t + \tau) = \min\{u_a^n(t + \tau), u_b^n(t + \tau)\} \quad (2.8)$$

Donde:

u_a^n : aceleración máxima que el conductor del vehículo n está dispuesto a desarrollar.

u_b^n : es la desaceleración más brusca que el conductor del vehículo n desea emprender.

$u_n(t)$: es la velocidad del vehículo n en el tiempo t.

τ : es el tiempo de reacción, que es constante para todos los vehículos e igual al paso de simulación.

$$u_b^n(t + \tau) = b_n \tau + \sqrt{b_n^2 \tau^2 - b_n [2[x_{n-1}(t) - S_{n-1} - x_n(t)] - u_n(t)\tau - \frac{u_n - 1t^2}{\hat{b}}]} \quad (2.9)$$

Donde:

b_n : es la desaceleración más brusca que el conductor del vehículo n desea emprender.

\hat{b} : es la más severa desaceleración del vehículo n-1 según lo estimado por el conductor de vehículo n.

S_{n-1} : es el tamaño efectivo del vehículo n - 1. Esto incluye la longitud física de vehículo n - 1 y un margen de seguridad, en el que el conductor del vehículo n no está dispuesto a inmiscuirse incluso en reposo.

u_n : es la velocidad deseada del vehículo n.

$x_n(t)$: es la ubicación de la parte delantera del vehículo n en un instante t.

$u_n(t)$: es la velocidad del vehículo n en el en el tiempo t.

τ : es el tiempo de reacción, que es constante para todos los vehículos e igual al paso de simulación.

$$u_n^a(t + \tau) = u_n(t) + 2.5a_n t \left(1 - \frac{u_n(t)}{u_n}\right) \sqrt{0.0025 + \frac{u_n(t)}{u_n}} \quad (2.10)$$

Donde:

a_n : aceleración máxima que el conductor del vehículo n está dispuesto a desarrollar.

u_n : es la velocidad deseada del vehículo n.

$u_n(t)$: es la velocidad del vehículo n en el en el tiempo t.

τ : es el tiempo de reacción, que es constante para todos los vehículos e igual al paso de simulación.

2.6.5.3. Modelo de wiedemann

El modelo de Wiedemann se basa en la reacción y percepción de los conductores ante las distintas situaciones de tráfico. Cada conductor se relaciona con su propio

vehículo, es decir, es modelado por separado. El modelo representa la percepción humana, sobre los vehículos, principalmente la percepción de distancias como también las diferencias de velocidad. Este modela como los conductores reaccionan a una situación específica cambiando su propio comportamiento de conducción. El modelo de Wiedemann se apoya en mediciones e investigaciones de la conducción humana[14]. A continuación, se describen brevemente las situaciones (áreas) empleados por Wiedemann:

Área de conducción libre: El conductor busca adquirir y sostener cierta velocidad, es decir, su velocidad deseada individual. Además, no existe interacción entre vehículo líder y seguidor.

Área de aproximación: El conductor del móvil seguidor trata de adaptar su velocidad a la velocidad más baja del vehículo delantero. Se produce una desaceleración por parte del conductor seguidor de tal forma que la diferencia entre velocidades de los vehículos sea cero al alcanzar una distancia de seguridad deseada.

Área de seguimiento: El conductor escolta al vehículo antecesor sin ninguna muestra de aceleración o desaceleración perceptible. El piloto seguidor sostiene una distancia de seguridad deseada aproximadamente constante.

Área de frenado o desaceleración: Al aplicarse una desaceleración considerable, se aprecia si la distancia cae por debajo de la distancia de seguridad deseada. Esto puede suceder si el vehículo que precede modifica su velocidad repentinamente o si un tercer vehículo cambia de carril en frente del conductor estudiado. En la siguiente figura se muestra las situaciones antes explicadas del modelo de Wiedemann.

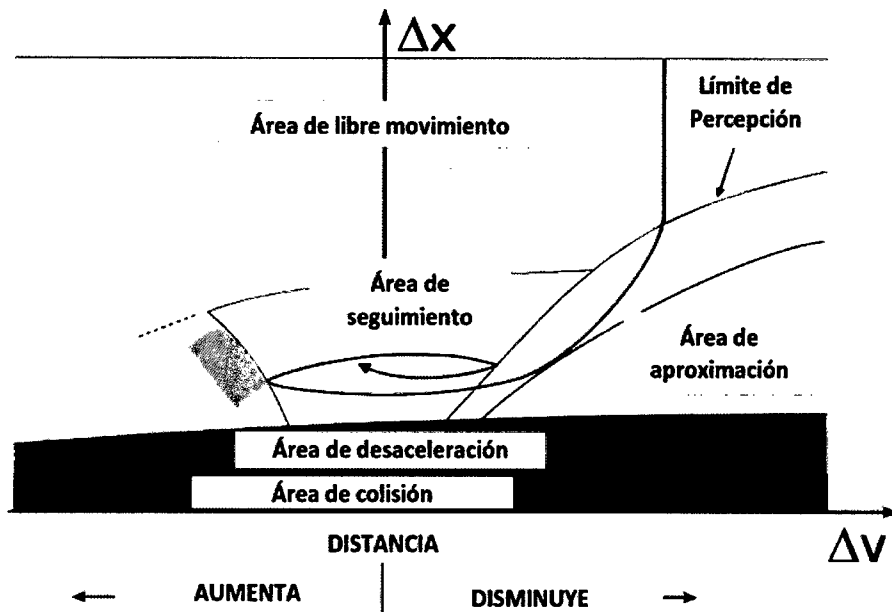


Figura 2.20: Fases del modelo de Wiedemann.

Fuente: Adaptado de PTV Vissim

2.6.6. Modelos de cambio de carril

En el caso de los Modelos de cambio de carril se realiza una clasificación que presenta por un lado a el cambio de carril cuando es necesario y, por otro lado, el cambio de carril cuando se desea realizar (libre).

- Cambio de carril necesario** Este modelo se presenta cuando el conductor de un vehículo necesita realizar un cambio de carril inevitable; ya que de no efectuarlo la ruta a seguir por el conductor se vería afectada. En el comportamiento del conductor, al momento que desea cambiar de carril, se muestra una desaceleración máxima aceptable para el vehículo que se encuentra en el carril [27]. En la siguiente figura se exhibe un ejemplo de lo mencionado.

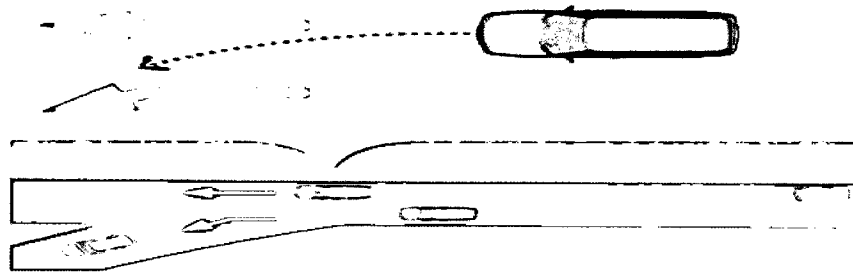


Figura 2.21: Cambio de carril necesario.

Fuente: Adaptado de PTV Vissim

- **Cambio de carril libre** El cambio de carril libre se presenta por parte de los vehículos a velocidades altas. El software Vissim se encarga de revisar la distancia de seguridad deseada por el conductor que quedará atrás en el carril nuevo. La distancia de seguridad dependerá de la velocidad de este vehículo y de la velocidad del vehículo que desea cambiar de carril [27]. En la siguiente imagen se muestra una circunstancia común de lo explicado.

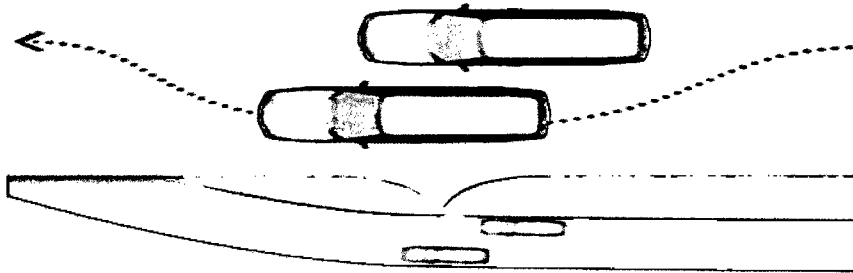


Figura 2.22: Cambio de carril libre.

Fuente: Adaptado de PTV Vissim

2.7. Software PTV VISSIM 9.0

2.7.1. Vissim

El software Vissim es una herramienta de simulación empleada para el diseño de sistemas de control de tráfico. Este programa es una parte de PTV Vision Traffic Suite, que también incluye Visum, una herramienta de simulación macroscópica. Vissim es una herramienta que permite la simulación microscópica; ya que emplea un modelo que se centra en cada vehículo como una entidad particular. Lo cual posibilita

su aplicación para distintos proyectos de análisis de tráfico como intersecciones, rotondas, etc. Además, este programa es capaz de trabajar con una gran variedad de móviles tales como autos, camionetas, motos, bicicletas, camiones, etc.[26]

2.7.2. Antecedentes de Vissim

Vissim es una herramienta de simulación microscópica y multimodal del tránsito, fue desarrollada por PTV (Planung Transport Verkehr) en Karlsruhe, Alemania. El nombre del programa es un acrónimo que deriva del alemán *Verkehr In Städten - SIMulation*. Lo cual se traduce como simulación del tránsito en las ciudades. El software Vissim se desarrolló a inicios de los años 70 en la Universidad de Karlsruhe en Alemania; para el año 1973 se comienza la comercialización y distribución por parte de PTV América Inc. En el año 1995 se emplea en Estados Unidos por primera vez en Eugene, Oregon[27]. Actualmente, se cuenta con la versión 9.0 del programa. Esta última versión será la empleada en el desarrollo de este proyecto.

2.7.3. Funcionamiento del software Vissim

El programa Vissim es un modelo computacional que se basa en los parámetros del seguimiento vehicular, psicofísicos, formulados por Wiedemann. La arquitectura del sistema de Vissim consta de dos programas separados, el modelo de flujo de tráfico y el modelo de control de señales[26], como se muestra en la siguiente imagen.

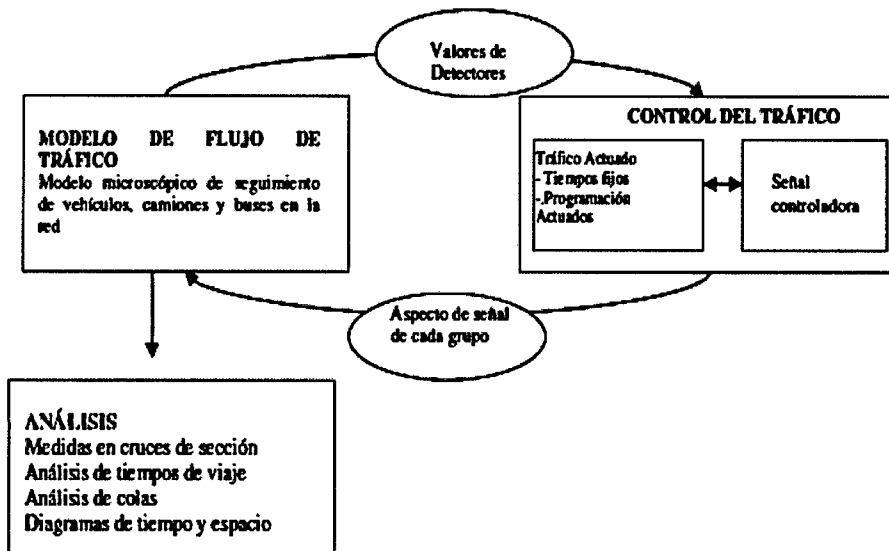


Figura 2.23: La arquitectura del sistema de Vissim

Fuente: Adaptado de PTV Vissim

La animación de la circulación de los vehículos es posibilitada por el modelo de flujo de tráfico. Por otro lado, el modelo de control de señal permite la generación de archivos de salida con acumulación de datos estadísticos como son las longitudes de cola y tiempos de viaje[28]. Las principales áreas de aplicación de Vissim son estudios prioritarios de señales de tránsito, y el diseño de intersecciones y operaciones de tráfico[29]. El funcionamiento del software Vissim está ligado al conjunto integrado por el modelo de seguimiento vehicular, de mayor impacto sobre Vissim, y el modelo de cambio de carril. En el primer modelo, se ajustará la separación entre vehículos cuando un vehículo con mayor velocidad se aproxime a uno más lento. La forma de actuar del conductor se involucra en esta regulación de la separación entre vehículos; ya que dependerá de la velocidad con la que transita y de la diferencia de distancia entre vehículos. El segundo modelo se verá influenciado por la necesidad del cambio de dirección o ruta de los vehículos[30].

2.7.4. Componente estático

La infraestructura aplicable a la red de tráfico es ilustrada por estos componentes. Los links y conectores son ejemplos de este tipo de elementos. Los primeros se componen de rutas o carreteras direccionadas con un número determinado de

carriles. Por otro lado, los conectores son el medio por el cual se unen los links. Estos permiten los giros y movimientos en el caso de las intersecciones y rotondas que se desee modelar [24]. Igualmente, existen otros componentes estáticos como las señales de tránsito. Estas se usan como medio informativo para el cumplimiento de las normas establecidas.

2.7.5. Componente dinámico

Un ejemplo de estos elementos son los semáforos; ya que influyen en el comportamiento de los conductores. Esto repercute considerablemente en el sistema; ya que el nivel de detalle que se requiere en un modelo de simulación microscópico está en relación directa con la exactitud de este tipo de componentes. Además, estos componentes cambian con el transcurso del tiempo en la circulación del tráfico[31].

2.7.6. Infraestructura del modelo

La construcción de un modelo de micro-simulación en el software computacional Vissim depende del fin del análisis que se quiera llevar a cabo. Por ejemplo, si se requiere evaluar una señal lógica de activación del tránsito en una intersección bastará con un esbozo de la misma. Por otro lado, si se desea efectuar un análisis de operaciones de tráfico y evaluar su comportamiento será necesario un modelado detallado de la zona de estudio. El mismo que se deberá trabajar a escala y mediante una metodología establecida con el fin de obtener los resultados buscados. Entre las herramientas que se recomiendan para la recolección de datos están: mediciones en planos CAD, fotografías satelitales, mediciones en campo, etc.[23]

2.7.6.1. Link y conectores

La red vial está conformada por links y conectores, y son de vital importancia en la construcción de la infraestructura del modelo; ya que estos son la base para la representación del sistema de tráfico que se desea trabajar, en este caso una intersección. Existen algunas situaciones en las cuales es indispensable el uso de estos elementos. La primera de ellas se presenta cuando se necesita realizar un cruce en el

modelo. Para lograr este objetivo se requiere emplear tanto links como conectores para crear la unión que se necesita. Otra posible situación en la que es indispensable el uso de ambos se presenta cuando un link es dividido en dos o más bifurcaciones en el seguimiento de su recorrido y se desea fusionarlos (un conector cumplirá con esta tarea). Otra posible circunstancia, se lleva a cabo cuando en la ruta existen cambios en el número de carriles o el ancho de las vías. Usualmente, los nodos localizados en secciones interrelacionadas y links instalados a lo largo de los tramos viales representan un diseño vial [23]. En la siguiente imagen se ilustra un conjunto de conectores y links que forman un modelo de una rotonda en diseñada en el software.

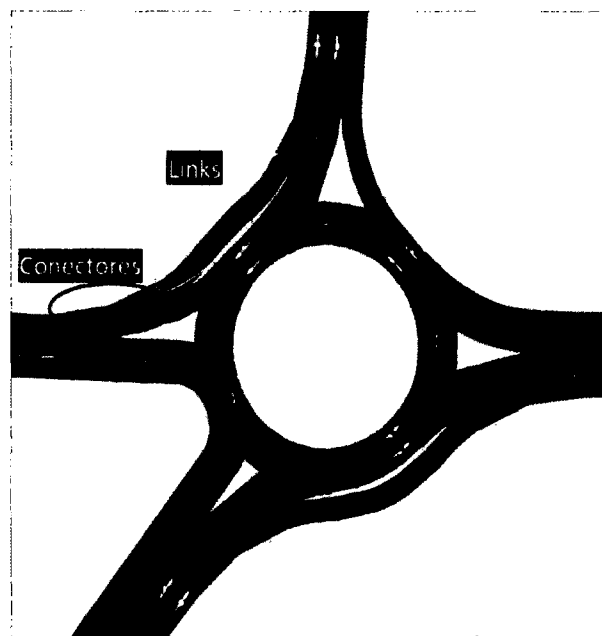


Figura 2.24: Modelo de rotonda en diseño.

Fuente: Alvarez(2017)[11]

2.7.6.2. Otros elementos del modelo

En el software Vissim existen otros comandos para incrementar el nivel de detalle de modelo en construcción si se requiriese. A continuación, se mencionará algunos de ellos.

En primer lugar, se tiene la opción de crear áreas de reducción de velocidad. Estas pueden ser empleadas en los giros de los vehículos, logrando así mayor similitud entre el modelo y la realidad. Otro elemento a destacar es la prioridad en los usuarios; ya

que de esta dependerá la interrelación entre los mismos. Por lo que, se debe realizar la identificación de los vehículos con mayor preferencia a comparación de otros. Esta prioridad se ve reflejada, por ejemplo, en un óvalo en el que la preferencia la tienen los conductores que transitan por el mismo respecto a los que se ubican en las calles que se conectan con el óvalo. Otro componente importante es la representación de los semáforos en el modelo. Estos son llevados de la realidad al modelo virtual a través de los denominados *signal head*.

2.7.7. Control del tráfico

El control del tráfico se puede lograr mediante una simulación microscópica de la zona de estudio. Una de las herramientas computacionales que se emplean con este fin es el software Vissim. El mismo que se utilizará en el desarrollo de este trabajo. Este programa que se basa en un modelo estocástico ayuda al análisis de sistemas de tráfico como rotondas, intersecciones, etc. Estos últimos sistemas mencionados pueden ser de dos tipos: intersecciones controladas por semáforos e intersecciones no semaforizadas.

2.7.7.1. Intersecciones no semaforizadas

En esta clase de intersección priman las reglas de prioridad entre conectores y vías por donde transitan los vehículos. Estas se aplican a todas las situaciones en las que los vehículos participan. Algunos ejemplos de modelamiento en los cuales se aplican las reglas de prioridad son:

- Intersecciones no controladas donde el tráfico tiene que dar paso al tráfico de la derecha. de operación en el transporte.
- Intersecciones no controladas donde el tráfico en la carretera que concluye debe dar paso al tráfico en la carretera que continúa.
- Las rotondas donde los vehículos que entran en las rotondas tienen que dar paso al tráfico dentro de la rotonda. costo-beneficio es muy alto.

- La fusión de las zonas donde el tráfico que entra desde una rampa tiene que ceder en el tráfico de la ruta principal.

En la siguiente imagen se aprecia una aplicación de reglas de prioridad, donde el vehículo 1 cuenta con la preferencia; ya que se encuentra transitando por una vía principal. Por lo que, el vehículo 2 se debe mantener en espera en la línea de parada hasta que el vehículo 1 haya pasado la zona de conflicto. [23]

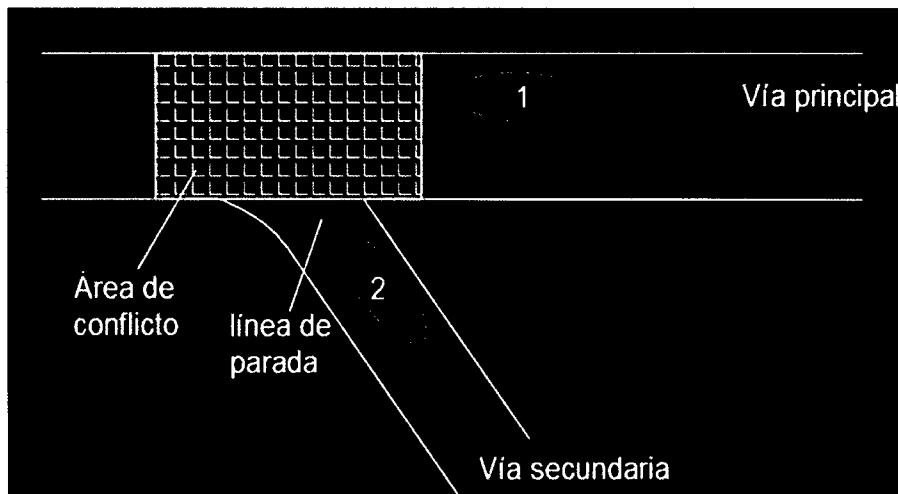


Figura 2.25: Concepto de modelación con reglas de prioridad.

Fuente: Adaptado de Fellendorf & Vortisch(2010)[23]

2.7.7.2. Intersecciones semaforizadas

A diferencia de las intersecciones no controladas por semáforos, en las intersecciones semaforizadas rigen los denominados *signal control*, que se emplean en el control del funcionamiento de tránsito de la intersección. Los semáforos poseen fases que se representan, normalmente, por los colores rojo, amarillo y verde. En el modelo, estas características de los semáforos se ingresan a través del uso de grupos de señales. Los semáforos se reconocen en un modelo de simulación microscópica gracias a los llamados *signal head*. Estos se colocan en la construcción modelo en los cruces o lugares donde se desee un control semaforizado [23]. A continuación, en la imagen, se presenta una ilustración del modelamiento de una intersección semaforizada urbana.

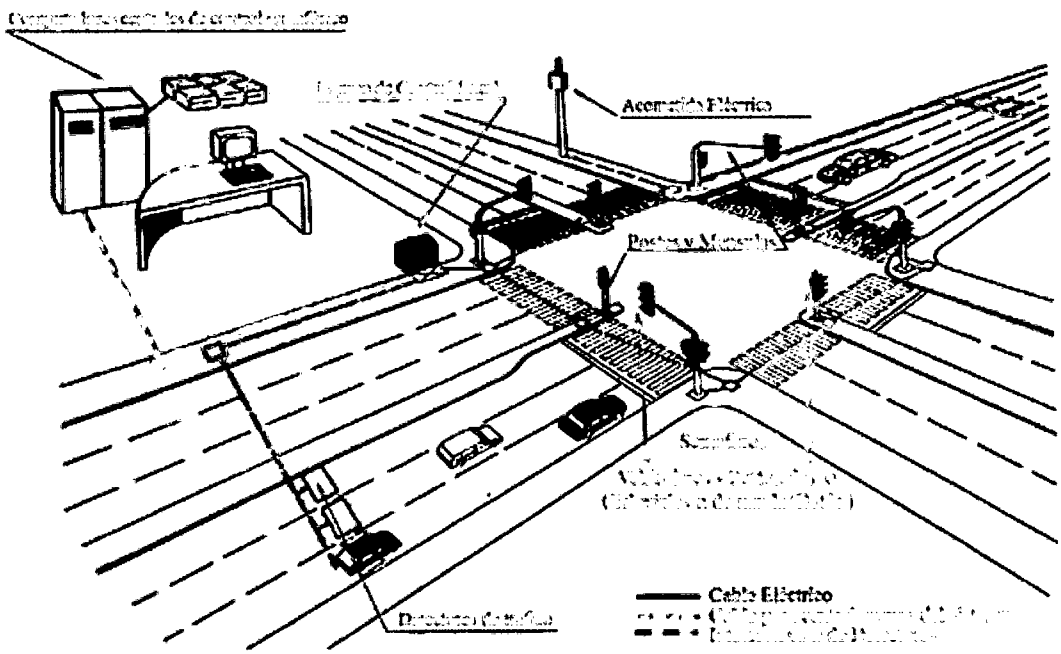


Figura 2.26: Intersección semaforizada.

Fuente: www.jucamo.wordpress.com

Parte III

Materiales y métodos

Capítulo 3

Materiales y Métodos

3.1. Características generales de ámbito de estudio.

En el contexto regional, la ciudad de Ayacucho alberga la mayor concentración de población, el 38 % del total regional, asimismo juega un rol importante y cuenta con la presencia de las instituciones representativas de la región de Ayacucho y la provincia de Huamanga. Cerca del 71 % de la población de la población total de la provincia se concentra en la ciudad de Ayacucho asimismo, el 94 % de la población urbana de la provincia se ubica en la ciudad de Ayacucho. Se han realizado diversos estudios que han planteado propuestas para orientar el crecimiento de la ciudad y su desarrollo, sin embargo, todavía persisten problemas como resultado del crecimiento informal de viviendas en las zonas de expansión, el tránsito vehicular concentrado en el área central de la ciudad, las debilidades de la gestión municipal, entre otros.[32]



Figura 3.1: Vista panorámica de la Ciudad de Ayacucho.

Fuente: Google Earth

3.1.1. Características topográficas y de suelo.

La ciudad de Ayacucho se caracteriza por presentar una topografía de mediana elevación natural que comprende, superficies onduladas, llanas o pampas en la que se extiende toda la zona urbana del distrito, como Pampa El Arco, Mollepata, Llañupampa, Canaan, Santa Elena, etc. Los cañones escarpados estrechos y profundos, erosionados por los ríos como San Sebastián, Pericohuaycco, Puente del Ejército, etc. Y pequeñas colinas con las laderas de pendientes suaves, aptas para el cultivo como en la zona de Rancho y Huascahura, finalmente valles con laderas donde predomina el cultivo de tunales.

Los suelos con aptitud agrícola, debido a las pendientes pronunciadas, presentan problemas de erosión por las fuertes precipitaciones pluviales y por la incipiente práctica del control del suelos de los agricultores. Asimismo, estos suelos tienen baja fertilidad. Cuenta con una superficie territorial de 8,529 Has.[32]

3.1.2. Característica del área de tránsito peatonal.

El área de estudio presenta dos avenidas principales de dos carriles y una calle alterna de un solo sentido, ninguna de las vías presenta cruces peatonales de ningún tipo a lo largo de de la zona transversal, cruzando todos los carriles al azar por cualquier parte de la vía. Al realizar el estudio de conteo de vehículos, se pudo observar que la circulación peatonal es de manera desordenada lo cual puede conllevar a futuros accidentes de tránsito.



Figura 3.2: Vista de la Av. Ramón Castilla y Jr. José C. Mariátegui sin cruce peatonal.

Fuente: Google Earth



Figura 3.3: Vista de la Av. Ramón Castilla sin cruce peatonal.

Fuente: Google Earth

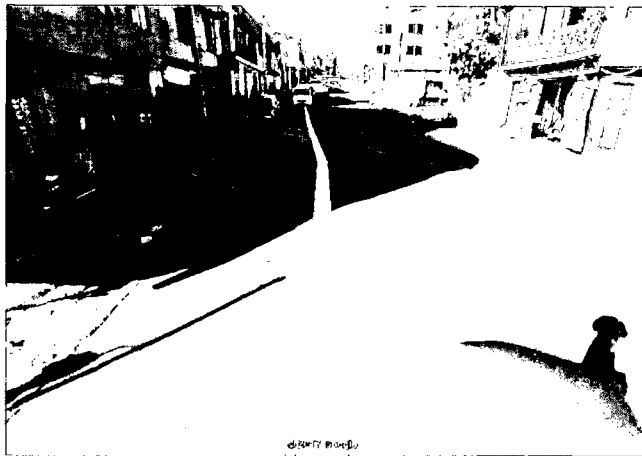


Figura 3.4: Vista de la Av.Ejército sin cruce peatonal.

Fuente: Google Earth



Figura 3.5: Vista de la Intersección sin cruces peatonales.

Fuente: Google Earth

3.1.3. Característica del área de tránsito vehicular.

La zona de estudio cuenta dos avenidas principales de dos carriles y una calle alterna de un solo sentido, la Av. Ramón Castilla presenta una circulación en ambos sentidos tanto en sentido Oeste-Este y viceversa la cual no cuenta con ninguna separación entre carriles por lo que en hora punta los conductores hacen uso de su destreza para acaparar ambos carriles para un sentido ocasionando un tráfico innecesario y esto sumando que al no contar con un espacio exclusivo para paraderos de rutas estos toman posesión de un carril haciendo aun más estrecha el ancho de vía para el flujo continuo de los vehículos, por otro lado en la Av. Ejército suscita el

mismo hecho al tomar incluso la esquina misma como paradero de rutas deteniendo el avance los vehículos, sin embargo en el Jr. José C. Mariátegui de un solo carril, el caso no corresponde al ser ésta vía una alterna de uso exclusivo para vehículos menores y no de colectores públicos de personas



Figura 3.6: Punto de intersección 1.

Fuente: Google Earth



Figura 3.7: Punto de intersección 2.

Fuente: Google Earth

3.1.4. Identificación de las señales viales.

El área de estudio no cuenta con ninguna señalización vial que permita prevenir accidentes de tránsito o que proporcione información pertinente tanto a conductores como a peatones para el uso correcto de la vía ya que es una zona de confluencia peatonal y vehicular, cabe resaltar que sí existen semáforos para el debido control

de tránsito vehicular y peatonal lo cual como se percibió no es respetado por los conductores ya que hacen uso de la velocidad para pasar la luz roja de los semáforos, siendo evidentemente ésto un riesgo directo para los peatones y el uso de maniobras esquivas de los conductores para poder ganar el pase hace aun más el riesgo.



Figura 3.8: Uso de semáforos en la vía.

Fuente: Google Earth



Figura 3.9: Uso de semáforos en la vía.

Fuente: Google Earth

3.1.5. Identificación de las conexiones al área de estudio.

La zona de estudio presenta conexiones muy importantes al encontrarse en un punto medio del territorio de huamanga, ya que por el Norte se conecta con el Distrito de Andrés Avelino Cáceres, por el Sur con el distrito de Carmen Alto y San Juan Bautista, por el Este con el Aeropuerto y el Hospital Regional Moderno, por el Oeste con la plaza de armas de Huamanga y la salida de la misma. Todos estos tienen como punto de paso común la intersección en estudio por lo que revela su

gran importancia al considerarla como zona de evaluación.

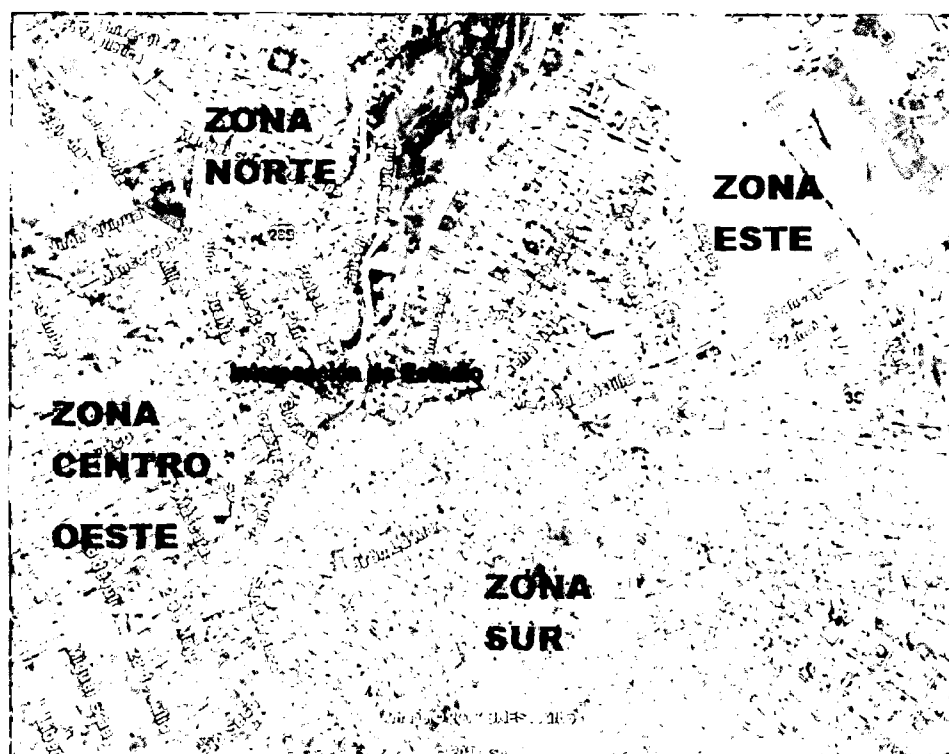


Figura 3.10: Reconocimiento de las conexiones.

Fuente: Adaptado Google Earth

3.2. Diagnóstico actual del transporte.

3.2.1. Área de estudio.

El área de estudio está definida por el territorio urbano de la provincia de Huamanga y concretamente en el límite de los distritos de Andrés Avelino Cáceres, San Juan Bautista y Ayacucho. El problema principal ocurre en la Intersección de las Av. Ramón Castilla, Av. Ejército y Jr. José C. Mariátegui, la cual conecta directamente a los principales destinos de la ciudad de Huamanga, por lo cual por éstas vías circulan muchas unidades vehiculares en ambos carriles, teniendo en cuenta el segundo factor que es la influencia peatonal por la ubicación repartida hacia diferentes sentidos. Ésta zona comprende un punto de paso muy concurrido ya que casi todas las unidades de servicio público pasan por ella y de la misma manera los vehículos privados. Desde el punto de vista poblacional, las áreas directamente

involucradas son los distritos de San Juan Bautista con 50,429 habitantes, Carmen Alto con 21,350 habitantes, Jesús Nazareno con 18,004 habitantes, Andrés Avelino Cáceres con 21,585 habitantes y Ayacucho con 93,222 habitantes agrupando un total de 204,590 habitantes.¹

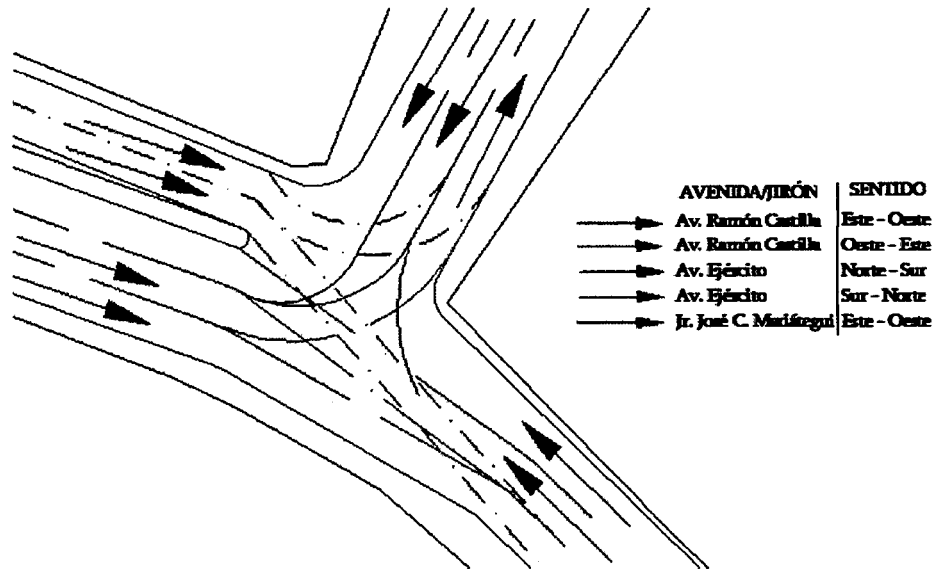


Figura 3.11: Descripción de las vías y sentidos considerados.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Situación actual.

La situación actual del transporte en la provincia ha sido estudiada desde diversos puntos de vista, tales como:

- Oferta de rutas de transporte.
- Empresas de transportes que operan en el distrito.
- Infraestructura vial disponible.
- Demanda de servicio de transporte.
- Operación del sistema de transporte actual.

a. **Oferta de rutas de transporte.-** La oferta de rutas de transporte, estudiada en el diagnóstico, consistió en evaluar las principales vías por las que las empresas

¹Datos según Censo poblacional de 2015, INEI.

operadoras de servicio público urbano vienen prestando servicios a los pobladores de los principales distritos de la provincia de Huamanga.

b. Empresas de transportes que operan en el distrito:

b.1 Empresas de servicio público de pasajeros urbano.- En la actualidad se tiene un total de 22 rutas de transporte urbano² de pasajeros con itinerarios establecidos por la Municipalidad Provincial de Huamanga.

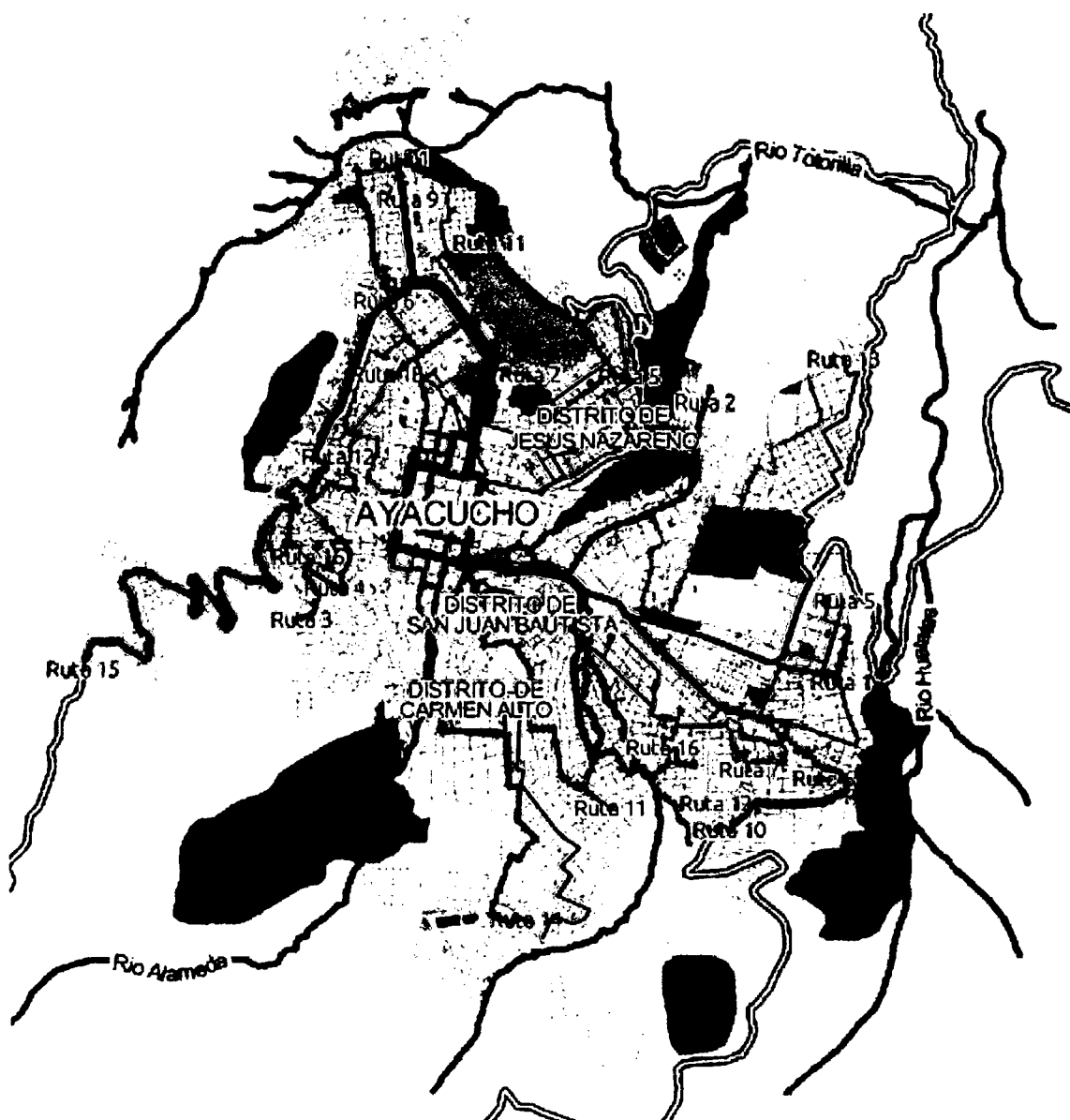


Figura 3.12: Distribución de rutas en Huamanga.

Fuente: Municipalidad Provincial de Huamanga

²Fuente: Gerencia de transportes MPH.

N	Empresas de Transporte Urbano	Unidades
1	Ruta-1	21
2	Ruta-2	18
3	Ruta-3	33
4	Ruta-4	17
5	Ruta-5	24
6	Ruta-6	21
7	Ruta-7	20
8	Ruta-8	38
9	Ruta-9	21
10	Ruta-10	20
11	Ruta-11	-
12	Ruta-12	27
13	Ruta-13	28
14	Ruta-14	26
15	Ruta-15	21
16	Ruta-16	28
17	Ruta-17	-
18	Ruta-18	16
19	Ruta-19	-
20	Ruta-20	-
21	Ruta-21	-
22	Ruta-22	-

Cuadro 3.1: Empresas de transporte urbano.

Fuente: Nuñez(2012)[3]

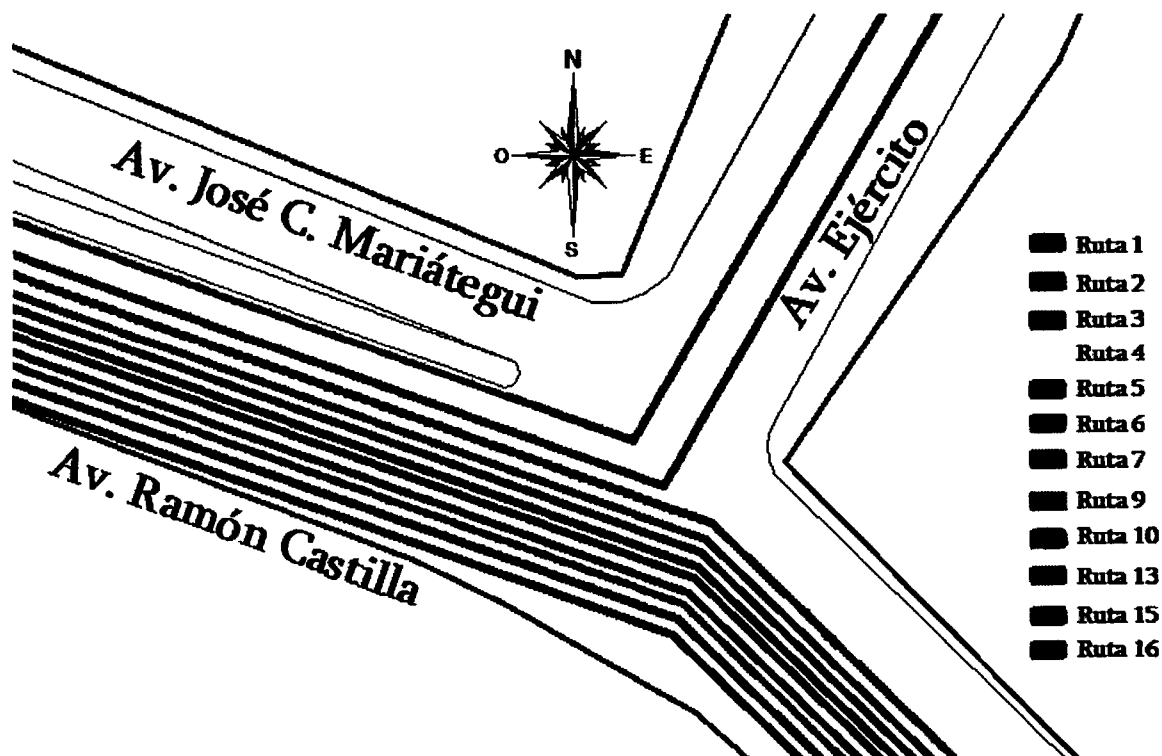


Figura 3.13: Distribución de rutas en el punto de intersección.

Fuente: Elaboración propia

b.2 Empresas de servicio público de pasajeros interurbano.- Según datos de la Municipalidad Provincial de Huamanga, se tiene un total de 379 vehículos registrados.

b.3 Empresas de servicio en vehículos menores.- La principal actividad económica que brinda el traslado de pasajeros dentro de la provincia, realizado por personas jurídicas que cuentan con la autorización por la municipalidad provincial y distrital dentro de sus jurisdicciones, según datos de la municipalidad hay un total de 1300 mototaxis registrados, sin embargo, existe una cantidad en el orden de 790 vehículos aproximadamente operando en forma informal, mientras que por el lado de los autos se tienen 1200 unidades registrados de las cuales 345 laboran de manera informal.³

En el presente diagnóstico se han efectuado aforos vehiculares para verificar la

³Fuente: www.diariocorreo.pe

incidencia de vehículos en la zona de estudio, las mismas que han sido clasificados por tipos de vehículos. Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvo los resultados de muestreo de tráfico en la zona de estudio, en días diferentes, por tipo de vehículo y en las horas picos, los mismos que nos permitirán a dar el tratamiento sobre la problemática de la congestión vehicular en la zona de estudio.

Los trabajos de gabinete para dicho tramo nos muestran resultados directos del conteo vehicular.

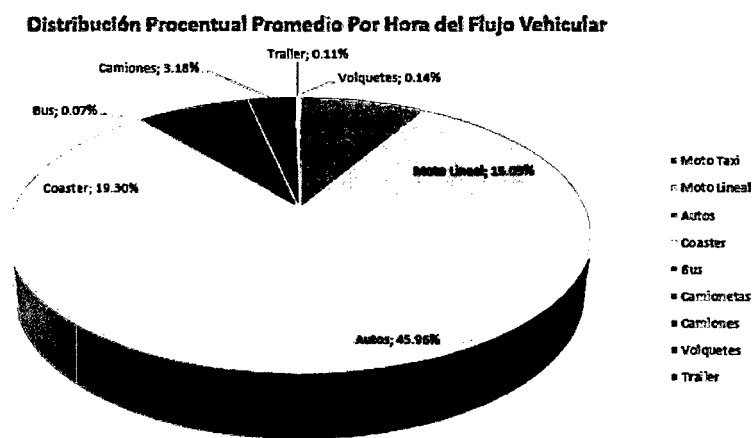


Figura 3.14: Distribución porcentual de tipos de vehículos Oeste - Este.

Fuente: Elaboración propia

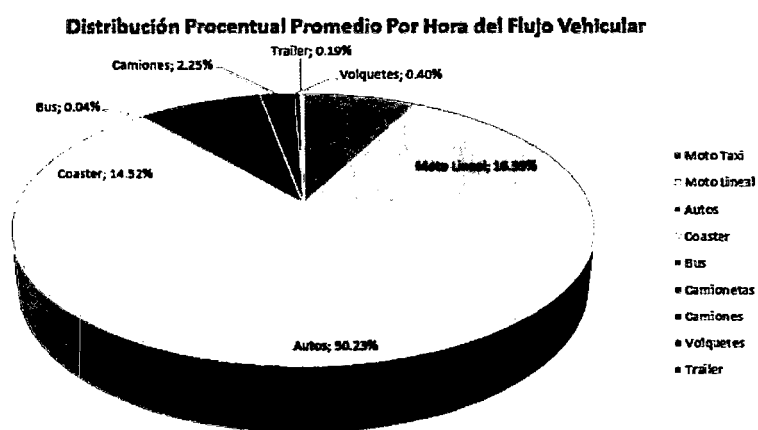


Figura 3.15: Distribución porcentual de tipos de vehículos Este - Oeste.

Fuente: Elaboración propia

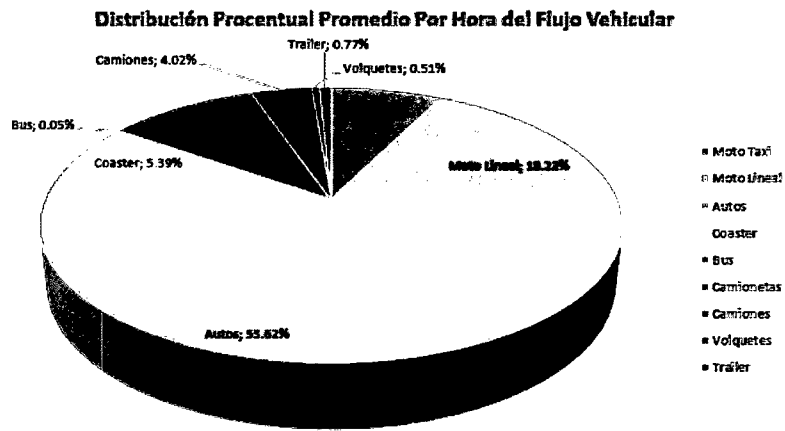


Figura 3.16: Distribución porcentual de tipos de vehículos Norte - Sur.

Fuente: Elaboración propia

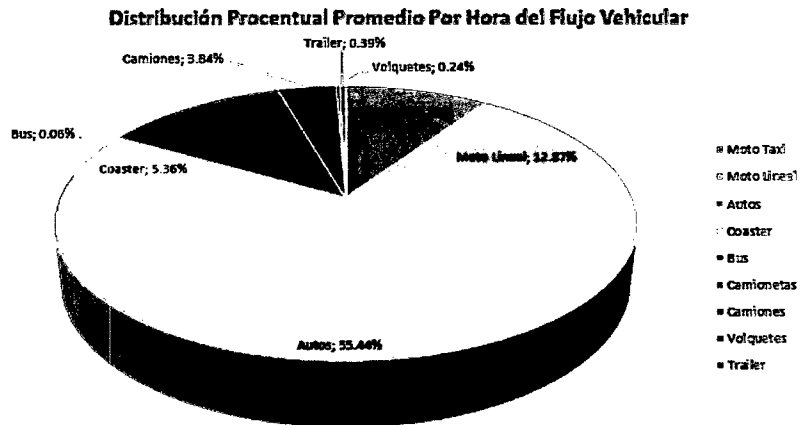


Figura 3.17: Distribución porcentual de tipos de vehículos Sur - Norte.

Fuente: Elaboración propia

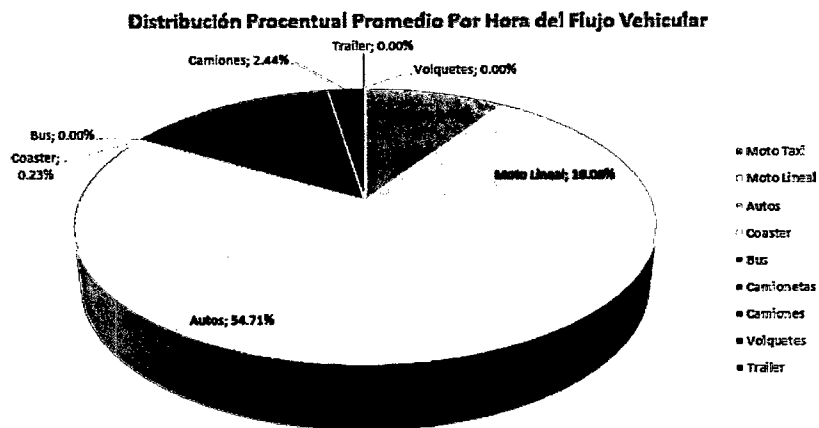


Figura 3.18: Distribución porcentual de tipos de vehículos NorOeste - Este.

Fuente: Elaboración propia

c. **Infraestructura vial disponible.-** La oferta de transporte en el diagnóstico consistió en estudiar la vía, la cual tiene una relevancia importante ya que cada característica proporcionará ventajas o desventajas según el análisis. A la ciudad de Ayacucho se accede por una vía nacional(carretera Los Libertadores) y dentro de la ciudad encontramos vías colectores interdistritales y locales, las que caracterizan la tipología vial del área urbana.

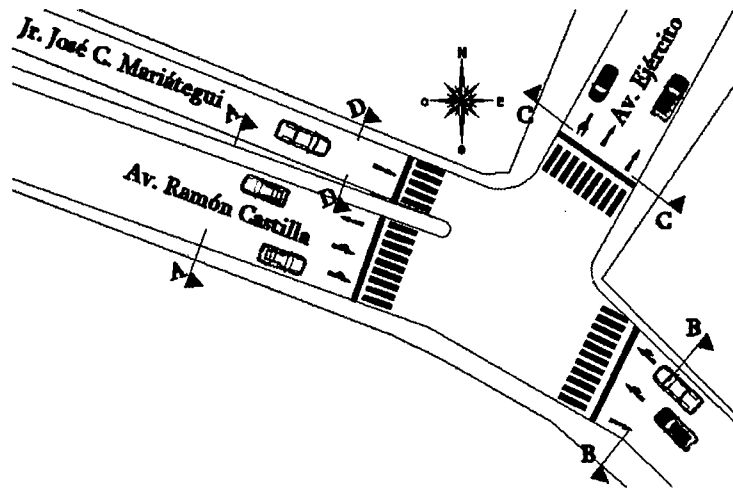


Figura 3.19: Planta de la intersección vial.

Fuente: Elaboración propia

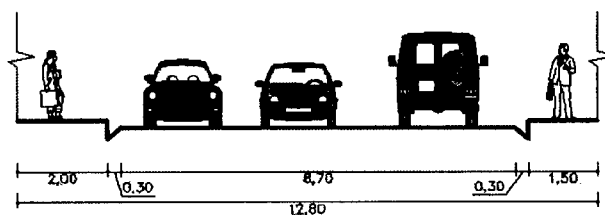


Figura 3.20: Corte A-A de la Av. Ramón Castilla Sentido Oeste - Este.

Fuente: Elaboración propia

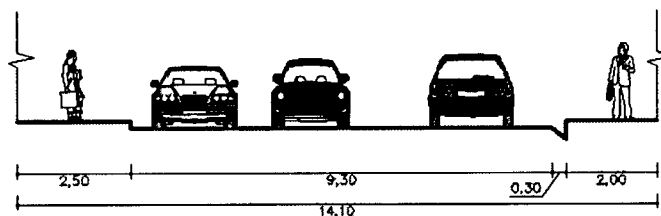


Figura 3.21: Corte B-B de la Av. Ramón Castilla Sentido Este - Oeste.

Fuente: Elaboración propia

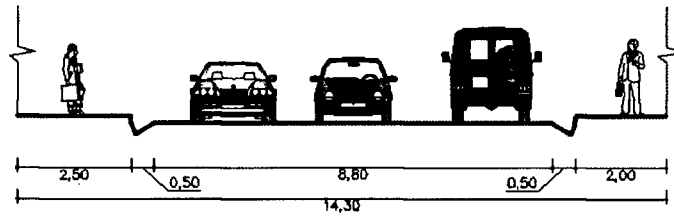


Figura 3.22: Corte C-C de la Av. Ejército.

Fuente: Elaboración propia

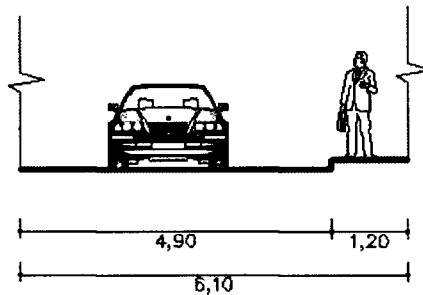


Figura 3.23: Corte D-D del Jr. José C. Mariátegui.

Fuente: Elaboración propia

c.1 Problemas en intersecciones.- El principal problema se visualiza en la intersección vial, la cuales son vías de doble sentido con dos carriles por sentido y una alterna de un solo sentido. Al no existir una rotonda u óvalo que permita la continua circulación vehicular, ésta genera congestión o atascamiento vehicular al por la concurrencia de vehículos en el mismo punto.

c.2 Red vial existente.- La red vial de avenidas existentes, las que estructuran y permiten la movilidad entre distritos y el centro de la ciudad son las siguientes:

- Av. Javier Pérez de Cuellar
- Av. Independencia
- Av. Mariscal Cáceres
- Av. Carmen Alto
- Av. 2 de Mayo
- Av. Ejército

- Av. Ramón Castilla
- Av. Venezuela
- Av. Cuzco
- Av. Arenales
- Av. San Francisco
- Av. Francisco Bolognesi
- Av. José Carlos Mariátegui
- Av. Las Palmeras
- Jr. Cahuide
- Jr. Raymondi
- Av. San Felipe
- Av. Señor de los Milagros
- Av. Los Incas

Como se puede apreciar, nuestros tramos en estudio pertenecen a la red vial de mayor importancia de la ciudad, para tal efecto no debería verse afectado por el tráfico vehicular ya que ocasionaría un retraso en gran parte de la ciudad por sus conexiones.

3.2.3. Demanda de transporte.

Población

La demanda de transporte está constituida principalmente por la población de los cinco distritos urbanos de la provincia, como son: San Juan Bautista con 50,429 habitantes, Carmen Alto con 21,350 habitantes, Jesús Nazareno con 18,004 habitantes, Andrés Avelino Cáceres con 21,585 habitantes y Ayacucho con 93,222 habitantes que en total suman 204,590 habitantes.⁴

⁴Datos según Censo poblacional de 2015, INEI.

Distrito	Población Total	Población de 6-más Años de Edad
Ayacucho	93,222	91,574
Carmen Alto	21,350	19,161
Jesús Nazareno	18,004	14,455
S.J. Bautista	50,429	45,259
A.A. Cáceres	21,585	21,204
Total	170,871	163,659

Cuadro 3.2: Población de cada distrito involucrado en la zona de estudio.

Fuente: Censo poblacional INEI 2015

La demanda de transporte se basa en un estudio de origen-destino de los pasajeros con la utilización de los diferentes medios de transporte como los estudiados en el presente proyecto, como vienen a ser las coaster, mototaxis, autos, motos lineales en representación del transporte masivo, mientras que las camionetas, camiones, trailer como representación de transportes más de carga que de pasajeros dentro de la zona urbana, por todo ello se tiene que tener los resultados de la capacidad de cada vehículo en el transporte urbano, los tiempos de recorrido, los orígenes y destinos finales la cantidad de vehículos considerados en el transporte de pasajeros para con estos resultados y la metodología adecuado calcular la demanda de transporte a considerar.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en campo con el procesamiento de datos:

Origen - Destino:

El objetivo de los resultados de Origen-Destino en la zona de estudio es determinar los orígenes iniciales y destinos finales de los viajes de los usuarios del sistema, para la estimación de origen y destino de viajes y de las líneas de deseo de los viajes existentes en el área de estudio.[33]

A nivel de sectores los orígenes según el análisis son la zona central y Norte de

la ciudad como vienen a ser la plaza central, los mercados centrales, la universidad, el terrapuerto, puente nuevo al tener en este origen un 30.80 % de flujo vehicular en ese sentido y el destino es la zona Este y Sur de la ciudad como vienen ser el terminal rural, el SIS, salida hacia Andahuaylas, salida hacia Huatatas, teniendo un flujo de retorno de esa zona con un 24.23 %.

CANTIDAD PORCENTUAL PROMEDIO POR HORA					
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui
Moto Taxi	8.58%	7.71%	7.51%	9.59%	9.49%
Moto Lineal	15.01%	16.39%	18.23%	12.88%	18.99%
Autos	45.79%	50.00%	53.35%	54.79%	54.43%
Coaster	19.30%	14.46%	5.36%	5.48%	0.42%
Bus	0.15%	0.12%	0.27%	0.27%	0.00%
Camionetas	7.66%	8.31%	9.92%	12.33%	14.14%
Camiones	3.22%	2.29%	4.02%	3.84%	2.53%
Volquetes	0.15%	0.48%	0.54%	0.27%	0.00%
Trailer	0.15%	0.24%	0.80%	0.55%	0.00%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

% / Hora	24.23%	30.80%	13.84%	13.54%	17.59%
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Cuadro 3.3: Porcentaje promedio del flujo vehicular.

Fuente: Elaboración propia

Capacidad de transporte:

Para el análisis de la demanda de transporte, se tiene que considerar la capacidad o también llamada la oferta que se tiene con la utilización de diferentes vehículos para tal fin, por lo que teniendo en cuenta esa premisa se tiene que la capacidad de los coaster o también llamadas rutas, tienen la capacidad promedio de 30 pasajeros por viaje, los autos 3 pasajeros por viaje, los mototaxis 2 pasajeros por viaje y las motosa lineales 1 pasajero por viaje, sin considerar los vehículos de uso únicamente particular como viene a ser las camionetas, camiones, trailer, entre otros, con lo mencionado anteriormente se detalla a continuación la capacidad de pasajero por vehículo.

CANTIDAD PROMEDIO DE PASAJEROS POR VEHÍCULO EN PROMEDIO POR HORA													
Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Oeste - Este		Este - Oeste		Norte - Sur		Sur - Norte		NorOeste - Este		TOTAL	Porcentaje
		Av. Ramón Castilla	Cantidad Vehículos	Av. Ramón Castilla	Cantidad Vehículos	Av. Ejército	Cantidad Vehículos	Av. Ejército	Cantidad Vehículos	Jr. José C. Mariátegui	Cantidad Vehículos		
Vehículos													
Moto Taxi	2.00	56.00	112.00	64.00	128.00	28.00	56.00	35.00	70.00	45.00	90.00	456.00	3.34%
Moto Lineal	1.00	98.00	98.00	136.00	136.00	68.00	68.00	47.00	47.00	90.00	90.00	439.00	3.22%
Autos	3.00	299.00	897.00	415.00	1,245.00	199.00	597.00	200.00	600.00	258.00	774.00	4,113.00	30.14%
Coaster	30.00	126.00	3,780.00	120.00	3,600.00	20.00	600.00	20.00	600.00	2.00	60.00	8,640.00	63.31%
Total	36.00	579.00	4,887.00	735.00	5,109.00	315.00	1,321.00	302.00	1,317.00	395.00	1,014.00	13,648.00	100.00%

Figura 3.24: Pasajeros en promedio por hora.

Fuente: Elaboración propia

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Oeste - Este		Este - Oeste		Norte - Sur		Sur - Norte		NorOeste - Este		TOTAL	Porcentaje
		Av. Ramón Castilla	Cantidad Vehículos	Av. Ramón Castilla	Cantidad Vehículos	Av. Ejército	Cantidad Vehículos	Av. Ejército	Cantidad Vehículos	Jr. José C. Mariátegui	Cantidad Vehículos		
Vehículos													
Moto Taxi	16.00	448.00	7,168.00	512.00	8,192.00	224.00	3,584.00	280.00	4,480.00	360.00	5,760.00	29,184.00	3.34%
Moto Lineal	8.00	784.00	6,272.00	1,088.00	8,704.00	544.00	4,352.00	376.00	3,008.00	720.00	5,760.00	28,096.00	3.22%
Autos	24.00	2,392.00	57,408.00	3,320.00	79,680.00	1,592.00	38,208.00	1,600.00	38,400.00	2,064.00	49,536.00	263,232.00	30.14%
Coaster	240.00	1,008.00	241,920.00	960.00	230,400.00	160.00	38,400.00	160.00	38,400.00	16.00	3,840.00	552,960.00	63.31%
Total	288.00	4,632.00	312,768.00	5,880.00	326,976.00	2,520.00	84,544.00	2,416.00	84,288.00	3,160.00	64,896.00	873,472.00	100.00%

Figura 3.25: Pasajeros en promedio por día.

Fuente: Elaboración propia

Velocidades y tiempos de viajes:

Para considerar la demanda de transporte se consideró también los tiempos de viaje y las velocidades que se registraron en la zona de estudio considerando los desplazamiento en cada sentido, a continuación se muestran lo registrado para vehículos que representan un mayor volumen según los datos obtenidos y mayor movilidad como viene a ser los autos:

VELOCIDADES (m/s - km/h) DE RECORRIDO					
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui
01	11.00	12.80	12.40		13.00
02	13.71	12.90	12.00		13.20
03	12.50	13.20	13.75		11.67
04	13.57	12.80	11.60		13.00
05	12.25	15.63	11.00		11.33
06	12.63	14.00	11.80		11.83
07	12.50	15.63	10.00		11.67
08	12.88	12.18	11.20		12.17
09	12.13	11.25	12.00		11.17
10	12.75	14.11	13.75		12.00
11	12.50	12.09	11.60		11.67
12	13.57	12.90	12.20		10.00
13	12.25	11.33	12.00		11.33
14	11.78	13.10	12.60		10.86
15	12.38	13.20	14.25		11.50
m/s	12.56	13.14	12.14		11.76
km/h	45.00	47.00	44.00		42.00

Cuadro 3.4: Velocidades de recorrido promedio.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPOS (s) DE RECORRIDO					
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui
01	10.00	10.00	5.00		5.00
02	7.00	10.00	5.00		5.00
03	8.00	10.00	4.00		6.00
04	7.00	10.00	5.00		5.00
05	8.00	8.00	6.00		6.00
06	8.00	9.00	5.00		6.00
07	8.00	8.00	7.00		6.00
08	8.00	11.00	5.00		6.00
09	8.00	12.00	5.00		6.00
10	8.00	9.00	4.00		6.00
11	8.00	11.00	5.00		6.00
12	7.00	10.00	5.00		8.00
13	8.00	12.00	5.00		6.00
14	9.00	10.00	5.00		7.00
15	8.00	10.00	4.00		6.00
PROMEDIO	8.00	10.00	5.00		6.00

Cuadro 3.5: Tiempos de recorrido promedio.

Fuente: Elaboración propia

Organigrama de la demanda de transporte:

Hasta los años 1960, para la planificación de los transportes sólo se tenían en cuenta elementos financieros, dejando de lado el tiempo, el confort y la seguridad, los llamados costes sociales. En 1960 se desarrollaron nuevos métodos, que reposaban sobre los fundamentos teóricos dados por una economía muy matematizada.[34] Actualmente se usan modelos matemáticos, que se ajustan con los datos actuales. El organigrama teórico de estos modelos, incluidos en la planificación de los transportes es el siguiente:

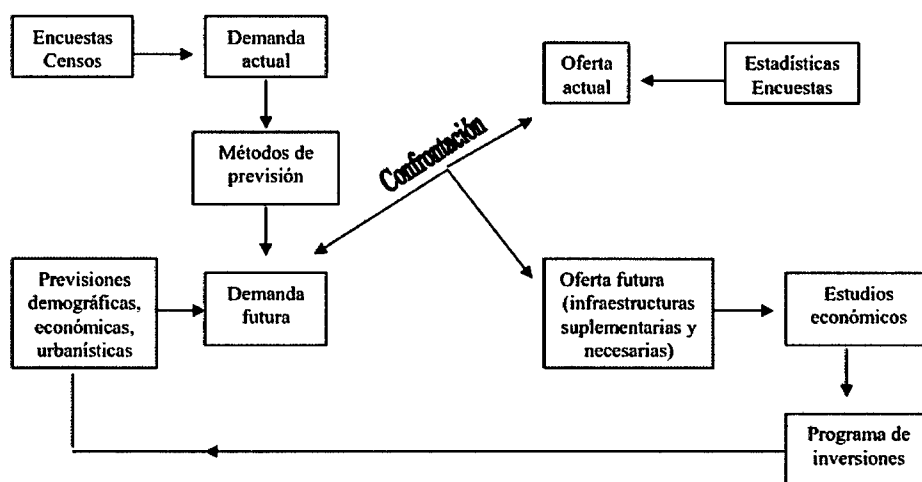


Figura 3.26: Organigrama de los modelos de transporte.

Fuente: Martínez, O. & Vassallo, J. [34]

Demanda de transporte:

como se puede apreciar en el análisis anterior, en la intersección al tener sentidos de ida y retorno, estos producen viajes repetidos por los pasajeros al desplazarse de un punto a otro de la ciudad en el transcurso del día, por lo que para tener un mejor análisis de la demanda se hará un análisis por cada sentido considerando la población de cada sector de la ciudad, con lo definido anteriormente, se muestra los cuadros con los resultados por zona de origen y destino.

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Oeste - Este Av. Ramón Castilla	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	2.00	56.00	112.00
Moto Lineal	1.00	98.00	98.00
Autos	3.00	299.00	897.00
Coaster	30.00	126.00	3,780.00
Total	36.00	579.00	4,887.00

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Oeste - Este Av. Ramón Castilla	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	16.00	448.00	7,168.00
Moto Lineal	8.00	784.00	6,272.00
Autos	24.00	2,392.00	57,408.00
Coaster	240.00	1,008.00	241,920.00
Total	288.00	4,632.00	312,768.00

Cuadro 3.6: Demanda promedio por hora y por día, sentido Oeste-Este.

Fuente: Elaboración propia

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Este - Oeste Av. Ramón Castilla	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	2.00	64.00	128.00
Moto Lineal	1.00	136.00	136.00
Autos	3.00	415.00	1,245.00
Coaster	30.00	120.00	3,600.00
Total	36.00	735.00	5,109.00

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Este - Oeste Av. Ramón Castilla	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	16.00	512.00	8,192.00
Moto Lineal	8.00	1,088.00	8,704.00
Autos	24.00	3,320.00	79,680.00
Coaster	240.00	960.00	230,400.00
Total	288.00	5,880.00	326,976.00

Cuadro 3.7: Demanda promedio por hora y por día, sentido Este-Oeste.

Fuente: Elaboración propia

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Norte - Sur Av. Ejército	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	2.00	28.00	56.00
Moto Lineal	1.00	68.00	68.00
Autos	3.00	199.00	597.00
Coaster	30.00	20.00	600.00
Total	36.00	315.00	1,321.00

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Norte - Sur Av. Ejército	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	16.00	224.00	3,584.00
Moto Lineal	8.00	544.00	4,352.00
Autos	24.00	1,592.00	38,208.00
Coaster	240.00	160.00	38,400.00
Total	288.00	2,520.00	84,544.00

Cuadro 3.8: Demanda promedio por hora y por día, sentido Norte-Sur.

Fuente: Elaboración propia

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Sur - Norte Av. Ejército	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	2.00	35.00	70.00
Moto Lineal	1.00	47.00	47.00
Autos	3.00	200.00	600.00
Coaster	30.00	20.00	600.00
Total	36.00	302.00	1,317.00

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	Sur - Norte Av. Ejército	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	16.00	280.00	4,480.00
Moto Lineal	8.00	376.00	3,008.00
Autos	24.00	1,600.00	38,400.00
Coaster	240.00	160.00	38,400.00
Total	288.00	2,416.00	84,288.00

Cuadro 3.9: Demanda promedio por hora y por día, sentido Sur-Norte.

Fuente: Elaboración propia

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	NorOeste - Este Jr. José C. Mariátegui	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	2.00	45.00	90.00
Moto Lineal	1.00	90.00	90.00
Autos	3.00	258.00	774.00
Coaster	30.00	2.00	60.00
Total	36.00	395.00	1,014.00

Sentido	Pasajeros/ Vehículos	NorOeste - Este Jr. José C. Mariátegui	
		Cantidad Vehículos	Cantidad Pasajeros
Moto Taxi	16.00	360.00	5,760.00
Moto Lineal	8.00	720.00	5,760.00
Autos	24.00	2,064.00	49,536.00
Coaster	240.00	16.00	3,840.00
Total	288.00	3,160.00	64,896.00

Cuadro 3.10: Demanda promedio por hora y por día, sentido NorOeste-Este.

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Operación del sistema de transporte actual.

En este acápite se desarrollarán todos los aspectos relacionados con el tránsito de vehículos en la intersección de estudio.

a. Volumen vehicular en los tramos de estudio.

Los volúmenes vehiculares fueron obtenidos de datos provenientes de los estudios de campo (fuentes primarias), previamente a la realización de los conteos, se buscó información anterior de estudios anteriores (fuentes secundarias). Posteriormente se realizó un muestreo de 3 horas por día divididos en 1 hora en las horas

pico, en la mañana entre las 7:00am a 8:00am, en la tarde entre las 12:00pm a 1:00pm y en las noches entre las 6:00pm a 7:00pm como lo reportan en el diario local Correo⁵ . Estos muestreos se realizaron con la finalidad de identificar y verificar los volúmenes de mayor carga en los carriles de la intersección en estudio, tomando en cuenta los siguientes detalles:

- Los conteos se desarrollaron por sentido, por vía, en tres horarios y en diferentes fechas.

- Av. Ramón Castilla, sentido Oeste - Este, desde el 30/01/17 al 03/02/17.

- Av. Ramón Castilla, sentido Este - Oeste, desde el 06/02/17 al 10/02/17.

- Av. Ejército, sentido Norte - Sur, desde el 13/02/17 al 17/02/17.

- Av. Ejército, sentido Sur - Norte, desde el 20/02/17 al 24/02/17.

- Jr. José Carlos Mariátegui, sentido NorOeste - Este, desde el 27/02/17 al 03/03/17.

- Los conteos se desarrollaron por 3 horas divididos en tres turnos de 1 hora cada uno. - La clasificación vehicular para los conteos fueron los siguientes:

- Mototaxi
- Moto lineal
- Autos
- Coaster
- Bus
- Camioneta
- Camión
- Volquete
- Trailer

⁵Fuente: www.diariocorreo.pe

Para realizar el muestreo de manera óptima se procedió a utilizar la fórmula estadística para calcular el tamaño de la muestra desconociendo el tamaño de la población, al no conocerse con exactitud la cantidad de vehículos que circulan por nuestro punto de interés al ser esta cantidad variable y aleatoria, la cual sigue a continuación:

$$n = \frac{(Z_a^2) \cdot (p) \cdot (q)}{d^2} \quad (3.1)$$

Donde:

Z : nivel de confianza.

p : probabilidad de éxito o proporción esperada.

q : probabilidad de fracaso.

d : precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

Por lo que considerando un nivel de confianza del 95 % al cual le corresponde $Z=1.96$, permitiendo un margen de error del 5 % y teniendo $p=q=0.50$, entonces realizando el cálculo se tiene:

$$n = \frac{(Z_a^2) \cdot (p) \cdot (q)}{d^2} = \frac{(1.96^2) \cdot (0.50) \cdot (0.50)}{0.05^2} = 384 \quad (3.2)$$

De lo obtenido, es necesario una muestra de 384 vehículos como mínimo en cada toma de muestra para que el modelo pueda ser validado como procedente.

A continuación se muestra los volúmenes obtenidos del conteo por sentido de vía.

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos Oeste - Este

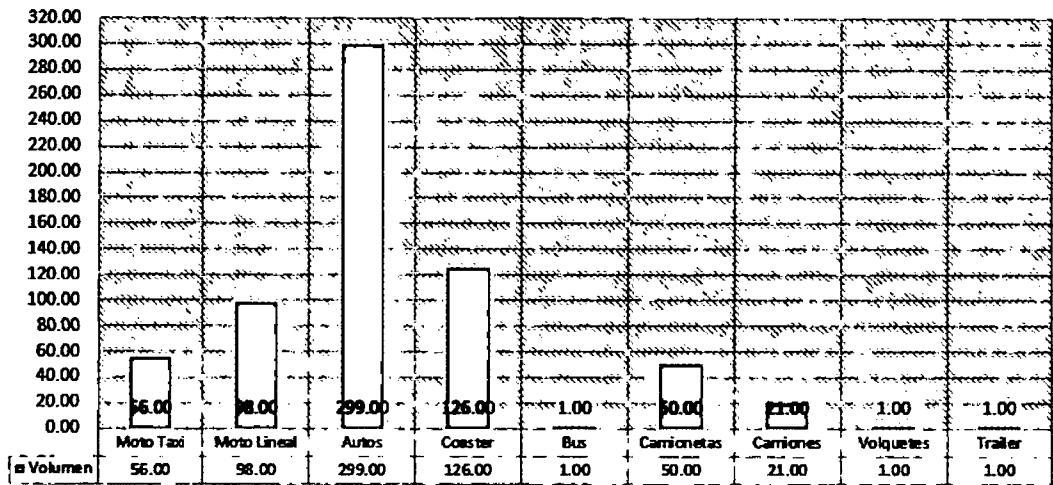


Figura 3.27: Volúmen vehicular promedio Av. Ramón Castilla, sentido Oeste - Este.

Fuente: Elaboración propia

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos Este - oeste

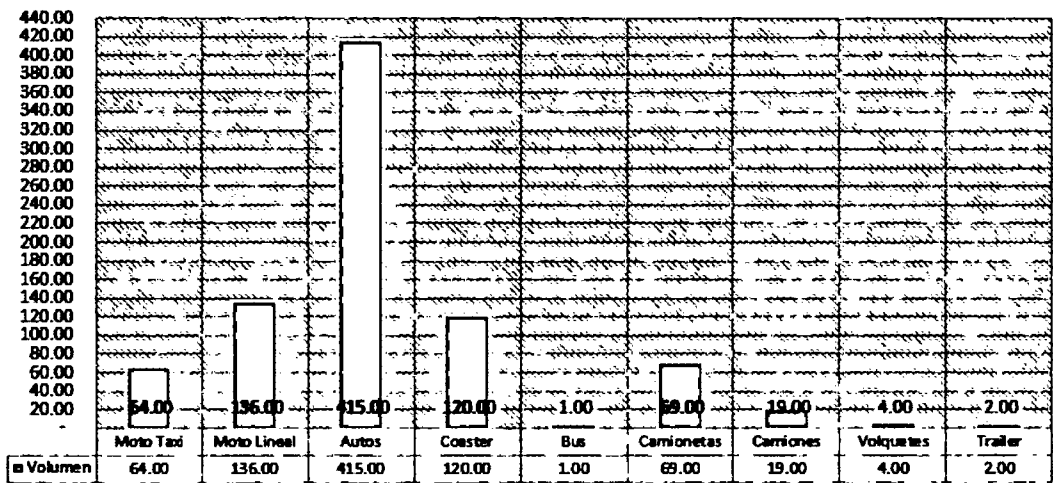


Figura 3.28: Volúmen vehicular promedio Av. Ramón Castilla, sentido Este - Oeste.

Fuente: Elaboración propia

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos Norte - Sur

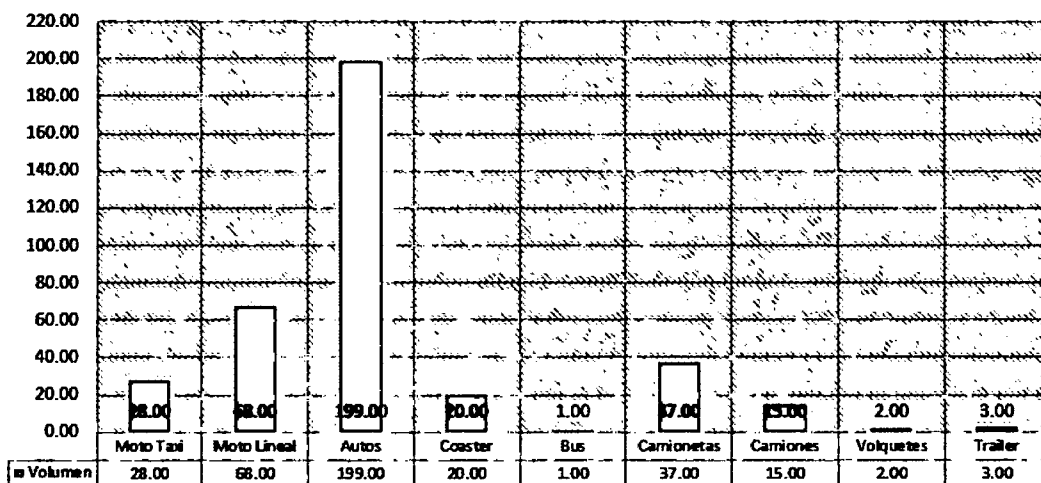


Figura 3.29: Volúmen vehicular promedio Av. Ejército, sentido Norte - Sur.

Fuente: Elaboración propia

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos Sur - Norte

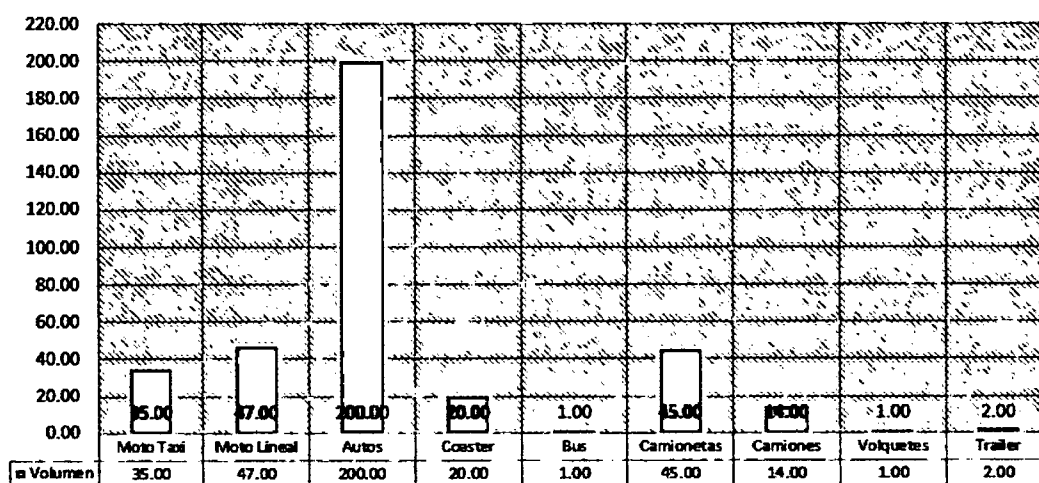


Figura 3.30: Volúmen vehicular promedio Av. Ejército, sentido Sur - Norte.

Fuente: Elaboración propia

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos NorOeste -Este

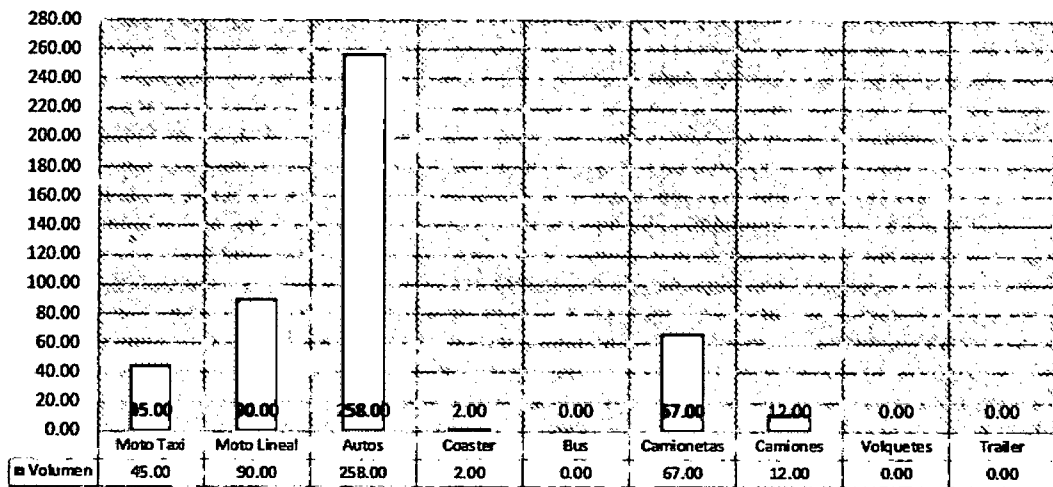


Figura 3.31: Volúmen vehicular promedio Jr. José C. Mariátegui, sentido NorOeste - Este.

Fuente: Elaboración propia

3.2.5. Jerarquización vial.

Estructuración vial urbana

Ayacucho cubre una extensión de aproximadamente 24 km², midiendo 4x7 km entre sus ángulos más salientes, Tiene un núcleo central en damero tradicional histórico de aproximadamente 500mx1km, con calles estrechas. Alrededor se desarrolla un tejido urbano desordenado con pocas avenidas. Sectorialmente, la planta física de la ciudad, además del sector central, cuenta con un sector Norte-Oeste que puede ser servido por un anillo formado por la vía Libertadores y un conjunto de calles irregulares al Oeste del área central, destacando el Jr. José Carlos Mareátegui. Un tercer sector sería el Sur-Carmen Alto, servido por un eje que en su parte rectilínea corresponde a la Av. Los Libertadores. Un cuarto sector será el correspondiente al distrito San Juan Bautista, al Este-Sur, servido básicamente por las Avs. Ramón Castilla y Cuzco. Por último, se tiene que el quinto sector Norte-Este o Ciudad Universitaria, servido por las Avs. Los Incas y San Felipe.

Rasgo común es que, en Ayacucho, las avenidas de mayor ancho relativo (como las avenidas antes mencionadas) no tienen continuidad entre sí, existiendo en su desa-

rollo calles estrechas y/o accidentadas que habría que regularizar a fondo muchas de ellas. Se plantea que, dado el estado de incipiente o de poca consolidación de muchas de ellas, se tiene que recurrir a un proceso de renovación urbana, remodelando un número de cuadras mediante realineamientos y/o ensanches, para lo cual se tendrá que recurrir a expropiaciones forzosas. para lo cual se debe plantear programas de reubicación temporal, o bien canje por otras viviendas, o alojamientos temporales. Tomando en cuenta que al parecer antes de llegar a esta situación, durante décadas, las autoridades no dimensionaron el problema de continuidad urbana y dejaron de controlar las ocupaciones. Pero también debe tomarse conciencia de que aún, en las condiciones actuales de tamaño de la ciudad, todavía se está a tiempo de corregir las mal informaciones sin causar mayores molestias.[3]

3.2.6. Clasificación vial.

La clasificación de las vías es un aspecto técnico sustancial para dotar de una adecuada accesibilidad y movilidad urbana a la provincia de Huamanga. Existen dos niveles de clasificación de la infraestructura vial, desde el punto de vista nacional, externo, y desde el punto de vista local, del distrito. Para inducir al desarrollo adecuado de un área, cualquiera sea esta, se requiere de una jerarquización de las vías, en términos funcionales[3].

Deben existir vías con determinadas características funcionales denominadas de paso, de modo que permitan un tránsito rápido, sin interferencias y si es que las hay, se resuelvan mediante infraestructura a desnivel; y otras en el otro extremo de las funciones, se encuentra la función de acceso, donde la circulación debe ser a bajas velocidades y donde se puedan realizar todo tipo de movimientos, como giros a la derecha, izquierda, estacionarse, giro de media vuelta; todos a nivel[1].

De la combinación de estas funciones básicas, se obtiene los cuatro tipos o categorías de vías:

Vías expresas.- Son vías que tienen únicamente la función de paso en una ciudad, donde la accesibilidad hacia los predios adyacentes se realiza sólo a través de vías auxiliares, no hay interferencias en su recorrido y se circula a altas velocidades. Requieren un derecho de vía por lo menos del orden de los 50m y se justifican por sus largos recorridos. En el caso de la ciudad de Ayacucho no se observa un requerimiento de este tipo de vía, por su aún reducido tamaño[33].

Vías arteriales.- Son vías que tienen principalmente la función de paso y con un bajo nivel de accesibilidad hacia los predios adyacentes. Hay interferencias en su recorrido generado por intersecciones a nivel con otras vías, resueltas por semaforización. Generalmente tienen vías auxiliares a ambos lados[33].

Vías colectores.- Son vías que tienen principalmente la función de acceso y con un bajo nivel de tránsito de paso. Hay en su recorrido frecuentes intersecciones a nivel, circulándose a velocidades medias y bajas[33].

Vías locales.- Son las vías que tienen principalmente la función de acceso a las propiedades a un mínimo o nulo nivel de paso. Hay permanentes interferencias en su recorrido generado por las intersecciones a nivel. Se circula a bajas velocidades[33].

Producto de diversos estudios de Planes Urbanos, se ha desarrollado una metodología de sub-clasificación según su carácter[33]:

- Vías Locales preferenciales
- Vías Locales residenciales
- Vías Locales comerciales
- Vías Locales industriales
- Vías Locales peatonales

Esencialmente las vías Locales Preferenciales, Vías Locales Comerciales, Vías Locales Residenciales, son las vías que estructuran cualquier área de la ciudad, desde el punto de vista sectorial, las mismas que serán estudiadas y evaluadas para su declaración y posteriores efectos de acción, incluyendo en este caso la vocación de las vías en cuanto a su utilización para el paso del tránsito pesado, rutas de transporte público, estacionamientos, etc.[33]

En la ciudad de Ayacucho se cuenta con una vía expresa - anillo vial periférico (se encuentra en todo el perímetro de la ciudad de Ayacucho), vías articuladoras - anillo vial intermedio (se encuentra conectado a los distritos de la ciudad de Huamanga) y vías colectoras - anillo vial central (se encuentra circunvalando el centro de la ciudad).⁶

La intersección considerada para el presente estudio pertenece a la red vial colectoras de la ciudad de Huamanga.

3.3. Análisis del tráfico en el área de estudio.

Se ha realizado el conteo del tráfico en la Av. Ramón Castilla en el Sentido Oeste - Este desde el 30/01/17 al 03/02/17, en el sentido Este - Oeste desde el 06/02/17 al 10/02/17, en la Av. Ejército en sentido Norte - Sur desde el 13/02/17 al 17/02/17, en el sentido Sur - Norte desde el 20/02/17 al 24/02/17 y en el Jr. José Carlos Mariátegui en el sentido NorOeste - Este desde el 27/02/17 al 03/03/17 todos estos conteos se realizaron en tres horarios, 7:00am - 8:00am, 12:00pm - 1:00pm, 6:00pm - 7:00pm, los cuales son considerados como las horas de mayor tráfico vehicular.⁷ Estos datos obtenidos en campo permiten el conocimiento del flujo vehicular en horarios llamados horas punta.

⁶Fuente: Plano de desarrollo urbano de la ciudad de Ayacucho 2008-2018. Plano adjunto.

⁷Fuente: www.diariocorreo.pe

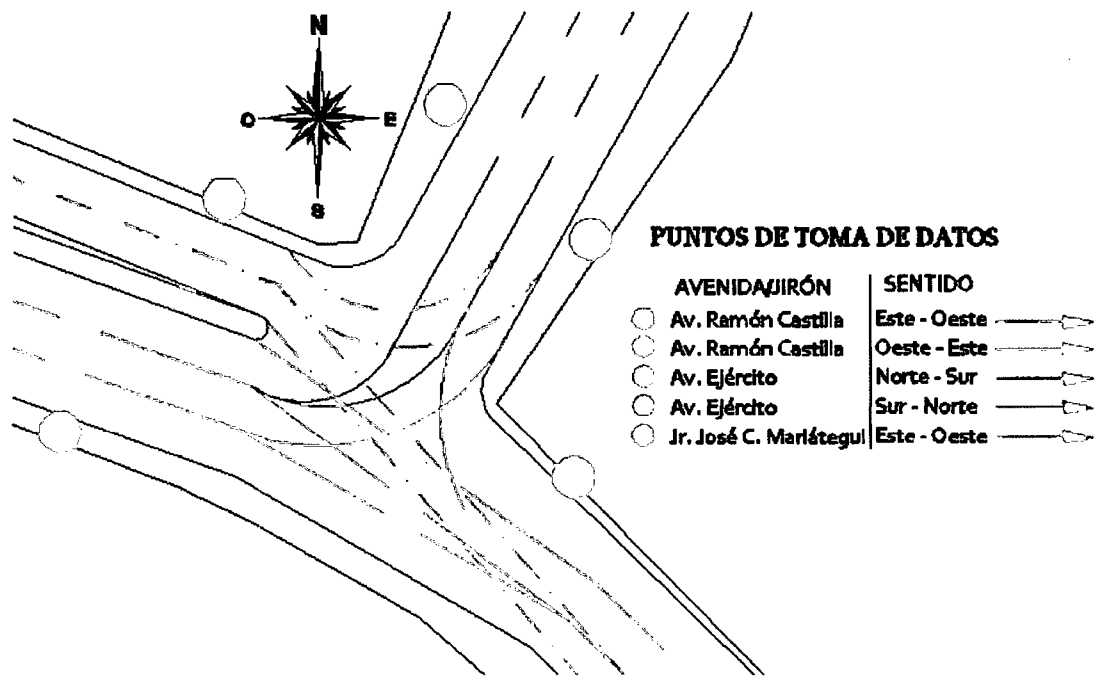


Figura 3.32: Puntos de toma de datos en campo.

Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Resumen promedio del aforo realizado de las 7:00 am a 8:00 am

Resumen del flujo de vehículos en la zona de estudio, considerando cada vehículo (mototaxi, moto lineal, auto, coaster, bus, camioneta, camión, volquete, trailer) y el influyente en el flujo total.

A continuación se muestra los datos obtenidos en campo:

MOTO TAXI

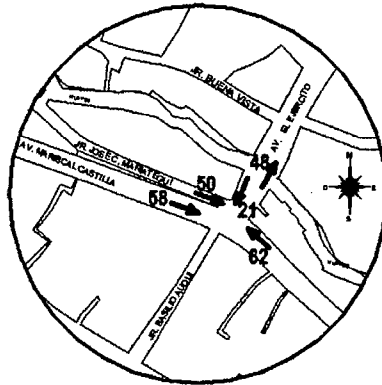


Figura 3.33: Flujo vehicular: Moto Taxi.

Fuente: Elaboración propia

MOTO LINEAL

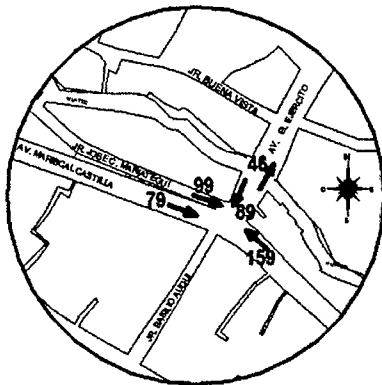


Figura 3.34: Flujo vehicular: Moto Lineal.

Fuente: Elaboración propia

AUTO

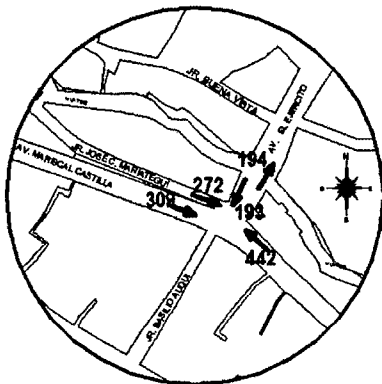


Figura 3.35: Flujo vehicular: Auto.

Fuente: Elaboración propia

COASTER

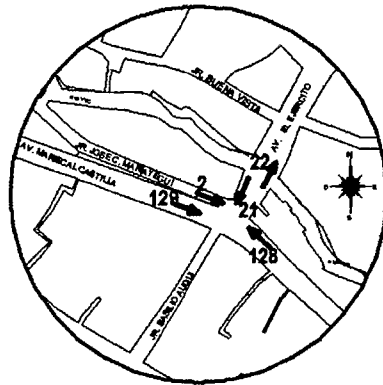


Figura 3.36: Flujo vehicular: Coaster.

Fuente: Elaboración propia

BUS

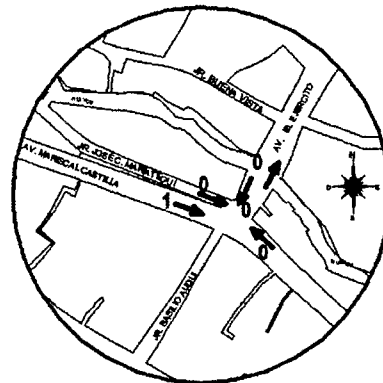


Figura 3.37: Flujo vehicular: Bus.

Fuente: Elaboración propia

CAMIONETA

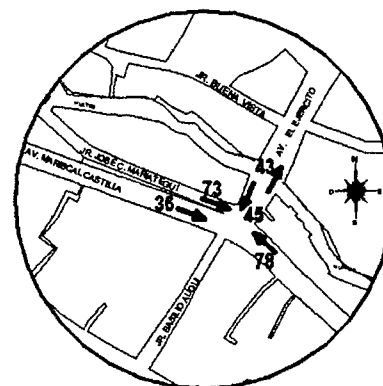


Figura 3.38: Flujo vehicular: Camioneta.

Fuente: Elaboración propia

CAMIÓN

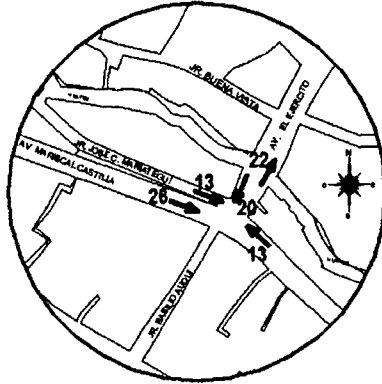


Figura 3.39: Flujo vehicular: Camión.

Fuente: Elaboración propia

VOLQUETE

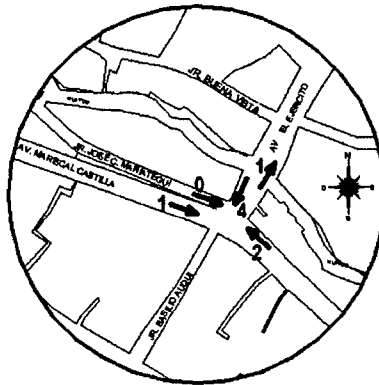


Figura 3.40: Flujo vehicular: Volquete.

Fuente: Elaboración propia

TRAILER

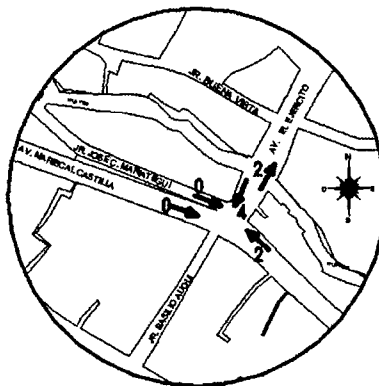


Figura 3.41: Flujo vehicular: trailer.

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS FINALES PROMEDIO DE 7:00 am - 8:00 am EN CADA SENTIDO

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Todas
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	TOODOS
FECHA :	30/01/17 AL 03/02/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

CANTIDAD TOTAL PROMEDIO POR HORA DE 7:00 am - 8:00 am EN CADA SENTIDO							
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este	TOTAL	Porcentaje
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui		
Moto Taxi	58.00	62.00	21.00	48.00	50.00	239.00	8.51%
Moto Lineal	79.00	159.00	89.00	46.00	99.00	472.00	16.80%
Autos	309.00	442.00	193.00	194.00	272.00	1410.00	50.20%
Coaster	129.00	128.00	21.00	22.00	2.00	302.00	10.75%
Bus	1.00	-	-	-	-	1.00	0.04%
Camionetas	36.00	78.00	45.00	43.00	73.00	275.00	9.79%
Camiones	26.00	13.00	20.00	22.00	13.00	94.00	3.35%
Volquetes	1.00	2.00	4.00	1.00	-	8.00	0.28%
Trailer	-	2.00	4.00	2.00	-	8.00	0.28%
Total	639.00	886.00	397.00	378.00	509.00	2,809.00	100.00%

Cuadro 3.11: Resumen de la cantidad total de vehículos 7:00am - 8:00am.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Resumen promedio del aforo realizado de las 12:00 pm a 1:00 pm

Resumen del flujo de vehículos en la zona de estudio, considerando cada vehículo(mototaxi, moto lineal, auto, coaster, bus, camioneta, camión, volquete, trailer)y el influyente en el flujo total.

A continuación se muestra los datos obtenidos en campo:

MOTO TAXI

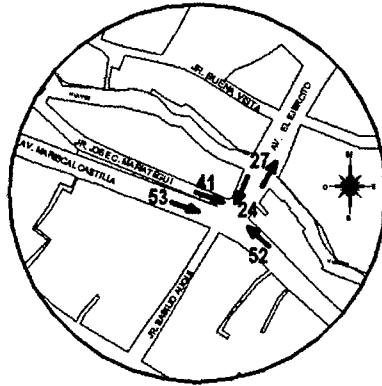


Figura 3.42: Flujo vehicular: Moto Taxi.

Fuente: Elaboración propia

MOTO LINEAL

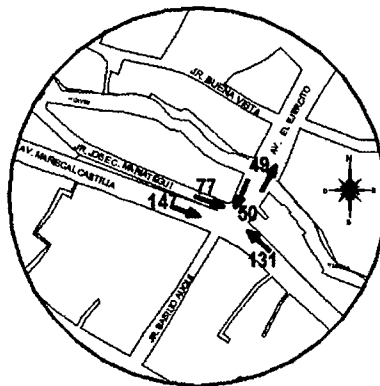


Figura 3.43: Flujo vehicular: Moto Lineal.

Fuente: Elaboración propia

AUTO

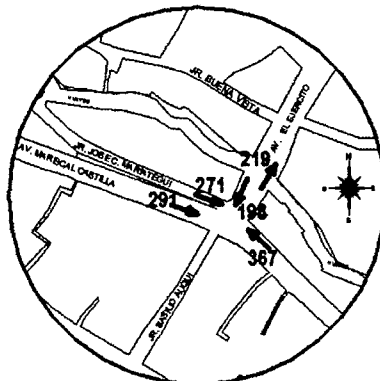


Figura 3.44: Flujo vehicular: Auto.

Fuente: Elaboración propia

COASTER

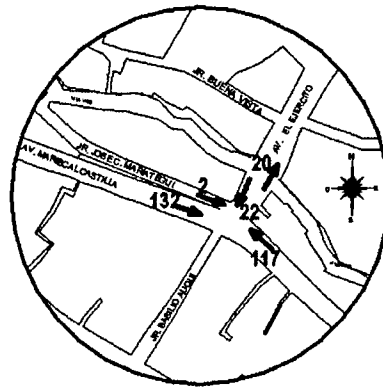


Figura 3.45: Flujo vehicular: Coaster.

Fuente: Elaboración propia

BUS

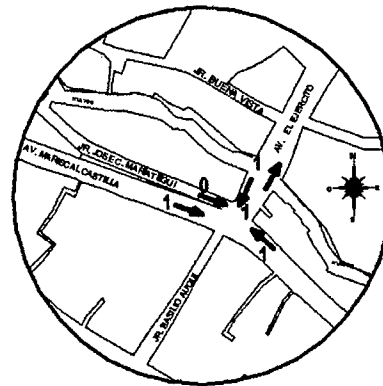


Figura 3.46: Flujo vehicular: Bus.

Fuente: Elaboración propia

CAMIONETA

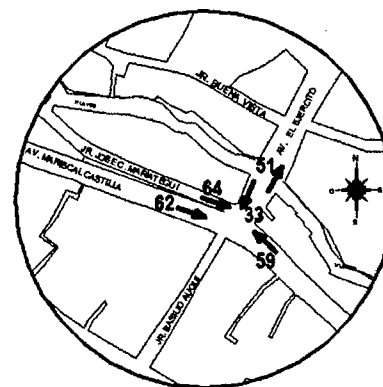


Figura 3.47: Flujo vehicular: Camioneta.

Fuente: Elaboración propia

CAMIÓN

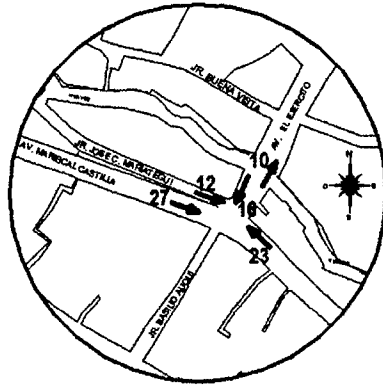


Figura 3.48: Flujo vehicular: Camión.

Fuente: Elaboración propia

VOLQUETE

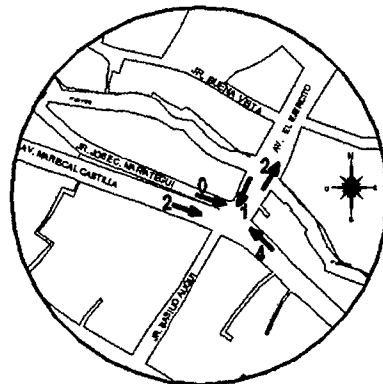


Figura 3.49: Flujo vehicular: Volquete.

Fuente: Elaboración propia

TRAILER

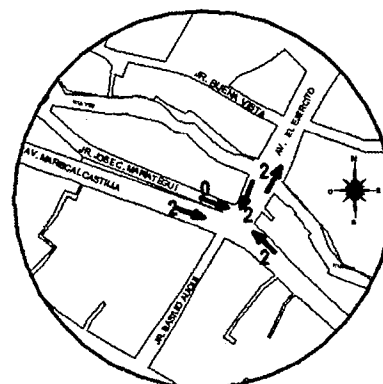


Figura 3.50: Flujo vehicular: trailer.

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS FINALES PROMEDIO DE 12:00 pm - 1:00 pm EN CADA SENTIDO

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Todas
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	TODOS
FECHA :	30/01/17 AL 03/02/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

CANTIDAD TOTAL PROMEDIO POR HORA DE 12:00 pm - 1:00 pm EN CADA SENTIDO							
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este	TOTAL	Porcentaje
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui		
Moto Taxi	53.00	52.00	24.00	27.00	41.00	197.00	7.26%
Moto Lineal	147.00	131.00	50.00	49.00	77.00	454.00	16.73%
Autos	291.00	367.00	198.00	219.00	271.00	1,346.00	49.61%
Coaster	132.00	117.00	22.00	20.00	2.00	293.00	10.80%
Bus	1.00	1.00	1.00	1.00	-	4.00	0.15%
Camionetas	62.00	62.00	33.00	51.00	64.00	272.00	10.03%
Camiones	27.00	27.00	16.00	10.00	12.00	92.00	3.39%
Volquetes	22.00	2.00	1.00	2.00	-	27.00	1.00%
Trailer	22.00	2.00	2.00	2.00	-	28.00	1.03%
Total	757.00	761.00	347.00	381.00	467.00	2,713.00	100.00%

Cuadro 3.12: Resumen de la cantidad total de vehículos 12:00pm - 1:00pm.

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Resumen promedio del aforo realizado de las 6:00 pm a 7:00 pm

Resumen del flujo de vehículos en la zona de estudio, considerando cada vehículo(mototaxi, moto lineal, auto, coaster, bus, camioneta, camión, volquete, trailer)y el influyente en el flujo total.

A continuación se muestra los datos obtenidos en campo:

MOTO TAXI

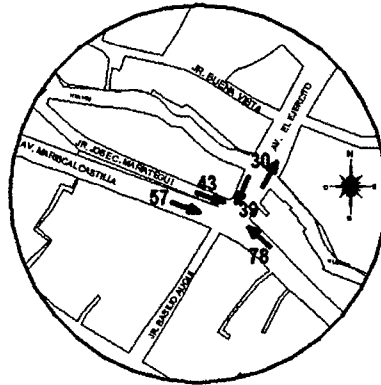


Figura 3.51: Flujo vehicular: Moto Taxi.

Fuente: Elaboración propia

MOTO LINEAL

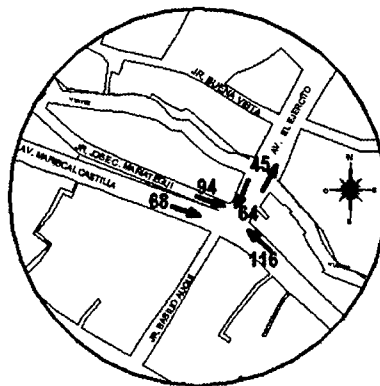


Figura 3.52: Flujo vehicular: Moto Lineal.

Fuente: Elaboración propia

AUTO

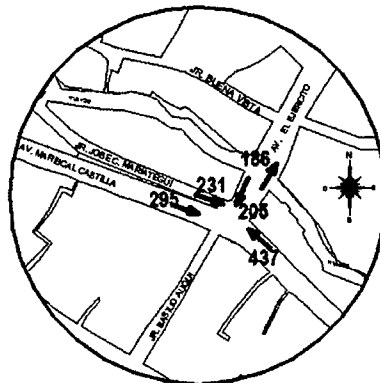


Figura 3.53: Flujo vehicular: Auto.

Fuente: Elaboración propia

COASTER

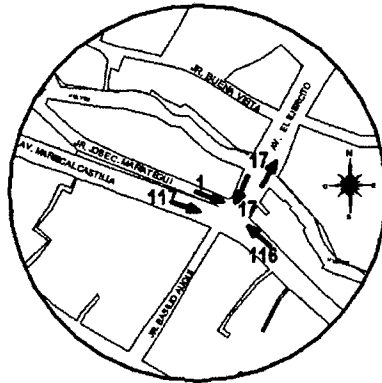


Figura 3.54: Flujo vehicular: Coaster.

Fuente: Elaboración propia

BUS

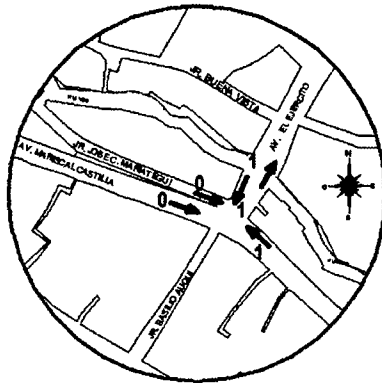


Figura 3.55: Flujo vehicular: Bus.

Fuente: Elaboración propia

CAMIONETA

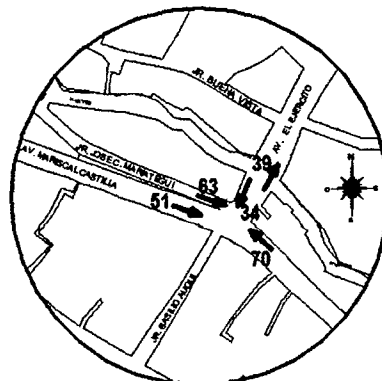


Figura 3.56: Flujo vehicular: Camioneta.

Fuente: Elaboración propia

CAMIÓN

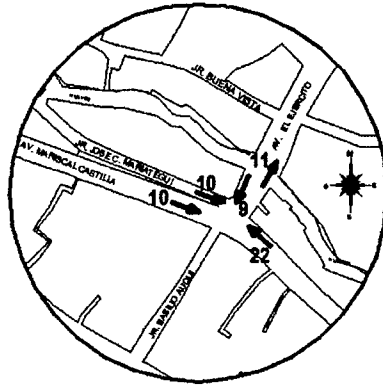


Figura 3.57: Flujo vehicular: Camión.

Fuente: Elaboración propia

VOLQUETE

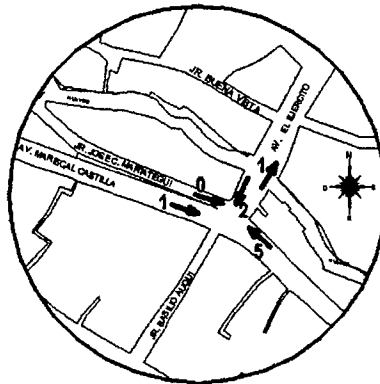


Figura 3.58: Flujo vehicular: Volquete.

Fuente: Elaboración propia

TRAILER

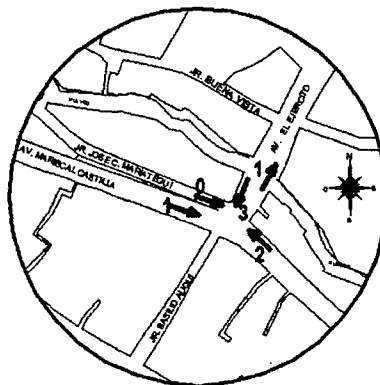


Figura 3.59: Flujo vehicular: trailer.

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS FINALES PROMEDIO DE 6:00 pm - 7:00 pm EN CADA SENTIDO

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Todas
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	TODOS
FECHA :	30/01/17 AL 03/03/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

CANTIDAD TOTAL PROMEDIO POR HORA DE 6:00 pm - 7:00 pm EN CADA SENTIDO							
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este	TOTAL	Porcentaje
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui		
Moto Taxi	57.00	78.00	39.00	30.00	43.00	247.00	9.52%
Moto Lineal	68.00	116.00	64.00	45.00	94.00	387.00	14.92%
Autos	295.00	437.00	205.00	186.00	231.00	1,354.00	52.20%
Coaster	117.00	116.00	17.00	17.00	1.00	268.00	10.33%
Bus	-	1.00	1.00	1.00	-	3.00	0.12%
Camionetas	51.00	70.00	34.00	39.00	63.00	257.00	9.91%
Camiones	10.00	22.00	9.00	11.00	10.00	62.00	2.39%
Volquetes	1.00	5.00	2.00	1.00	-	9.00	0.35%
Trailer	1.00	2.00	3.00	1.00	-	7.00	0.27%
Total	600.00	847.00	374.00	331.00	442.00	2,594.00	100.00%

Cuadro 3.13: Resumen de la cantidad total de vehículos 6:00pm - 7:00pm.

Fuente: Elaboración propia

3.4. Simulación con PTV VISSIM V.9

3.4.1. Descripción del programa Vissim 9.0

Con PTV Vissim, puede simularse la situación del tráfico a la perfección, tanto la comparación de operar con distintos tipos de intersecciones como el análisis de implementar medidas de prioridad al transporte público o el impacto de un distinto plan de semaforización. PTV Vissim, como software líder mundial para la simulación microscópica del tráfico, en un solo modelo permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones: autos, transporte de carga y cualquier tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional. Para ello, los modelos de comportamiento vehicular, científicamente desarrollados y validados, proporcionan una simulación realista de todos los agentes.

El software ofrece una gran flexibilidad en múltiples aspectos: el concepto de arcos y conectores permite que los usuarios modelen geometrías de cualquier tipo, por muy complejas que sean. Las características de conductores y vehículos permiten

una parametrización individual. Además, gracias a la gran variedad de interfaces se pueden integrar sin dificultades otros sistemas de control semafórico, gestión del tráfico, o modelos de emisiones.

Las amplias posibilidades de análisis hacen de PTV Vissim una herramienta potente para evaluar y planificar la infraestructura vial tanto urbana como interurbana. Con este software se pueden obtener tanto resultados numéricos detallados como impresionantes animaciones en 3D representando diversos escenarios. Resulta un recurso ideal para presentar propuestas de infraestructura tanto ante los agentes responsables de la toma de decisiones, como a la opinión pública, de forma comprensible y convincente.[24]

3.4.2. Funcionamiento del software Vissim 9.0

Vissim está basado en los parámetros psicofísicos del seguimiento vehicular propuesto por el profesor Wiedemann. Entre sus aplicaciones más destacadas están el de proyectar el tránsito urbano y operaciones del transporte público así como el análisis de la configuración de carriles, composición del tráfico, semaforización, etc. Es así que se convierte en una herramienta útil para la evaluación de las alternativas basadas en el diseño y el planeamiento del tránsito y transporte.[35]

Su principal tarea es conseguir la adecuada representación del comportamiento de la conducción vehicular en el tránsito. Para lograrlo, se debe tomar en cuenta la dinámica seguida por los distintos tipos de vehículos en interacción.

Está internamente compuesto por dos funciones: el simulador del tráfico y el generador de estados de señales. El primero de estos permite la animación de la circulación de los vehículos; mientras que el segundo genera internamente archivos de salida con acumulación de datos estadísticos como tiempos de viaje y longitudes de cola.[28]

El modelo de seguimiento vehicular es el que tiene mayor efecto sobre Vissim. No obstante, se debe considerar el modelo de cambio de carril, ya que ambos forman un conjunto integrado en el desarrollo del modelo del tráfico. Para el primer modelo, si un vehículo de mayor velocidad se acerca a uno con menor velocidad, se ajustará a

su separación. Esto se debe a la reacción del conductor que depende de la diferencia de velocidad, distancia y comportamiento. Por otro lado, para el segundo modelo, se verifica la conducción de los vehículos por las conexiones de varios carriles.[30]

La microsimulación del proyecto es representada por las redes viales, los peatones, los vehículos y otros elementos que se registran como datos de entrada en este software. A continuación se presentan los componentes presentes en el proyecto: los estáticos y los dinámicos.[15]

3.4.3. Componente estático

Estos componentes se aprecian durante la trayectoria de los vehículos dentro del sistema modelado. En el caso de una intersección, se producen giros y movimientos para las circulaciones realizadas.

Los giros se definen como la posibilidad de un vehículo de dirigirse de un tramo a otro. Por otro lado, el movimiento indica una desagregación de los giros que se incrementa de acuerdo al grado de detalle.

Estos detalles se pueden apreciar en la figura. Asimismo, existen otros componentes estáticos, tales como las señales de tránsito. Estas tienen una gran influencia sobre los conductores pues aseguran y/o persuaden el cumplimiento de las normas.[31]

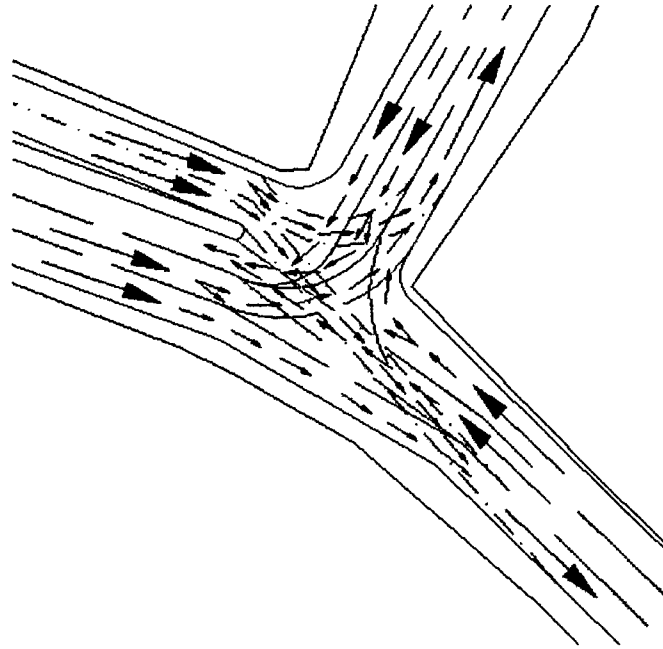


Figura 3.60: Giros y movimientos en la intersección.

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Componente dinámicos

Estos varían con relación al tiempo durante la circulación del tráfico. Influyen en gran medida con la determinación de las interrelaciones existentes entre los diferentes parámetros dentro del modelo microscópico. Por ende, la elección del nivel de detalle del proyecto dependerá de la precisión de estos componentes dinámicos. Los semáforos son un ejemplo de los distintos componentes dinámicos. Estos afectan el comportamiento de un conductor y por ello, influyen considerablemente en el sistema.[31]

3.4.5. Metodología a emplear

A continuación, se puede apreciar un esquema, donde se presenta la secuencia de la metodología de este proyecto, la cual tiene como base la recomendación dada por la FHWA (2004).[36].

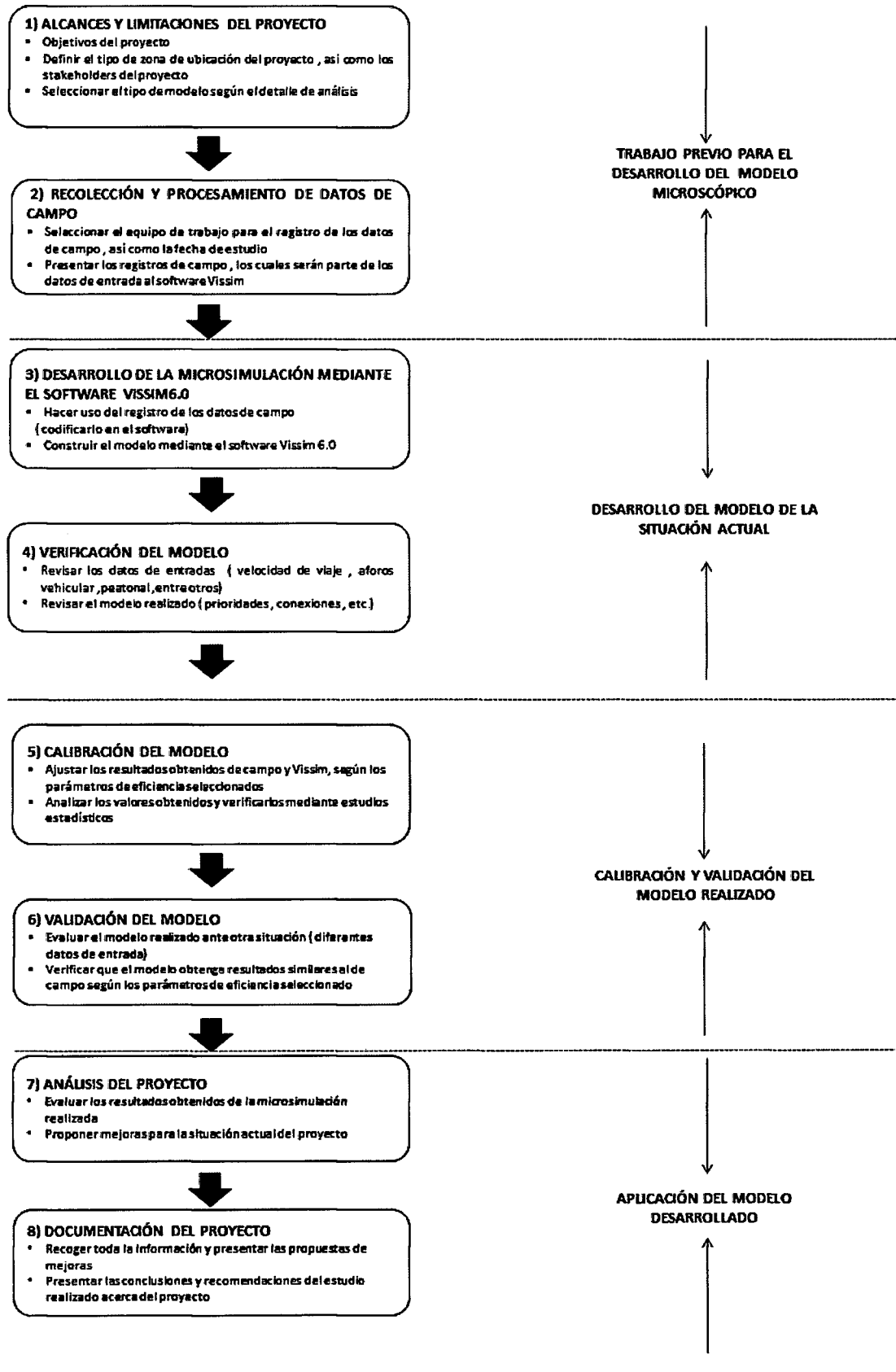


Figura 3.61: Metodología propuesta para la realización del proyecto.

Fuente: FHWA (2004)[36]

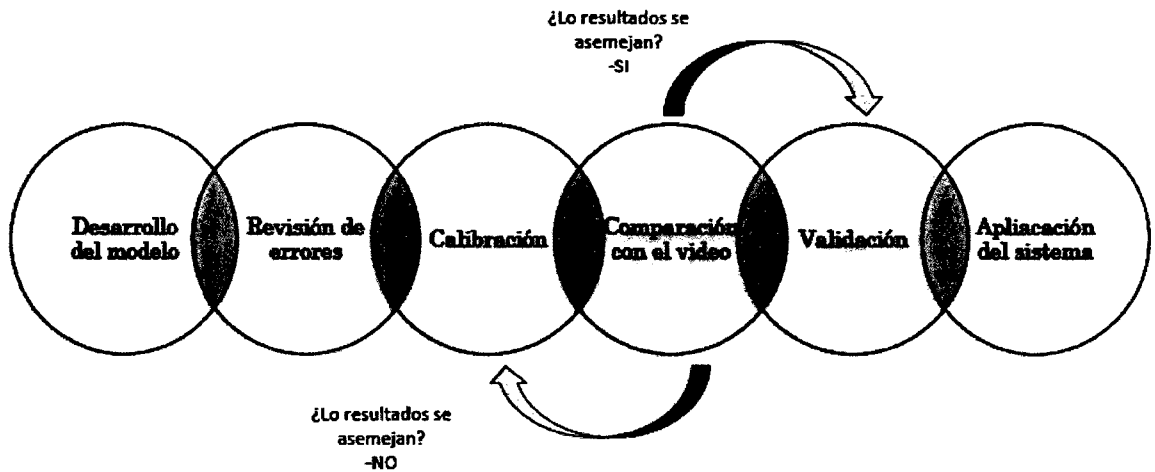


Figura 3.62: Metodología compacta propuesta para la realización del proyecto.

Fuente: FHWA (2004)[36]

3.4.6. Consideraciones y datos para el modelo

Parte del objetivo del proyecto es el estudio del nivel de detalle de la construcción del modelo. Se mencionan dos situaciones: situación actual, análisis con un paso a desnivel y un ITS; para el análisis de fallo de las señales de tránsito en la situación actual, basta con un esbozo de la infraestructura del modelo. en el caso del paso a Desnivel y el ITS se requiere la implementación de nuevos modelos de mejora. En el estudio de la intersección se necesita un trabajo de mayor precisión. En ese caso, se cuenta con el desarrollo de la simulación de la zona estudiada.

Las redes viales se representan mediante escalas geométricas. Sus mediciones se logran a través de mediciones topográficas, importaciones macroscópicas, fotografías aéreas, mediciones en CAD, mediciones manuales, entre otros.[15]

Para las consideraciones de los datos de entrada tenemos como primer elemento el reconocimiento de las vías y sus sentidos considerados en la actualidad, para ello se mostró a detalle en la figura 3.11.

3.4.6.1. Anchos de vías disponibles

los anchos de vías que se registraron en campo fueron obtenidas con el uso de una wincha de 50 metros para la medición, una libreta para el registro y una cámara para adquirir visualmente cada detalle que se presenta, estos datos fueron procesados y se mostraron gráficamente en las figuras desde 3.19 hasta 3.23.

3.4.6.2. Resultados de los aforos realizados

Los aforos vehiculares se realizaron en tres horarios considerados horas puntas, para así obtener datos para el caso más crítico los cuales se realizaron en cada uno de los carriles que intervienen en la intersección y también las direcciones que estos toman una vez que cruzan el punto de intersección, los datos procesados se muestran a continuación en el siguiente cuadro.

CANTIDAD PROMEDIO POR HORA EN LA INTERSECCIÓN							
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este	TOTAL	Porcentaje
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui		
Moto Taxi	56.00	64.00	28.00	35.00	45.00	228.00	8.46%
Moto Lineal	98.00	136.00	68.00	47.00	90.00	439.00	16.29%
Autos	299.00	415.00	199.00	200.00	258.00	1,371.00	50.87%
Coaster	126.00	120.00	20.00	20.00	2.00	288.00	10.69%
Bus	1.00	1.00	1.00	1.00	-	4.00	0.15%
Camionetas	50.00	69.00	37.00	45.00	67.00	268.00	9.94%
Camiones	21.00	19.00	15.00	14.00	12.00	81.00	3.01%
Volquetes	1.00	4.00	2.00	1.00	-	8.00	0.30%
Trailer	1.00	2.00	3.00	2.00	-	8.00	0.30%
Total	653.00	830.00	373.00	365.00	474.00	2,695.00	100.00%

Cuadro 3.14: Aforo total procesado.

Fuente: Elaboración propia

CAMBIOS DE SENTIDOS DE LOS VEHÍCULOS EN LA INTERSECCIÓN POR HORA									
Sentido	Oeste - Este		Este - Oeste		Norte - Sur		NorOeste - Este		TOTAL
Vía	Av. Ramón Castilla		Av. Ramón Castilla		Av. Ejército		Jr. José C. Mariátegui		
Cambio de Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	
Sentido Tomado	Este	Norte	Oeste	Norte	Oeste	Este	Este	Norte	
Moto Taxi	42.00	14.00	45.00	19.00	17.00	11.00	34.00	11.00	193.00
Moto Lineal	74.00	24.00	95.00	41.00	41.00	27.00	68.00	22.00	392.00
Autos	224.00	75.00	291.00	124.00	119.00	80.00	194.00	64.00	1,171.00
Coaster	95.00	31.00	84.00	36.00	12.00	8.00	1.00	1.00	268.00
Bus	1.00	-	-	1.00	-	1.00	-	-	3.00
Camionetas	38.00	12.00	48.00	21.00	22.00	15.00	50.00	17.00	223.00
Camiones	16.00	5.00	13.00	6.00	9.00	6.00	9.00	3.00	67.00
Volquetes	1.00	-	-	4.00	-	2.00	-	-	7.00
Trailer	1.00	-	-	2.00	-	3.00	-	-	6.00
Sub Total	492.00	161.00	576.00	254.00	220.00	153.00	356.00	118.00	
Total		653.00		830.00		373.00		474.00	2,330.00

Cuadro 3.15: Cambios de sentidos en la intersección.

Fuente: Elaboración propia

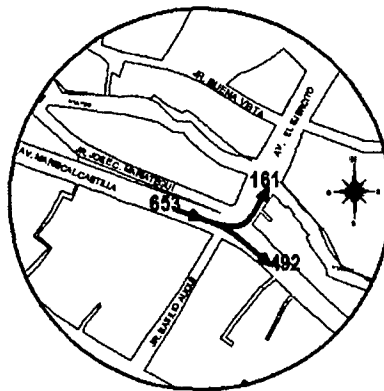


Figura 3.63: Flujograma Av. Ramón Castilla, Oeste-Este.

Fuente: Elaboración propia

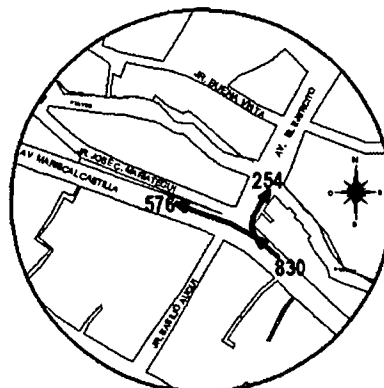


Figura 3.64: Flujograma Av. Ramón Castilla, Este-Oeste.

Fuente: Elaboración propia

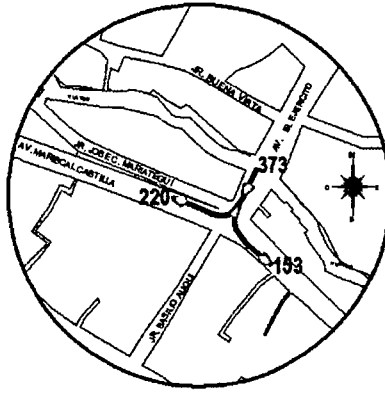


Figura 3.65: Flujograma Av. Ejército, Norte-Sur.

Fuente: Elaboración propia

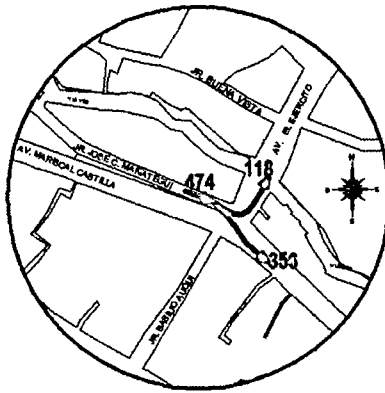


Figura 3.66: Flujograma Jr. José C. Mariátegui, NorOeste-Este.

Fuente: Elaboración propia

3.4.6.3. Longitudes de colas

Las longitudes de colas registradas se obtuvieron mediante el uso de pintura en los carriles señalando en ellas cada 10 metros y así controlar cuántos vehículos se reúnen generando la longitud de cola, estos datos procesados se muestran a continuación y también la desviación estándar de ellas el cual se requerirá más adelante para la calibración del modelo.

LONGITUD DE COLA (m) DE VEHÍCULOS POR CAMBIO DE SEMÁFORO							
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este	TOTAL	Porcentaje
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui		
01	110.00	128.00	62.00		65.00	365.00	6.76%
02	96.00	129.00	60.00		66.00	351.00	6.50%
03	100.00	132.00	55.00		70.00	357.00	6.61%
04	95.00	128.00	58.00		65.00	346.00	6.41%
05	98.00	125.00	66.00		68.00	357.00	6.61%
06	101.00	126.00	59.00		71.00	357.00	6.61%
07	100.00	125.00	70.00		70.00	365.00	6.76%
08	103.00	134.00	56.00		73.00	366.00	6.78%
09	97.00	135.00	60.00		67.00	359.00	6.65%
10	102.00	127.00	55.00		72.00	356.00	6.59%
11	100.00	133.00	58.00		70.00	361.00	6.69%
12	95.00	129.00	61.00		80.00	365.00	6.76%
13	98.00	136.00	60.00		68.00	362.00	6.70%
14	106.00	131.00	63.00		76.00	376.00	6.96%
15	99.00	132.00	57.00		69.00	357.00	6.61%
PROMEDIO	100.00	130.00	60.00		70.00	5,400.00	100.00%
DESV.EST.	4.09	3.59	4.09		4.09	10,435.00	193.24%

Cuadro 3.16: Longitudes de colas en cada vía y sentidos.

Fuente: Elaboración propia

3.4.6.4. Semaforización utilizada en la actualidad

La intersección en estudio actualmente cuenta con semáforos instalados en cada vía que permite regular el flujo vehicular y el congestionamiento que se produce por la confluencia de los vehículos, los semáforos presentan intervalos para el cambio de color iguales en la Av. Ramón Castilla siendo el Color rojo 70 segundos y el color verde de 30 segundos, mientras que en el Jr. José C. Mariátegui se tiene 80 segundos para el color rojo y 22 segundos para el verde, se muestra los datos obtenidos en campo a continuación:

TIEMPO EN SEGUNDOS DE SEMAFOROS ACTUALMENTE					
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui
SEM. ROJO	70.00	70.00	70.00		80.00
SEM. VERDE	30.00	30.00	30.00		22.00

Cuadro 3.17: Tiempos de semáforos en la intersección.

Fuente: Elaboración propia

3.4.6.5. Velocidades y tiempos de recorrido

Las Velocidades y tiempos que se registraron se tomaron considerando el último vehículo de la longitud de cola, el cual realizaba un recorrido y tiempo para cruzar el punto de intersección, para la simulación estos recorridos tuvieron un alcance hasta un punto en el que los vehículos pudieran salir del congestionamiento teniendo vías alternas o salidas próximas al punto de estudio, a continuación se muestran lo registrado para vehículos que representan un mayor volumen según los datos obtenidos y mayor movilidad como viene a ser los autos:

VELOCIDADES (m/s - km/h) DE RECORRIDO					
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui
01	11.00	12.80	12.40		13.00
02	13.71	12.90	12.00		13.20
03	12.50	13.20	13.75		11.67
04	13.57	12.80	11.60		13.00
05	12.25	15.63	11.00		11.33
06	12.63	14.00	11.80		11.83
07	12.50	15.63	10.00		11.67
08	12.88	12.18	11.20		12.17
09	12.13	11.25	12.00		11.17
10	12.75	14.11	13.75		12.00
11	12.50	12.09	11.60		11.67
12	13.57	12.90	12.20		10.00
13	12.25	11.33	12.00		11.33
14	11.78	13.10	12.60		10.86
15	12.38	13.20	14.25		11.50
m/s	12.56	13.14	12.14		11.76
km/h	45.00	47.00	44.00		42.00

Cuadro 3.18: Velocidades de recorrido en cada vía por autos.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPOS (s) DE RECORRIDO					
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui
01	10.00	10.00	5.00		5.00
02	7.00	10.00	5.00		5.00
03	8.00	10.00	4.00		6.00
04	7.00	10.00	5.00		5.00
05	8.00	8.00	6.00		6.00
06	8.00	9.00	5.00		6.00
07	8.00	8.00	7.00		6.00
08	8.00	11.00	5.00		6.00
09	8.00	12.00	5.00		6.00
10	8.00	9.00	4.00		6.00
11	8.00	11.00	5.00		6.00
12	7.00	10.00	5.00		8.00
13	8.00	12.00	5.00		6.00
14	9.00	10.00	5.00		7.00
15	8.00	10.00	4.00		6.00
PROMEDIO	8.00	10.00	5.00		6.00

Cuadro 3.19: Tiempos de recorrido en cada vía por autos.

Fuente: Elaboración propia

3.4.6.6. Pasos a desnivel propuestos

Como una de las propuestas de mejora se planteó realizar dos pasos a desnivel los cuales se desarrollaron en los carriles centrales de las vías siendo el primer Paso a Desnivel Superior, elevándose de la plataforma el carril central un nivel superior permitiendo a los vehículos que vienen por la Av. Ramón Castilla en el sentido Este-Oeste tomar este carril y salir directamente adelante en la Av. Ramón Castilla y a la Av. Ejército, restringiendo su uso para los vehículos particulares y livianos; del mismo modo tenemos el segundo Paso a Desnivel inferior, el cual descende de la plataforma el carril central un nivel inferior permitiendo a los vehículos que vienen por la Av. Ramón Castilla sentido Oeste-Este y los vehículos que vienen por el Jr. José C. Mariátegui sentido NorOeste-Este tomar este carril y salir directamente adelante en la Av. Ramón Castilla, restringiendo su uso para los vehículos particulares y livianos. Los diseños que se mostrarán fueron considerando los requerimientos estipulados en el *Manual de Diseño Geométrico de Carretera*⁸. [6]

⁸Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2014), Aprobado mediante Resolución Directoral N° 028-2014-MTC/14(30/10/14)

A continuación se muestra el diseño propuesto para los pasos a desnivel, tanto superior e inferior:

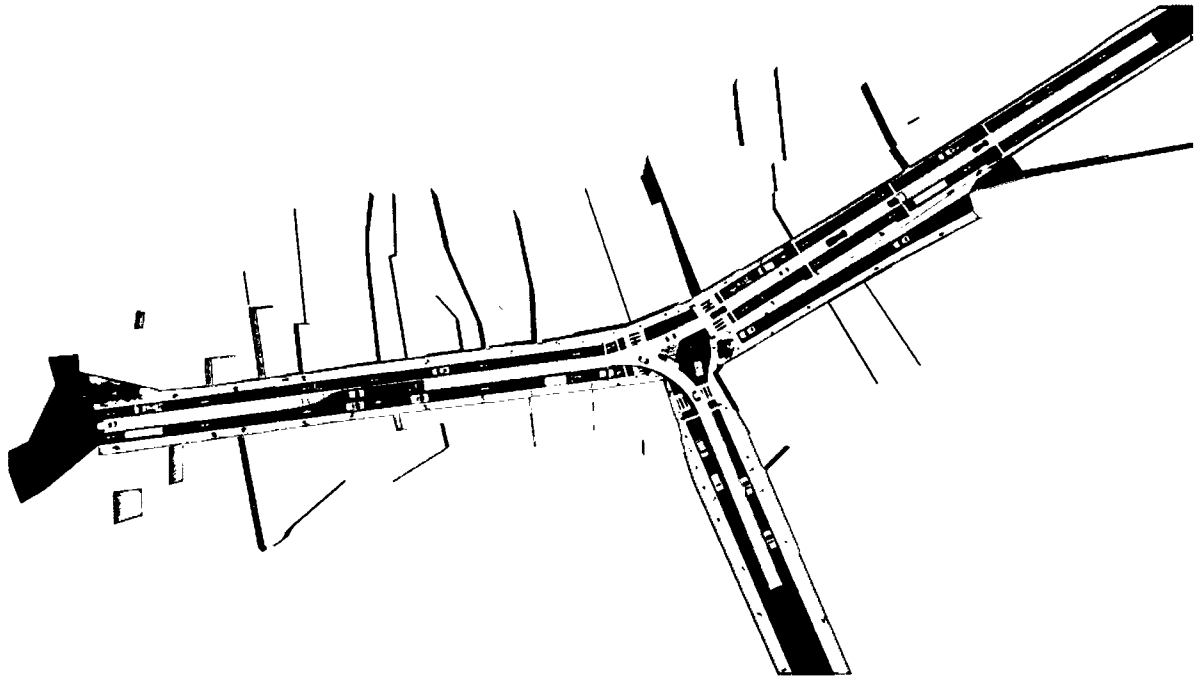


Figura 3.67: Planteamiento general en planta.

Fuente: Elaboración propia

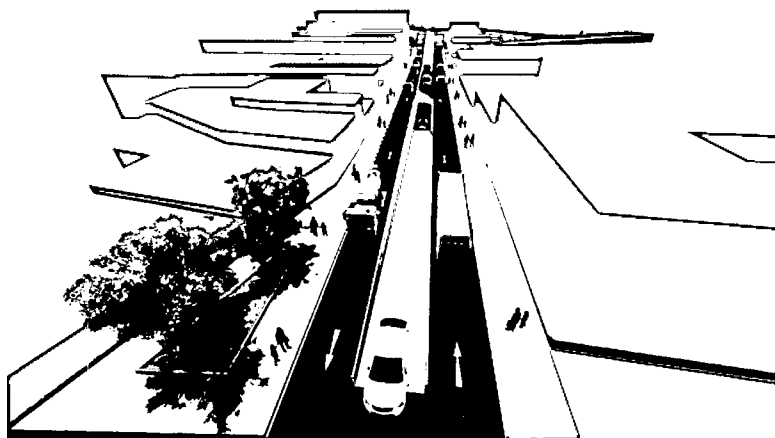


Figura 3.68: Vista de la salida del paso a desnivel inferior.

Fuente: Elaboración propia

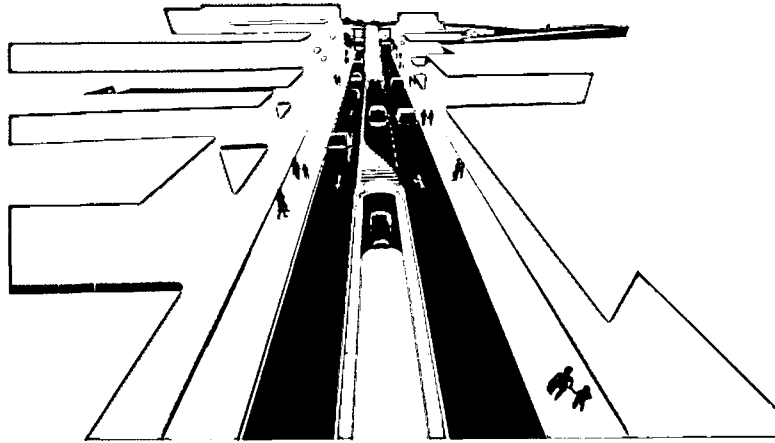


Figura 3.69: Vista del ingreso del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

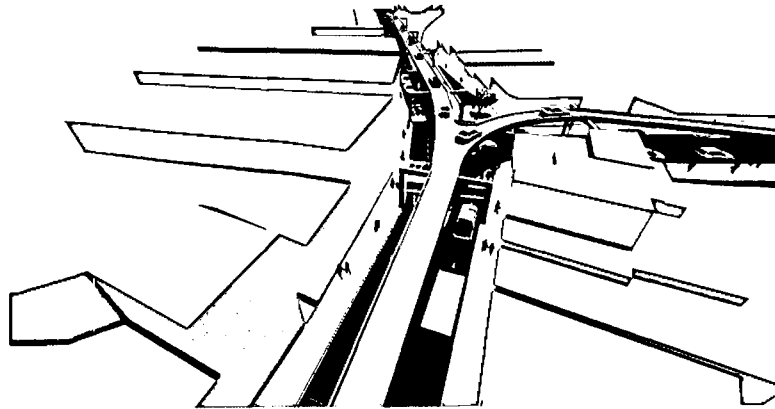


Figura 3.70: Vista panorámica del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

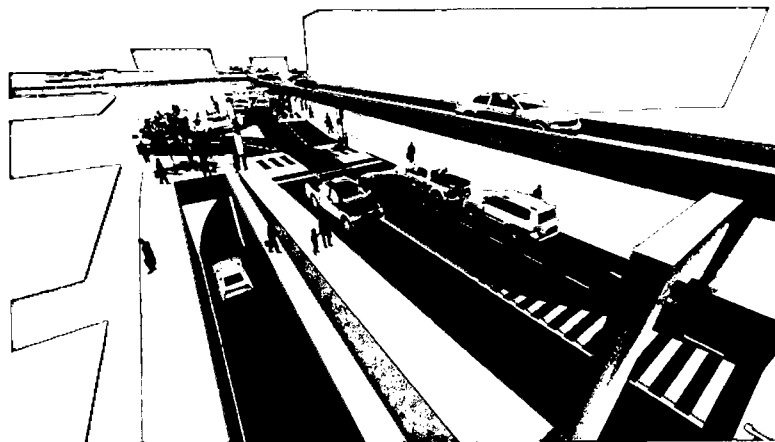


Figura 3.71: Vista panorámica del paso a desnivel superior e inferior.

Fuente: Elaboración propia

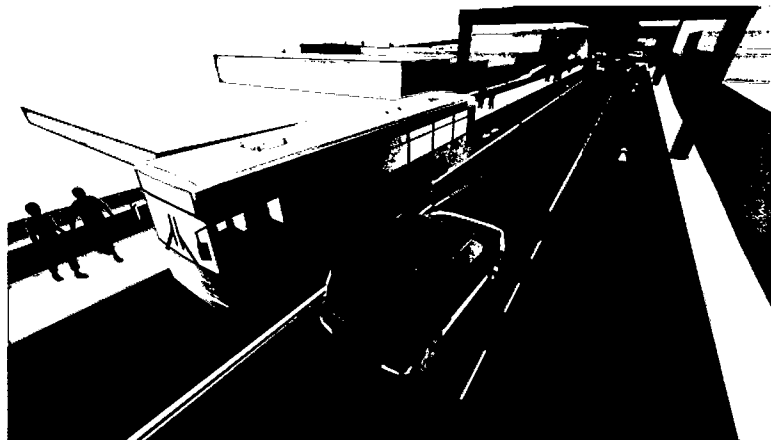


Figura 3.72: Vista del ingreso del paso a desnivel inferior.
 Fuente: Elaboración propia

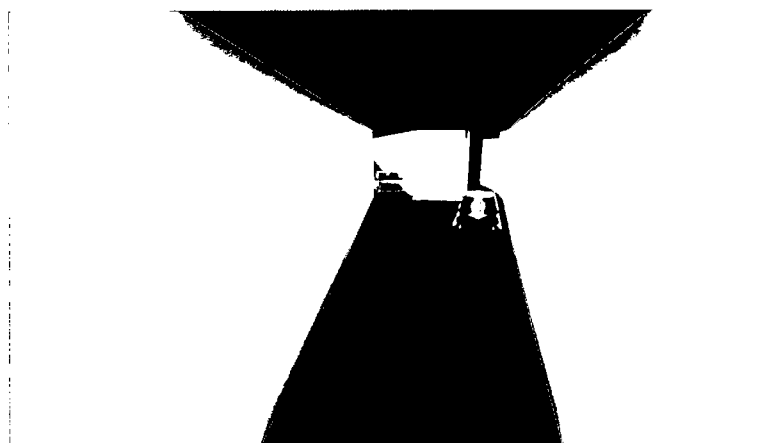


Figura 3.73: Vista del paso a desnivel inferior.
 Fuente: Elaboración propia

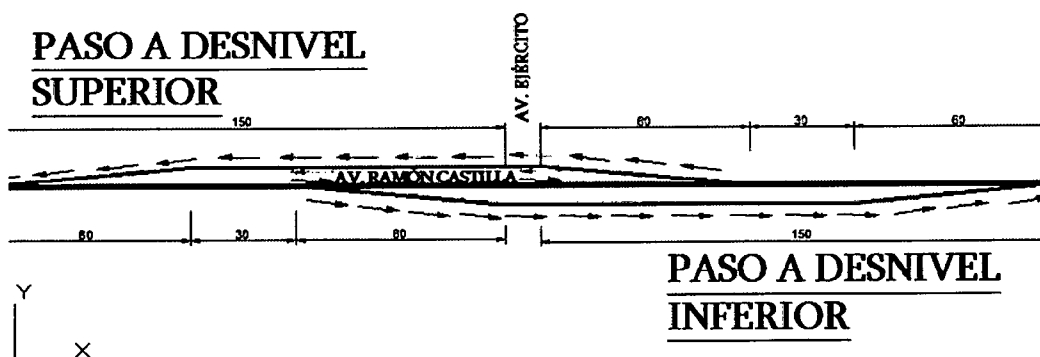


Figura 3.74: Planteamiento en perfil de los pasos a desnivel.
 Fuente: Elaboración propia

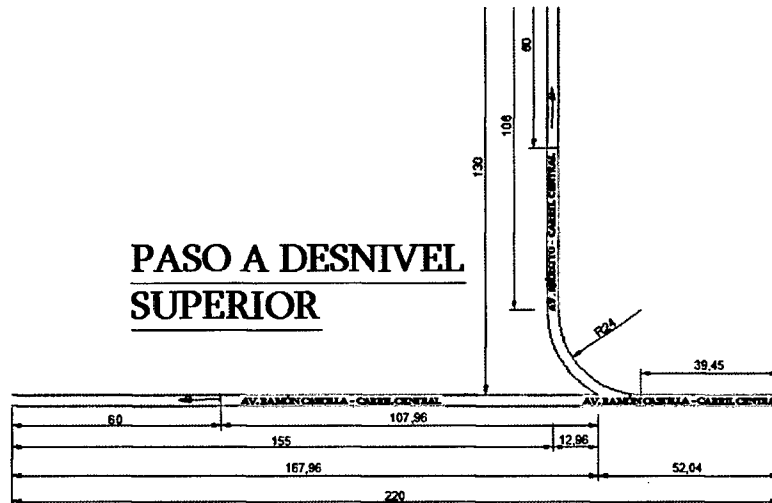


Figura 3.75: Planteamiento en planta del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

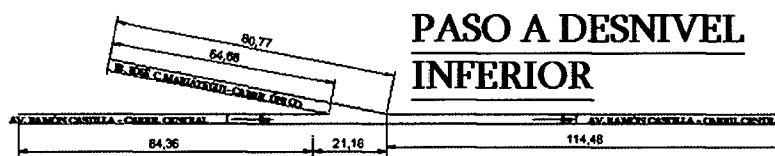


Figura 3.76: Planteamiento en Planta del paso a desnivel inferior.

Fuente: Elaboración propia

3.4.6.7. Presupuesto de los pasos a desnivel propuestos

Conforme a lo planteado anteriormente, la implementación de los pasos a desnivel tanto inferior como superior para solucionar el problema de tráfico vehicular en la intersección de estudio demandaría para su construcción la ejecución de las partidas:

- **Obras preliminares:** Almacén, seguridad en obra, planes de monitoreo, replanteos, demoliciones, reubicaciones de instalaciones básicas, entre otros.
- **Movimiento de tierras:** Excavación masiva con maquinaria, excavación manual, eliminación de material excedente, colocación y compactación con material de afirmado, entre otros.
- **Obras de concreto armado:** Zapatas, columnas, vigas, losas para plataforma, muros de contención, estructura de desvío y entrega de caudales, barandas de seguridad, entre otros.

-
- **Obras de habilitación y señalización:** Habilitación y adecuación de áreas verdes, zonas de uso peatonal, señalizaciones horizontales y verticales, entre otros.
- **Instalaciones eléctricas:** Colocación de alumbrado en paso inferior y superior, colocación de aparatos reflectivos, reconexiones de instalaciones eléctricas, entre otros.
- **Instalaciones sanitarias:** Reconexiones de instalaciones sanitarias, entre otros.

para la consideración presupuestaria de los presentes pasos a desnivel se tuvo como referencia los costos empleados en el paso a desnivel de la Av. Grau en la ciudad de Lima, infraestructura con las características similares al planteado en el presente proyecto, para lo cual detallamos las partidas más relevantes en costos y con ello se realiza un análisis por metro lineal de los pasos a desnivel:

ítem	Descripción	und	Precio S/.
1	Obras Preliminares		
1.01	Movilización y desmovilización de maquinaria	glb	50,000.00
1.02	Trazo y replanteo preliminar	m2	2.33
1.03	Mantenimiento del tránsito y seguridad vial	mes	15,000.00
2	Demoliciones		
2.01	Demolición de pavimento existente	m2	1.45
2.02	Demolición de veredas	m2	7.76
2.03	Eliminación de material procedente de demoliciones	m3	30.94
3	Movimiento de Tierras		
3.01	Excavación de material suelto c/maquinaria	m3	5.87
3.02	Excavación de material granular existente	m3	4.71
3.03	Perfilado, nivelación y compactación de sub resante	m2	2.00
3.04	Excavación para cimiento de estructuras	m3	4.93
3.05	Relleno compactado con material propio	m3	15.95
3.06	Eliminación de material excedente	m3	30.94
4	Zapatas		
4.01	Concreto F'c=140 fg/cm2 para solados	m2	23.60
4.02	Zapatas-Concreto F'c=210 kg/cm2	m3	305.02
4.03	Zapatas-Encofrado y desencofrado normal	m2	41.50
4.04	Zapatas-Acero de refuerzo F'y=4200 kg/cm2	kg	4.50
5	Pilares		
5.01	Pilares-Concreto F'c=280 kg/cm2	m3	360.83
5.02	Pilares-Encofrado y desencofrado normal	m2	43.19
5.03	Pilares-Encofrado y desencofrado caravista	m2	51.18
5.04	Pilares-Acero de refuerzo F'y=4200 kg/cm2	hg	4.50
6	Vigas		
6.01	Vigas-Concreto F'c=280 kg/cm2	m3	377.07
6.02	Vigas-Encofrado y desencofrado caravista	m2	270.96
6.03	Vigas-Acero de refuerzo F'y=4200 kg/cm2	kg	4.50
7	Losas		
7.01	Losas-Concreto F'c=280 kg/cm2	m3	401.45
7.02	Losas-Encofrado y desencofrado caravista	m2	270.96
7.03	Losas-Acero de refuerzo F'y=4200 kg/cm2	kg	4.50
8	Pavimento		
8.01	Sub-Base granular	m3	48.82
8.02	Losas concreto F'c=210 kg/cm2	m3	375.15
8.03	Encofrado y desencofrado normal, Pavimento	m2	41.50
9	Muros de Contención		
9.01	Muros-Concreto F'c=280 kg/cm2	m3	450.65
9.02	Muros-Encofrado y desencofrado caravista	m2	315.20
9.03	Muros-Acero de refuerzo F'y=4200 kg/cm2	kg	4.50
10	Juntas y Sellos		
10.01	Junta longitudinal de construcción	m	28.47
10.02	Junta transversal de construcción	m	28.47

Cuadro 3.20: Partidas y precios de un paso a desnivel.

Fuente: Presupuesto paso a desnivel Av. Grau - Lima.

Por lo que la ejecución de los pasos a desnivel resultaría un costo aproximado de S/. 4,775,067.37, el cual se detalla a continuación:

PRESUPUESTO

PROYECTO: "PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL TRÁFICO VEHICULAR CON PASOS A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN AV. RAMÓN CASTILLA CON AV. EJÉRCITO EN LA CIUDAD DE HUAMANGA - AYACUCHO"
FECHA: OCTUBRE 2017

COSTO DIRECTO	S/. 3,458,689.97
	=====
GASTOS GENERALES (10.00 %)	S/. 345,869.00
UTILIDADES (7.00%)	S/. 242,108.30
	=====
SUB TOTAL	S/. 4,046,667.26
I.G.V. (18.00%)	S/. 728,400.11
	=====
PRESUPUESTO TOTAL	S/. 4,775,067.37

Cuadro 3.21: Presupuesto aproximado del costo de los pasos a desnivel.

Fuente: Elaboración propia

3.4.6.8. Sistema inteligente de transporte propuestos

Los Sistemas Inteligentes de Transportes nos permiten realizar mejores controles del tránsito mediante el uso de dispositivos o mecanismos operacionales computacionales que requieren una central de control que registre realice toma de decisiones en tiempo real de acuerdo a la demanda exigida.

Para la presente investigación se planteó desarrollar un ITS mediante el uso de dispositivos de control tipo sensores en el pavimento que hace referencia a detectores instalados en los carriles. Como primera alternativa bajo este concepto, los detectores luego de un determinado volumen de circulación, en este caso de la avenida Ramón Castilla en sentido de este a oeste, restringe el giro hacia la derecha desde el carril 1 o el giro a la izquierda desde el carril 2. De forma que la única opción para que los vehículos puedan seguir en la avenida Ramón Castilla es conservando el carril izquierdo 1. Esta medida es una propuesta pues al igual que en el modelo original

actual, se observa un tránsito lento debido a que los vehículos deben hacer el pase de dos carriles hacia un solo carril, provocando conflictos durante la transición.

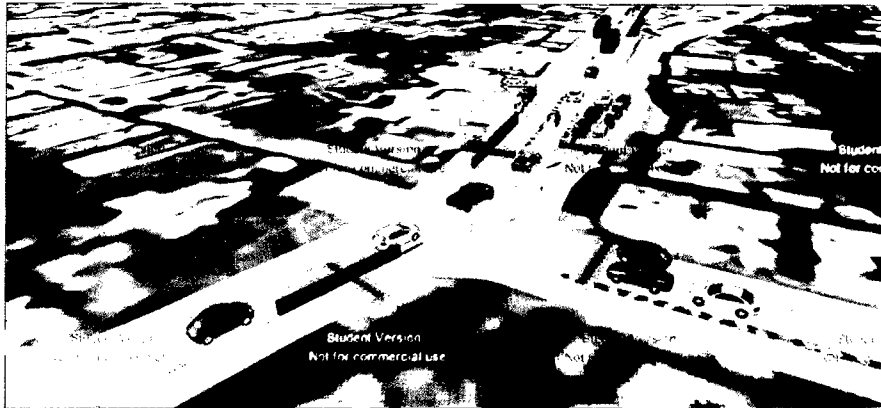


Figura 3.77: Introducción de la restricción al modelo.

Fuente: Elaboración propia

Como segunda opción de ITS tenemos el uso de esta restricción de carriles y la opción de contar con una semaforización inteligente, el cual funciona con la recolección de datos obtenidos en el pavimentos mediante sensores de volumen en el cual mediante el conteo de vehículos situados en el carril, el ciclo del semáforo cambia según aumente o disminuya su volumen proporcionalmente. El ciclo se introduce de manera previa en favor al tránsito de determinados carriles. Para el proyecto se evalúa una propuesta que permite un mayor flujo en el carril de la avenida Ramón Castilla en sentido de este a oeste, por ejemplo. Este procedimiento se hace en cada carril y son activados de acuerdo a los parámetros definidos en cada detector.

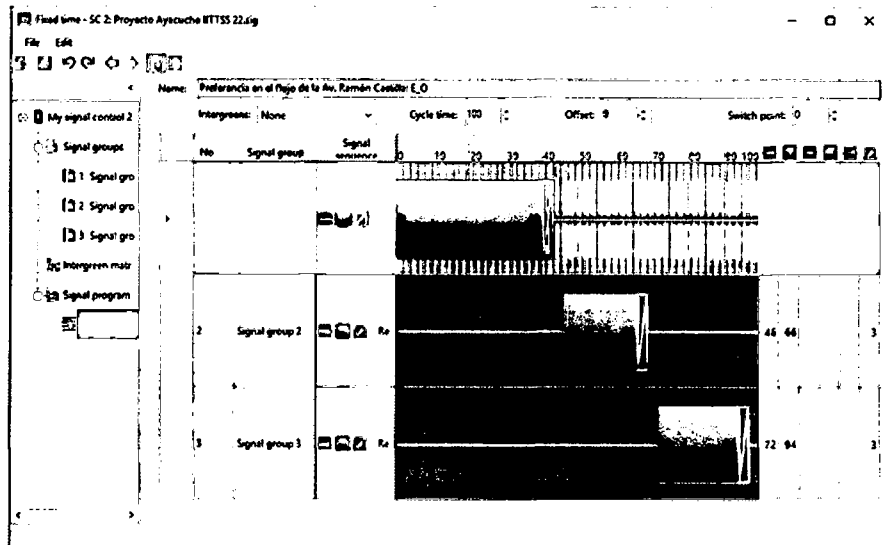


Figura 3.78: Introducción de los ciclos semafóricos.

Fuente: Elaboración propia

3.4.7. Construcción de los modelos, calibración y validación

Como parte de la metodología propuesta, se continúa con la etapa de la construcción del modelo, pues ya contamos con el registro de los datos de campo que servirán como información de entrada para la microsimulación que se desarrollará mediante el software Vissim 9.0. Entonces, se pasará a presentar los pasos más relevantes para la creación del modelo:

3.4.7.1. Imagen de fondo (background)

En primer lugar, se obtuvo el background del proyecto, en este caso fue extraído de Google Earth. Así mismo, se definieron los links, que representan a las avenidas del proyecto. Los anchos de cada carril representan el levantamiento topográfico realizado previamente.



Figura 3.79: Background utilizado para el diseño.

Fuente: Elaboración propia

3.4.7.2. Link y conectores

Estas herramientas del software representan las vías diseñadas dentro del sistema, los cuales serán definidos por los números de carriles, distancia entre carriles, la dirección de viaje permitido, entre otros. En cambio los conectores, sirven para poder unir par de links.

Por ejemplo, para la creación de la vía Av. Ramón Castilla se cuenta con 3 carriles con dos carriles para la alimentación de cada sentido y con un carril de salida, del mismo modo para la Av. Ejército que tiene 3 carriles con dos de alimentación y uno de salida, sin embargo el del Jr. José C. Mariátegui que define un carril y sale a un carril, teniendo cada uno de las vías diferentes anchos de vías como se mostró en una sección anterior y diferentes conectores como se muestra.

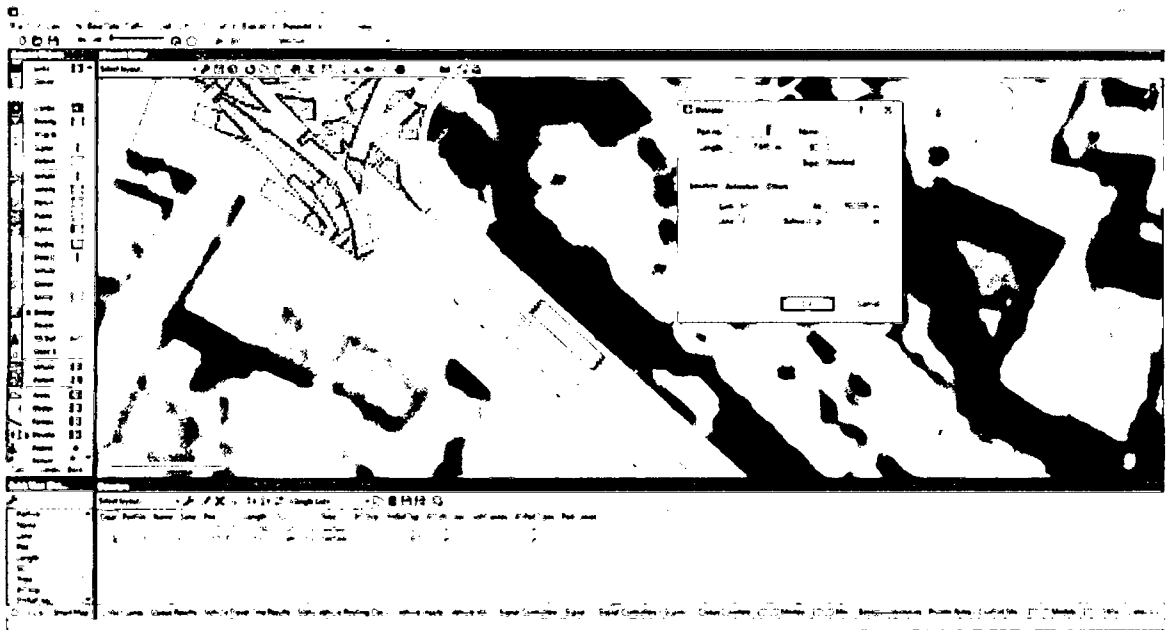


Figura 3.80: definición de los link y conectores de cada vía.

Fuente: Elaboración propia

3.4.7.3. Definición de vehículos

Mediante los aforos registrados, se define los tipos de vehículos que circulan dentro de una vía creada, así como su velocidad esperada y el porcentaje de participación con respecto al flujo total. Como se puede apreciar en el aforo realizado en las vías se presentan autos, coaster, buses, camiones, camionetas, trailers, motos lineales y mototaxis, siendo éste último un modelo que no se encuentra en el Vissim 9.0 por lo que se utilizó un modelo realizado por *Lazo, C & Araujo, A.*⁹[37]

⁹Lazo, C. & Araujo, A. (2017). Micro-simulación de vehículos atípicos: el caso de las moto-taxis en Villa María del Triunfo

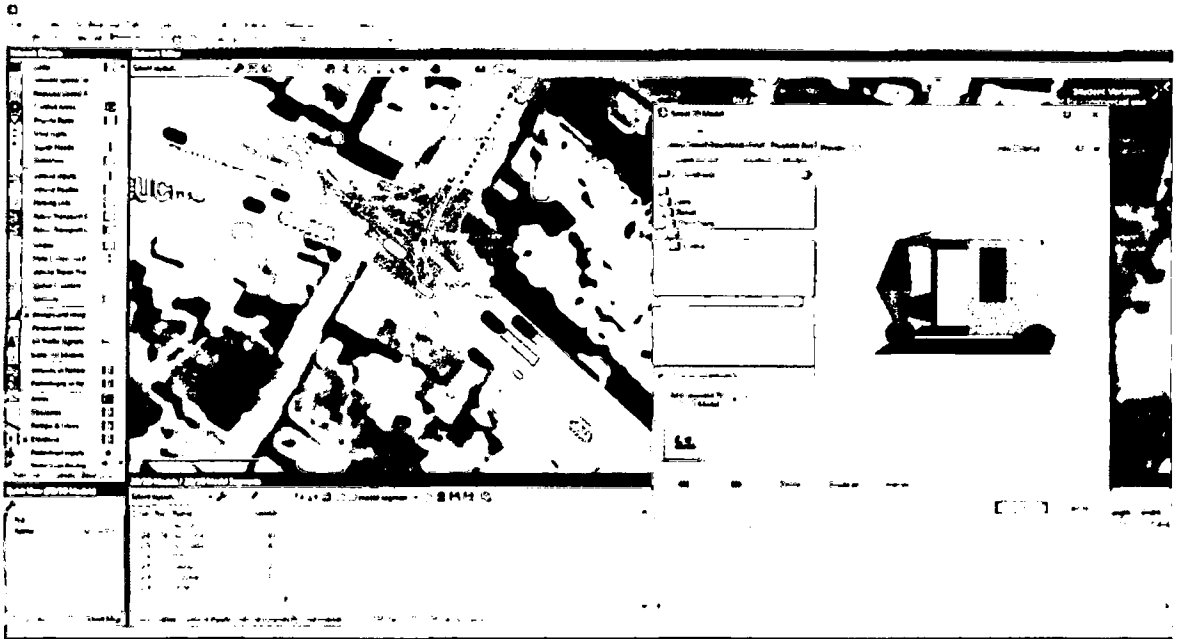


Figura 3.81: Definición de vehículos, mototaxi.

Fuente: Elaboración propia

3.4.7.4. Datos de entrada

Una vez creada las vías y definido los vehículos dentro del sistema, se pasa a ingresar los datos de campo realizado en la etapa de la recolección de datos tal como el aforo vehicular, tiempo de semáforos, entre otros.

- Entrada de vehículos (vehicule inputs)

En este paso se ingresa como dato la cantidad de vehículos que circulan por una vía determinada; es decir el volumen registrado. Para el ejemplo de la Av. Ramón Castilla, sentido Oeste-Este, se cuenta con un flujo de 653 vehículos/hora distribuidos en los tipos de vehículos asignados para esta vía.

CANTIDAD PROMEDIO POR HORA EN LA INTERSECCIÓN							
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este	TOTAL	Porcentaje
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui		
Moto Taxi	56.00	64.00	28.00	35.00	45.00	228.00	8.46%
Moto Lineal	98.00	136.00	68.00	47.00	90.00	439.00	16.29%
Autos	299.00	415.00	199.00	200.00	258.00	1,371.00	50.87%
Coaster	126.00	120.00	20.00	20.00	2.00	288.00	10.69%
Bus	1.00	1.00	1.00	1.00	-	4.00	0.15%
Camionetas	50.00	69.00	37.00	45.00	67.00	268.00	9.94%
Camiones	21.00	19.00	15.00	14.00	12.00	81.00	3.01%
Volquetes	1.00	4.00	2.00	1.00	-	8.00	0.30%
Trailer	1.00	2.00	3.00	2.00	-	8.00	0.30%
Total	653.00	830.00	373.00	365.00	474.00	2,695.00	100.00%

Cuadro 3.22: Aforo total procesado.

Fuente: Elaboración propia

- Asignación de rutas (vehicule routes ?static)

En esta parte, se distribuye el flujo vehicular de una vía entre las posibles rutas que puede seguir los vehículos. como por ejemplo de Jr. José Carlos Mariátegui, los vehículos se dirigen hacia Av. Ramón Castilla, Av. Ejército con una determinada fracción (%), los cuales son detallados en la Tabla y cuya representación se plasma en la figura.

CAMBIOS DE SENTIDOS DE LOS VEHÍCULOS EN LA INTERSECCIÓN POR HORA									
Sentido	Oeste - Este		Este - Oeste		Norte - Sur		NorOeste - Este		TOTAL
Vía	Av. Ramón Castilla		Av. Ramón Castilla		Av. Ejército		Jr. José C. Mariátegui		
Cambio de Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	
Sentido Tomado	Este	Norte	Oeste	Norte	Oeste	Este	Este	Norte	
Moto Taxi	42.00	14.00	45.00	19.00	17.00	11.00	34.00	11.00	193.00
Moto Lineal	74.00	24.00	95.00	41.00	41.00	27.00	68.00	22.00	392.00
Autos	224.00	75.00	291.00	124.00	119.00	80.00	194.00	64.00	1,171.00
Coaster	95.00	31.00	84.00	36.00	12.00	8.00	1.00	1.00	268.00
Bus	1.00	-	-	1.00	-	1.00	-	-	3.00
Camionetas	38.00	12.00	48.00	21.00	22.00	15.00	50.00	17.00	223.00
Camiones	16.00	5.00	13.00	6.00	9.00	6.00	9.00	3.00	67.00
Volquetes	1.00	-	-	4.00	-	2.00	-	-	7.00
Trailer	1.00	-	-	2.00	-	3.00	-	-	6.00
Sub Total	492.00	161.00	576.00	254.00	220.00	153.00	356.00	118.00	
Total	653.00		830.00		373.00		474.00		2,330.00

Cuadro 3.23: Cambios de sentidos en la intersección.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.82: Definición de los sentidos que optan en cada vía.

Fuente: Elaboración propia

3.4.7.5. Señales de control

Hasta el momento ya se cuenta con el funcionamiento del modelo, sin embargo todavía no se logra que la intersección se encuentre bajo el control de semáforos, entonces mediante las señales de controles que representan los semáforos habituales en las calles se logrará definir.

En la zona del proyecto que se estudia se cuenta con 4 semáforos, los cuales cuentan con 3 grupos de señales y un solo controlador dentro de la intersección.

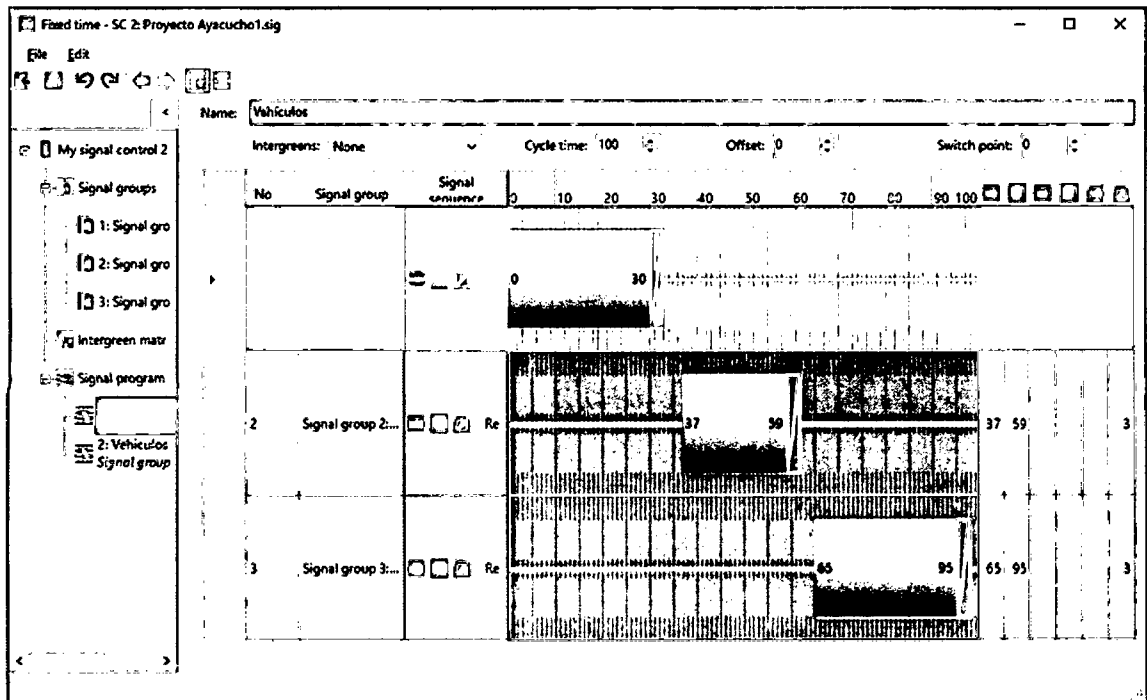


Figura 3.83: Grupo de señales, grupo de fases, tiempo de semáforos.

Fuente: Elaboración propia

3.4.7.6. Reglas de prioridades

Finalmente, se procede a completar el funcionamiento del modelo mediante prioridades entre vehículo-vehículo.

Para el proyecto, la intersección es un punto crítico debido a que la transición entre los carriles, en todos los sentidos, pasa de dos a un solo carril, generando un 'cuello de botella'. Como se observa en la figura, existen muchas zonas de conflicto, de forma que el siguiente paso en la modelación es corregir estos puntos y definir las prioridades que tiene cada carril utilizando las opciones de *conflict areas* y *priority rules*. La prioridad será definida de acuerdo al programa del semáforo y a lo observado dentro del margen de estudio.

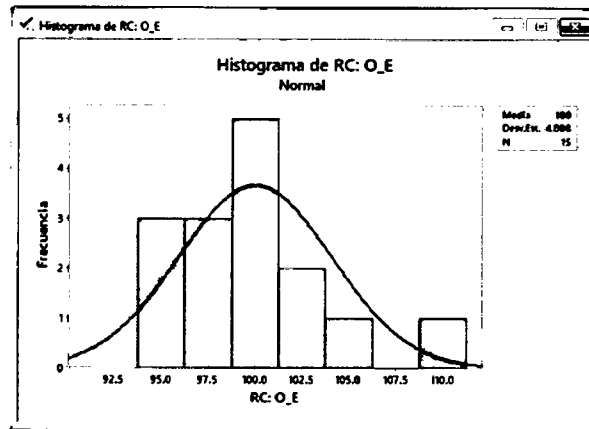


Figura 3.85: Histograma de distribución de las longitudes de colas.

Fuente: Elaboración propia

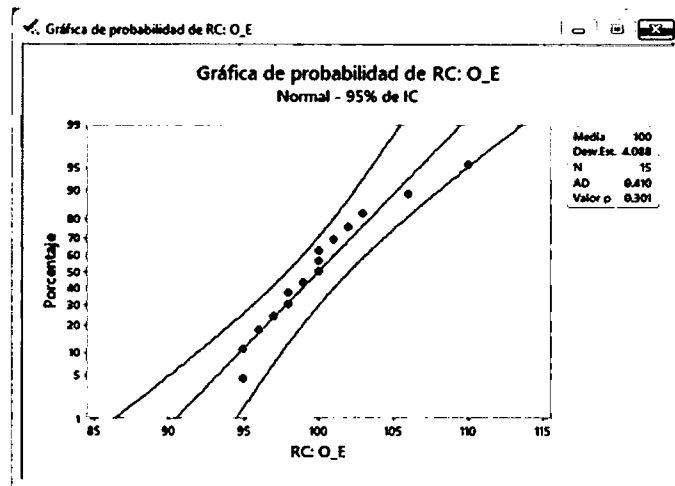


Figura 3.86: Gráfico de probabilidad de las longitudes de colas.

Fuente: Elaboración propia

Para el proyecto se utilizó el modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74, que incluye los parámetros *i) Average standstill distance* con valor de 1 metro, *ii) Additive part of safety distance* en 1 metro y *iii) Multiplicative part of safety distance* en 0.50. Estos valores de calibración utilizados para Wiedemann 74 fueron los utilizados por la Investigación de Flores, Y.(2016)¹⁰. [38] en una intersección similar en la ciudad de Lima. por lo que se puede ser utilizar en este proyecto.

¹⁰Flores, Y.(2016). Micro-simulación de la intersección de la Avenida Universitaria con la Avenida Bolívar utilizando los software de Vissim y Viswalk 8.0

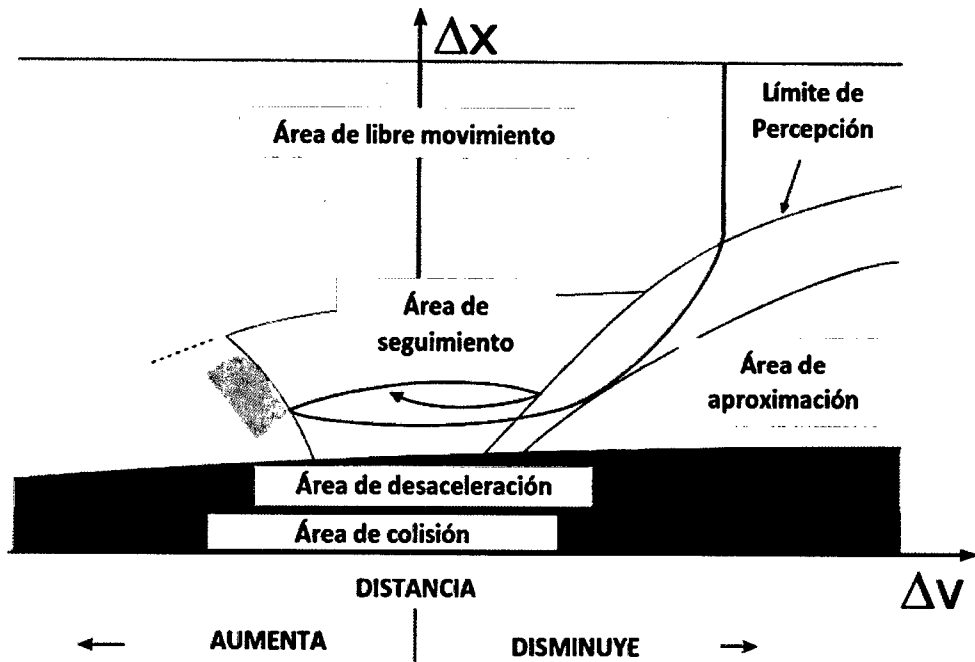


Figura 3.87: Representación gráfica adaptada al modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74.

Fuente: Adaptado de PTV Vissim

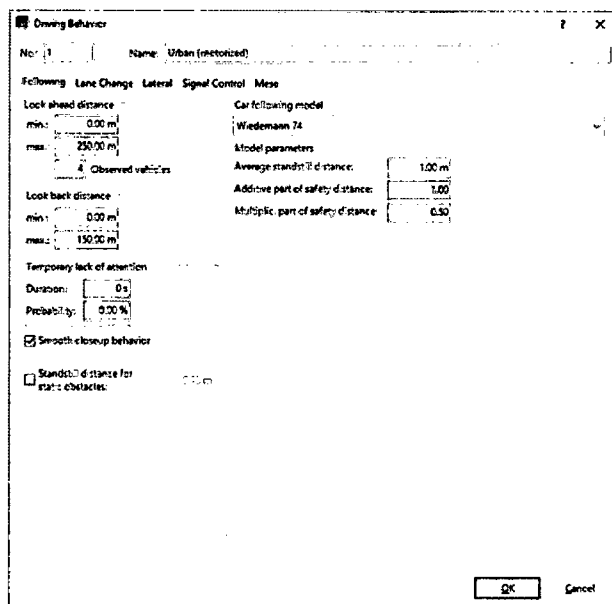


Figura 3.88: Definición de los parámetros de Wiedemann 74 en el software Vissim 9.0.

Fuente: Elaboración propia

3.4.7.8. Calibración y validación del modelo

Como actividad siguiente a la verificación, se realiza la calibración del modelo, cuyo objetivo es replicar las condiciones locales de estudio. Esto se logrará mediante la modificación de los parámetros de Wiedemann 74 hasta conseguir que los resultados obtenidos mediante el software representen a los de campo, con un cierto nivel de confiabilidad y margen de error.

Para señalar que un modelo de microsimulación representa significativamente un determinado contexto, es necesario calibrar los parámetros de seguimiento vehicular y otros parámetros, a fin de obtener resultados semejantes entre el modelo y el contexto original. Para este proyecto se comparó la longitud de colas que se forman en los carriles de la avenida Ramón Castilla, utilizando las medidas registradas durante la mañana 7:00-8:00am; mientras que la validación se realiza con los datos obtenidos durante la noche 6:00-7:00pm. La comparación de datos, tanto para el proceso de calibración y validación, se realizó en base a la herramienta estadística virtual *StatKey*, se utilizó la prueba de *randomization test* mediante diferencia de medias con 10 000 permutaciones. Y como se mencionó previamente, al ser una prueba del tipo no paramétrica, no es necesario verificar si los datos a compararse se ajustan a una distribución normal u otra distribución paramétrica.

a. Número de corridas: 45

Para obtener el valor del número de corridas mínimo necesarias, se utiliza la ecuación que se muestra, que representa una relación entre la desviación estándar y el error, con ajuste a una distribución normal. Para el proyecto, debido a que tiene un alto valor de desviación estándar, y considerando un error del 10% del valor media, el valor de muestra mínima resulta en 45 datos, para el proceso de calibración y validación.

$$n = \left(\frac{1.96 \cdot DS}{Error} \right)^2 \quad (3.3)$$

b. Periodo de warm up: 600 seg

El periodo de *warm up* utilizado es de 600 segundos, autores como la *FHWA (2004)*¹¹. [36] señalan que si el proceso de estabilización no se ha realizado en los primeros 15 minutos, entonces es muy probable que la demanda sea mayor a la capacidad del sistema. No obstante, la experiencia durante la modelación muestra que 10 minutos representan un valor suficiente para la estabilización del sistema.

Parámetros de simulación

- Número de Semilla inicial: 20
- Incremento Número Semilla: 1
- Número de Corridas : 45
- Periodo de warm up: 600 seg
- Tiempo de simulación: 3000 seg

Parámetros de calibración

1.0	1.0	0.5
-----	-----	-----

Cuadro 3.24: Valores de calibración vehicular para Wiedemann 74.

Fuente: Flores (2016).[38]

Validación: Evaluación con datos recolectados de 7:00-8:00am Número de datos: 15 campos vs 45 simulación

	CAMPO	SIMULACIÓN
VALOR PROMEDIO	130	114
DEVIACIÓN ESTÁNDAR	3.59	39.79
VALOR MÍNIMO	125	41
VALOR MÁXIMO	136	175

Cuadro 3.25: Distancia en metros.

Fuente: Elaboración propia

¹¹FHWa(2004).Traffic analysis toolbox Volume III:Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software. Washington: FHWA-HRT-04-040.

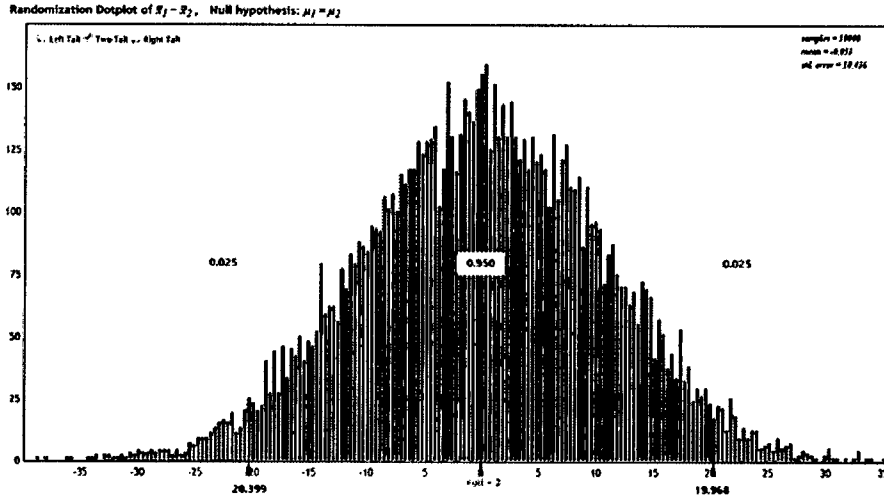


Figura 3.89: Randomization de la calibración.

Fuente: Elaboración propia

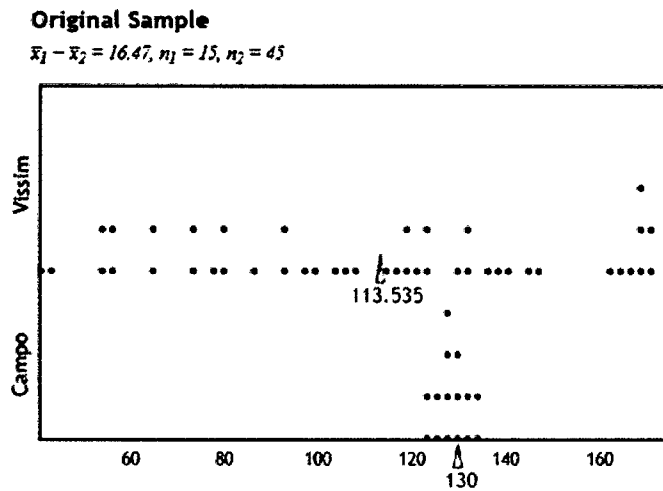


Figura 3.90: Prueba de hipótesis nula de la calibración.

Fuente: Elaboración propia

Validación: Evaluación con datos recolectados de 6:00-7:00pm Número de datos:
 15 campos vs 45 simulación

	CAMPO	SIMULACIÓN
VALOR PROMEDIO	100	104
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4.09	196.72
VALOR MÍNIMO	95	28
VALOR MÁXIMO	110	45

Cuadro 3.26: Tiempo de viaje en segundos.

Fuente: Elaboración propia

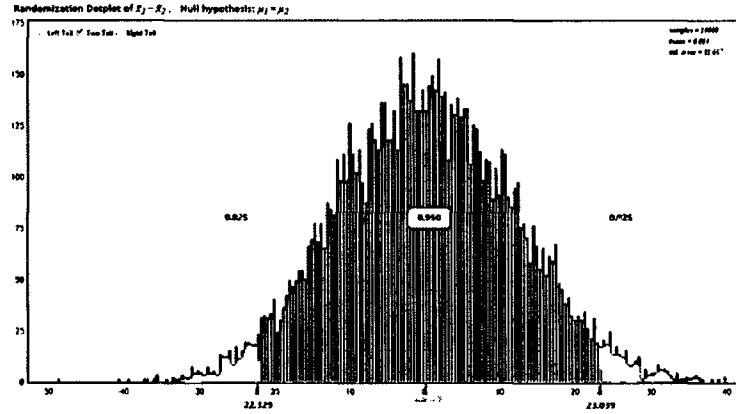


Figura 3.91: Randomization de la validación.

Fuente: Elaboración propia

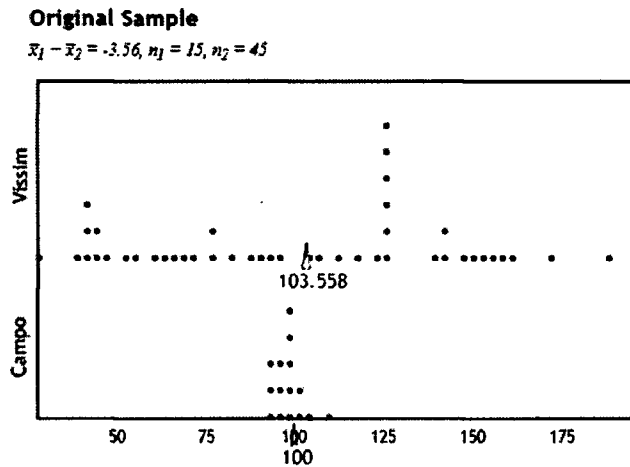


Figura 3.92: Prueba de hipótesis nula de la validación.

Fuente: Elaboración propia

3.4.8. Presupuesto de la implementación de los ITS

Para implementar un sistema inteligente de transporte, según los estudios realizados, es conveniente realizarlo a una mayor escala en la cual toda una provincia o región se vea beneficiada por ello, teniendo un modelo sistematizado a gran escala, sin embargo en el presente proyecto se tiene un análisis a menor escala para lo cual al implementar el sistema ITS resultaría no tan beneficioso en el tema de costo al requerir la misma infraestructura tanto para toda la zona de huamanga como para el punto en evaluación.

La utilización de un ITS en el ámbito local tendría que pasar por varias eta-

pas de aprendizaje y adiestramiento antes de su implementación por lo que todo ello requeriría un coste, el cual fue calculado aproximadamente y detallado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante un informe N°06 de un plan maestro del ITS, el cual se detalla a continuación:

COMPETITIVIDAD	S./ 2'050,000
Desarrollo de plataforma de divulgación de sistemas ITS	S./ 350,000
<i>Se consideran los costos anuales necesarios para el mantenimiento de los canales de información, así como la</i>	
• Mantenimiento de canales de información (página web, redes sociales)	S./ 300,000
• Organización de acto de divulgación incluyendo publicidad y locales	S./ 50,000
Manual de desarrollo de plataformas de información al usuario	S./ 1'100,000
• Estudio y elaboración de manual	S./ 750,000
• Desarrollo e implantación de plataforma de divulgación	S./ 200,000
• Desarrollo e implantación de aplicación piloto para usuario	S./ 150,000
Plan de mejora del transporte colectivo	S./ 600,000
• Desarrollo de la consultoría	S./ 600,000
DESARROLLO INSTITUCIONAL	S./ 3'350,000
Creación del Nuevo Organismo Nacional de Desarrollo ITS	S./ 1'350,000
<i>Se contemplan los costos del proceso de análisis de viabilidad y definición del nuevo organismo</i>	
• Consultoría de análisis de viabilidad y definición del nuevo organismo	S./ 1'350,000
Asistencia Técnica a la implementación y seguimiento del Plan Maestro ITS	S./ 2'000,000
<i>Se considera el acompañamiento al MTC en los dos (2) primeros años de implantación del Plan Maestro en la</i>	
• Consultoría de asistencia al MTC	S./ 2'000,000
INTEROPERABILIDAD DE SISTEMAS	S./ 7'700,000
Plan Director de Telecomunicaciones para sistemas ITS	S./ 1'550,000
• Desarrollo de Plan Director	S./ 1'550,000
Programa de homologación de estándares y protocolos de sistemas ITS	S./ 750,000
• Consultoría para la redacción del programa	S./ 750,000
Plan de interoperabilidad nacional para sistemas de peaje electrónico	S./ 2'700,000
<i>El coste contempla la asesoría integral para definición e implantación de la solución técnica y operativa de</i>	
• Consultoría de análisis y definición de la solución técnica	S./ 1'300,000
• Asistencia para la implantación de la solución técnica	S./ 1'400,000
Plan de interoperabilidad nacional para sistemas de billetes de transporte	S./ 2'700,000
<i>El coste contempla la asesoría integral para definición e implantación de la solución técnica y operativa de</i>	
• Consultoría de análisis y definición de la solución técnica	S./ 1'300,000
• Asistencia para la implantación de la solución técnica	S./ 1'400,000
GESTIÓN Y OPERACIÓN	S./ 5'600,000
Plan de centros de control de la red de carreteras nacional	S./ 600,000
• Desarrollo de la consultoría	S./ 600,000
Automatización de los procesos en los cruces fronterizos	S./ 750,000
<i>El coste contempla la asesoría para definición de la solución técnica a implantar para la automatización de los</i>	
• Desarrollo de la consultoría	S./ 750,000
Automatización de procesos de registro, seguimiento y control de mercancías peligrosas	S./ 1'300,000
<i>El coste contempla la asesoría para definición de la solución técnica a implantar</i>	
• Desarrollo de la consultoría	S./ 1'300,000
Manual de coordinación entre centros de control	S./ 700,000
• Redacción de manual	S./ 300,000
• Definición de solución técnico	S./ 250,000
• Definición de proyecto piloto	S./ 150,000
Revisión y mejora de Registro Electrónico Nacional de vehículos y conductores	S./ 750,000
• Desarrollo de la consultoría	S./ 400,000
• Acompañamiento en el proceso de renovación de los registros	S./ 300,000
Creación de un Centro Electrónico de Tramitación de Sanciones de Tránsito	S./ 1'500,000
<i>El coste contempla la asesoría para creación del centro y la definición de los procesos a implantar y tecnología</i>	
• Desarrollo de la consultoría	S./ 1'500,000
INFRAESTRUCTURA	S./ 3'750,000
Manual para la incorporación de sistemas ITS en proyectos carreteros	S./ 900,000
• Desarrollo del manual	S./ 900,000
Manual para la incorporación de sistemas ITS en la gestión de la movilidad urbana	S./ 900,000
• Desarrollo del manual	S./ 900,000
Implementación de pesaje dinámico en las vías	S./ 1'350,000
<i>El coste contempla la asesoría para definición de la solución técnica a implantar.</i>	
• Definición de la solución técnica	S./ 750,000
• Definición de proyecto piloto	S./ 600,000
Creación de estacionamientos disuasorios	S./ 600,000
<i>El coste contempla la asesoría para la elaboración del plan de creación de aparcamientos disuasorios</i>	
• Desarrollo de la consultoría	S./ 600,000
TOTAL	S./ 22'450,000

Cuadro 3.27: Presupuesto aproximado de la implementación de los ITS.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones(2014)[39]

Parte IV

Resultados

Capítulo 4

Resultados y discusión

4.1. Descripción del aforo

El Aforo de vehículos se realizó para las *Av. Ramón Castilla* en el sentido de flujo Oeste - Este y sentido Este - Oeste, *Av Ejército* en el sentido de flujo Norte - Sur y sentido Sur - Norte, *Jr. José Carlos Mariátegui* en el único sentido NorOeste - Este, para los días de Lunes a Viernes en tres horarios claves repartidos a lo largo del día que fueron de 6:00am - 7:00am, 12.00pm - 1:00pm y de 6:00pm - 7:00pm, para lo cual se inició con el aforo el día 30 de Enero del 2017 y concluyendo el día 3 de Marzo del 2017

Cada aforo se procesó de manera individual obteniendo resultados por vehículos, por horario, por día y luego al final procesarlo en conjunto para determinar un volumen promedio de todos los resultados para contar con datos más exactos al momento de realizar la microsimulación.

4.2. Resultados de los aforos realizados

Los resultados que se muestran a continuación detallan el flujo y la variación de flujo de cada vehículo en diferentes horarios y en un promedio por hora. A continuación se presenta el formato para el aforo realizado.

RESULTADOS FINALES PROMEDIO POR HORA EN LA INTERSECCIÓN

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Todas
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	TODO
FECHA :	30/01/17 AL 03/02/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
CANTIDAD TOTAL - 5 DÍAS										
7:00 - 8:00 am	1,188.00	2,350.00	7,041.00	1,502.00	4.00	1,363.00	459.00	29.00	34.00	13,970.00
12:00 - 1:00 pm	971.00	2,262.00	6,717.00	1,453.00	9.00	1,339.00	428.00	35.00	32.00	13,246.00
6:00 - 7:00 pm	1,227.00	1,925.00	6,755.00	1,326.00	5.00	1,280.00	304.00	40.00	32.00	12,894.00
Total	3,386.00	6,537.00	20,513.00	4,281.00	18.00	3,982.00	1,191.00	104.00	98.00	40,110.00
CANTIDAD PROMEDIO/ DÍA										
7:00 - 8:00 am	238.00	470.00	1,409.00	301.00	1.00	273.00	92.00	6.00	7.00	2,797.00
12:00 - 1:00 pm	195.00	453.00	1,344.00	291.00	2.00	268.00	86.00	7.00	7.00	2,653.00
6:00 - 7:00 pm	246.00	385.00	1,351.00	266.00	1.00	256.00	61.00	8.00	7.00	2,581.00
Total	679.00	1,308.00	4,104.00	858.00	4.00	797.00	239.00	21.00	21.00	8,031.00
Prom./Hora	226.00	436.00	1,368.00	286.00	2.00	266.00	80.00	7.00	7.00	2,678.00
Prom. %	8.60%	15.03%	45.96%	19.30%	0.07%	7.60%	3.18%	0.14%	0.11%	100.00%
Tpu	8.60%		45.96%	19.30%	0.07%					73.93%
Tpr		15.03%				7.60%	3.18%	0.14%	0.11%	26.07%
										100.00%

Fv Tpu	73.93%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	26.07%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	100.00%	

Cuadro 4.1: Promedio del flujo total de vehículos que pasan por el punto de Intersección.

Fuente: Elaboración propia

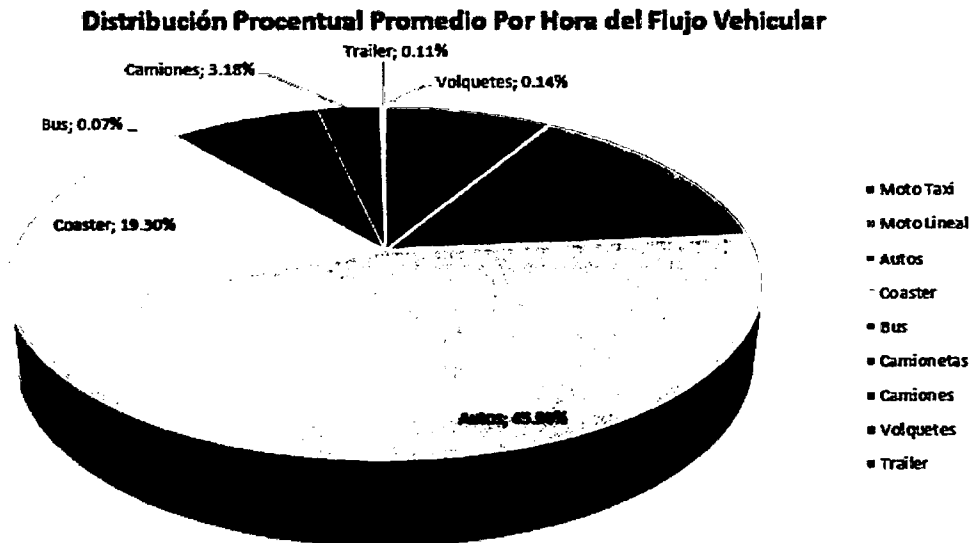


Figura 4.2: Distribución porcentual promedio del flujo total de vehículos que pasan por el punto de intersección.

Fuente: Elaboración propia

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos

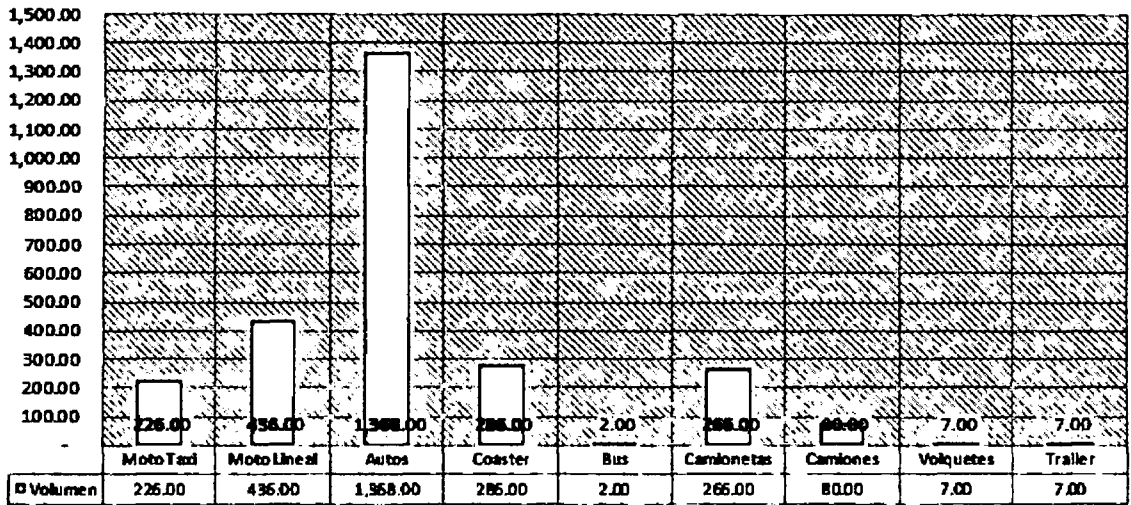


Figura 4.3: Variación promedio del volumen total de vehículos que pasan por el punto de intersección.

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Resultado promedio por hora en cada sentido

Los resultados obtenidos se promediaron para obtener datos de cada vehículo que transita en el lapso de una hora en cada sentido de la intersección, lo cuales se detallan a continuación:

RESULTADOS FINALES PROMEDIO POR HORA EN CADA SENTIDO

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Todas
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	TODOS
FECHA :	30/01/17 AL 03/02/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

CANTIDAD TOTAL PROMEDIO POR HORA							
Sentido	Oeste - Este	Este - Oeste	Norte - Sur	Sur - Norte	NorOeste - Este	TOTAL	Porcentaje
Vía	Av. Ramón Castilla	Av. Ramón Castilla	Av. Ejército	Av. Ejército	Jr. José C. Mariátegui		
Moto Taxi	56.00	64.00	28.00	35.00	45.00	228.00	8.46%
Moto Lineal	98.00	136.00	68.00	47.00	90.00	439.00	16.29%
Autos	299.00	415.00	199.00	200.00	258.00	1,371.00	50.87%
Coaster	126.00	120.00	20.00	20.00	2.00	288.00	10.69%
Bus	1.00	1.00	1.00	1.00	-	4.00	0.15%
Camionetas	50.00	69.00	37.00	45.00	67.00	268.00	9.94%
Camiones	21.00	19.00	15.00	14.00	12.00	81.00	3.01%
Volquetes	1.00	4.00	2.00	1.00	-	8.00	0.30%
Trailer	1.00	2.00	3.00	2.00	-	8.00	0.30%
Total	653.00	830.00	373.00	365.00	474.00	2,695.00	100.00%

Cuadro 4.2: Promedio del flujo total de vehículos por sentido de dirección.

Fuente: Elaboración propia

Distribución Percentual Promedio Por Hora del Flujo Vehicular

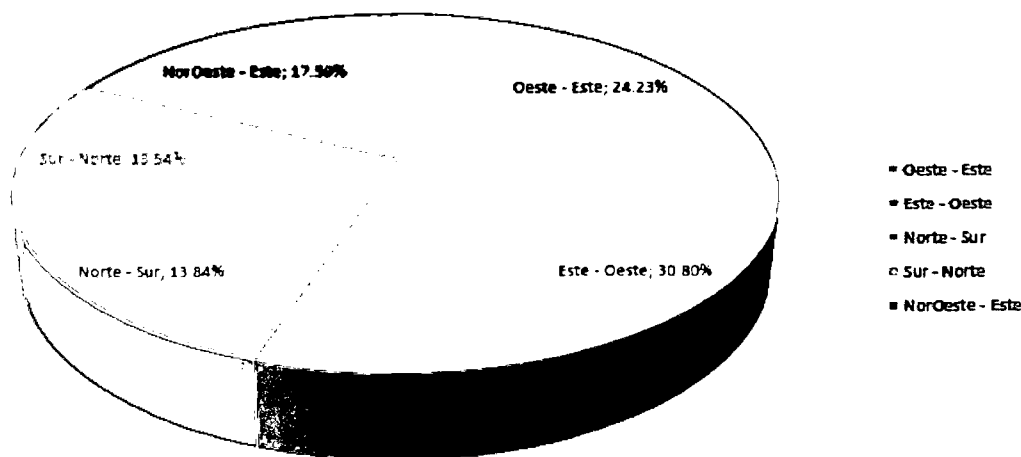


Figura 4.4: Distribución porcentual promedio del flujo total de vehículos por sentido de dirección.

Fuente: Elaboración propia

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos

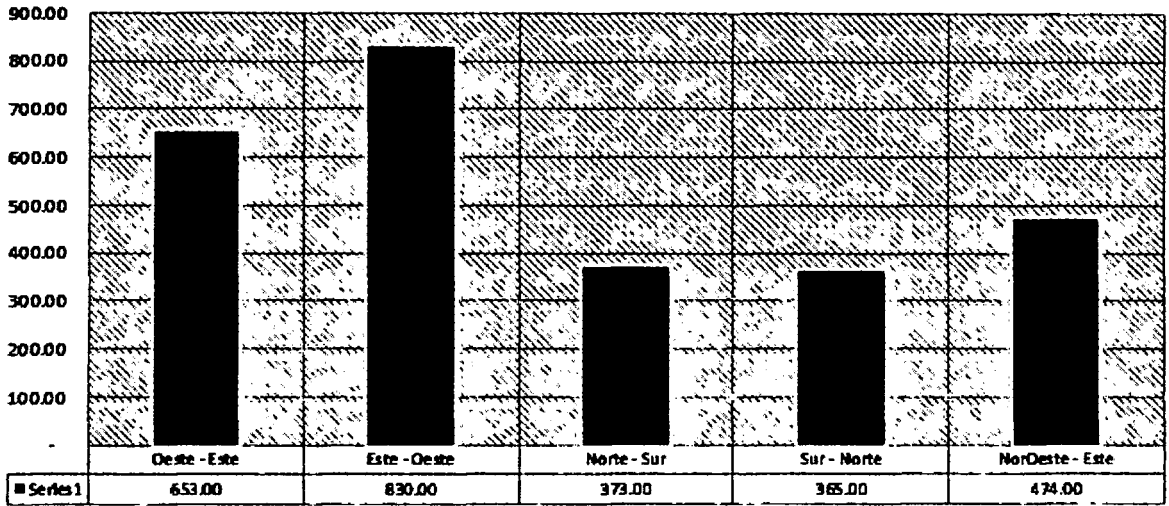


Figura 4.5: Variación promedio del volumen total de vehículos por sentido de dirección.

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Resultado final por cada hora y en cada sentido

A continuación se muestran los resultados obtenidos de todo el aforo, representado cada horario, para cada sentido de las vías en estudio dentro de la intersección:

Cuadro 4.3: Resultado final de cada vehículo, en cada horario y para cada sentido.

Fuente: Elaboración propia

PROMEDIO POR HORA Y POR SENTIDO DE CADA VEHÍCULO

FLUJO VEHICULAR	
VÍA:	Todas
PUNTO:	Punto de Intersección
SENTIDO:	TODOS
FECHA:	30/01/17 AL 03/03/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

PROMEDIO POR HORA Y POR SENTIDO DE CADA VEHÍCULO																	
Sentido	Oeste - Este			Este - Oeste			Norte - Sur			Sur - Norte			NorOeste - Este			TOTAL	Porcentaje
	Av. Ramón Castilla			Av. Ramón Castilla			Av. Ejército			Av. Ejército			Jr. José C. Mariátegui				
HORA	7:00am 8:00am	12:00pm 1:00pm	6:00pm 7:00pm	7:00am 8:00am	12:00pm 1:00pm	6:00pm 7:00pm	7:00am 8:00am	12:00pm 1:00pm	6:00pm 7:00pm	7:00am 8:00am	12:00pm 1:00pm	6:00pm 7:00pm	7:00am 8:00am	12:00pm 1:00pm	6:00pm 7:00pm		
Moto Taxi	58.00	53.00	57.00	62.00	52.00	78.00	21.00	24.00	39.00	48.00	27.00	30.00	50.00	41.00	43.00	683.00	8.42%
Moto Lineal	79.00	147.00	68.00	159.00	131.00	116.00	89.00	50.00	64.00	46.00	49.00	45.00	99.00	77.00	94.00	1,313.00	16.18%
Autos	309.00	291.00	295.00	442.00	367.00	437.00	193.00	198.00	205.00	194.00	219.00	186.00	272.00	271.00	231.00	4,110.00	50.64%
Coaster	129.00	132.00	117.00	128.00	117.00	116.00	21.00	22.00	17.00	22.00	20.00	17.00	2.00	2.00	1.00	863.00	10.63%
Bus	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	-	1.00	1.00	-	1.00	1.00	-	-	-	8.00	0.10%
Camionetas	36.00	62.00	51.00	78.00	62.00	70.00	45.00	33.00	34.00	43.00	51.00	39.00	73.00	64.00	63.00	804.00	9.91%
Camiones	26.00	27.00	10.00	13.00	27.00	22.00	20.00	16.00	9.00	22.00	10.00	11.00	13.00	12.00	10.00	248.00	3.06%
Volquetes	1.00	22.00	1.00	2.00	2.00	5.00	4.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	-	-	-	44.00	0.54%
Trailer	-	22.00	1.00	2.00	2.00	2.00	4.00	2.00	3.00	2.00	2.00	1.00	-	-	-	43.00	0.53%
Total	639.00	757.00	600.00	886.00	761.00	847.00	397.00	347.00	374.00	378.00	381.00	331.00	509.00	467.00	442.00	8,116.00	100.00%

4.2.4. Representación del resultado promedio de los vehículos en cada sentido de las vías

A continuación se muestran esquematizados los resultados finales promedio con los que se trabajarán para generar una microsimulación :

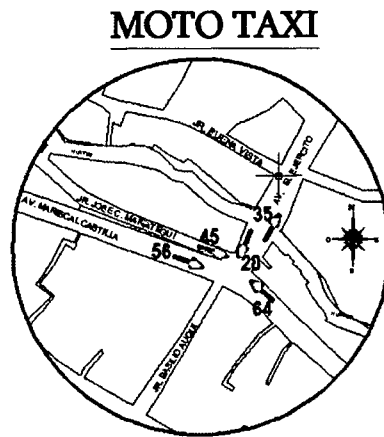


Figura 4.6: Flujo vehicular: Mototaxi.

Fuente: Elaboración propia

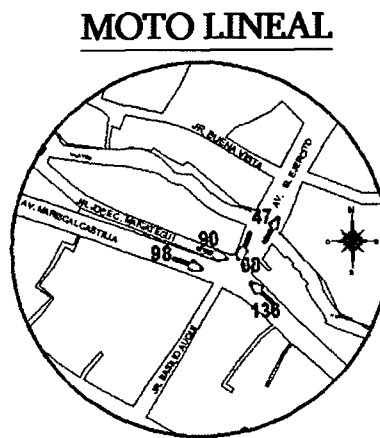


Figura 4.7: Flujo vehicular: Moto lineal.

Fuente: Elaboración propia

AUTO

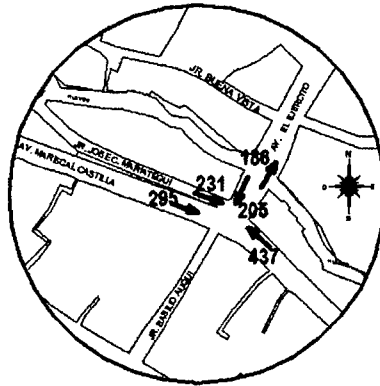


Figura 4.8: Flujo vehicular: Auto.

Fuente: Elaboración propia

COASTER

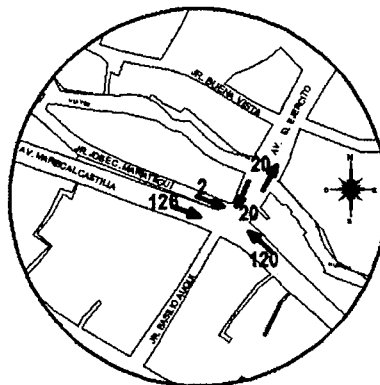


Figura 4.9: Flujo vehicular: Coaster.

Fuente: Elaboración propia

BUS

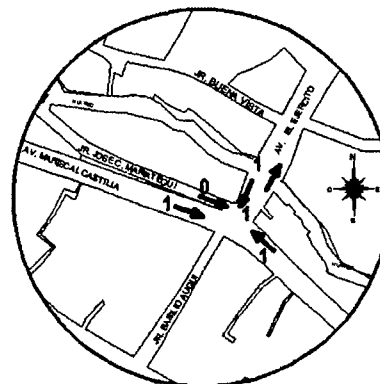


Figura 4.10: Flujo vehicular: Bus.

Fuente: Elaboración propia

CAMIONETA

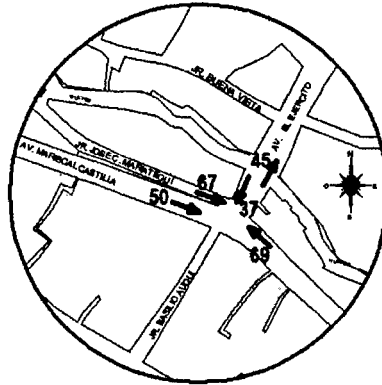


Figura 4.11: Flujo vehicular: Camioneta.

Fuente: Elaboración propia

CAMIÓN

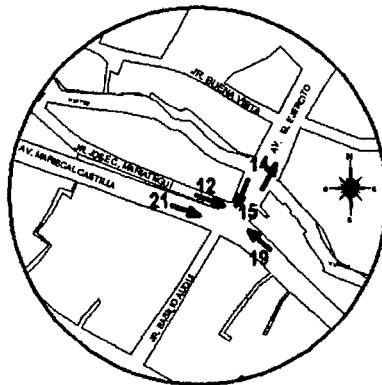


Figura 4.12: Flujo vehicular: Camión.

Fuente: Elaboración propia

VOLQUETE

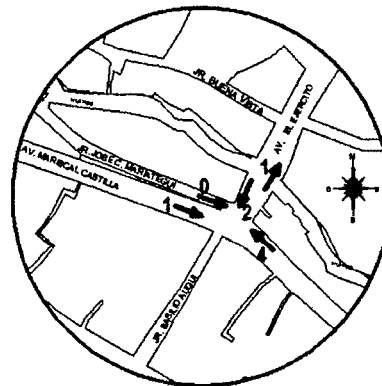


Figura 4.13: Flujo vehicular: Volquete.

Fuente: Elaboración propia

TRAILER

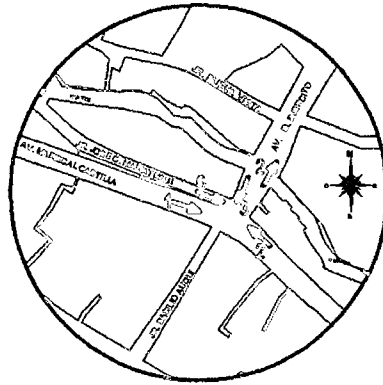


Figura 4.14: Flujo vehicular: trailer.

Fuente: Elaboración propia

4.3. Resultados del diseño con VISSIM 9.0

4.3.1. Diseño actual de la intersección

Luego de realizar todo el procedimiento antes descrito se presenta el modelo del diseño en el que se encuentra la intersección en la actualidad:

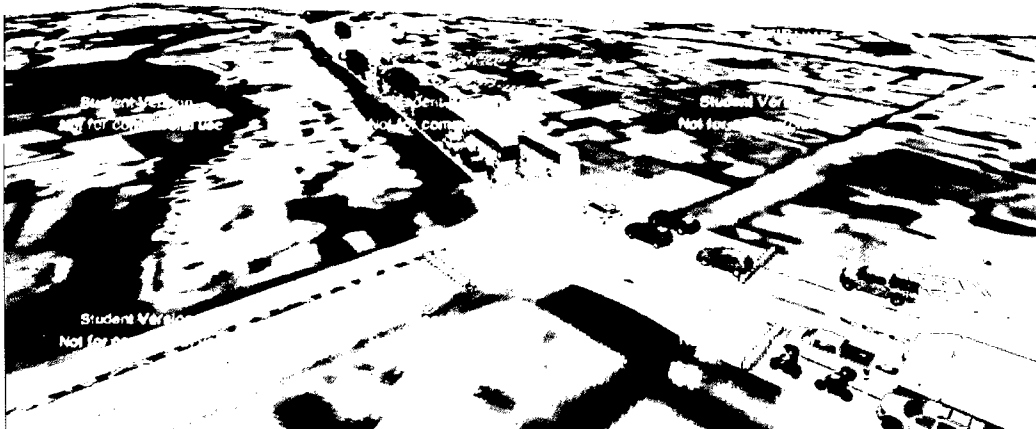


Figura 4.15: Diseño actual de la intersección.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Diseño de los pasos a desnivel

Como primera propuesta de mejora se tiene los Pasos a Desnivel que se diseñaron con los lineamientos del manual de diseño geométrico de carreteras en los que se

consideraron los desniveles únicamente en los carriles centrales de las Avenidas como se puede apreciar a continuación:

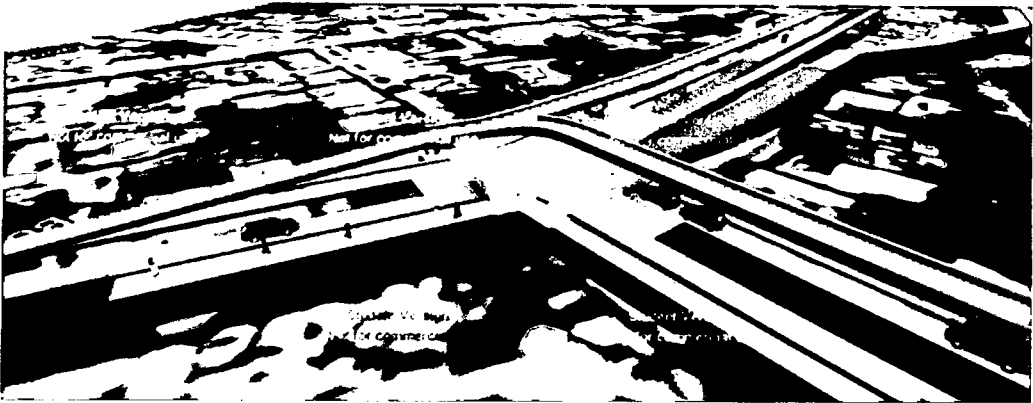


Figura 4.16: Diseño del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.17: Diseño del paso a desnivel inferior.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Diseño de los ITS

Como segunda propuesta de mejora se hace referencia a los detectores instalados en los carriles. Como primera alternativa bajo este concepto, los detectores luego de un determinado volumen de circulación restringen el giro hacia la derecha desde el carril 1 o el giro a la izquierda desde el carril 2. De forma que la única opción para que los vehículos puedan seguir es en la avenida Ramón Castilla es conservando el carril izquierdo 1, esto en el caso de la Av. Ramón Castilla.

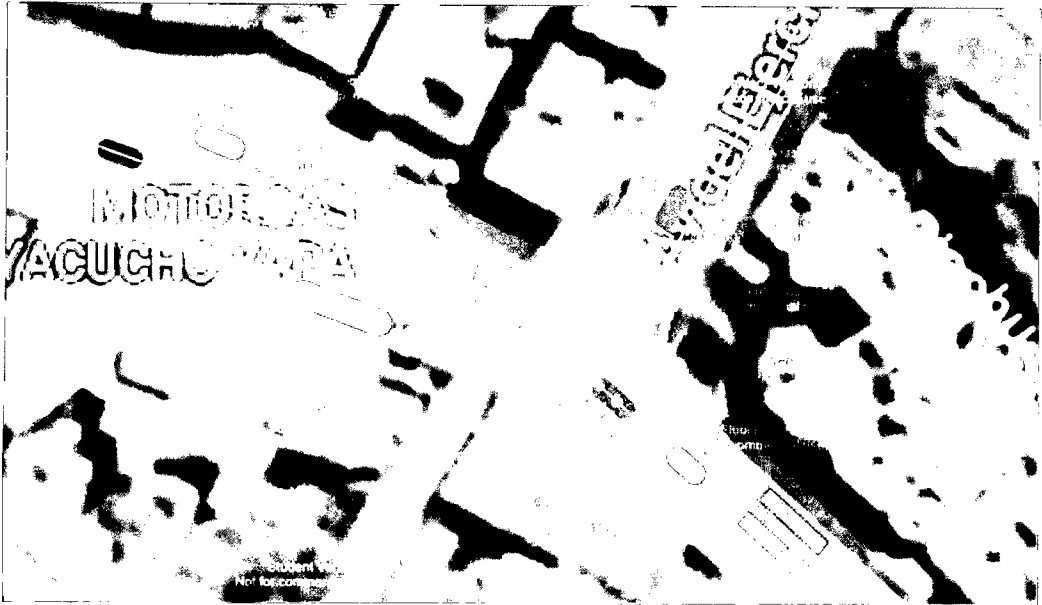


Figura 4.18: Diseño del ITS con restricción de carriles.

Fuente: Elaboración propia

La tercera propuesta es una combinación entre la restricción de carriles, como el cambio en el ciclo semafórico mediante el uso del volumen de vehículos instalados en un carril y dependiendo de la longitud de cola que se genere. El ciclo se introduce de manera previa en favor al tránsito de determinados carriles. Este procedimiento puede hacerse en cada carril y son activados de acuerdo a los parámetros definidos en cada detector.



Figura 4.19: Restricción de carriles con dispositivos.

Fuente: Elaboración propia

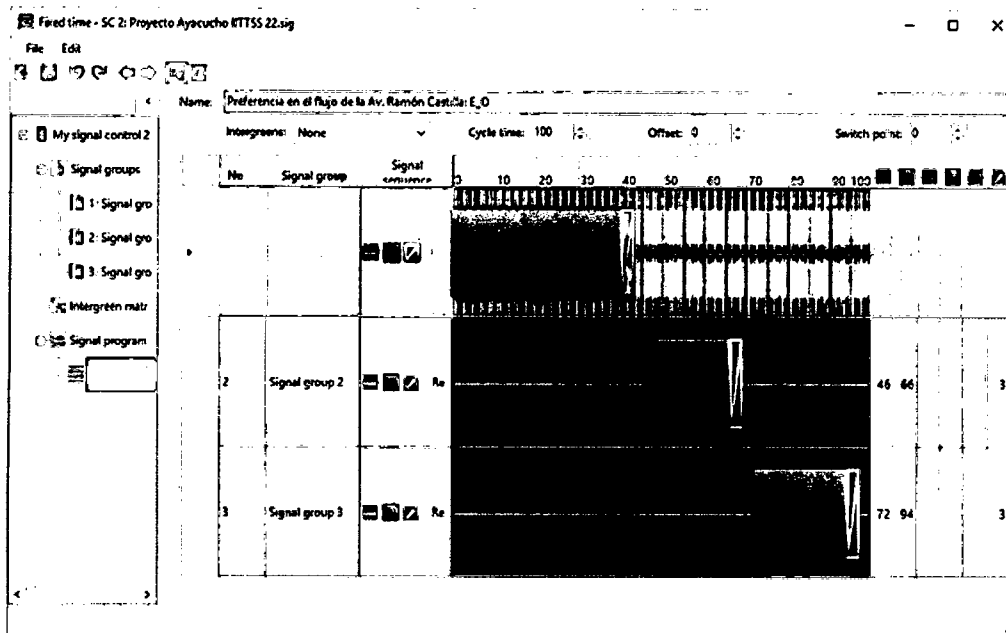


Figura 4.20: Semaforización con ciclos cambiantes.

Fuente: Elaboración propia

4.4. Comparación de resultados de la microsimulación con VISSIM 9.0

los resultados de la microsimulación que definen qué modelo presentado como propuesta es el más adecuado son las longitudes de colas que se generan por la poca fluidez del flujo vehicular y el tiempo de recorrido que tienen los vehículos en cruzar la intersección desde el punto de acceso al mismo, estos resultados, si en la comparación reflejan ser menores al del diseño actual, entonces se validan como una mejora por presentar mejor desempeño, a continuación se muestran los resultados de cada microsimulación:

GRÁFICA COMPARATIVA DE LONGITUD DE COLAS

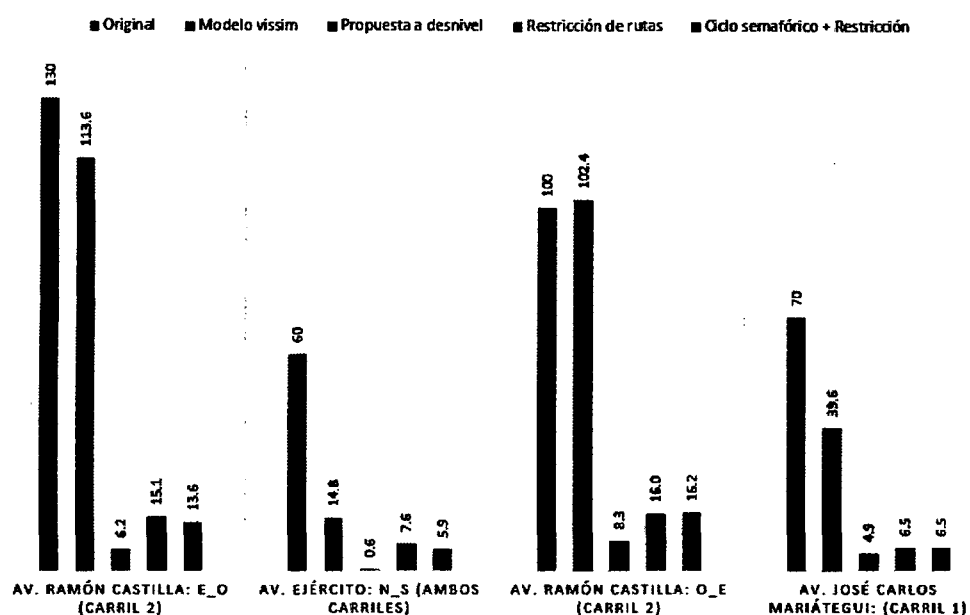


Figura 4.21: Comparación de longitudes de colas en cada diseño. Longitud en metros.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica anterior, las propuestas presentadas en este proyecto representan una mejora importante en las diferentes avenidas. Donde evidentemente, el pase a desnivel muestra la mayor reducción en longitud de colas; no obstante, representa una alternativa de muy alto costo. Por otro lado, las alternativas presentadas a través de propuestas bajo el concepto ITS, muestran también mejoras importantes en cada carril.

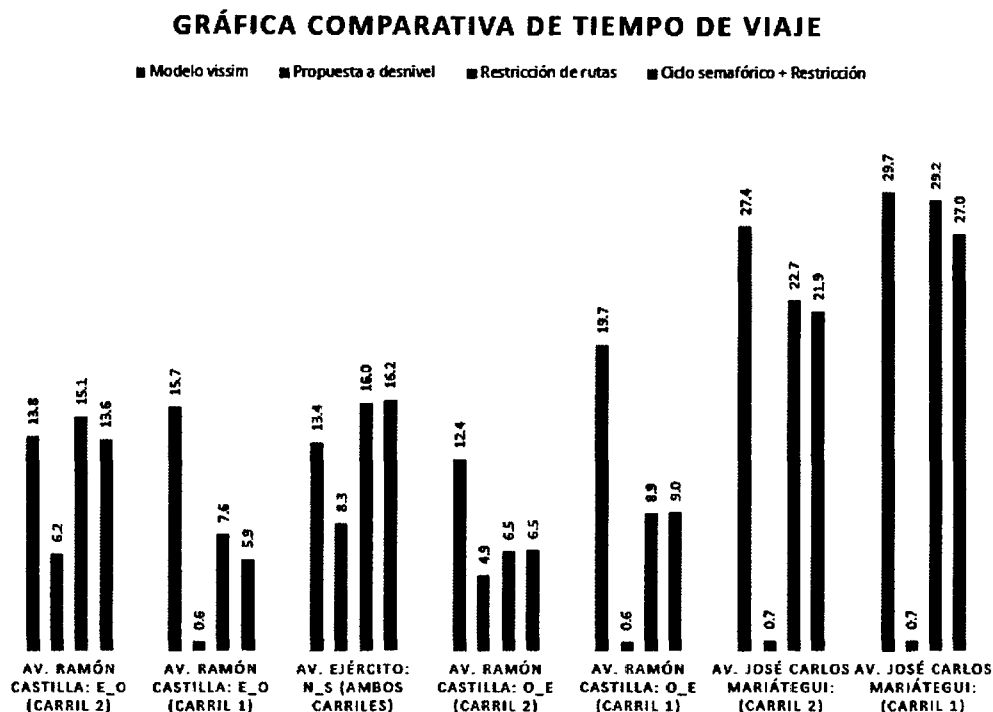


Figura 4.22: Comparación de tiempos de recorrido en cada diseño. Tiempo en segundos.

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma, se observa que el tiempo de viaje se reduce en los carriles de la avenida Ramón Castilla y José Carlos Mariátegui. Y como se mencionó previamente, esta evaluación se realiza en base a que los datos recolectados muestran un mayor tránsito en la avenida Ramón Castilla, no obstante, la implementación de los detectores y dependiendo de los volúmenes de tránsito podrían ajustar el ciclo semafórico a favor de las otras avenidas.

Parte V

Conclusiones

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

5.1.1. De la metodología

- Se justifica detalladamente los resultados del aforo realizado en cada día, en cada horario, en cada vía, en cada sentido y para cada vehículo
- Los resultados obtenidos son congruentes con lo señalado en la hipótesis, ya que se tiene un problema de tráfico desordenado y poca sistematización para el mejor control del mismo.
- En cada proceso de la obtención los resultados se detalló el procedimiento para generar confianza de resultados y así realizar un mejor trabajo con el promedio del flujo a utilizar en la microsimulación.
- El modelo de seguimiento vehicular de e *Wiedemann 74* permite representar el tránsito de vehículos en la intersección de las avenidas Ramón Castilla, José Carlos Mariátegui y Ejército de la ciudad de Ayacucho.
- Si bien se comprobó que los datos recolectados en campo cumplían una distribución normal y permitían realizar evaluaciones paramétricas, se decidió utilizar pruebas no paramétricas como el randomization test por diferencia de medias y utilizando 10 000 permutaciones.

- Se cumplió con todos los objetivos establecidos en el desarrollo de la presente tesis.

5.1.2. De los resultados

- Los resultados obtenidos mediante el aforo realizado son aproximados, siendo el calculista o procesador el encargado de decidir sobre la respuesta adecuada, y para esto, se debe tener el conocimiento suficiente sobre la metodología aplicada.
- Para encontrar la respuesta adecuada sobre cuál debe ser el promedio adecuado a usar en el volumen de cada vehículo se tuvo que disgregar cada dato obtenido del aforo y a cada procedimiento que se seguía se iba verificando que estuviesen dentro de un margen de posibilidades al tener datos dentro de un rango para ciertos horarios y sentidos de cada vía.
- Según se ha podido observar en el punto de influencia, el vehículo que realiza una mayor frecuencia de repeticiones es el *auto* teniendo un promedio final en la Av. Ramón Castilla, sentido Oeste-Este de 299 veces por hora, en la Av. Ramón Castilla, sentido Este-Oeste de 415 veces por hora, en la Av. Ejército, sentido Norte-Sur de 199 veces por hora, en la Av. Ejército, sentido Sur-Norte de 200 veces por hora y en el Jr. José C. Mariátegui, sentido NorOeste-Este de 258 veces por hora.
- De acuerdo al resultado anterior, la vía de la Av. Ramón Castilla en el sentido Este-Oeste presenta mayor confluencia de vehículos con 830 vehículos por hora seguido por su carril contrario con 653 vehículos por hora, dejando claro que es hacia la zona central de la ciudad de Huamanga la mayor confluencia de vehículos y por lo tanto de personas.
- En la evaluación de los dos planteamientos, se obtuvieron mejores resultados en los pasos a desnivel que con la implementación de un *ITS*, al tener un tránsito más fluido con los pasos a desnivel inferior y superior, por ejemplo

para la Av. Ramón Castilla, sentido Oeste-Este, se dió como resultado para el *ITS* longitudes de cola de 16.20m y para los pasos a desnivel 8.30m cuando en el que refleja actualmente con la toma de datos se tenía 102.40m, mientras que para los tiempos de recorrido en los *ITS* se tiene 6.50s y para los pasos a desnivel se tiene 4.90s cuando en el que refleja actualmente con la toma de datos se tenía 12.40s.

- La propuesta que hace referencia a la construcción del paso a desnivel, muestra los mejores resultados; no obstante, resulta una alternativa de muy alto costo a corto plazo. Las otras dos propuestas muestran también mejoras y representan alternativas con un costo menor, sin embargo, los *ITS* representan control continuo y mejoras continuas por lo que a largo plazo llegaría a tener mayor costo que el invertido en su momento de la implementación. Entonces evaluando ambas soluciones podemos concluir que para este proyecto sería de mayor eficacia tanto en desempeño y coste, los pasos a desnivel

5.2. Recomendaciones

- Para realizar un aforo vehicular en una zona de alto congestionamiento se recomienda hacerlo mediante una video cámara para seguir a detalle durante todo el día sucesos externos que se pudiesen presentar y con ello tener que realizar menor uso de horas hombre como se usó en la presente tesis.
- Al emplear sistemas de transportes inteligentes se tiene que tener el conocimiento a detalle de todas las ventajas y desventajas que éste ocasiona en un entorno para así realizar mejores soluciones.
- Para realizar las mediciones de longitudes de colas, velocidades y tiempos de recorridos se debe ser muy exactos para que el modelo de la microsimulación cuente con datos exactos y arroje resultados más óptimos.

5.3. Desarrollos futuros

- Con la presente *Tesis* los interesados en buscar nuevas alternativas a la solución de tráficos vehiculares o de sistematizar una vía podrán tener más ideas para poder desarrollarse ya que el tema de la presente tesis es bastante amplio, considerando que sólo se tocó un poco de todas las posibilidades que podrías generar con los ITS.
- se puede considerar una microsimulación con ITS de diferentes aplicaciones para solucionar no sólo problemas de tráfico vehicular, sino también de mejorar el entorno con los peatones.

Referencias Bibliográficas

- [1] Montoya G. Ingeniería de tránsito. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Perú, 2005.
- [2] Fernandez R. *Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular*. Fondo Editorial PUCP, Perú, 2011.
- [3] Nuñez Y. Microsimulación del tráfico vehicular. Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú, 2012.
- [4] Valdes A. *Ingeniería de Tráfico*. Editorial Bellisco, Ediciones Técnicas y Científicas, España, 2008.
- [5] ComUnica. Los pasos a desnivel: impacto a corto plazo. [urlhttp://www.uca.edu.sv](http://www.uca.edu.sv), 05-07-2017.
- [6] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Editorial Macro, Perú, 2016.
- [7] Espinoza R. Sistemas inteligentes de transportes-its. Ministerio de Transportes y comunicaciones, Provias Nacional, Perú, 2004.
- [8] Cal M. Gannett F. Sistemas inteligentes de transporte. *Revista de Promoción*, 2012.
- [9] Houghton J et al. Transporte inteligente. *IBM Institute for Business Value*, 2009.
- [10] Bañón L. *Manual de carreteras*. Universidad de Alicante, España, 2000.

- [11] Alvarez J. *Micro-simulacion Intermodal en la Ciudad del Cusco Empleando los Software VISSIM 8 y VISWALK 8.*, 2017.
- [12] Schmidt & Taylor. *Simulation and Analysis of Industrial Systems.* Homewood, Illinois: Richard D. Irwin, 1970.
- [13] Pursula M. *Simulation of Traffic Systems.* Otaniemi: Helsinki University of Technology, 1999.
- [14] Arrieta K. *Modelación del trafico vehicular con el software PTV Vissim tramo bomba El Gallo- bomba el Amparo.* Cartagena: Universidad de Cartagena, 2013.
- [15] Alcala M. *Microsimulacion del Trafico de la Interseccion de las Avenidas Bolivar, Cordova y Calle Andalucia empleando el Software Vissim 6,* 2016.
- [16] Lobo D. & Garcia-Platas R. Vico F., Basagoiti F. *Modelado y simulación del trafico en vias urbanas y periurbanas en base a la estimación de tiempos de recorrido.* Málaga: Universidad de Málaga, 2014.
- [17] Rojas M. *Técnicas estadísticas paramétricas y no paramétricas equivalentes: resultados comparativos por simulación,* 2003.
- [18] Kerlinger F. *Metodología de la investigación, muestreo y aleatorización.* McGraw-Hill, 1988.
- [19] O'Brien B & Hornberger J. Weinstein MC. *Principles of good practice of decision analytic modeling in health care evaluation.* Report of the ISPOR Task Force on Good Research Practices-Modeling Studies, 2003.
- [20] Fernandez R. *Elementos de la Teoria del Trafico Vehicular.* Santiago de Chile: Universidad los Andes, 2009.
- [21] Halkias J McHale G-& Zammit G. Dowling R, Skabardonis A. *Guidelines for calibration of microsimulation models: framework and applications.* Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2004.

- [22] NSW Roads & Maritime Services. *Traffic Modelling Guidelines*. New South Wales Version: 1.0, 2013.
- [23] Fellendorf M. & Vortisch P. Microscopic traffic flow simulator vissim. 2010.
- [24] PTV GROUP. Ptv vissim. url<http://vision-traffic.ptvgroup.com>, 03-07-2017.
- [25] Siddharth S. & Gitakrishnan R. *Calibration of VISSIM for Indian Heterogeneous Traffic Conditions*. Chennai: Department of Civil Engineering, 2013.
- [26] Papathanasopoulou V. & Antoniou C. *owards data-driven car-following models Transportation Research Part C*. Emerg. Technol, 2015.
- [27] Suarez A. *Analisis y evaluacion operacional de intersecciones urbanas mediante la micro-simulacion*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2007.
- [28] Bloomberg L & Dale J. A comparison of the vissim and corsin traffic simulation models. 2000.
- [29] Boxill S. & Yu L. *An Evaluation of Traffic Simulation Models for Supporting ITS Development*. Houston: Texas Southern University, 2000.
- [30] Kazi A. *Aodeling Drivers Acceleration and Lane Changing Behaviour*, 1999.
- [31] Narvaez R. & Zapardiel A. *Modelación del tránsito vehicular en el sector bomba El Amparo -Sao la Plazuela, Cartagena por medio del software PTV Vissim*, 2015.
- [32] Palomino R. Comportamiento del transporte público de pasajeros en la ciudad de ayacucho. Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Peru, 2012.
- [33] Instituto de la Construcción y Gerencia. *Ingeniería de Tránsito y Seguridad Vial*. Fondo Editorial ICG, 4a. edición, Peru, 2011.
- [34] Martínez O. & Vassallo J. Cálculo de la demanda de transporte mediante técnicas de detalle. 1996.

- [35] Yu Gao. *Calibration and comparison of the Vissim and integration microscopic traffic simulation model*, 2008.
- [36] FHWA. *Traffic analysis toolbox Volume III: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software*. Washington: FHWA-HRT-04-040, 2004.
- [37] A. Lazo C. & Araujo. *Micro-simulacion de vehiculos atipicos: el caso de las moto-taxis en Villa Maria del Triunfo*, 2017.
- [38] Flores Y. *Micro-simulacion de la interseccion de la Avenida Universitaria con la Avenida Bolivar utilizando los software de Vissim y Viswalk 8.0*, 2016.
- [39] Ministerio de Transportes y comunicaciones. *Desarrollo de la arquitectura y plan de sistemas inteligentes de transportes (its) de peru. Informe N° 06 - Plan maestro ITS*, 2014.
- [40] Holgado E. *Estudio de regulación del transito de vehiculos y peatones en los alrededores de la avenida Portugal de Salamanca*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña, 2012.
- [41] Salvador I. & Robuste L. *Principios para la micro-simulacion del trafico*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2000.

Parte VI

Anexos

Apéndice A

Planteamiento en 3D de los pasos a desnivel

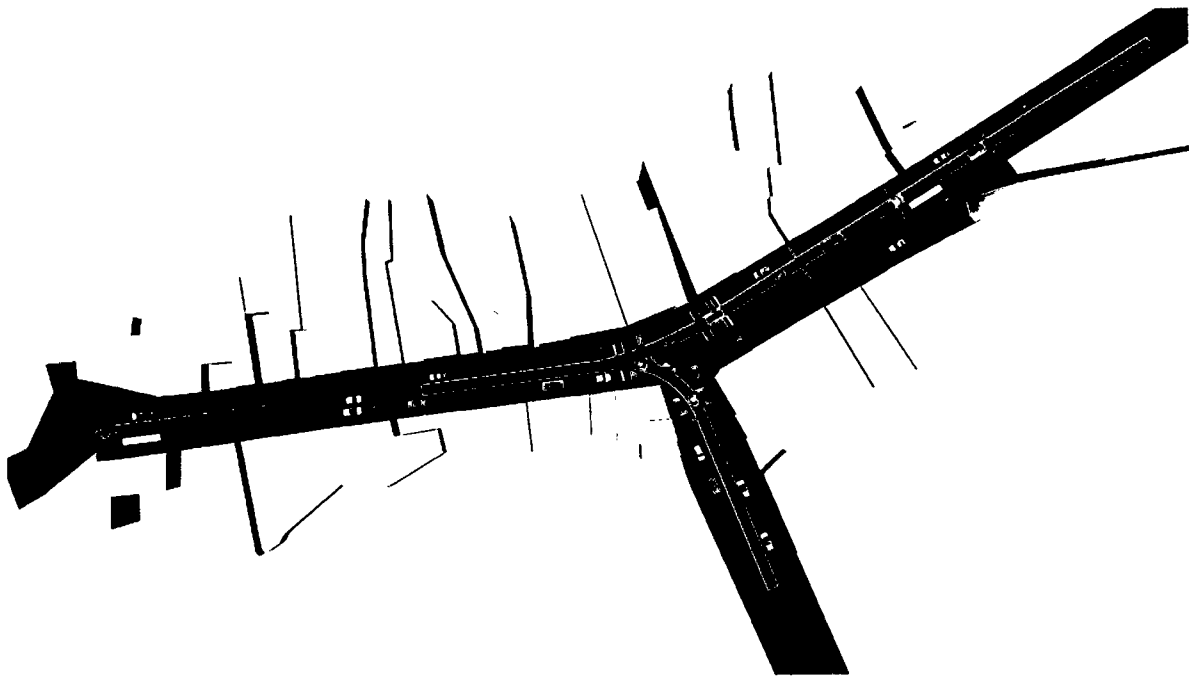


Figura A.1: Planteamiento general en planta.

Fuente: Elaboración propia

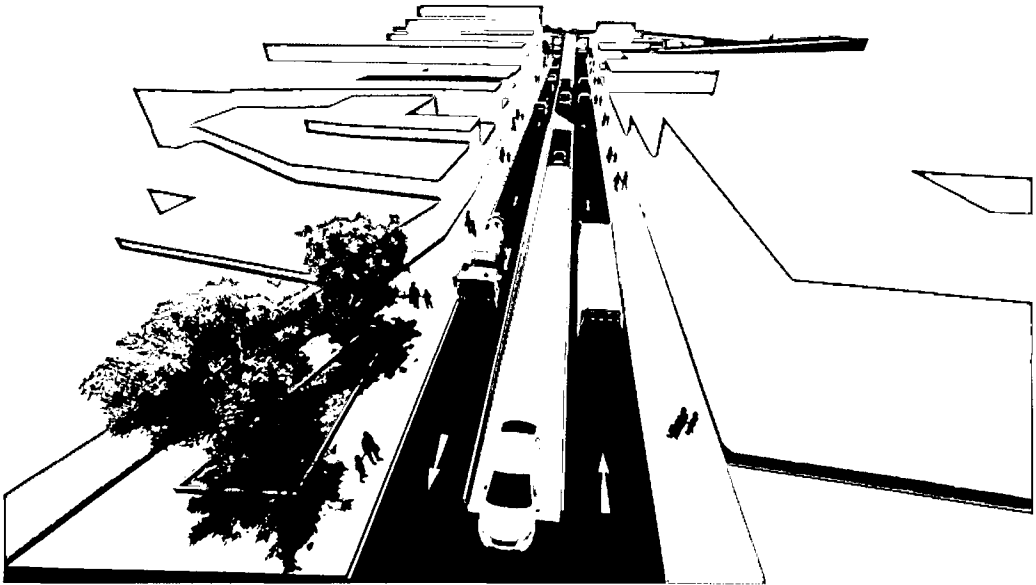


Figura A.2: Vista de la salida del paso a desnivel inferior.

Fuente: Elaboración propia

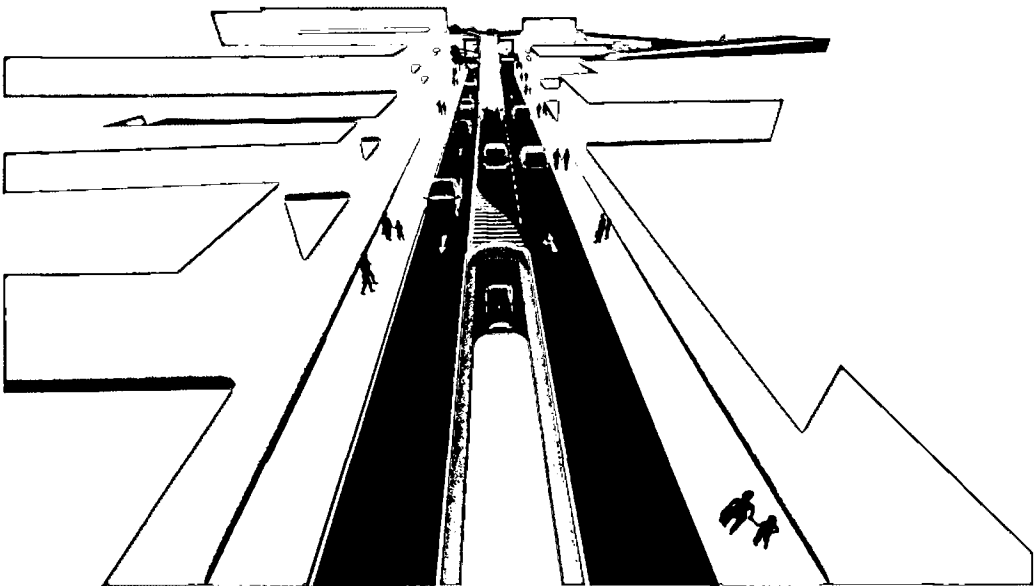


Figura A.3: Vista del ingreso del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

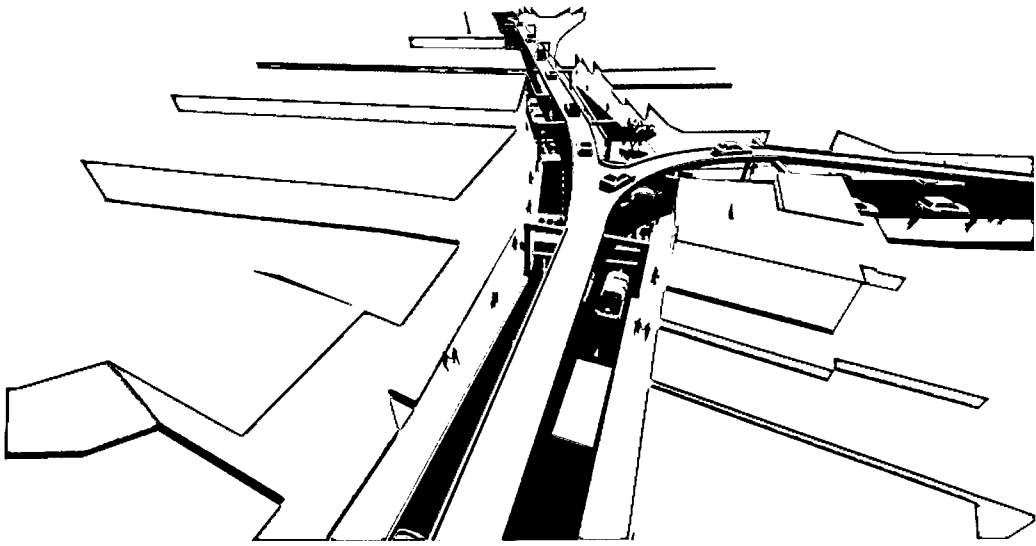


Figura A.4: Vista panorámica del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

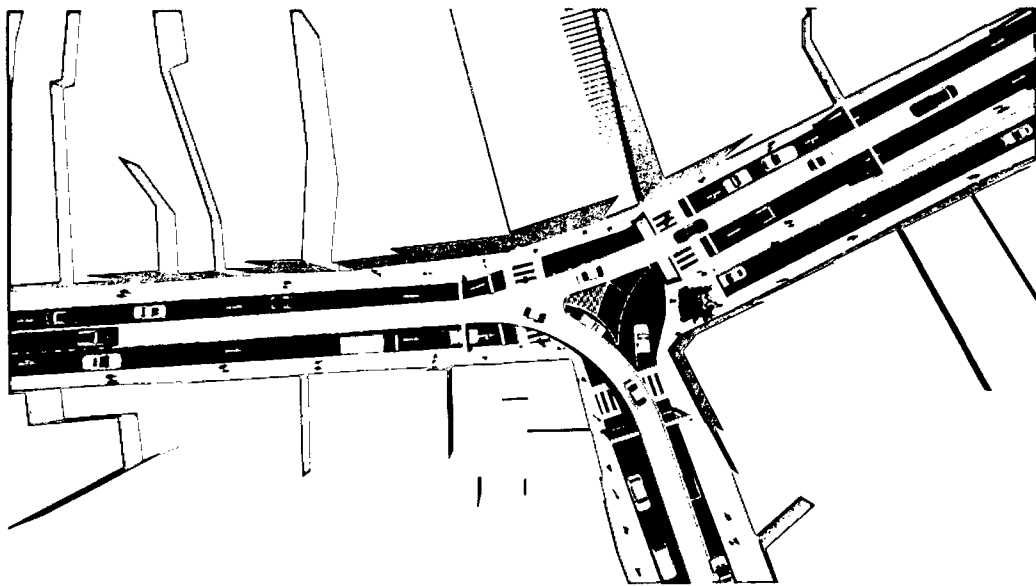


Figura A.5: Vista aérea del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

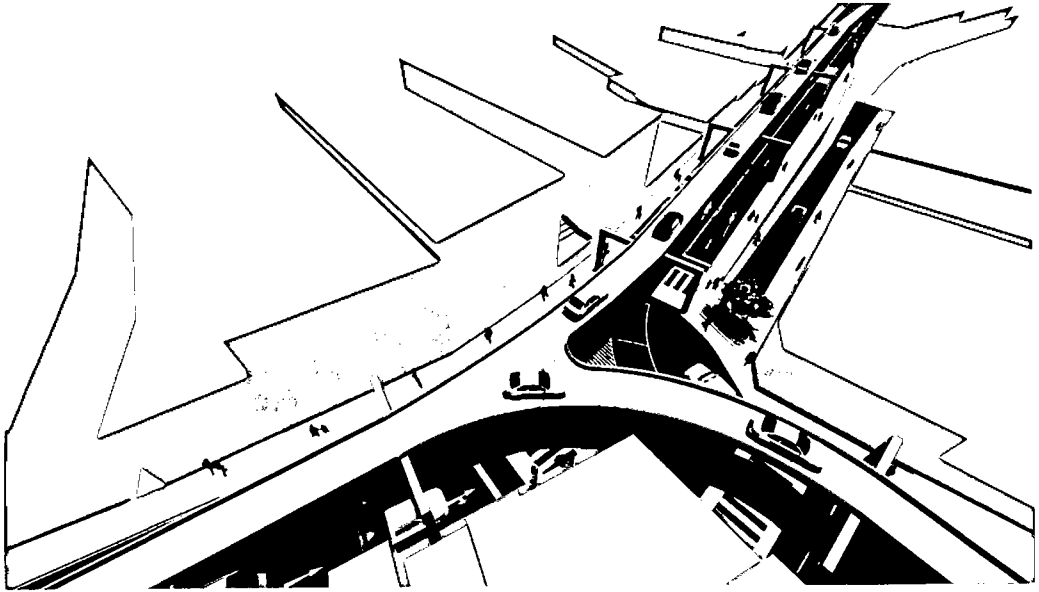


Figura A.6: Vista aérea del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

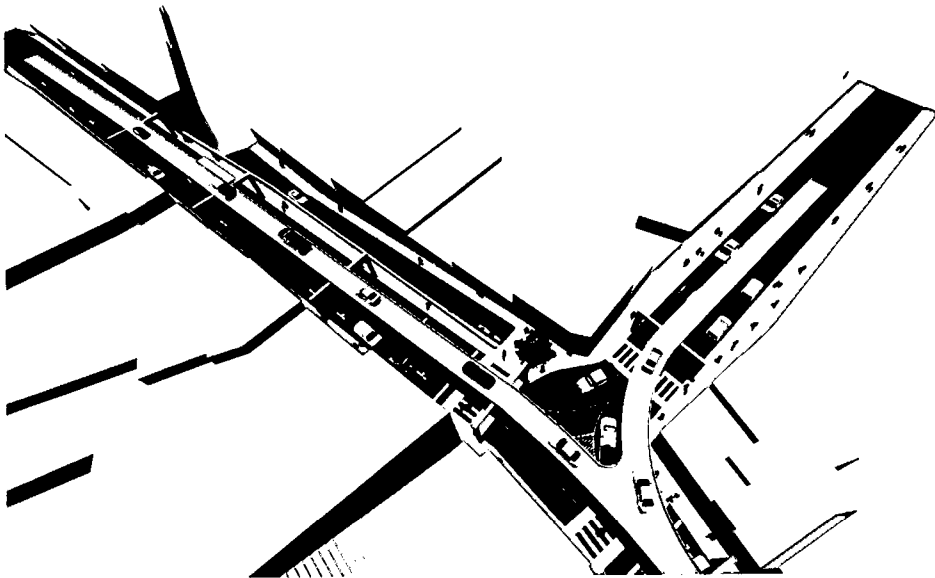


Figura A.7: Vista panorámica del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

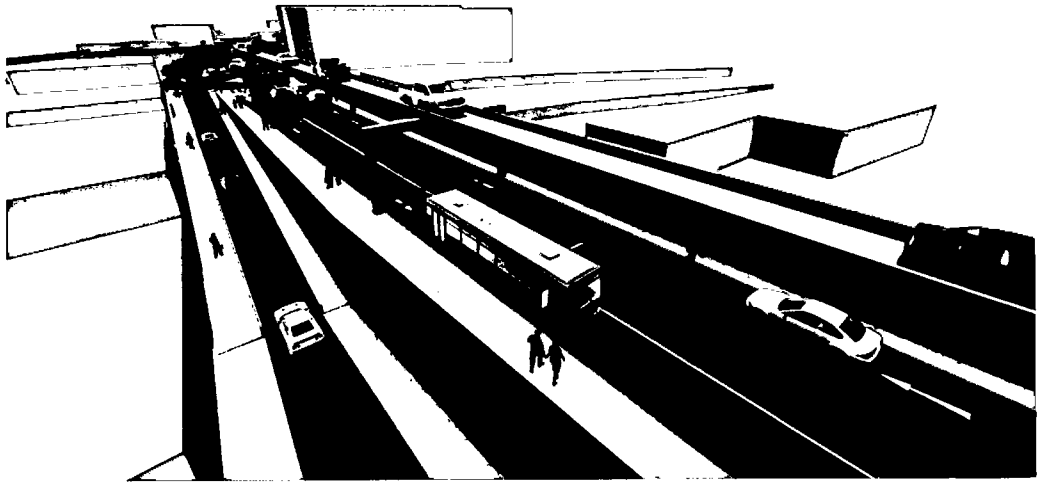


Figura A.8: Vista panorámica del paso a desnivel superior e inferior.

Fuente: Elaboración propia

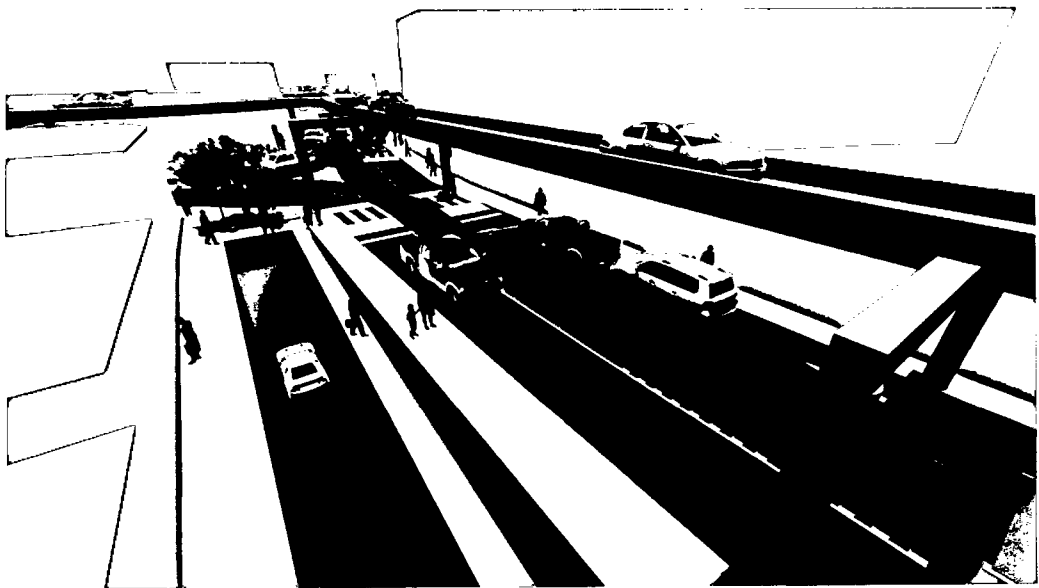


Figura A.9: Vista panorámica del paso a desnivel superior e inferior.

Fuente: Elaboración propia

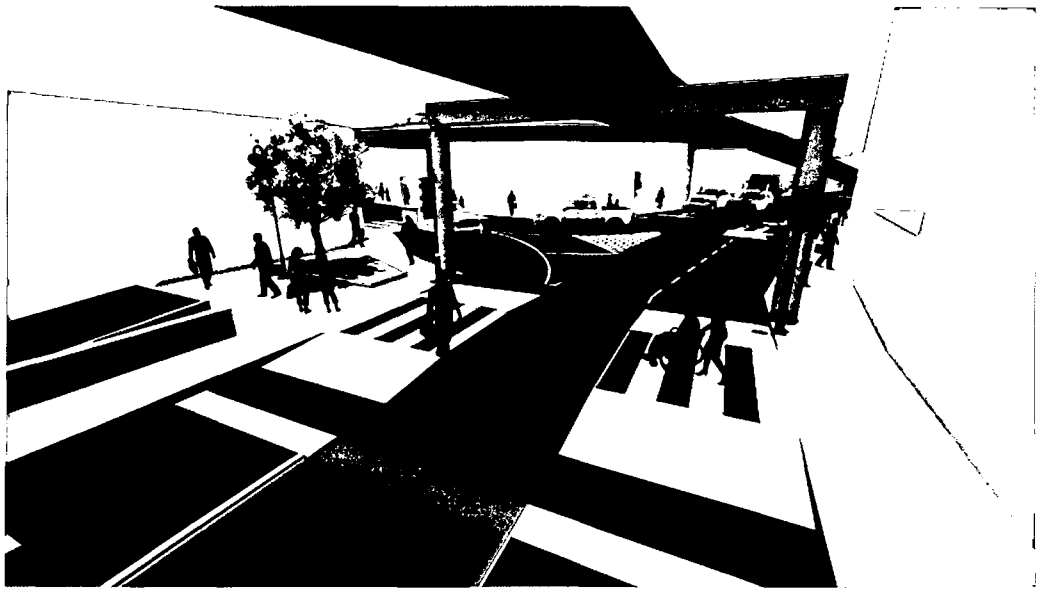


Figura A.10: Vista interior de la intersección.

Fuente: Elaboración propia

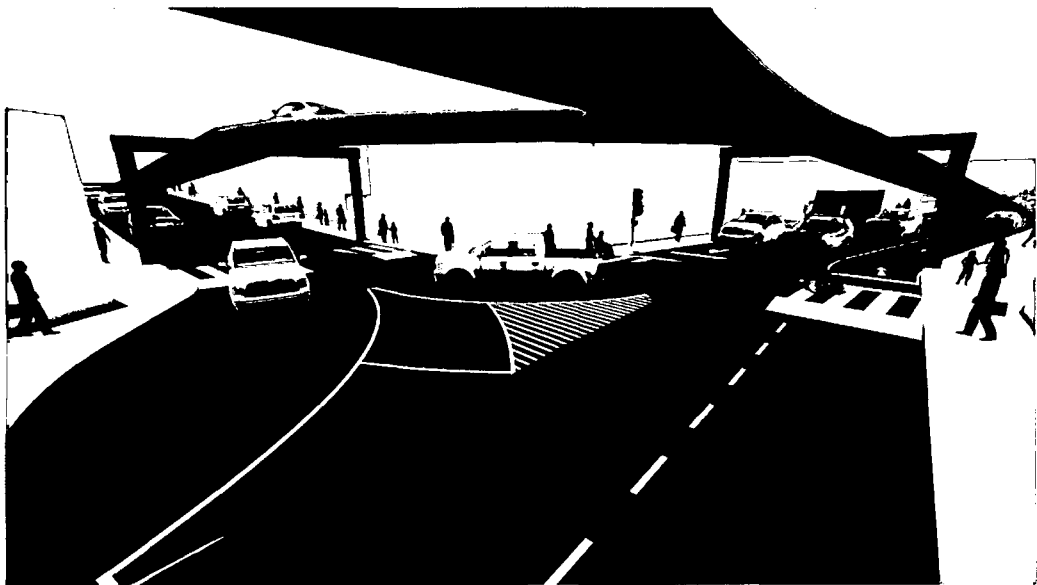


Figura A.11: Vista interior de la intersección.

Fuente: Elaboración propia

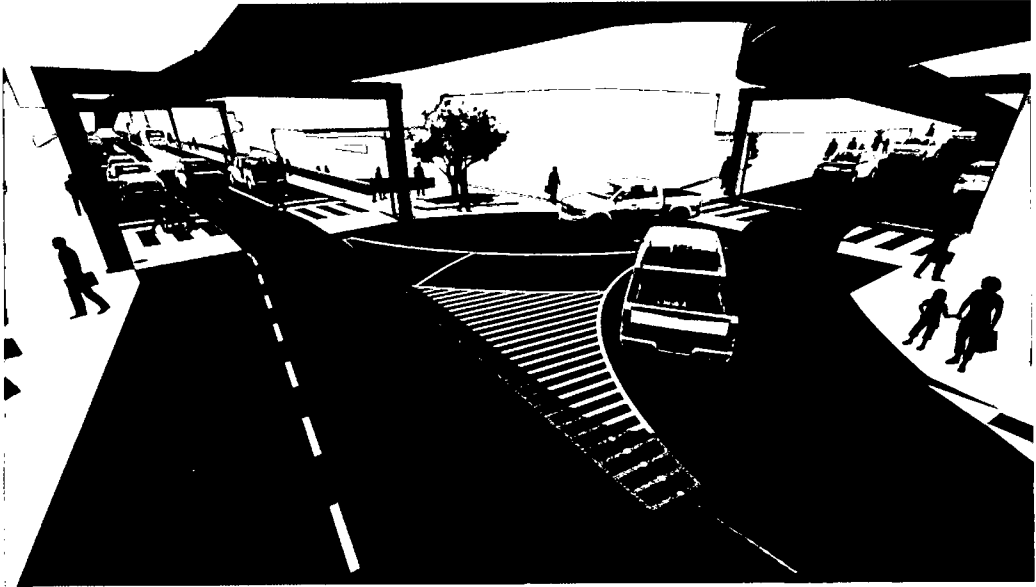


Figura A.12: Vista interior de la intersección.

Fuente: Elaboración propia

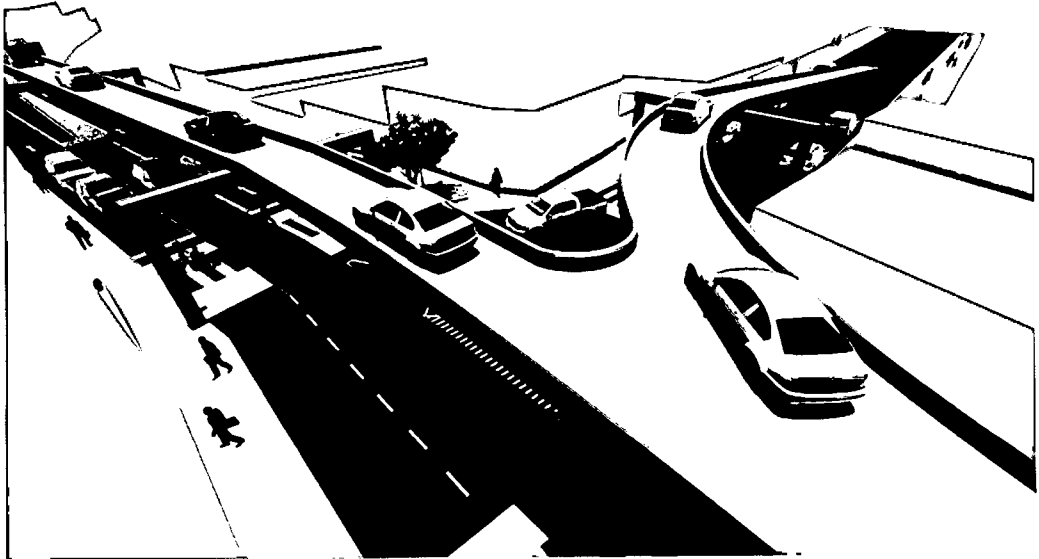


Figura A.13: Vista del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia

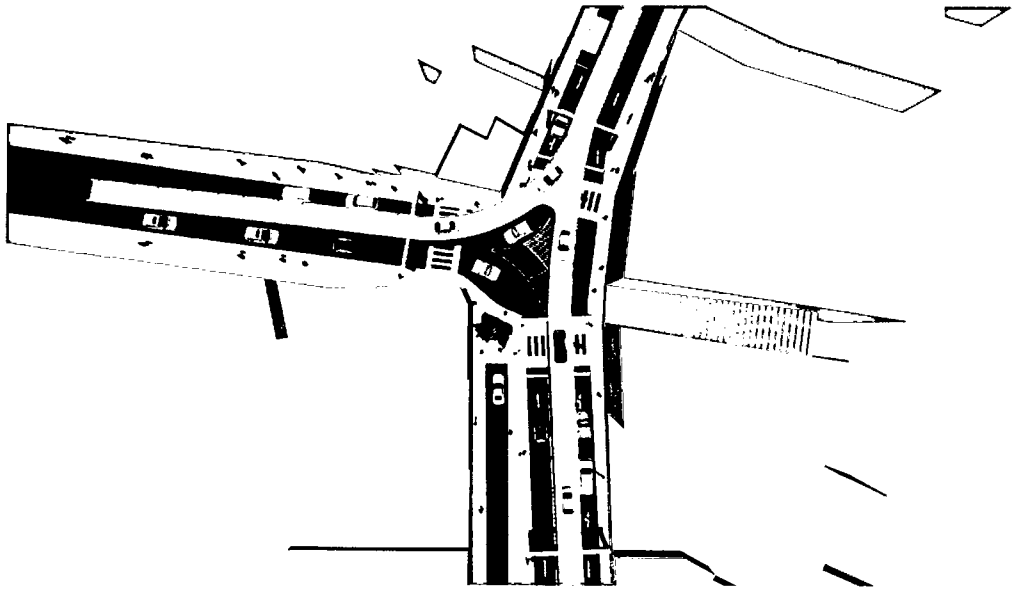


Figura A.14: Vista aérea de la intersección.

Fuente: Elaboración propia

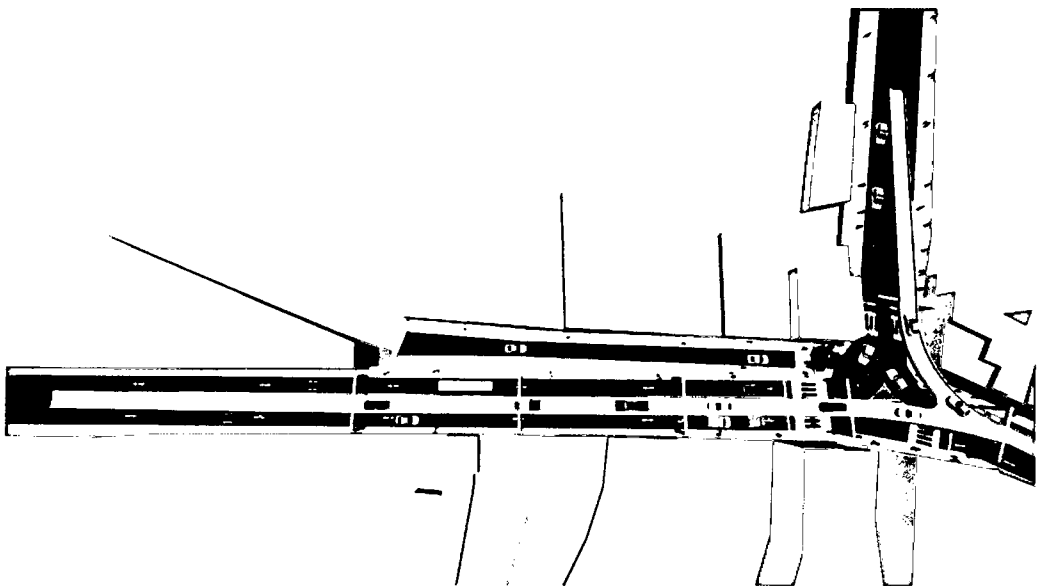


Figura A.15: Vista aérea de la primera conexión de la intersección.

Fuente: Elaboración propia

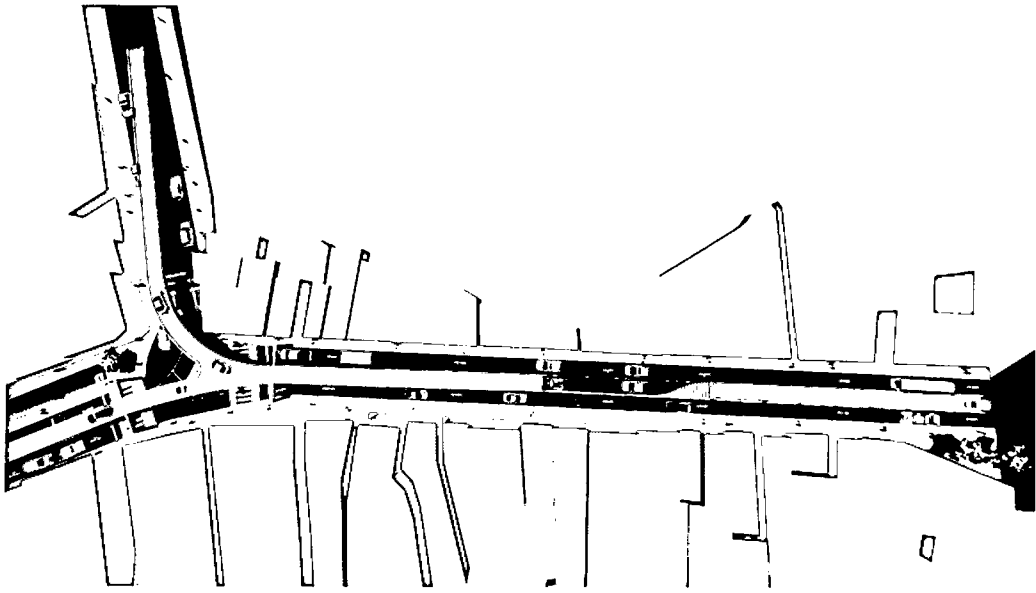


Figura A.16: Vista aérea de la segunda conexión de la intersección.

Fuente: Elaboración propia

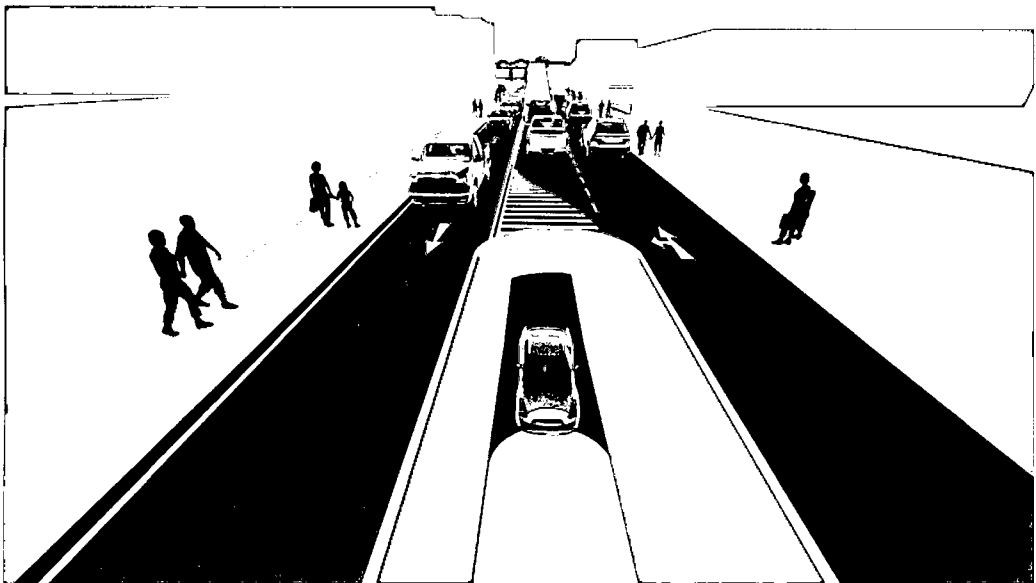


Figura A.17: Vista de la salida y entrada del paso a desnivel superior e inferior.

Fuente: Elaboración propia

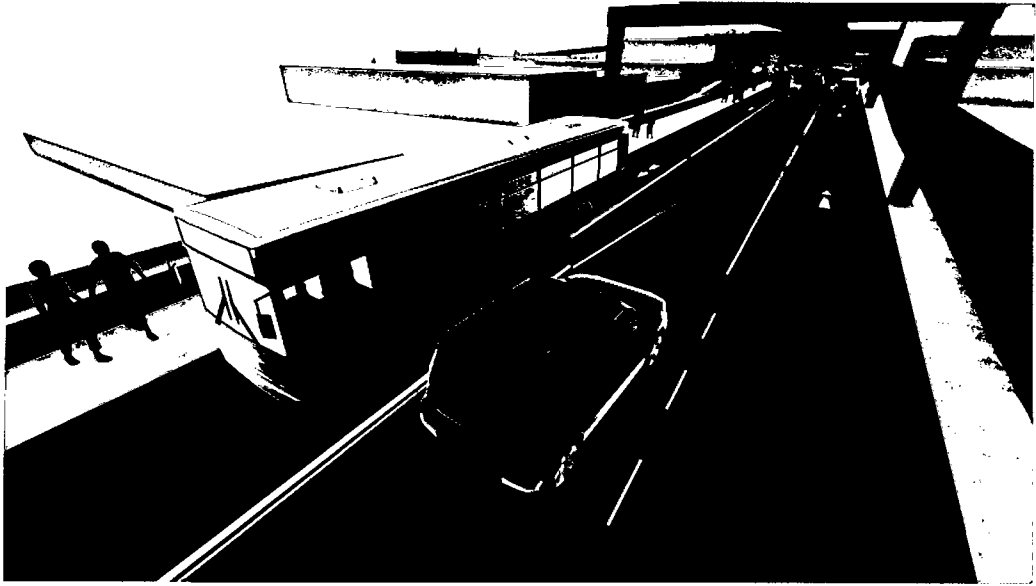


Figura A.18: Vista del ingreso del paso a desnivel inferior.

Fuente: Elaboración propia



Figura A.19: Vista del paso a desnivel inferior.

Fuente: Elaboración propia

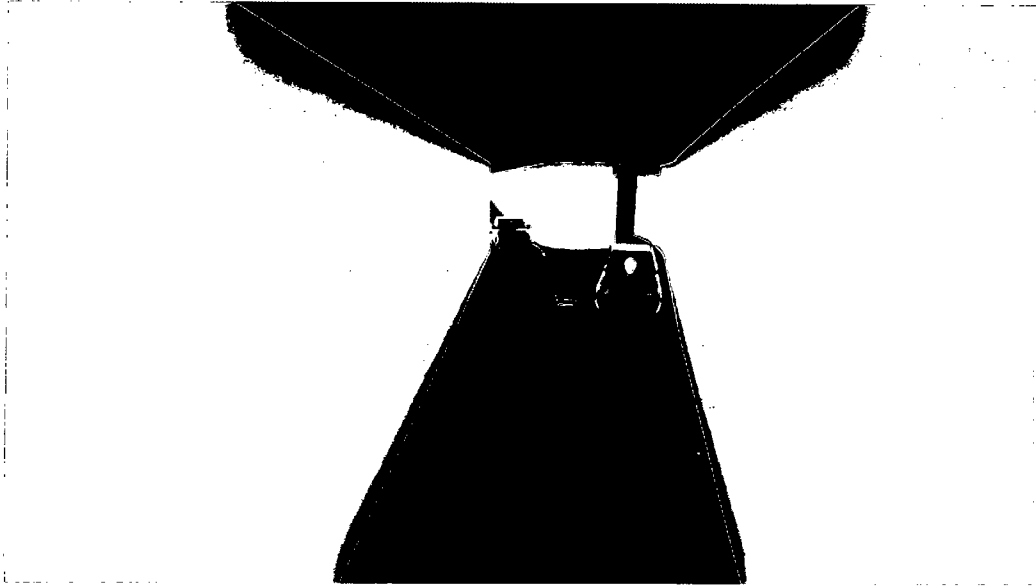


Figura A.20: Vista del paso a desnivel inferior.

Fuente: Elaboración propia



Figura B.2: Definición de la geometría actual

Fuente: Elaboración propia

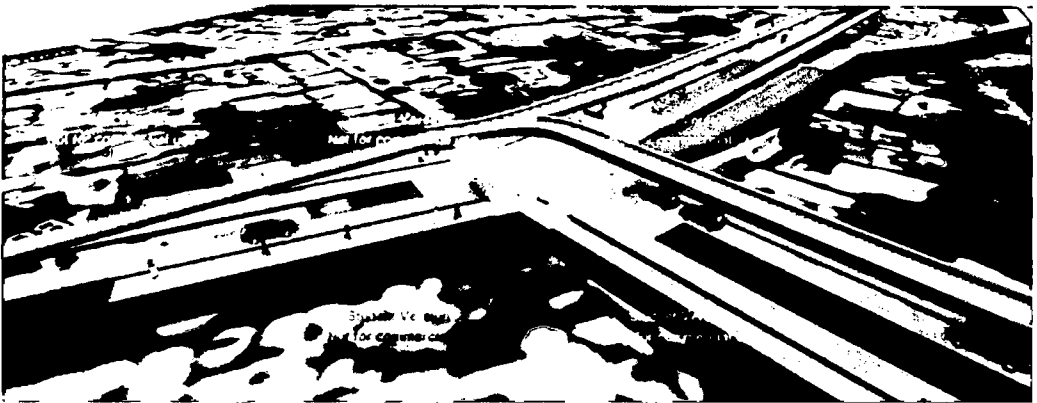


Figura B.3: Definición de la geometría del paso a desnivel superior.

Fuente: Elaboración propia



Figura B.4: Definición de la geometría del paso a desnivel inferior.

Fuente: Elaboración propia

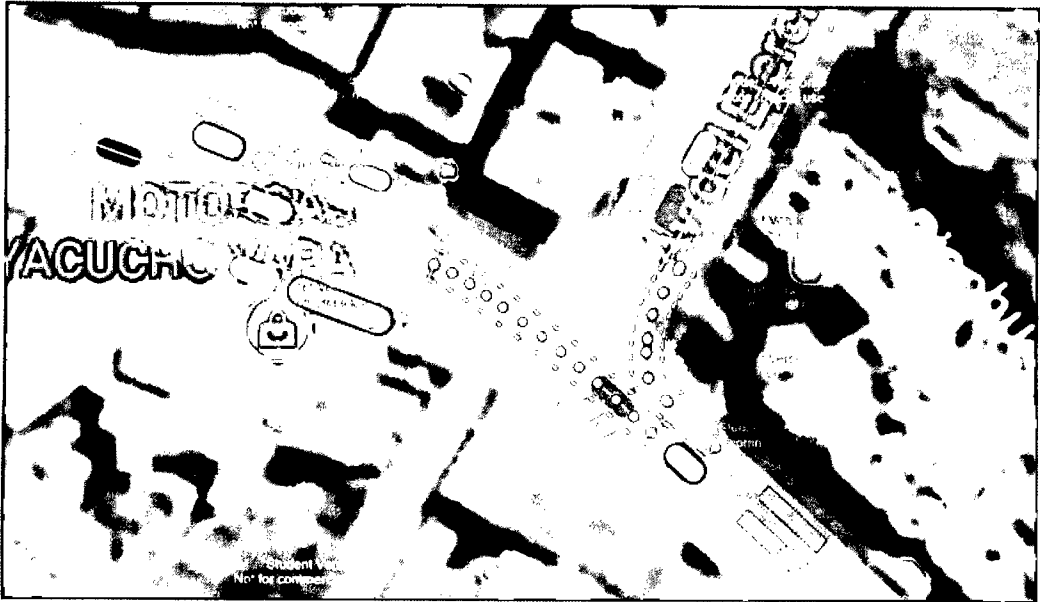


Figura B.5: Diseño del ITS con restricción de carriles.

Fuente: Elaboración propia

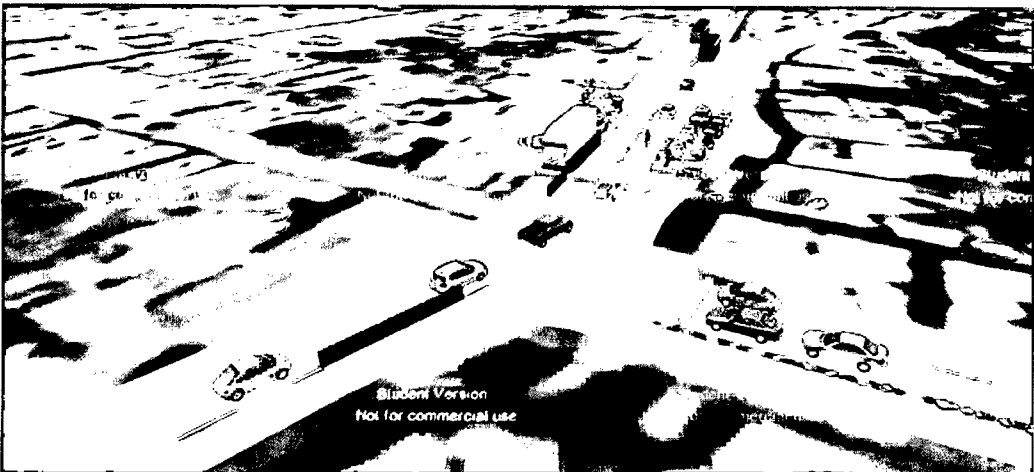


Figura B.6: Restricción de carriles con dispositivos.

Fuente: Elaboración propia

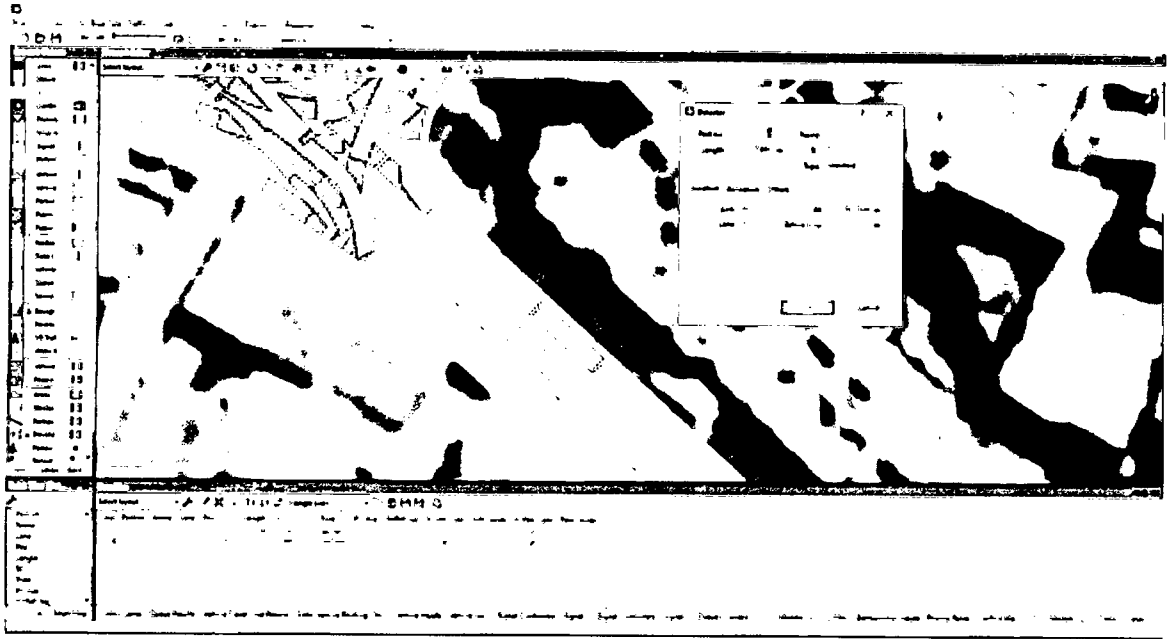


Figura B.7: Definición de los link y conectores de cada vía.

Fuente: Elaboración propia

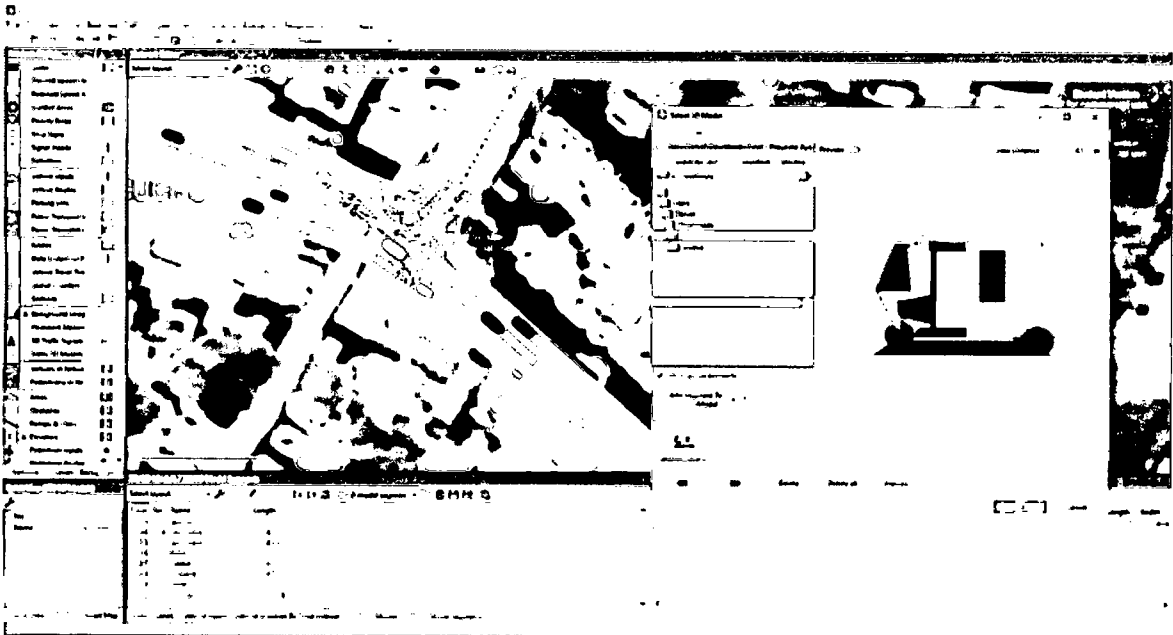


Figura B.8: Definición de vehículos, mototaxi.

Fuente: Elaboración propia



Figura B.9: Definición de los sentidos que optan en cada vía.

Fuente: Elaboración propia

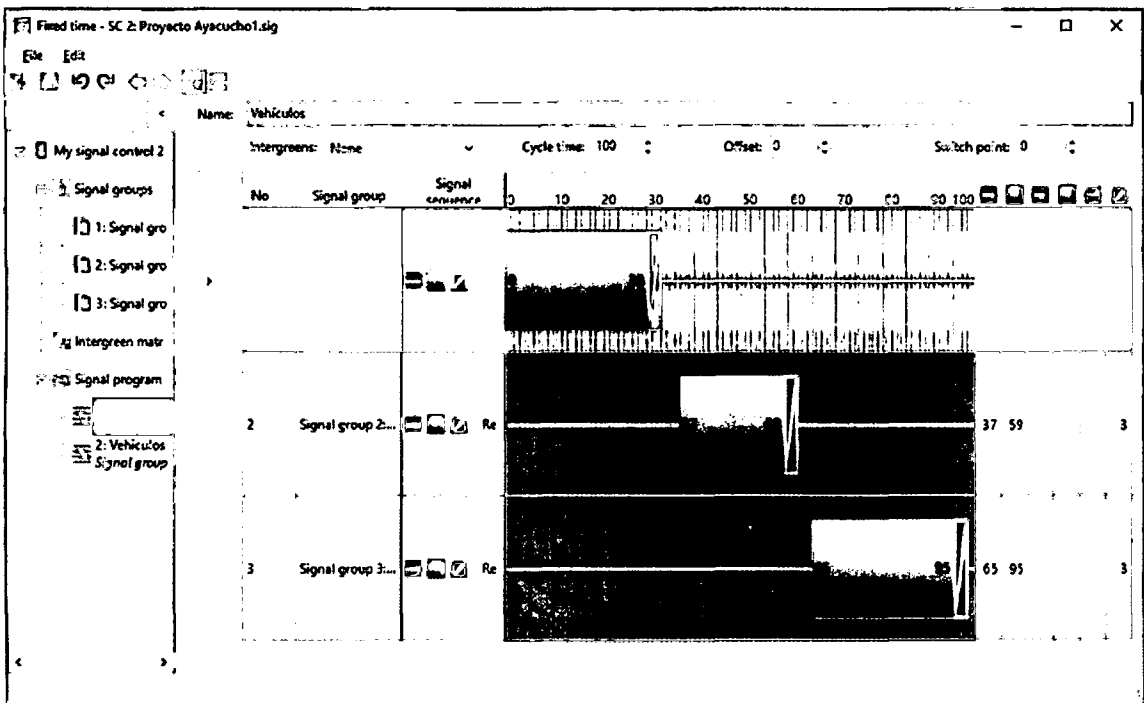


Figura B.10: Grupo de señales, grupo de fases, tiempo de semáforos.

Fuente: Elaboración propia



Figura B.11: Definición de áreas de conflictos y restricciones.

Fuente: Elaboración propia

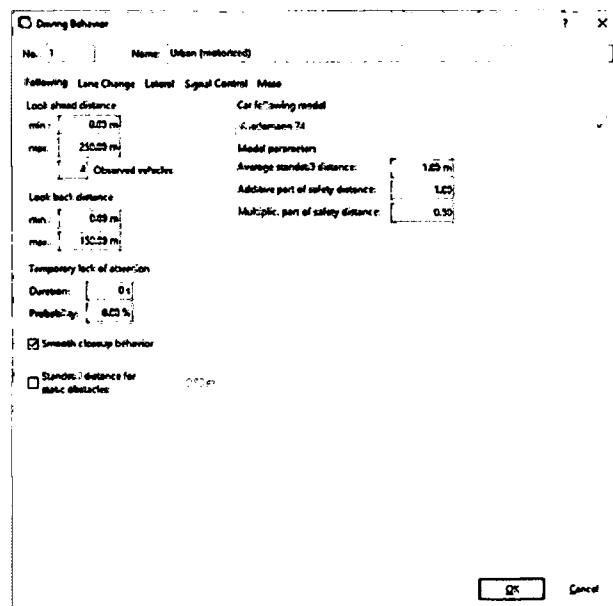


Figura B.12: Definición de los parámetros de Wiedemann 74 en el software Vissim 9.0.

Fuente: Elaboración propia

VALORES DE CALIBRACIÓN VEHICULAR PARA WIEDEMANN 74		
1.0	1.0	0.5

Figura B.13: Valores de calibración vehicular para Wiedemann 74.

Fuente: Flores (2016).[38]

	CAMPO	SIMULACIÓN
VALOR PROMEDIO	130	114
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3.59	39.79
VALOR MÍNIMO	125	41
VALOR MÁXIMO	136	175

Figura B.14: Distancia en metros.

Fuente: Elaboración propia

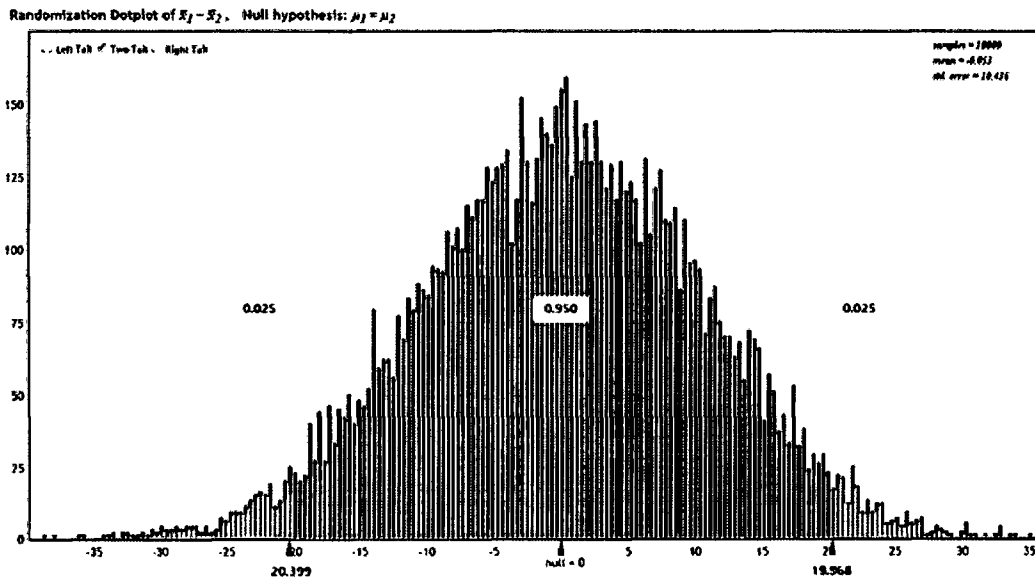


Figura B.15: Randomization de la calibración.

Fuente: Elaboración propia

Original Sample

$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 16.47, n_1 = 15, n_2 = 45$

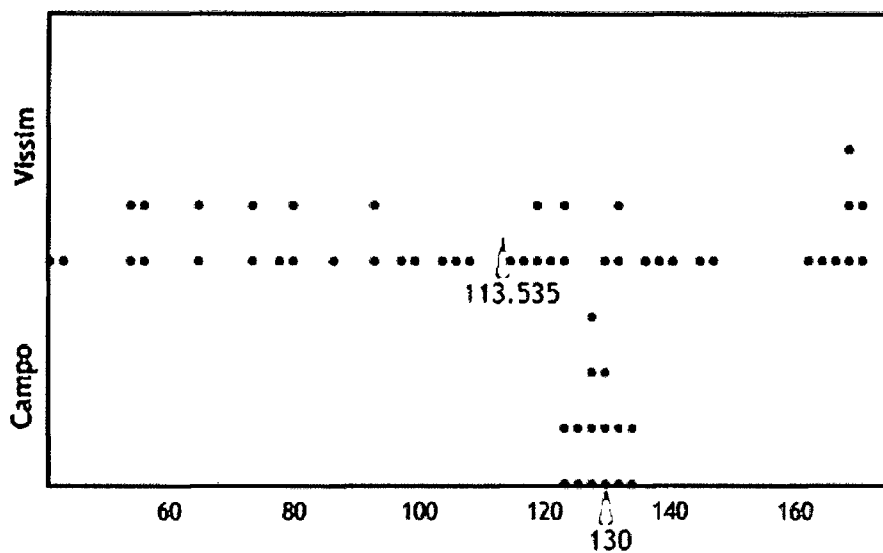


Figura B.16: Prueba de hipótesis nula de la calibración.

Fuente: Elaboración propia

	CAMPO	SIMULACIÓN
VALOR PROMEDIO	100	104
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4.09	196.72
VALOR MÍNIMO	95	28
VALOR MÁXIMO	110	45

Figura B.17: Tiempo de viaje en segundos.

Fuente: Elaboración propia

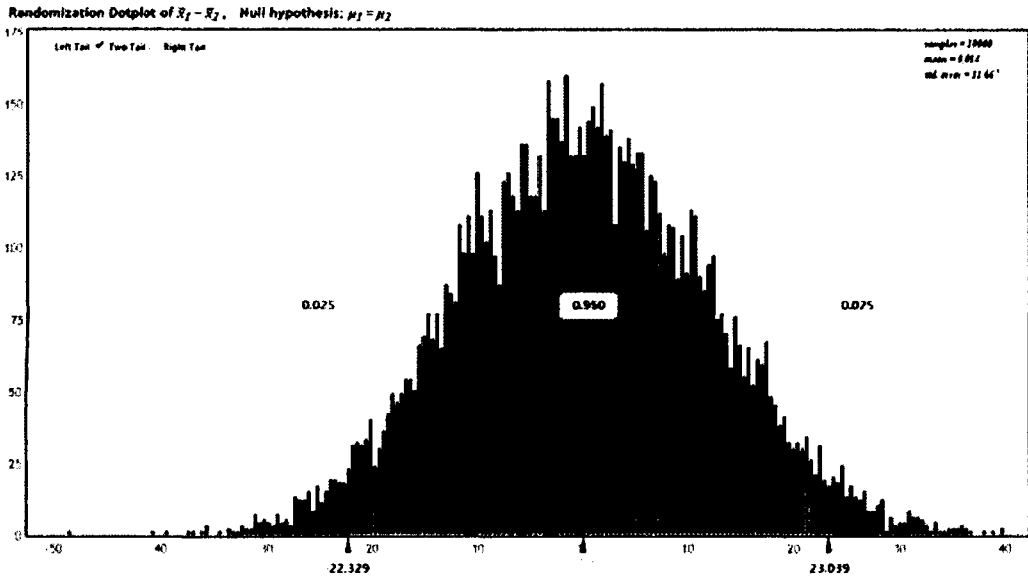


Figura B.18: Randomization de la validación.

Fuente: Elaboración propia

Original Sample

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -3.56, n_1 = 15, n_2 = 45$$

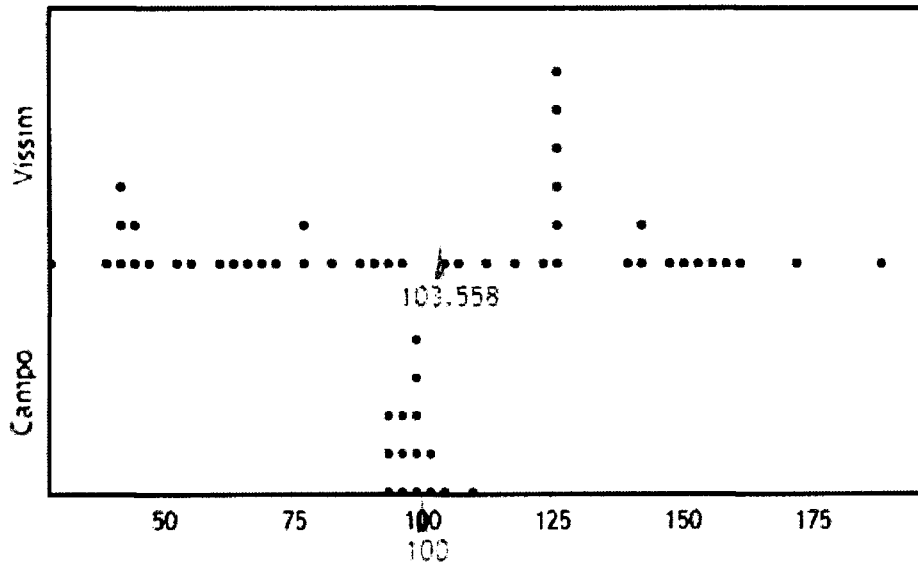


Figura B.19: Prueba de hipótesis nula de la validación.

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C

Resultados de aforos realizados

C.0.1. Aforo Av. Ramón Castilla, sentido Oeste - Este

El aforo se realizó en las fechas 30/01/17 al 03/02/17 para los horarios de 7:00am, 12:00pm y 6:00pm con intervalos de 1 hora de conteo, lo cuales se detallan a continuación:

RESULTADOS DEL AFORO - DIA 1										
FLUJO VEHICULAR										
VÍA :	Av. Ramón Castilla			Tpu : Transporte público						
PUNTO :	Punto de Intersección			Tpr : Transporte privado						
SENTIDO :	Oeste- Este									
FECHA :	30 de Enero de 2017									
HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	57.00	78.00	309.00	127.00	1.00	35.00	8.00	-	-	615.00
12:00 - 1:00 pm	52.00	146.00	290.00	130.00	-	62.00	27.00	2.00	2.00	711.00
6:00 - 7:00 pm	56.00	66.00	295.00	115.00	-	50.00	9.00	-	-	591.00
TOTAL	165.00	290.00	894.00	372.00	1.00	147.00	44.00	2.00	2.00	1,917.00
Tpu	8.61%		46.64%	19.41%	0.05%					74.70%
Tpr		15.13%				7.67%	2.30%	0.10%	0.10%	25.30%
										100.00%
Fv Tpu	1,432.00	74.70%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	485.00	25.30%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	1,917.00	100.00%								

Cuadro C.1: Resumen de flujo de vehículos, 30/01/17.

Variación del Flujo por Horario

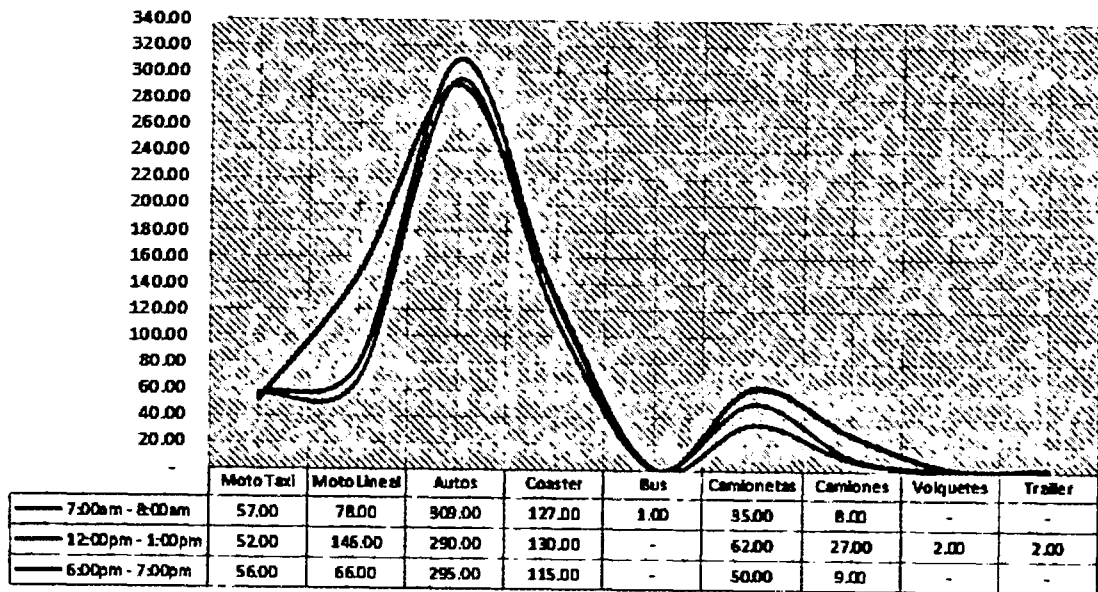


Figura C.1: Variación del flujo vehicular, 30/01/17

Variación de Volumen por Horario

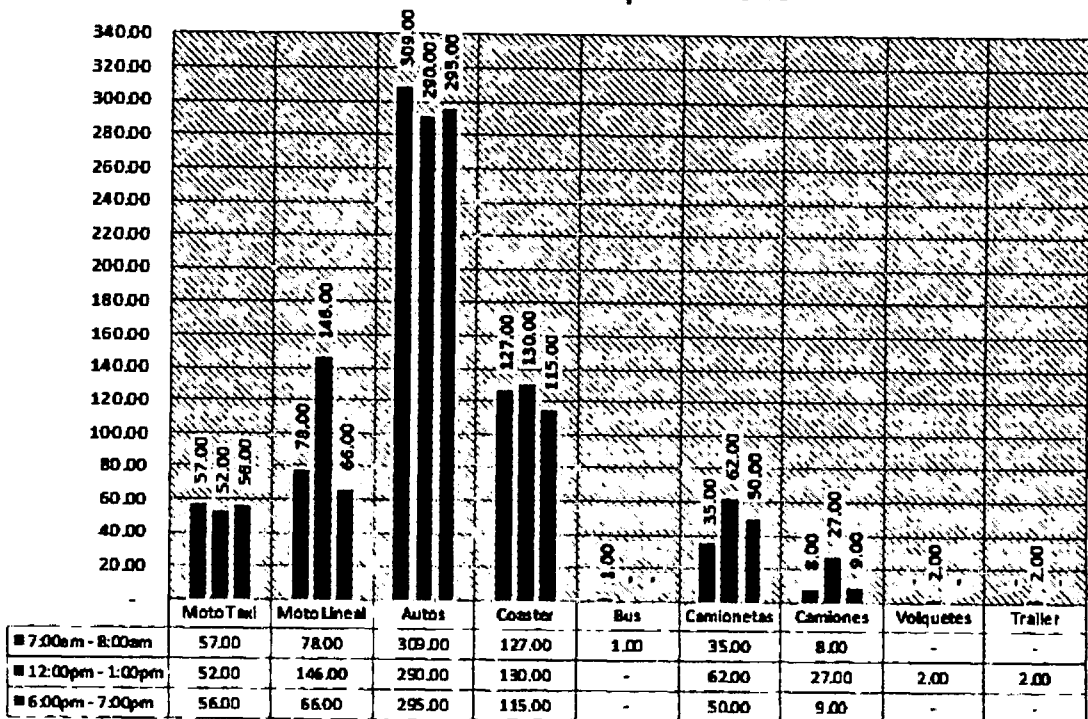


Figura C.2: Variación del volumen vehicular, 30/01/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 2

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Oeste- Este
FECHA :	31 de Enero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	55.00	77.00	306.00	126.00	-	33.00	88.00	-	-	685.00
12:00 - 1:00 pm	50.00	145.00	288.00	129.00	1.00	60.00	25.00	2.00	1.00	701.00
6:00 - 7:00 pm	55.00	63.00	293.00	113.00	-	48.00	8.00	1.00	1.00	582.00
TOTAL	160.00	285.00	887.00	368.00	1.00	141.00	121.00	3.00	2.00	1,968.00

Tpu	8.13%		45.07%	18.70%	0.05%					71.95%
Tpr		14.48%				7.16%	6.15%	0.15%	0.10%	28.05%
										100.00%

Fv Tpu	1,416.00	71.95%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	552.00	28.05%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	1,968.00	100.00%								

Cuadro C.2: Resumen de flujo de vehículos, 31/01/17.

Variación del Flujo por Horario

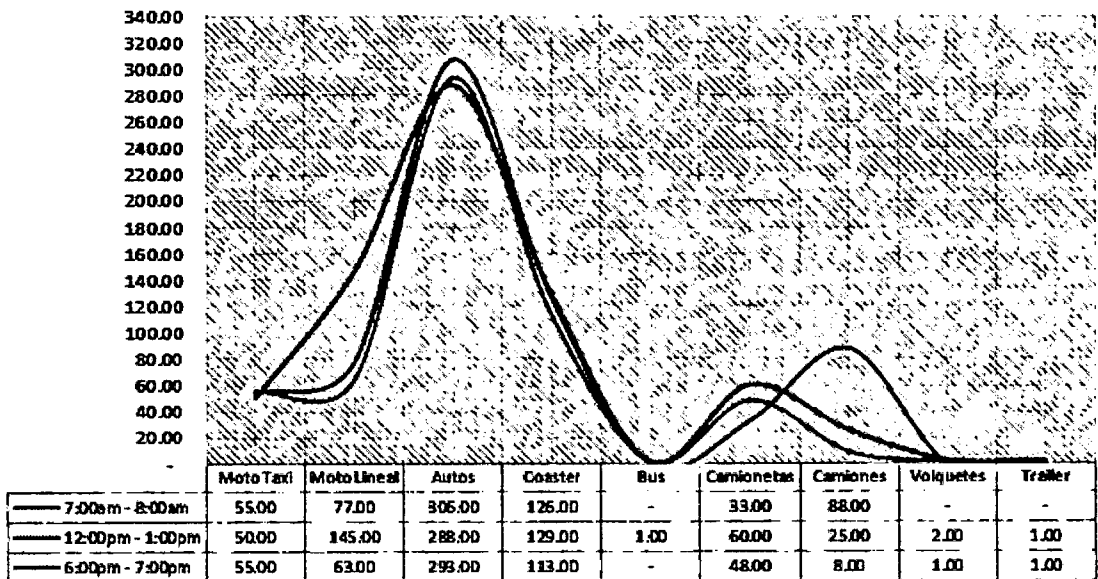


Figura C.3: Variación del flujo vehicular, 31/01/17

Variación de Volumen por Horario

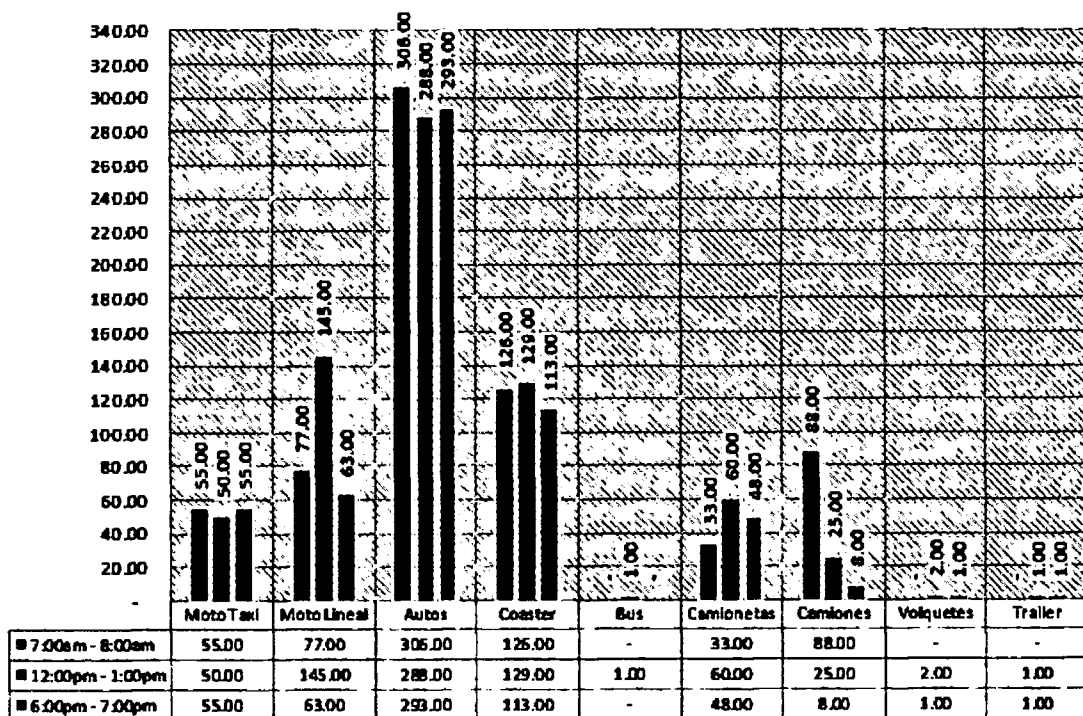


Figura C.4: Variación del volumen vehicular, 31/01/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 3

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Oeste- Este
FECHA :	1 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	58.00	75.00	305.00	128.00	1.00	35.00	9.00	-	-	611.00
12:00 - 1:00 pm	53.00	147.00	286.00	130.00	-	61.00	25.00	1.00	2.00	705.00
6:00 - 7:00 pm	56.00	68.00	291.00	117.00	-	49.00	11.00	2.00	1.00	595.00
TOTAL	167.00	290.00	882.00	375.00	1.00	145.00	45.00	3.00	3.00	1,911.00
Tpu	8.74%		46.15%	19.62%	0.05%					74.57%
Tpr		15.18%				7.59%	2.35%	0.16%	0.16%	25.43%
										100.00%
Fv Tpu	1,425.00	74.57%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	486.00	25.43%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	1,911.00	100.00%								

Cuadro C.3: Resumen de flujo de vehículos, 01/02/17.

Variación del Flujo por Horario

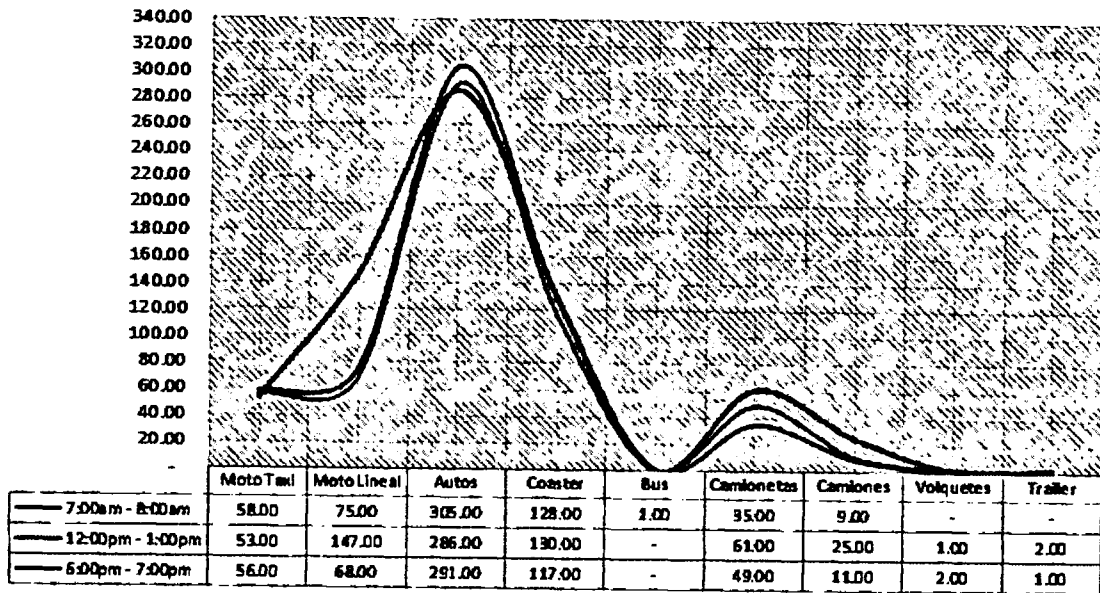


Figura C.5: Variación del flujo vehicular, 01/02/17

Variación de Volumen por Horario

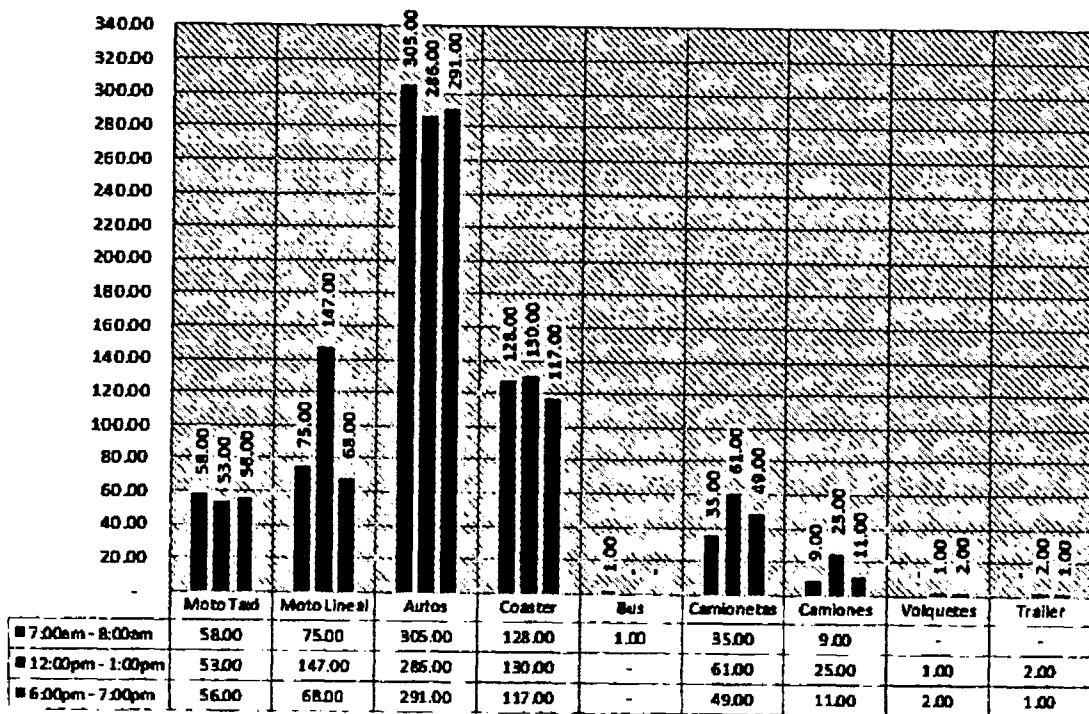


Figura C.6: Variación del volumen vehicular, 01/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 4

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Oeste- Este
FECHA :	2 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	59.00	79.00	311.00	129.00	1.00	36.00	10.00	1.00	-	626.00
12:00 - 1:00 pm	52.00	148.00	293.00	132.00	1.00	62.00	27.00	1.00	1.00	717.00
6:00 - 7:00 pm	58.00	69.00	297.00	116.00	-	51.00	10.00	1.00	1.00	603.00
TOTAL	169.00	296.00	901.00	377.00	2.00	149.00	47.00	3.00	2.00	1,946.00

Tpu	8.68%		46.30%	19.37%	0.10%					74.46%
Tpr		15.21%				7.66%	2.42%	0.15%	0.10%	25.54%
										100.00%

Fv Tpu	1,449.00	74.46%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	497.00	25.54%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	1,946.00	100.00%								

Cuadro C.4: Resumen de flujo de vehículos, 02/02/17.

Variación del Flujo por Horario

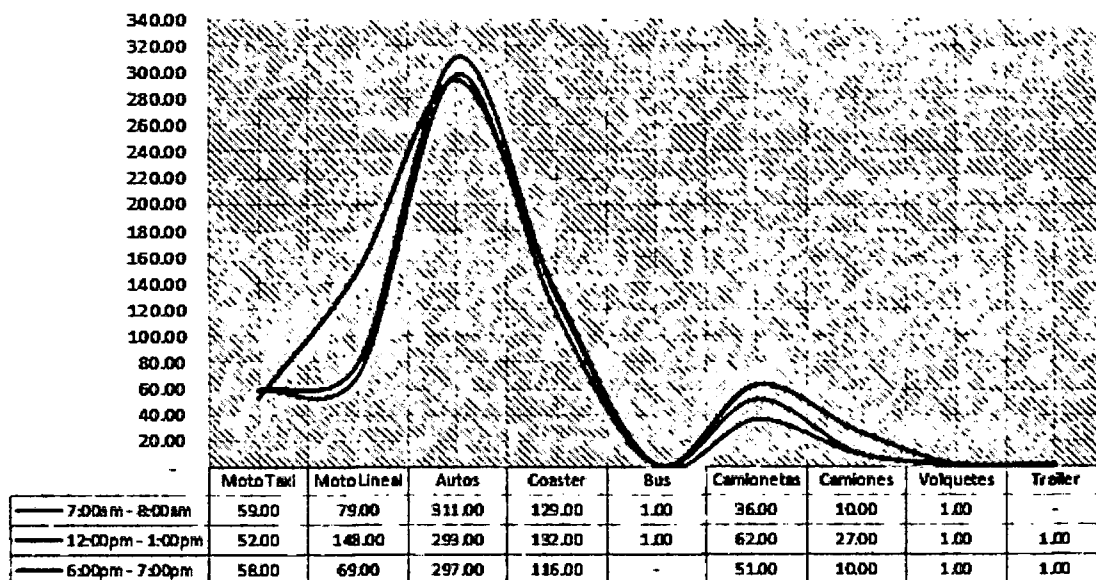


Figura C.7: Variación del flujo vehicular, 02/02/17

Variación de Volumen por Horario

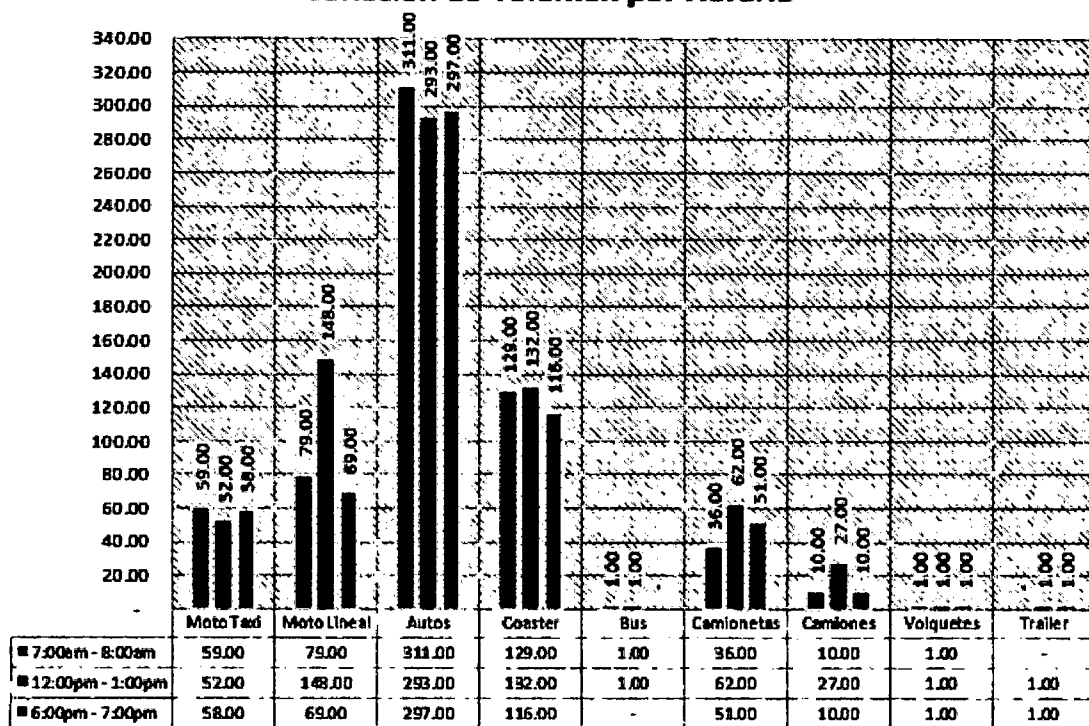


Figura C.8: Variación del volumen vehicular, 02/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 5

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Oeste- Este
FECHA :	3 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	61.00	82.00	313.00	131.00	1.00	38.00	12.00	-	-	638.00
12:00 - 1:00 pm	55.00	149.00	295.00	135.00	1.00	65.00	29.00	2.00	-	731.00
6:00 - 7:00 pm	60.00	70.00	299.00	120.00	-	55.00	12.00	1.00	2.00	619.00
TOTAL	176.00	301.00	907.00	386.00	2.00	158.00	53.00	3.00	2.00	1,988.00

Tpu	8.85%		45.62%	19.42%	0.10%					73.99%
Tpr		15.14%				7.95%	2.67%	0.15%	0.10%	26.01%
										100.00%

Fv Tpu	1,471.00	73.99%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	517.00	26.01%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1,988.00	100.00%	

Cuadro C.5: Resumen de flujo de vehículos, 03/02/17.

Variación del Flujo por Horario

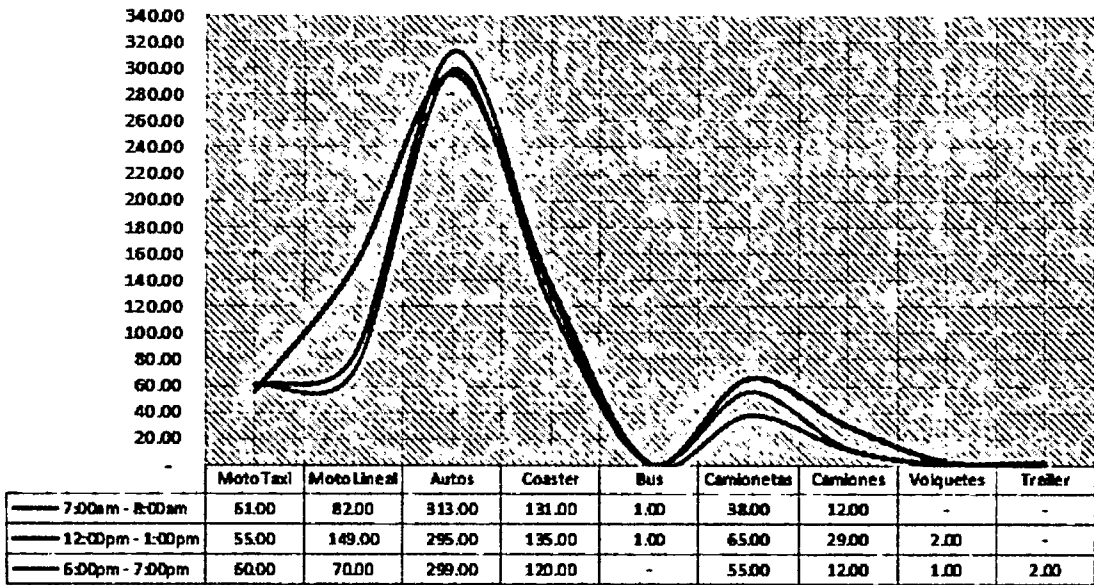


Figura C.9: Variación del flujo vehicular, 03/02/17

Variación de Volumen por Horario

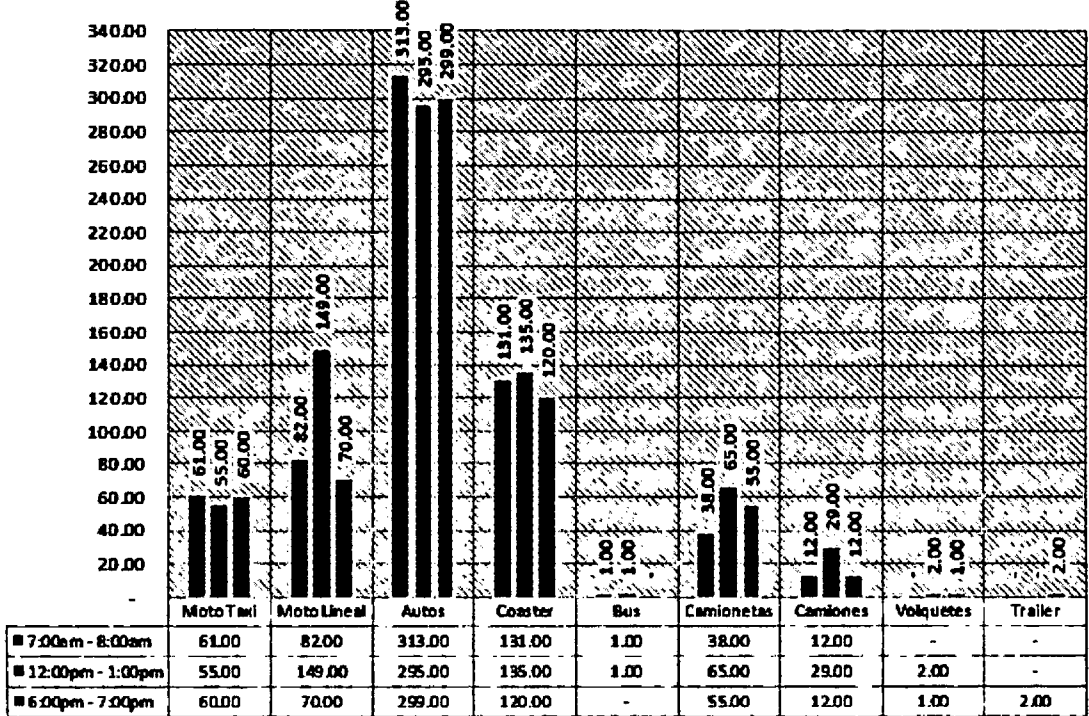


Figura C.10: Variación del volumen vehicular, 03/02/17

RESULTADOS FINALES PROMEDIO POR HORA

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Oeste- Este
FECHA :	30/01/17 AL 03/02/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
CANTIDAD TOTAL - 5 DÍAS										
7:00 - 8:00 am	290.00	391.00	1,544.00	641.00	4.00	177.00	127.00	1.00	-	3,175.00
12:00 - 1:00 pm	262.00	735.00	1,452.00	656.00	3.00	310.00	133.00	8.00	6.00	3,565.00
6:00 - 7:00 pm	285.00	336.00	1,475.00	581.00	-	253.00	50.00	5.00	5.00	2,990.00
Total	837.00	1,462.00	4,471.00	1,878.00	7.00	740.00	310.00	14.00	11.00	9,730.00
CANTIDAD PROMEDIO/ DÍA										
7:00 - 8:00 am	58.00	79.00	309.00	129.00	1.00	36.00	26.00	1.00	-	639.00
12:00 - 1:00 pm	53.00	147.00	291.00	132.00	1.00	62.00	27.00	2.00	2.00	717.00
6:00 - 7:00 pm	57.00	68.00	295.00	117.00	-	51.00	10.00	1.00	1.00	600.00
Total	168.00	294.00	895.00	378.00	2.00	149.00	63.00	4.00	3.00	1,956.00
Prom./Hora	56.00	98.00	299.00	126.00	1.00	50.00	21.00	1.00	1.00	653.00
Prom. %	8.60%	15.03%	45.96%	19.30%	0.07%	7.60%	3.18%	0.14%	0.11%	100.00%
Tpu	8.60%		45.96%	19.30%	0.07%					73.93%
Tpr		15.03%				7.60%	3.18%	0.14%	0.11%	26.07%
										100.00%
Fv Tpu	73.93%									
Fv Tpr	26.07%									
Total	100.00%									

Cuadro C.6: Promedio de flujo de vehículos, 30/01/17 al 03/02/17.

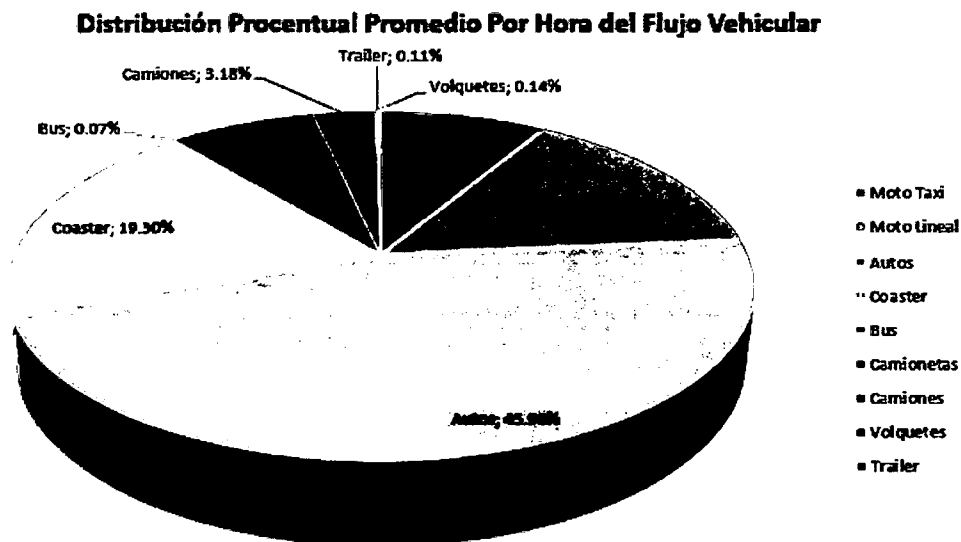


Figura C.11: Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 30/01/17 al 03/02/17

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos

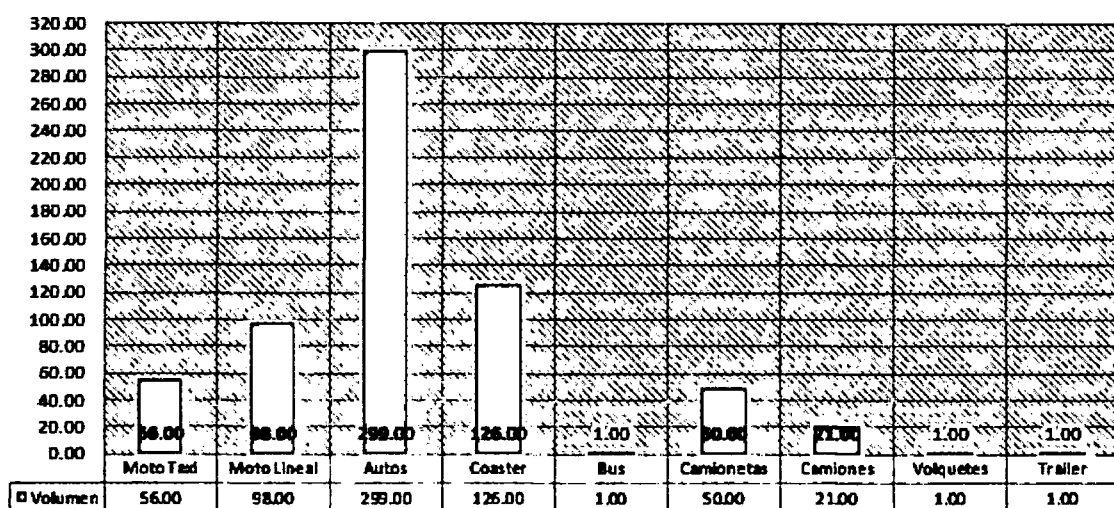


Figura C.12: Variación promedio del volumen vehicular, 30/01/17 al 03/02/17

C.0.2. Aforo Av. Ramón Castilla, sentido Este - Oeste

El aforo se realizó en las fechas 06/02/17 al 10/02/17 para los horarios de 7:00am, 12:00pm y 6:00pm con intervalos de 1 hora de conteo, lo cuales se detallan a continuación:

RESULTADOS DEL AFORO - DIA 1

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Este - Oeste
FECHA :	6 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	62.00	159.00	442.00	128.00	-	77.00	12.00	1.00	1.00	882.00
12:00 - 1:00 pm	52.00	129.00	367.00	115.00	1.00	58.00	23.00	4.00	1.00	750.00
6:00 - 7:00 pm	79.00	116.00	437.00	115.00	-	69.00	21.00	5.00	3.00	845.00
TOTAL	193.00	404.00	1,246.00	358.00	1.00	204.00	56.00	10.00	5.00	2,477.00

Tpu	7.79%		50.30%	14.45%	0.04%					72.59%
Tpr		16.31%				8.24%	2.26%	0.40%	0.20%	27.41%
										100.00%

Fv Tpu	1,798.00	72.59%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	679.00	27.41%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	2,477.00	100.00%	

Cuadro C.7: Resumen de flujo de vehículos, 06/02/17.

Variación del Flujo por Horario

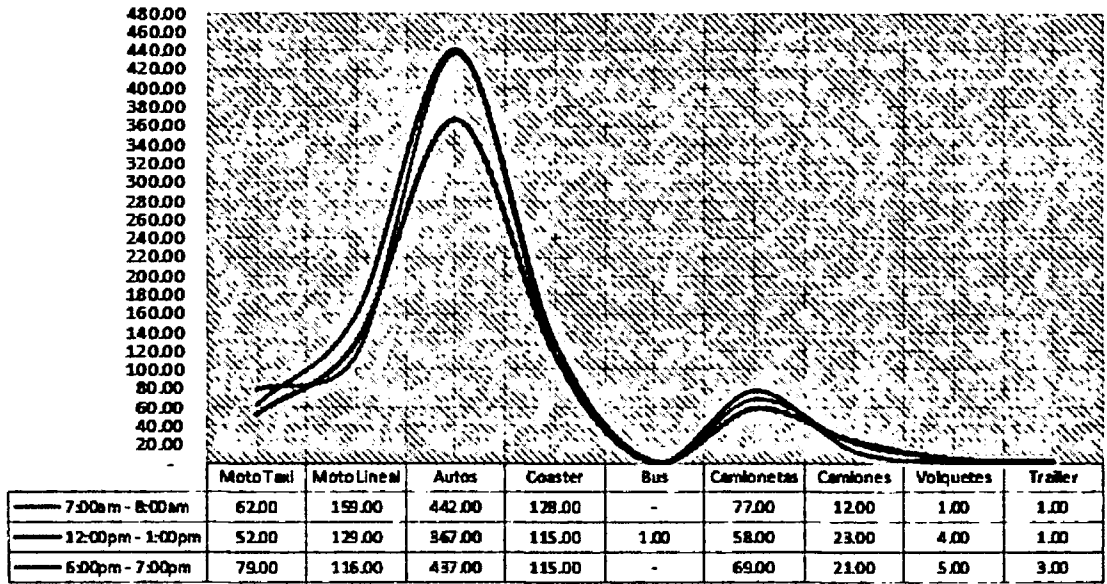


Figura C.13: Variación del flujo vehicular, 06/02/17

Variación de Volumen por Horario

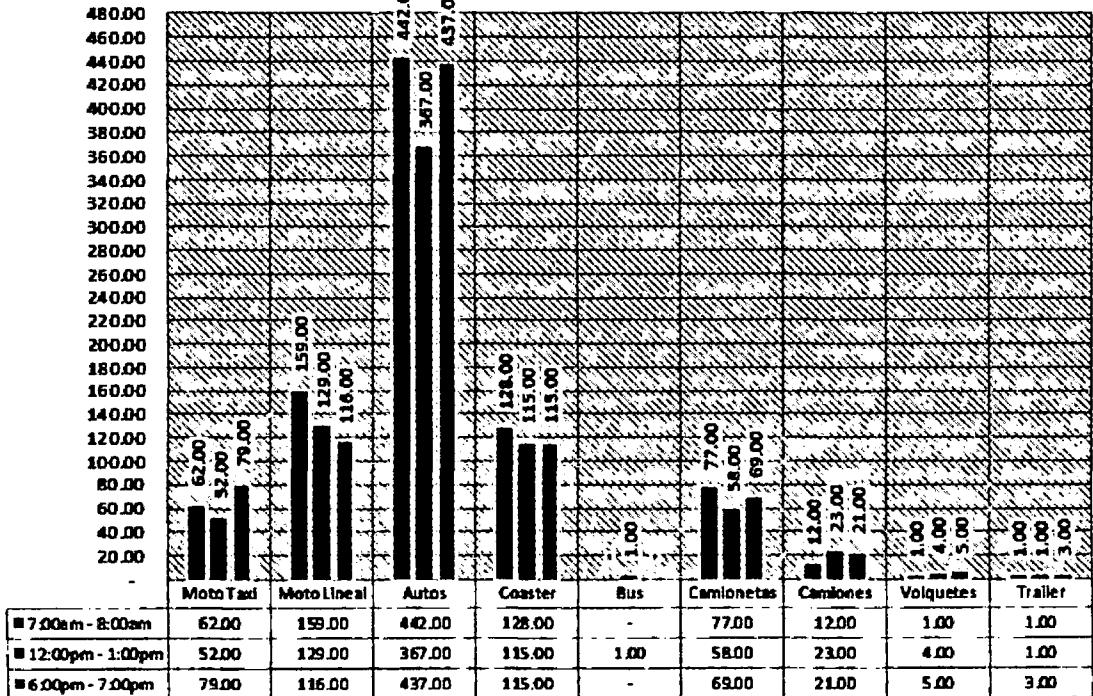


Figura C.14: Variación del volumen vehicular, 06/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 2

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Este - Oeste
FECHA :	7 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	60.00	151.00	440.00	124.00	-	75.00	10.00	1.00	1.00	862.00
12:00 - 1:00 pm	51.00	126.00	362.00	115.00	-	56.00	21.00	3.00	1.00	735.00
6:00 - 7:00 pm	76.00	115.00	433.00	110.00	1.00	67.00	20.00	6.00	1.00	829.00
TOTAL	187.00	392.00	1,235.00	349.00	1.00	198.00	51.00	10.00	3.00	2,426.00

Tpu	7.71%		50.91%	14.39%	0.04%					73.04%
Tpr		16.16%				8.16%	2.10%	0.41%	0.12%	26.96%
										100.00%

Fv Tpu	1,772.00	73.04%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	654.00	26.96%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	2,426.00	100.00%								

Cuadro C.8: Resumen de flujo de vehículos, 07/02/17.

Variación del Flujo por Horario

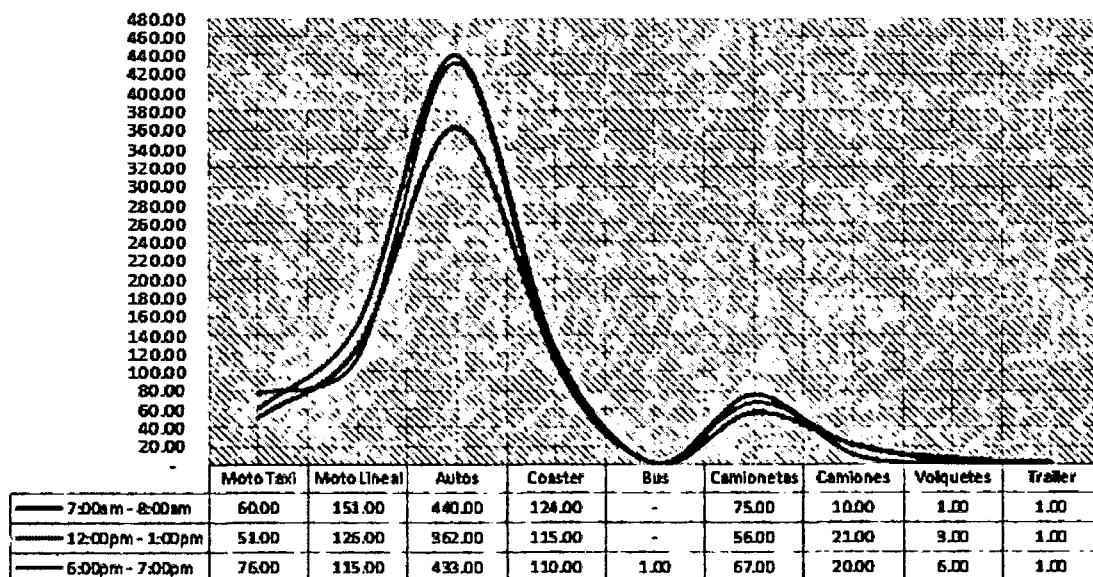


Figura C.15: Variación del flujo vehicular, 07/02/17

Variación de Volumen por Horario

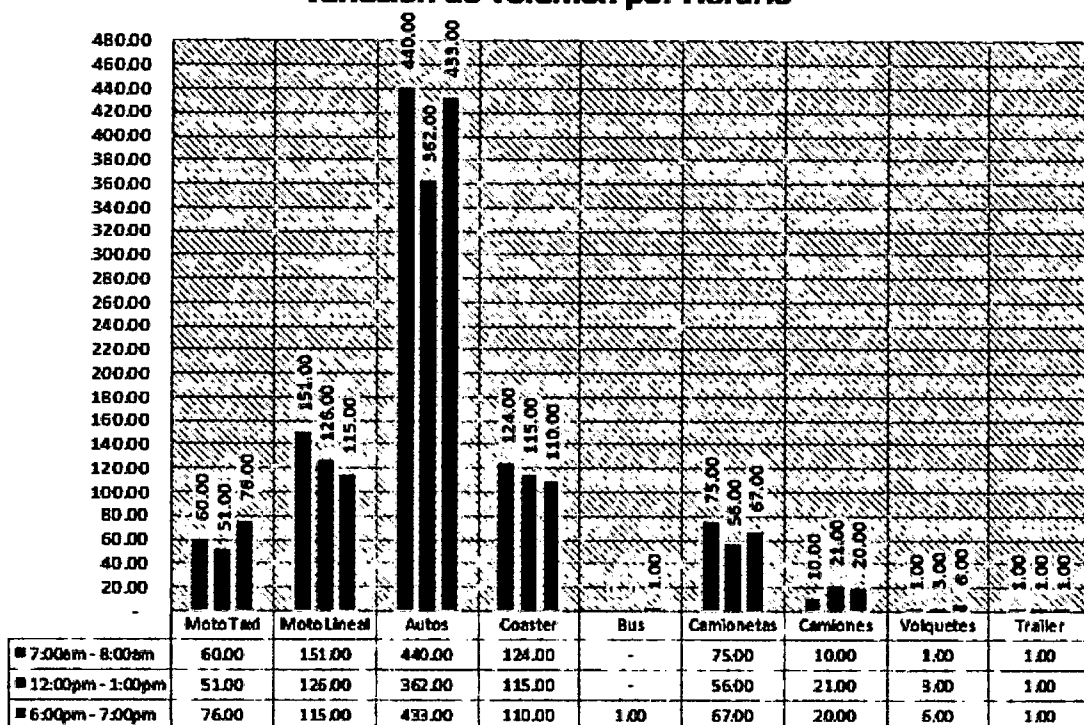


Figura C.16: Variación del volumen vehicular, 07/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 3

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Este - Oeste
FECHA :	8 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	59.00	160.00	443.00	126.00	-	74.00	11.00	1.00	1.00	875.00
12:00 - 1:00 pm	50.00	131.00	365.00	117.00	1.00	57.00	20.00	4.00	2.00	747.00
6:00 - 7:00 pm	76.00	114.00	435.00	113.00	-	71.00	19.00	3.00	1.00	832.00
TOTAL	185.00	405.00	1,243.00	356.00	1.00	202.00	50.00	8.00	4.00	2,454.00

Tpu	7.54%		50.65%	14.51%	0.04%					72.74%
Tpr		16.50%				8.23%	2.04%	0.33%	0.16%	27.26%
										100.00%

Fv Tpu	1,785.00	72.74%	Flujo vehicular de transporte público	
Fv Tpr	669.00	27.26%	Flujo vehicular de transporte privado	
Total	2,454.00	100.00%		

Cuadro C.9: Resumen de flujo de vehículos, 08/02/17.

Variación del Flujo por Horario

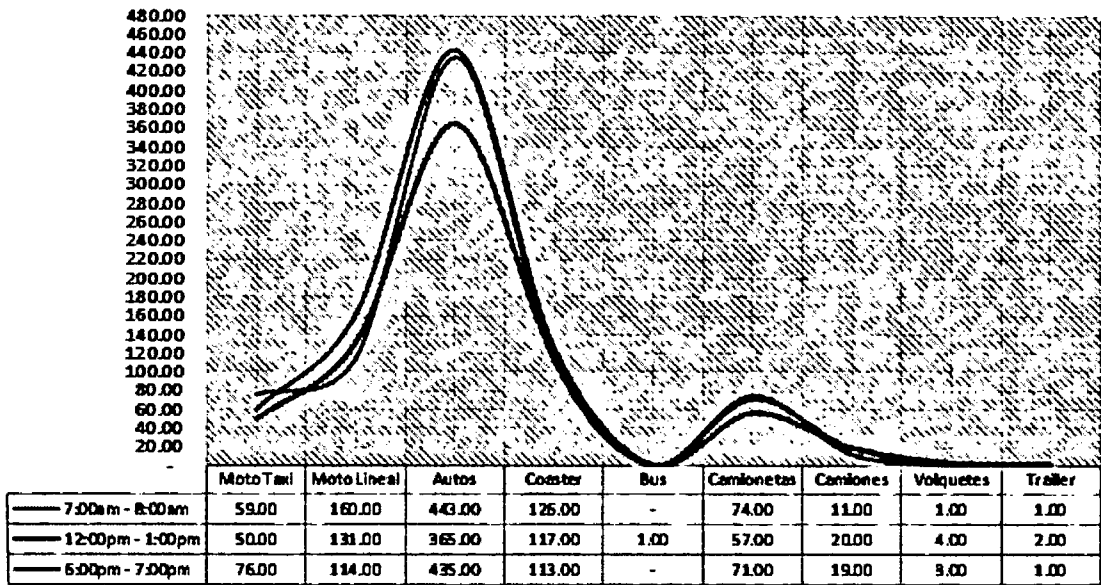


Figura C.17: Variación del flujo vehicular, 08/02/17

Variación de Volumen por Horario

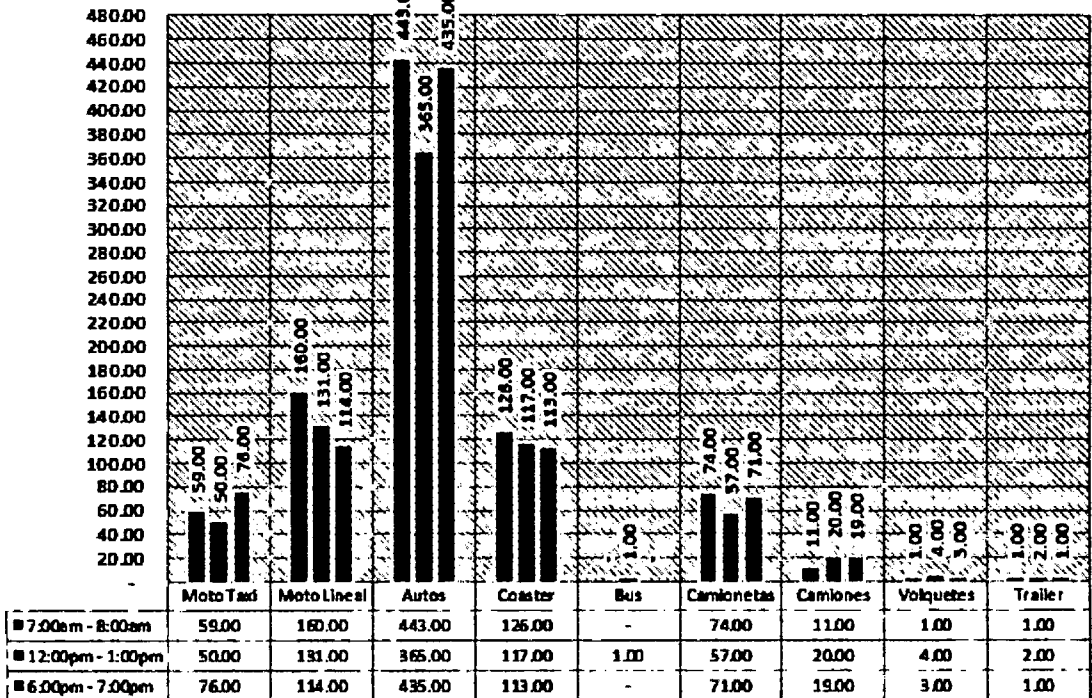


Figura C.18: Variación del volumen vehicular, 08/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 4

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Este - Oeste
FECHA :	9 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	63.00	162.00	439.00	130.00	-	79.00	13.00	2.00	2.00	890.00
12:00 - 1:00 pm	51.00	132.00	368.00	116.00	1.00	59.00	23.00	4.00	1.00	755.00
6:00 - 7:00 pm	75.00	116.00	435.00	119.00	-	70.00	22.00	4.00	2.00	843.00
TOTAL	189.00	410.00	1,242.00	365.00	1.00	208.00	58.00	10.00	5.00	2,488.00

Tpu	7.60%		49.92%	14.67%	0.04%					72.23%
Tpr		16.48%				8.36%	2.33%	0.40%	0.20%	27.77%
										100.00%

Fv Tpu	1,797.00	72.23%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	691.00	27.77%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	2,488.00	100.00%	

Cuadro C.10: Resumen de flujo de vehículos, 09/02/17.

Variación del Flujo por Horario

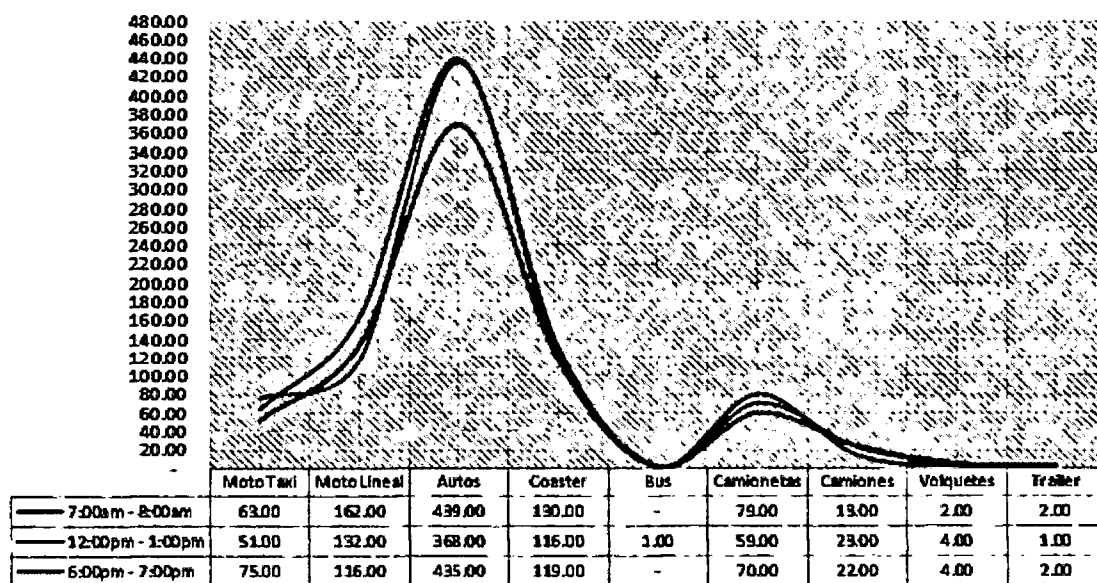


Figura C.19: Variación del flujo vehicular, 09/02/17

Variación de Volumen por Horario

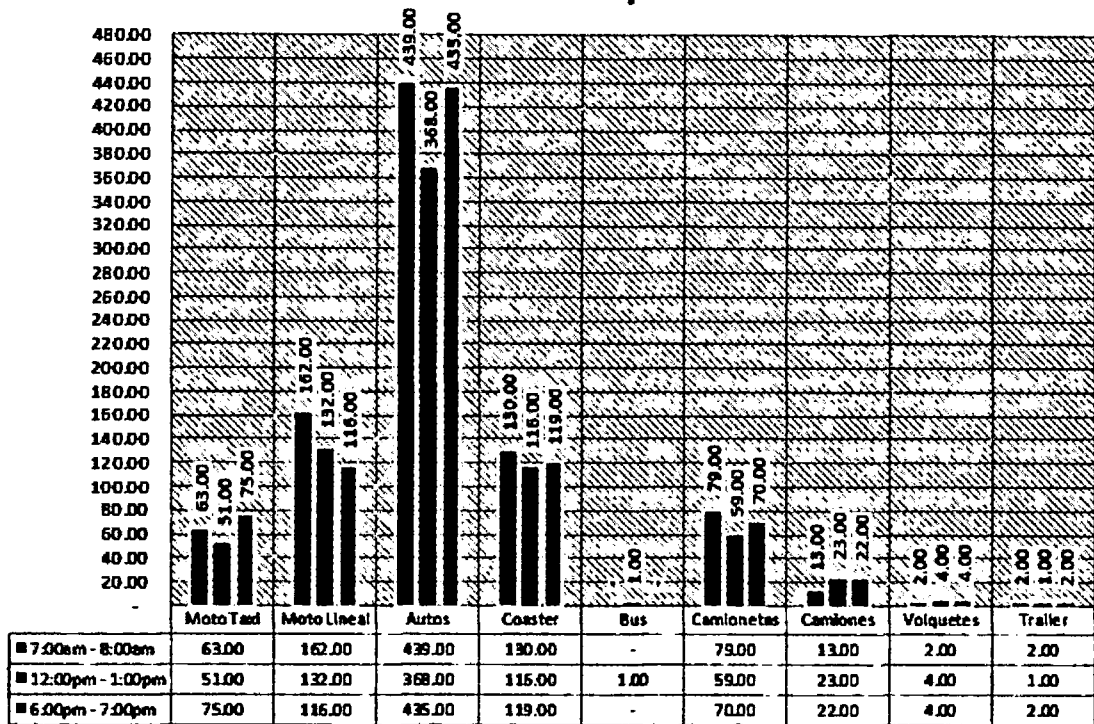


Figura C.20: Variación del volumen vehicular, 09/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 5										
FLUJO VEHICULAR										
VÍA :	Av. Ramón Castilla									
PUNTO :	Punto de Intersección									
SENTIDO :	Este - Oeste									
FECHA :	10 de Febrero de 2017									
Tpu : Transporte público Tpr : Transporte privado										
HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	65.00	163.00	445.00	132.00	-	82.00	15.00	2.00	1.00	905.00
12:00 - 1:00 pm	55.00	133.00	370.00	119.00	-	62.00	25.00	4.00	2.00	770.00
6:00 - 7:00 pm	83.00	119.00	441.00	120.00	1.00	73.00	24.00	5.00	3.00	869.00
TOTAL	203.00	415.00	1,256.00	371.00	1.00	217.00	64.00	11.00	6.00	2,544.00
Tpu	7.98%		49.37%	14.58%	0.04%					71.97%
Tpr		16.31%				8.53%	2.52%	0.43%	0.24%	28.03%
										100.00%
Fv Tpu	1,831.00	71.97%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	713.00	28.03%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	2,544.00	100.00%								

Cuadro C.11: Resumen de flujo de vehículos, 10/02/17.

Variación del Flujo por Horario

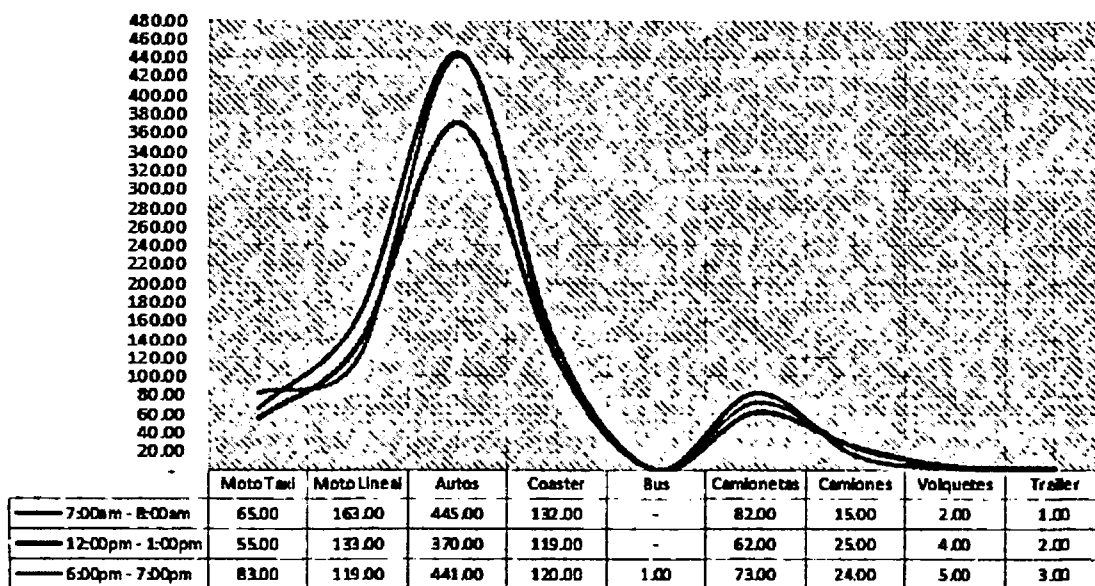


Figura C.21: Variación del flujo vehicular, 10/02/17

Variación de Volumen por Horario

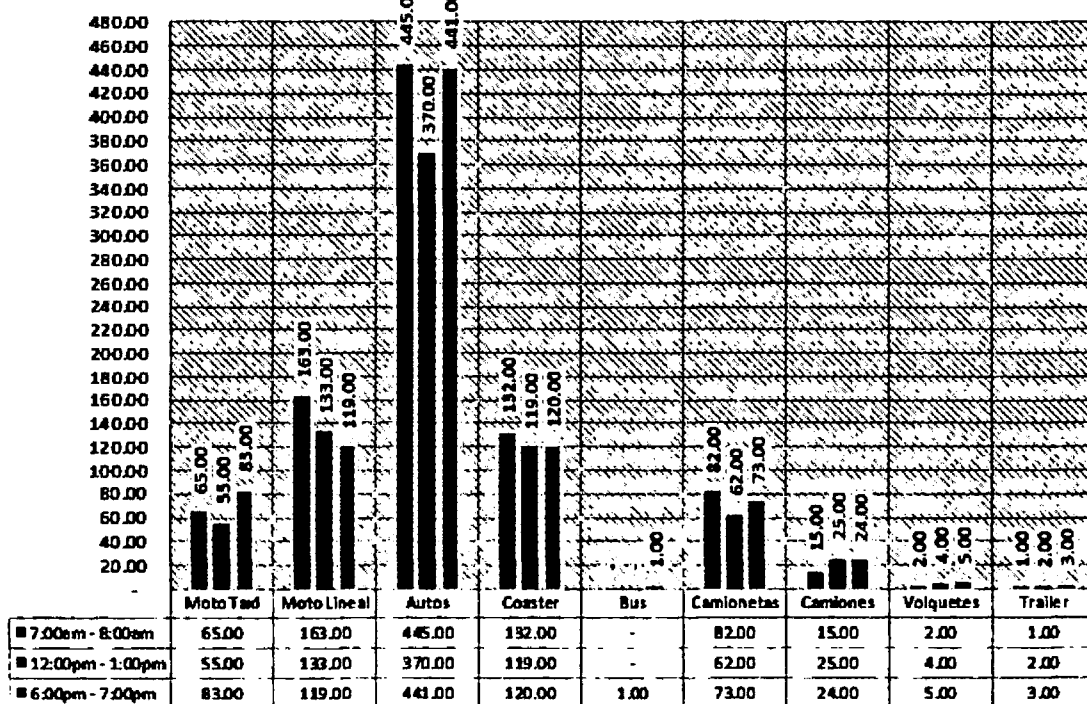


Figura C.22: Variación del volumen vehicular, 10/02/17

RESULTADOS FINALES PROMEDIO POR HORA

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ramón Castilla
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Este - Oeste
FECHA :	06/02/17 AL 10/02/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
CANTIDAD TOTAL - 5 DÍAS										
7:00 - 8:00 am	309.00	795.00	2,209.00	640.00	-	387.00	61.00	7.00	6.00	4,414.00
12:00 - 1:00 pm	259.00	651.00	1,832.00	582.00	3.00	292.00	112.00	19.00	7.00	3,757.00
6:00 - 7:00 pm	389.00	580.00	2,181.00	577.00	2.00	350.00	106.00	23.00	10.00	4,218.00
Total	957.00	2,026.00	6,222.00	1,799.00	5.00	1,029.00	279.00	49.00	23.00	12,389.00
CANTIDAD PROMEDIO / DÍA										
7:00 - 8:00 am	62.00	159.00	442.00	128.00	-	78.00	13.00	2.00	2.00	886.00
12:00 - 1:00 pm	52.00	131.00	367.00	117.00	1.00	59.00	23.00	4.00	2.00	756.00
6:00 - 7:00 pm	78.00	116.00	437.00	116.00	1.00	70.00	22.00	5.00	2.00	847.00
Total	192.00	406.00	1,246.00	361.00	2.00	207.00	58.00	11.00	6.00	2,489.00
Prom./Hora	64.00	136.00	415.00	120.00	1.00	69.00	19.00	4.00	2.00	830.00
Prom. %	7.72%	16.35%	50.23%	14.52%	0.04%	8.30%	2.25%	0.40%	0.19%	100.00%
Tpu	7.72%		50.23%	14.52%	0.04%					72.51%
Tpr		16.35%				8.30%	2.25%	0.40%	0.19%	27.49%
										100.00%

Fv Tpu	72.51%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	27.49%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	100.00%	

Cuadro C.12: Promedio de flujo de vehículos, 06/02/17 al 10/02/17.

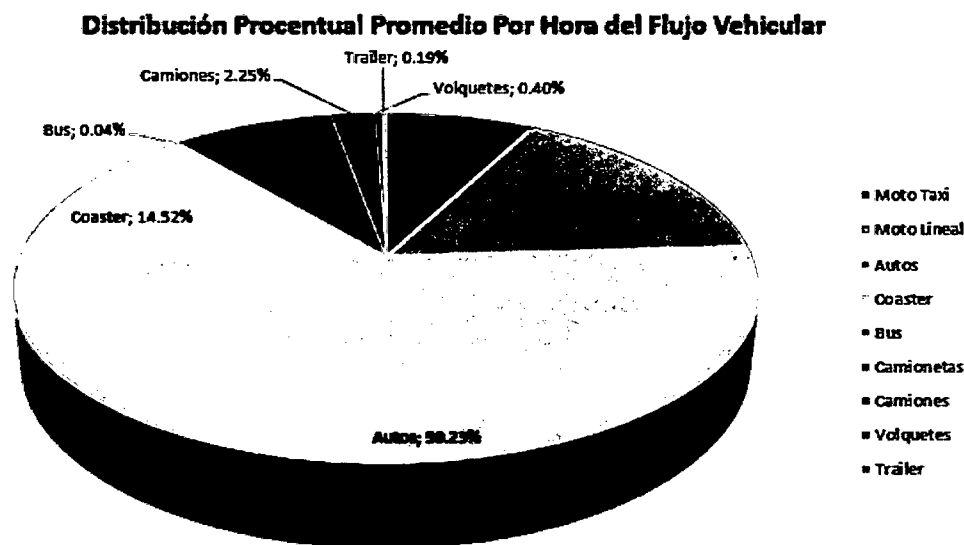


Figura C.23: Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 06/02/17 al 10/02/17.

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos

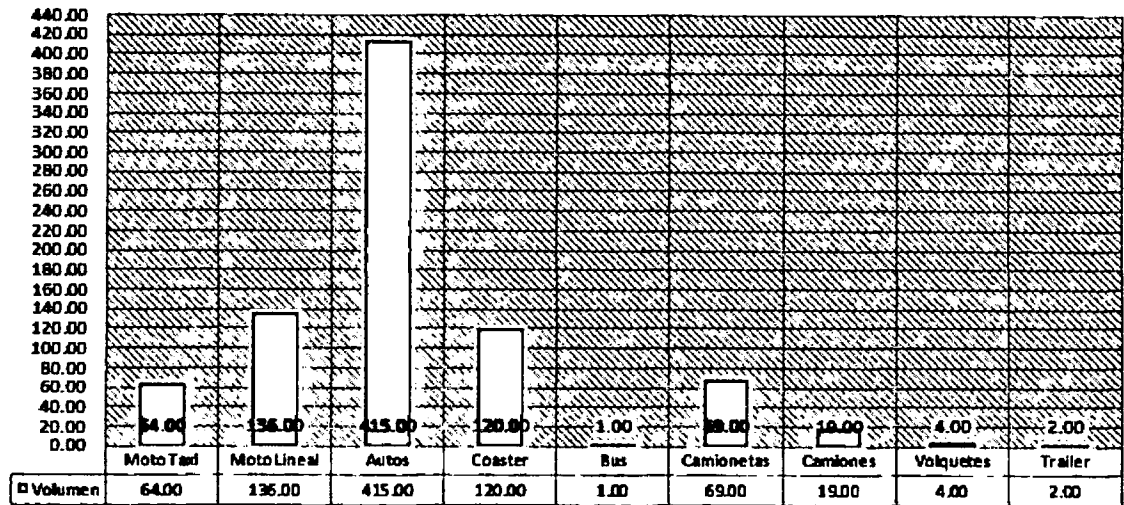


Figura C.24: Variación promedio del volumen vehicular, 06/02/17 al 10/02/17.

C.0.3. Aforo Av. Ejército, sentido Norte - Sur

El aforo se realizó en las fechas 13/02/17 al 17/02/17 para los horarios de 7:00am, 12:00pm y 6:00pm con intervalos de 1 hora de conteo, lo cuales se detallan a continuación:

RESULTADOS DEL AFORO - DIA 1

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Norte - Sur
FECHA :	13 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	21.00	89.00	192.00	21.00	-	45.00	20.00	4.00	4.00	396.00
12:00 - 1:00 pm	22.00	49.00	196.00	22.00	-	33.00	15.00	-	2.00	339.00
6:00 - 7:00 pm	38.00	64.00	202.00	16.00	-	34.00	8.00	2.00	3.00	367.00
TOTAL	81.00	202.00	590.00	59.00	-	112.00	43.00	6.00	9.00	1,102.00

Tpu	7.35%		53.54%	5.35%	0.00%					66.24%
Tpr		18.33%				10.16%	3.90%	0.54%	0.82%	33.76%
										100.00%

Fv Tpu	730.00	66.24%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	372.00	33.76%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1,102.00	100.00%	

Cuadro C.13: Resumen de flujo de vehículos, 13/02/17.

Variación del Flujo por Horario

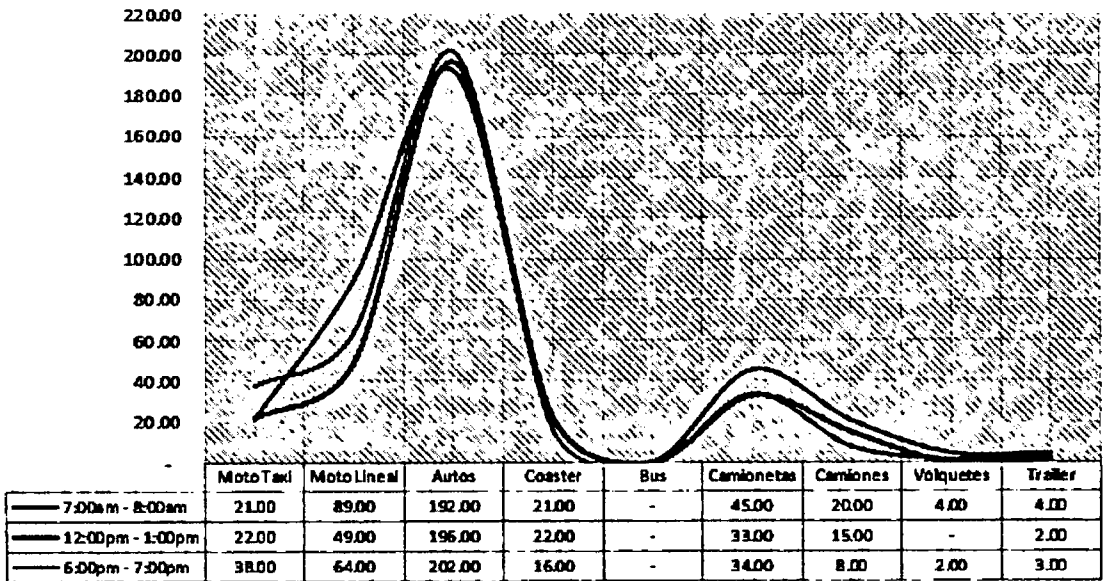


Figura C.25: Variación del flujo vehicular, 13/02/17

Variación de Volumen por Horario

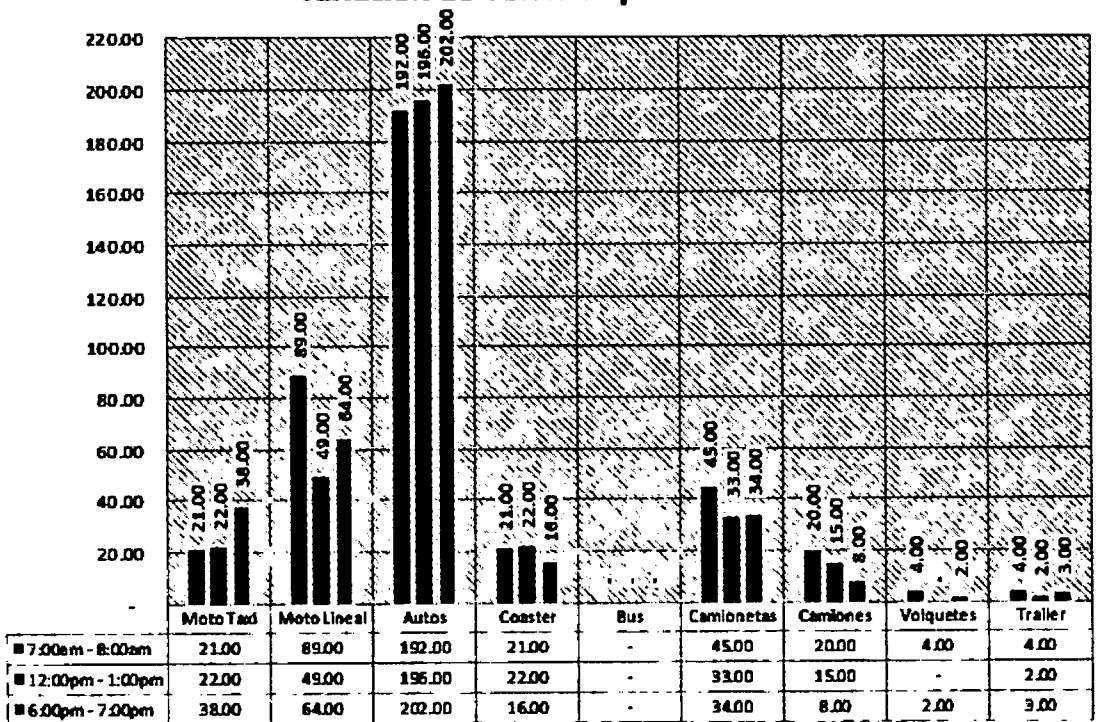


Figura C.26: Variación del volumen vehicular, 13/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 2

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Norte - Sur
FECHA :	14 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	19.00	88.00	190.00	20.00	-	43.00	18.00	3.00	3.00	384.00
12:00 - 1:00 pm	20.00	46.00	194.00	23.00	1.00	32.00	15.00	-	3.00	334.00
6:00 - 7:00 pm	36.00	61.00	200.00	15.00	-	36.00	7.00	3.00	2.00	360.00
TOTAL	75.00	195.00	584.00	58.00	1.00	111.00	40.00	6.00	8.00	1,078.00

Tpu	6.96%		54.17%	5.38%	0.09%					66.60%
Tpr		18.09%				10.30%	3.71%	0.56%	0.74%	33.40%
										100.00%

Fv Tpu	718.00	66.60%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	360.00	33.40%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1,078.00	100.00%	

Cuadro C.14: Resumen de flujo de vehículos, 14/02/17.

Variación del Flujo por Horario

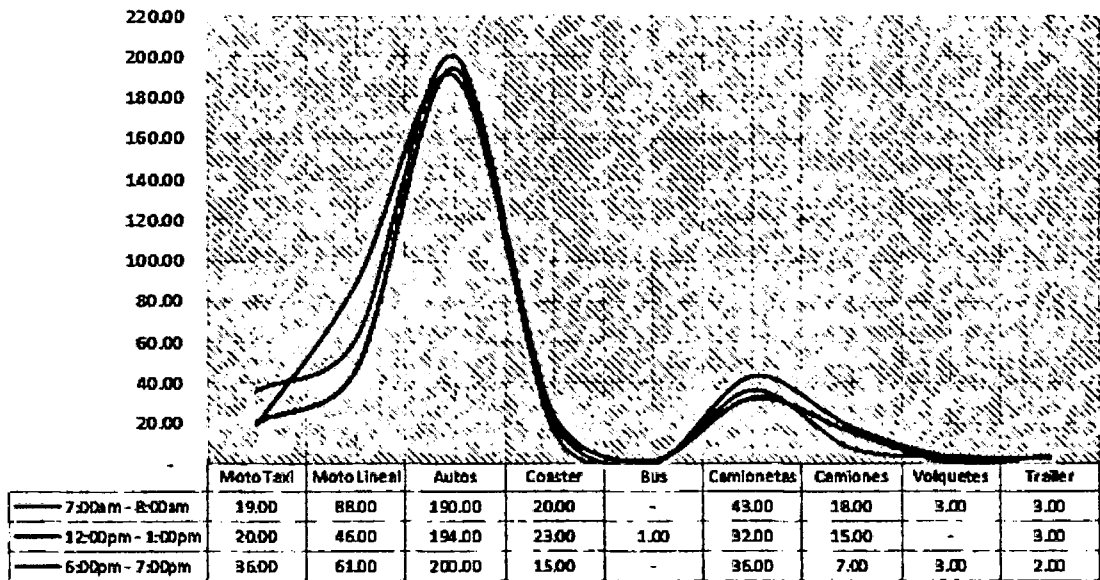


Figura C.27: Variación del flujo vehicular, 14/02/17

Variación de Volumen por Horario

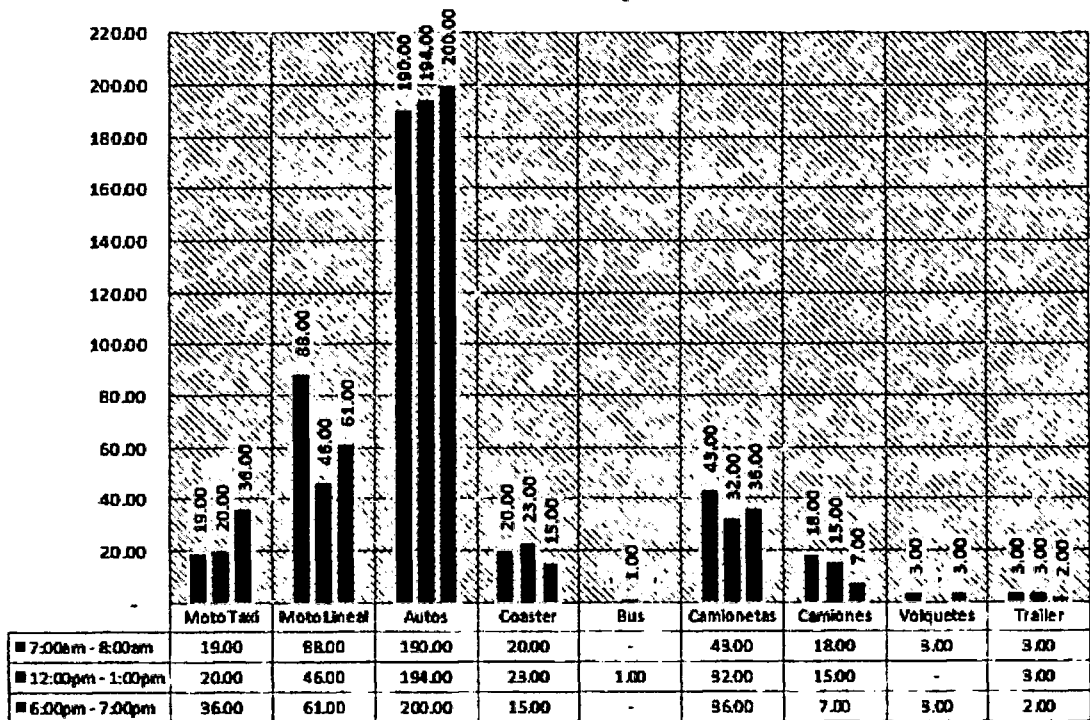


Figura C.28: Variación del volumen vehicular, 14/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 3

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Norte - Sur
FECHA :	15 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	20.00	87.00	193.00	18.00	-	47.00	19.00	5.00	5.00	394.00
12:00 - 1:00 pm	25.00	51.00	199.00	21.00	-	33.00	16.00	1.00	1.00	347.00
6:00 - 7:00 pm	39.00	66.00	206.00	19.00	-	31.00	9.00	1.00	3.00	374.00
TOTAL	84.00	204.00	598.00	58.00	-	111.00	44.00	7.00	9.00	1,115.00
Tpu	7.53%		53.63%	5.20%	0.00%					66.37%
Tpr		18.30%				9.96%	3.95%	0.63%	0.81%	33.63%
										100.00%

Fv Tpu	740.00	66.37%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	375.00	33.63%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1,115.00	100.00%	

Cuadro C.15: Resumen de flujo de vehículos, 15/02/17.

Variación del Flujo por Horario

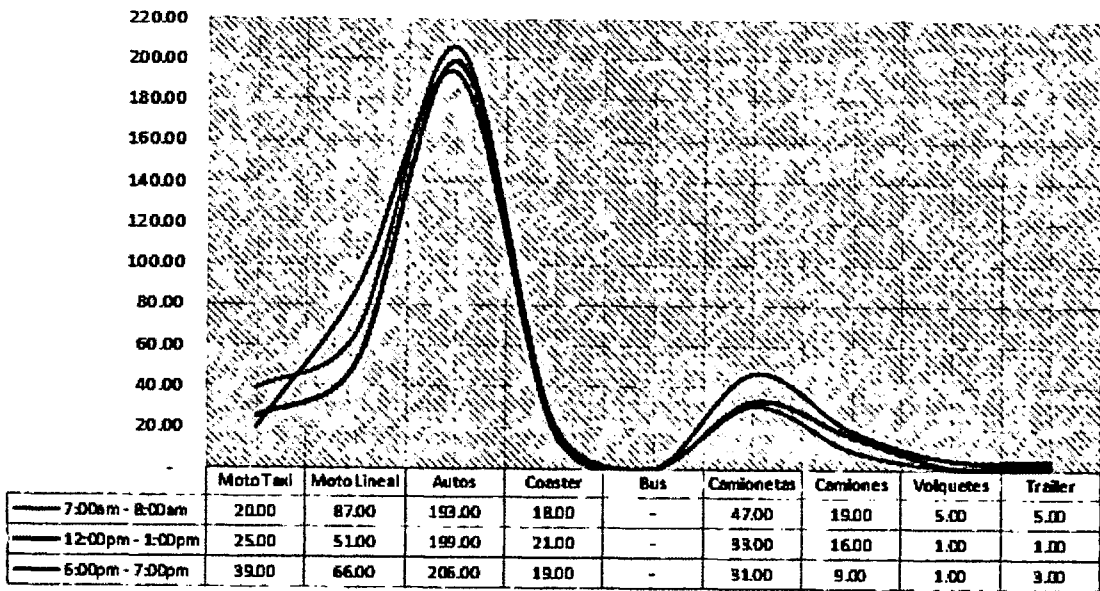


Figura C.29: Variación del flujo vehicular, 15/02/17

Variación de Volumen por Horario

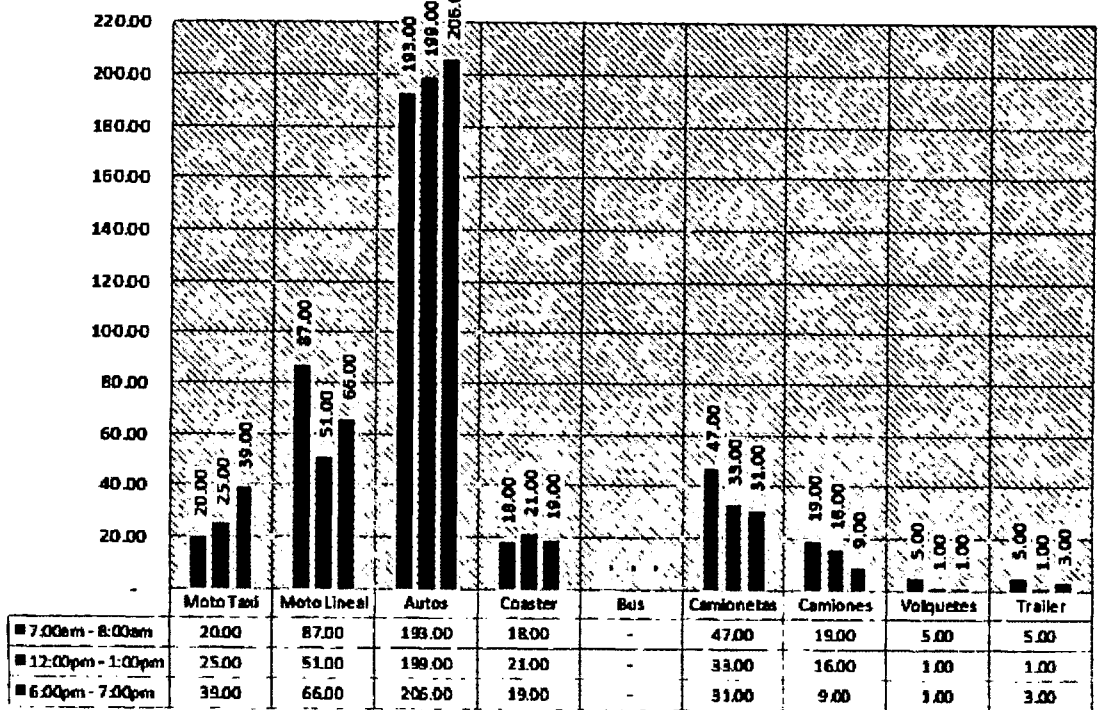


Figura C.30: Variación del volumen vehicular, 15/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 4

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Norte - Sur
FECHA :	16 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	21.00	85.00	191.00	22.00	-	41.00	22.00	4.00	4.00	390.00
12:00 - 1:00 pm	23.00	50.00	198.00	20.00	-	30.00	17.00	-	2.00	340.00
6:00 - 7:00 pm	37.00	63.00	204.00	17.00	1.00	30.00	10.00	1.00	1.00	364.00
TOTAL	81.00	198.00	593.00	59.00	1.00	101.00	49.00	5.00	7.00	1,094.00

Tpu	7.40%		54.20%	5.39%	0.09%					67.09%
Tpr	-	18.10%				9.23%	4.48%	0.46%	0.64%	32.91%
										100.00%

Fv Tpu	734.00	67.09%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	360.00	32.91%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1,094.00	100.00%	

Cuadro C.16: Resumen de flujo de vehículos, 16/02/17.

Variación del Flujo por Horario

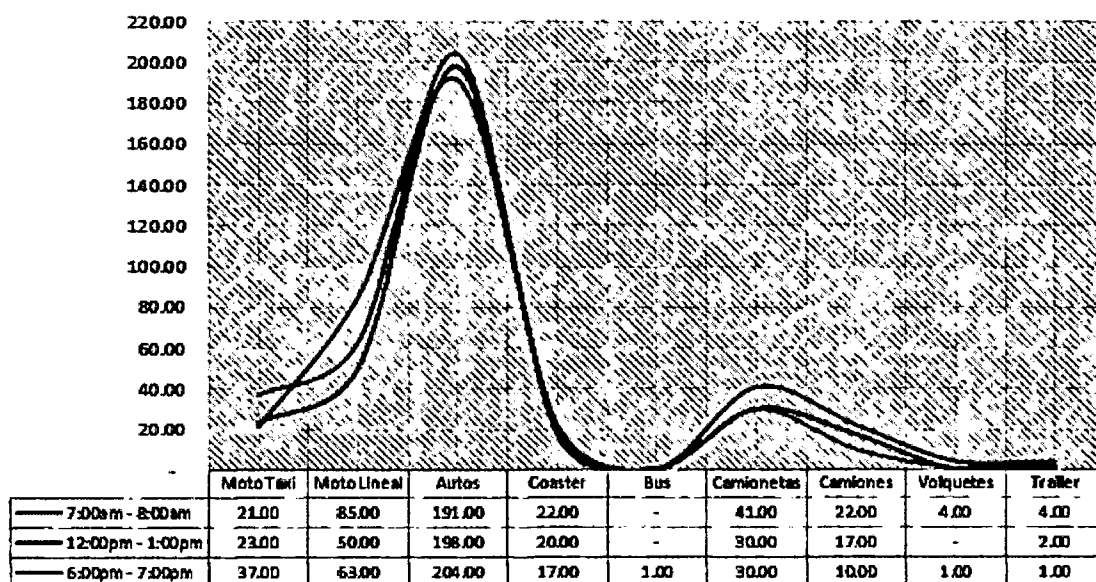


Figura C.31: Variación del flujo vehicular, 16/02/17

Variación de Volumen por Horario

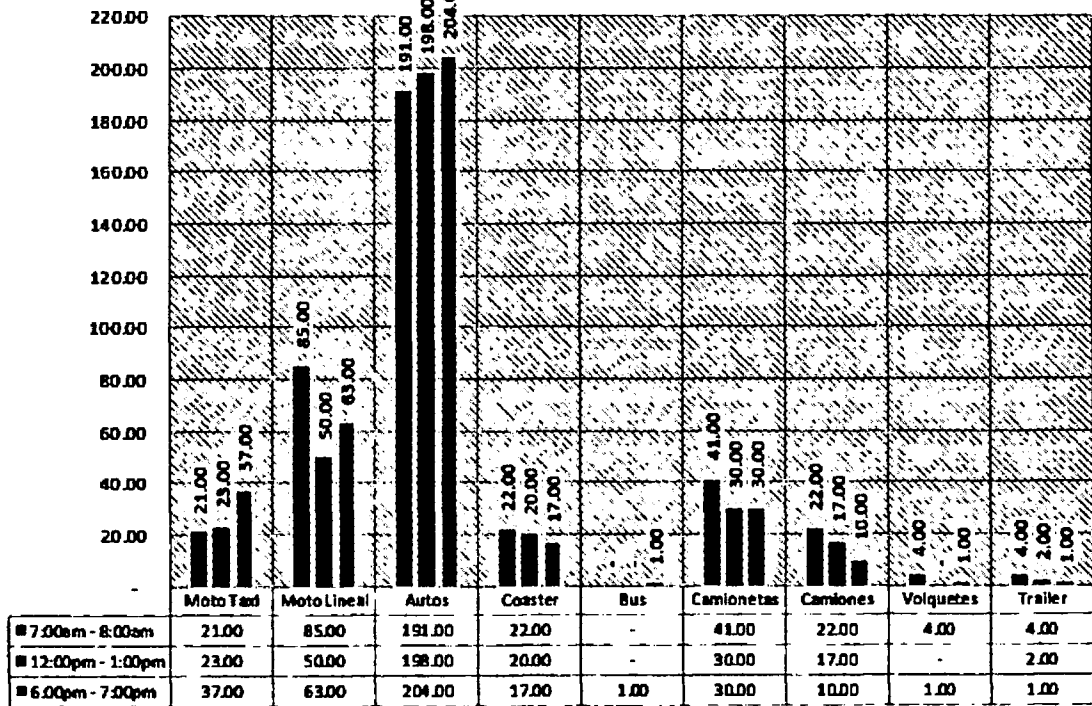


Figura C.32: Variación del volumen vehicular, 16/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 5

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Norte - Sur
FECHA :	17 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	23.00	92.00	197.00	23.00	-	46.00	21.00	3.00	4.00	409.00
12:00 - 1:00 pm	26.00	53.00	201.00	24.00	-	36.00	16.00	1.00	2.00	359.00
6:00 - 7:00 pm	41.00	66.00	209.00	18.00	1.00	38.00	10.00	-	4.00	387.00
TOTAL	90.00	211.00	607.00	65.00	1.00	120.00	47.00	4.00	10.00	1,155.00

Tpu	7.79%	52.55%	5.63%	0.09%						66.06%
Tpr		18.27%				10.39%	4.07%	0.35%	0.87%	33.94%
										100.00%

Fv Tpu	763.00	66.06%	Flujo vehicular de transporte público	
Fv Tpr	392.00	33.94%	Flujo vehicular de transporte privado	
Total	1,155.00	100.00%		

Cuadro C.17: Resumen de flujo de vehículos, 17/02/17.

Variación del Flujo por Horario

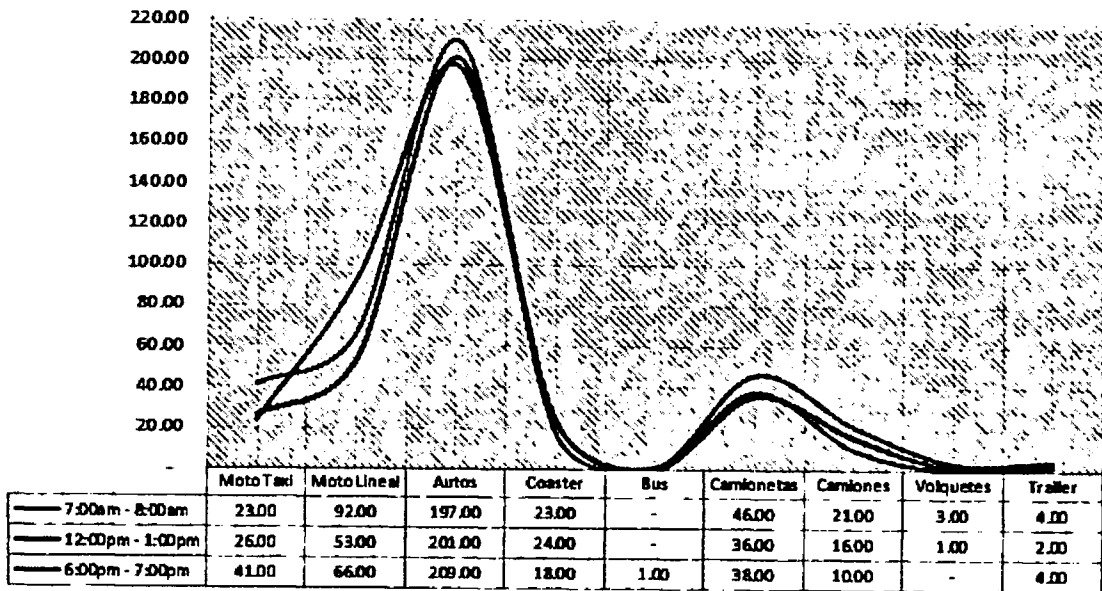


Figura C.33: Variación del flujo vehicular, 17/02/17

Variación de Volumen por Horario

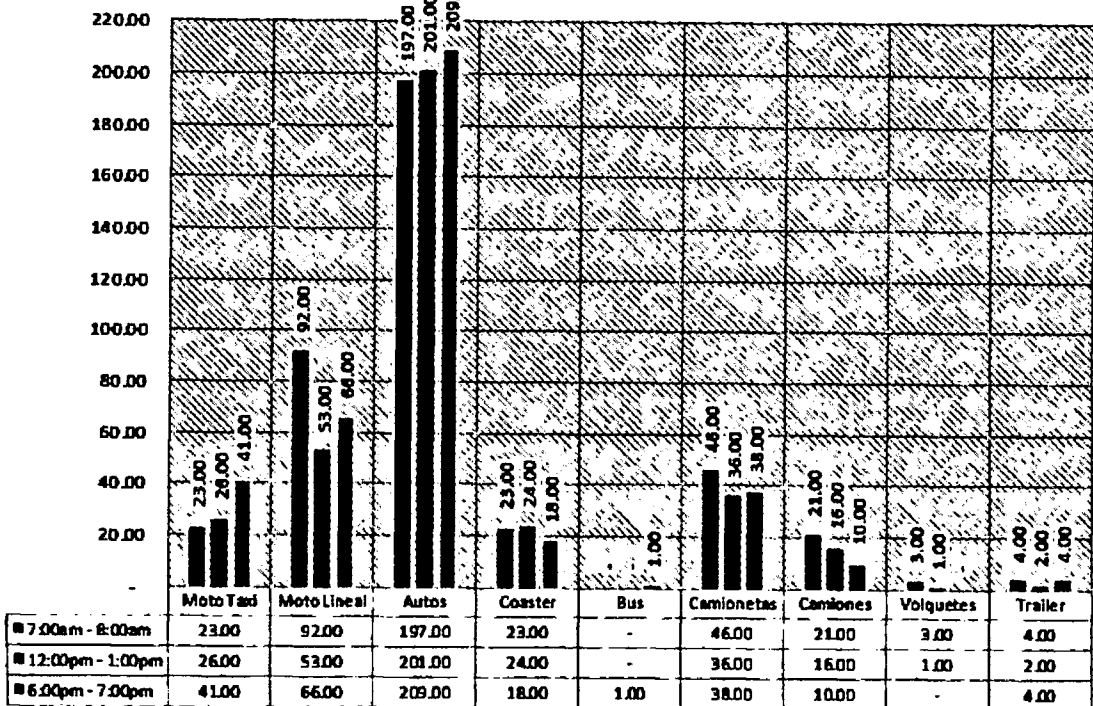


Figura C.34: Variación del volumen vehicular, 17/02/17

RESULTADOS FINALES PROMEDIO POR HORA

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Norte - Sur
FECHA :	13/02/17 AL 17/02/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
CANTIDAD TOTAL - 5 DÍAS										
7:00 - 8:00 am	104.00	441.00	963.00	104.00	-	222.00	100.00	19.00	20.00	1,973.00
12:00 - 1:00 pm	116.00	249.00	988.00	110.00	1.00	164.00	79.00	2.00	10.00	1,719.00
6:00 - 7:00 pm	191.00	320.00	1,021.00	85.00	2.00	169.00	44.00	7.00	13.00	1,852.00
Total	411.00	1,010.00	2,972.00	299.00	3.00	555.00	223.00	28.00	43.00	5,544.00
CANTIDAD PROMEDIO/ DÍA										
7:00 - 8:00 am	21.00	89.00	193.00	21.00	-	45.00	20.00	4.00	4.00	397.00
12:00 - 1:00 pm	24.00	50.00	198.00	22.00	1.00	33.00	16.00	1.00	2.00	347.00
6:00 - 7:00 pm	39.00	64.00	205.00	17.00	1.00	34.00	9.00	2.00	3.00	374.00
Total	84.00	203.00	596.00	60.00	2.00	112.00	45.00	7.00	9.00	1,118.00
Prom./Hora	28.00	68.00	199.00	20.00	1.00	37.00	15.00	2.00	3.00	373.00
Prom. %	7.41%	18.22%	53.62%	5.39%	0.05%	10.01%	4.02%	0.51%	0.77%	100.00%
Tpu	7.41%		53.62%	5.39%	0.05%					66.47%
Tpr		18.22%				10.01%	4.02%	0.51%	0.77%	33.53%
										100.00%
Fv Tpu	66.47%		Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	33.53%		Flujo vehicular de transporte privado							
Total	100.00%									

Cuadro C.18: Promedio de flujo de vehículos, 13/02/17 al 17/02/17.

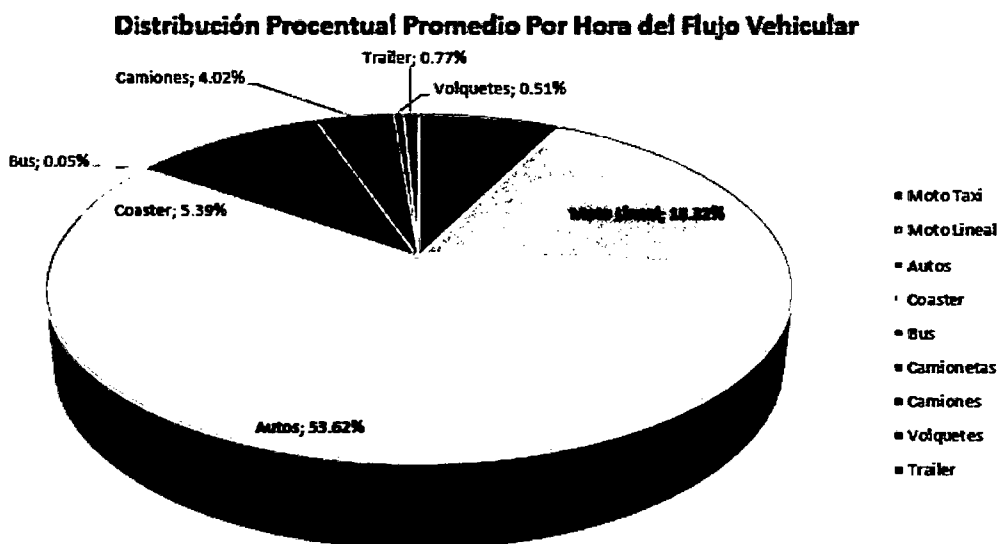


Figura C.35: Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 13/02/17 al 17/02/17.

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos

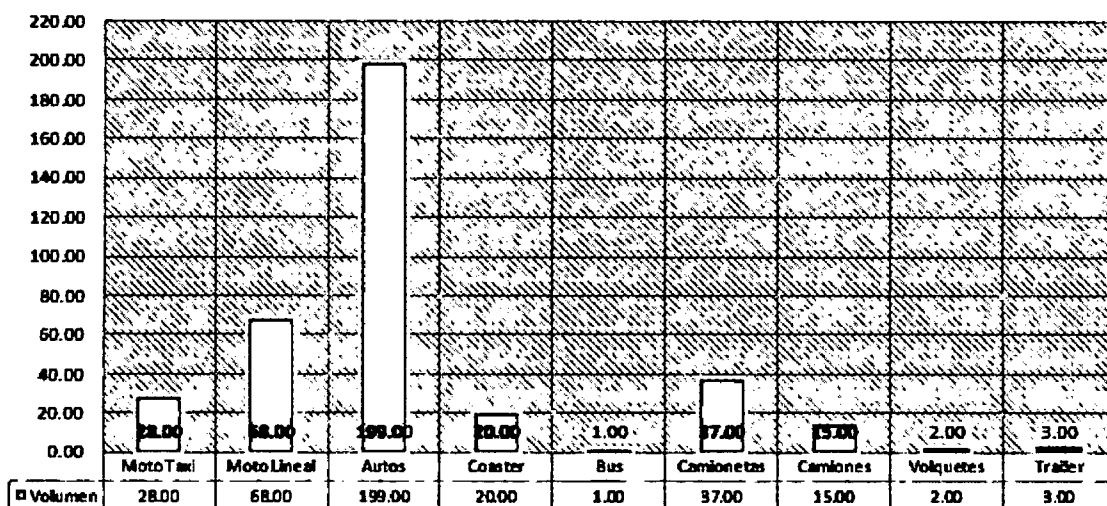


Figura C.36: Variación promedio del volumen vehicular, 13/02/17 al 17/02/17.

C.0.4. Aforo Av. Ejército, sentido Sur - Norte

El aforo se realizó en las fechas 20/02/17 al 24/02/17 para los horarios de 7:00am, 12:00pm y 6:00pm con intervalos de 1 hora de conteo, lo cuales se detallan a continuación:

RESULTADOS DEL AFORO - DIA 1

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Sur - Norte
FECHA :	20 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	47.00	45.00	194.00	22.00	-	42.00	20.00	-	2.00	372.00
12:00 - 1:00 pm	27.00	48.00	219.00	19.00	-	50.00	8.00	1.00	2.00	374.00
6:00 - 7:00 pm	29.00	45.00	184.00	16.00	-	39.00	11.00	2.00	1.00	327.00
TOTAL	103.00	138.00	597.00	57.00	-	131.00	39.00	3.00	5.00	1,073.00

Tpu	9.60%		55.64%	5.31%	0.00%					70.55%
Tpr		12.86%				12.21%	3.63%	0.28%	0.47%	29.45%
										100.00%

Fv Tpu	757.00	70.55%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	316.00	29.45%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1,073.00	100.00%	

Cuadro C.19: Resumen de flujo de vehículos, 20/02/17.

Variación del Flujo por Horario

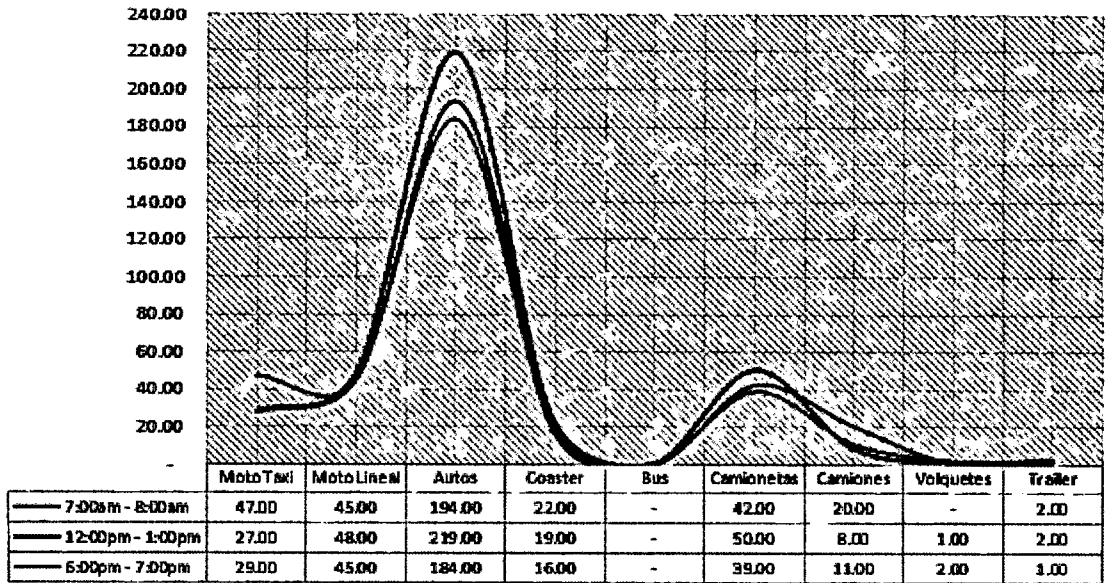


Figura C.37: Variación del flujo vehicular, 20/02/17

Variación de Volumen por Horario

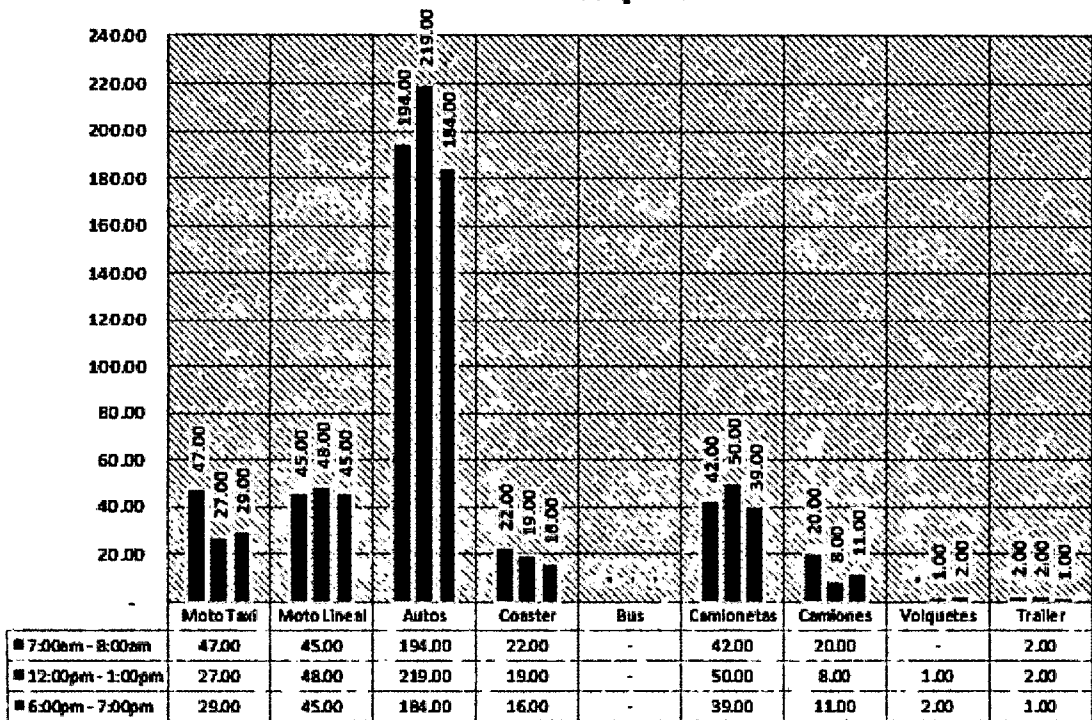


Figura C.38: Variación del volumen vehicular, 20/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 2

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de intersección
SENTIDO :	Sur - Norte
FECHA :	21 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	44.00	43.00	192.00	21.00	-	40.00	19.00	-	2.00	361.00
12:00 - 1:00 pm	23.00	47.00	218.00	20.00	1.00	48.00	9.00	1.00	1.00	368.00
6:00 - 7:00 pm	28.00	42.00	186.00	15.00	-	38.00	10.00	1.00	-	320.00
TOTAL	95.00	132.00	596.00	56.00	1.00	126.00	38.00	2.00	3.00	1,049.00

Tpu	9.06%		56.82%	5.34%	0.10%					71.31%
Tpr		12.58%				12.01%	3.62%	0.19%	0.29%	28.69%
										100.00%

Fv Tpu	748.00	71.31%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	301.00	28.69%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1,049.00	100.00%	

Cuadro C.20: Resumen de flujo de vehículos, 21/02/17.

Variación del Flujo por Horario

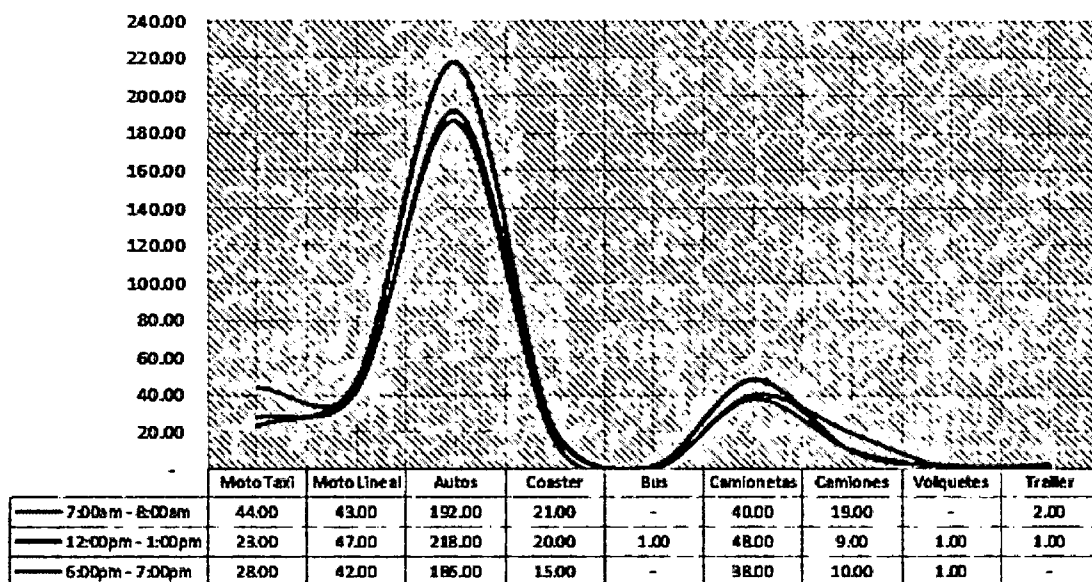


Figura C.39: Variación del flujo vehicular, 21/02/17

Variación de Volumen por Horario

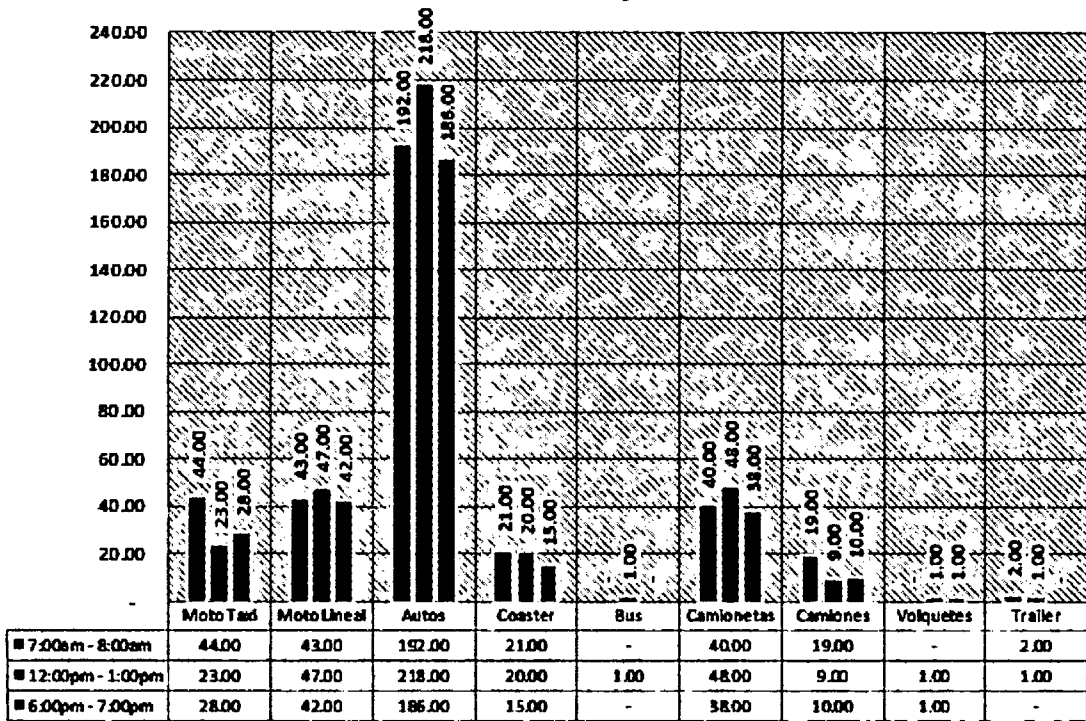


Figura C.40: Variación del volumen vehicular, 21/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 3

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Sur - Norte
FECHA :	22 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	46.00	45.00	191.00	23.00	-	44.00	21.00	1.00	2.00	373.00
12:00 - 1:00 pm	25.00	48.00	217.00	19.00	-	50.00	8.00	1.00	2.00	370.00
6:00 - 7:00 pm	29.00	44.00	184.00	17.00	-	36.00	11.00	-	-	321.00
TOTAL	100.00	137.00	592.00	59.00	-	130.00	40.00	2.00	4.00	1,064.00

Tpu	9.40%	55.64%	5.55%	0.00%						70.58%
Tpr		12.88%				12.22%	3.76%	0.19%	0.38%	29.42%
										100.00%

Fv Tpu	751.00	70.58%	Flujo vehicular de transporte público	
Fv Tpr	313.00	29.42%	Flujo vehicular de transporte privado	
Total	1,064.00	100.00%		

Cuadro C.21: Resumen de flujo de vehículos, 22/02/17.

Variación del Flujo por Horario

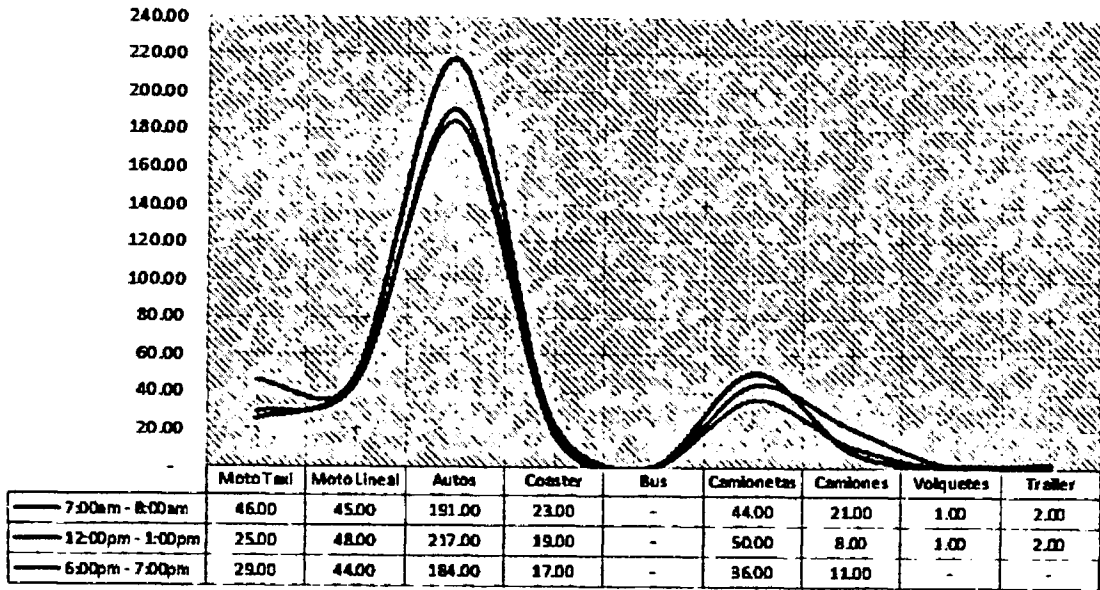


Figura C.41: Variación del flujo vehicular, 22/02/17

Variación de Volumen por Horario

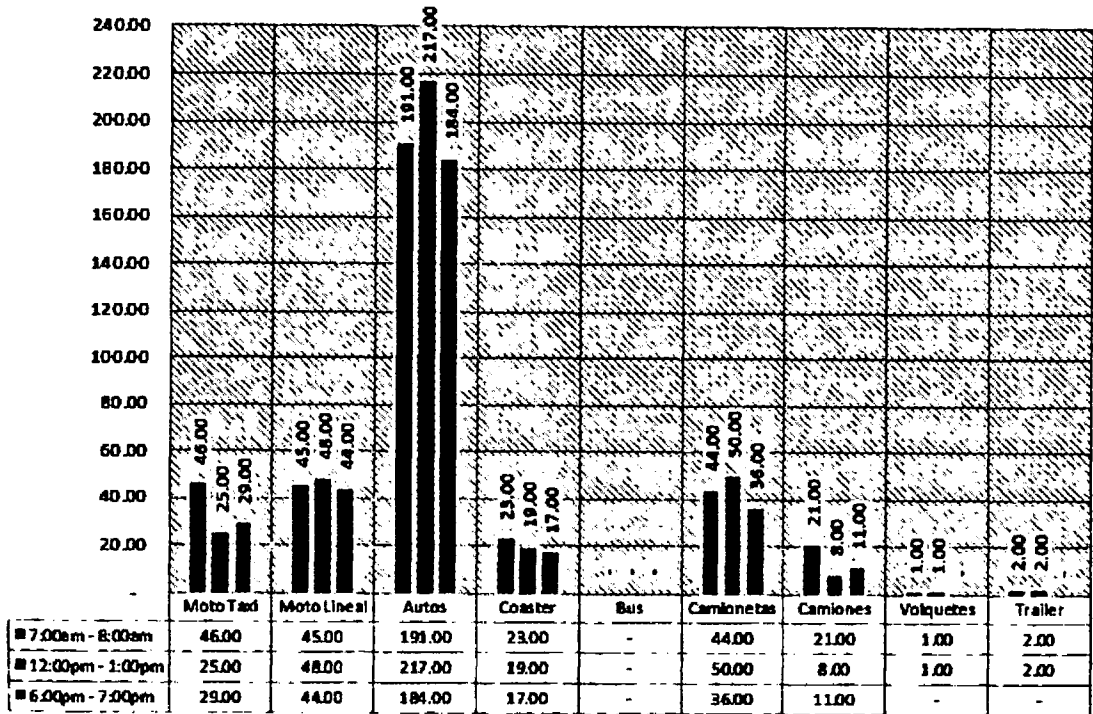


Figura C.42: Variación del volumen vehicular, 22/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 4

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Sur - Norte
FECHA :	23 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	49.00	47.00	193.00	20.00	-	41.00	22.00	-	1.00	373.00
12:00 - 1:00 pm	28.00	49.00	219.00	18.00	1.00	53.00	10.00	2.00	2.00	382.00
6:00 - 7:00 pm	30.00	45.00	185.00	16.00	-	40.00	10.00	1.00	1.00	328.00
TOTAL	107.00	141.00	597.00	54.00	1.00	134.00	42.00	3.00	4.00	1,083.00

Tpu	9.88%		55.12%	4.99%	0.09%					70.08%
Tpr		13.02%				12.37%	3.88%	0.28%	0.37%	29.92%
										100.00%

Fv Tpu	759.00	70.08%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	324.00	29.92%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1,083.00	100.00%	

Cuadro C.22: Resumen de flujo de vehículos, 23/02/17.

Variación del Flujo por Horario

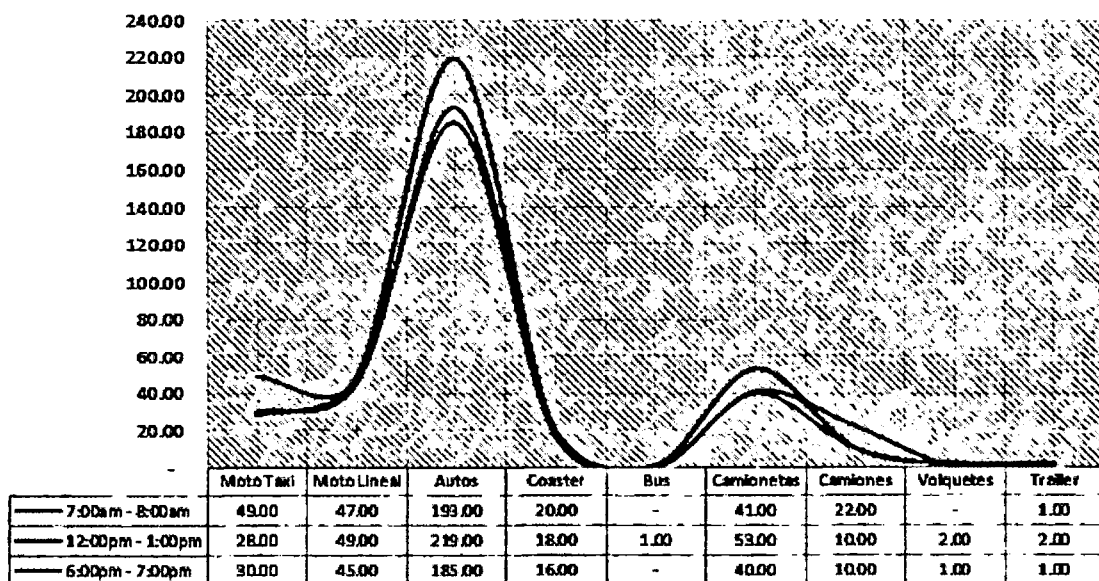


Figura C.43: Variación del flujo vehicular, 23/02/17

Variación de Volumen por Horario

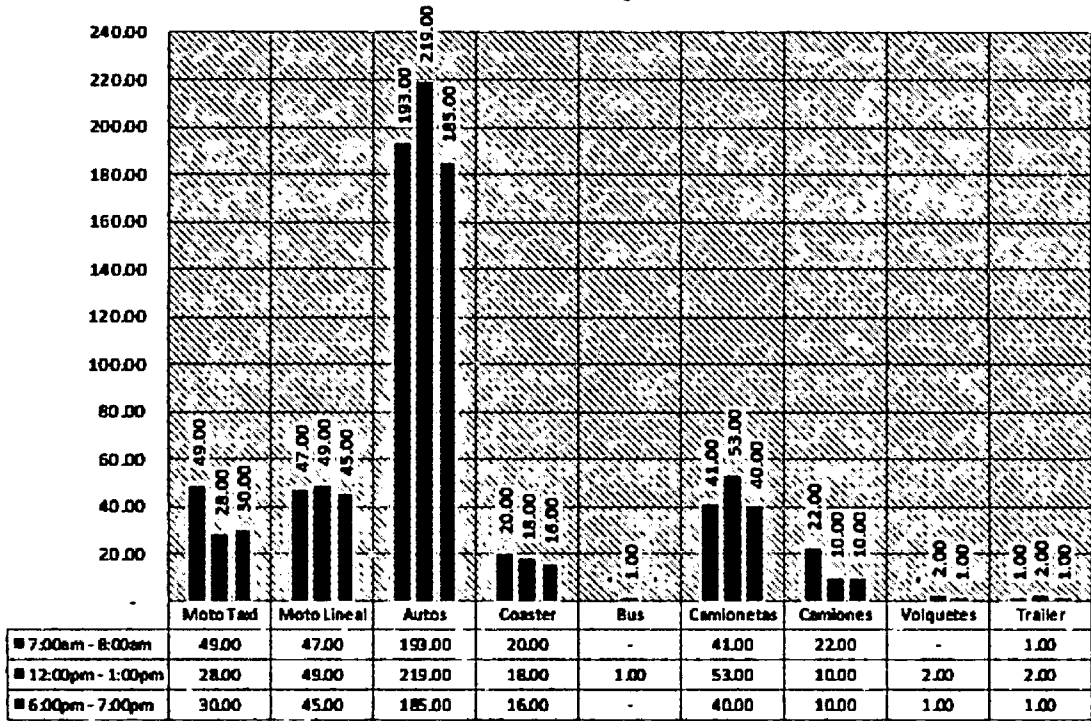


Figura C.44: Variación del volumen vehicular, 23/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 5

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	Sur - Norte
FECHA :	24 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	50.00	49.00	197.00	24.00	-	45.00	24.00	1.00	1.00	391.00
12:00 - 1:00 pm	29.00	50.00	221.00	21.00	-	53.00	11.00	1.00	2.00	388.00
6:00 - 7:00 pm	31.00	47.00	187.00	18.00	1.00	42.00	13.00	1.00	2.00	342.00
TOTAL	110.00	146.00	605.00	63.00	1.00	140.00	48.00	3.00	5.00	1,121.00

Tpu	9.81%		53.97%	5.62%	0.09%					69.49%
Tpr		13.02%				12.49%	4.28%	0.27%	0.45%	30.51%
										100.00%

Fv Tpu	779.00	69.49%	Flujo vehicular de transporte público	
Fv Tpr	342.00	30.51%	Flujo vehicular de transporte privado	
Total	1,121.00	100.00%		

Cuadro C.23: Resumen de flujo de vehículos, 24/02/17.

Variación del Flujo por Horario

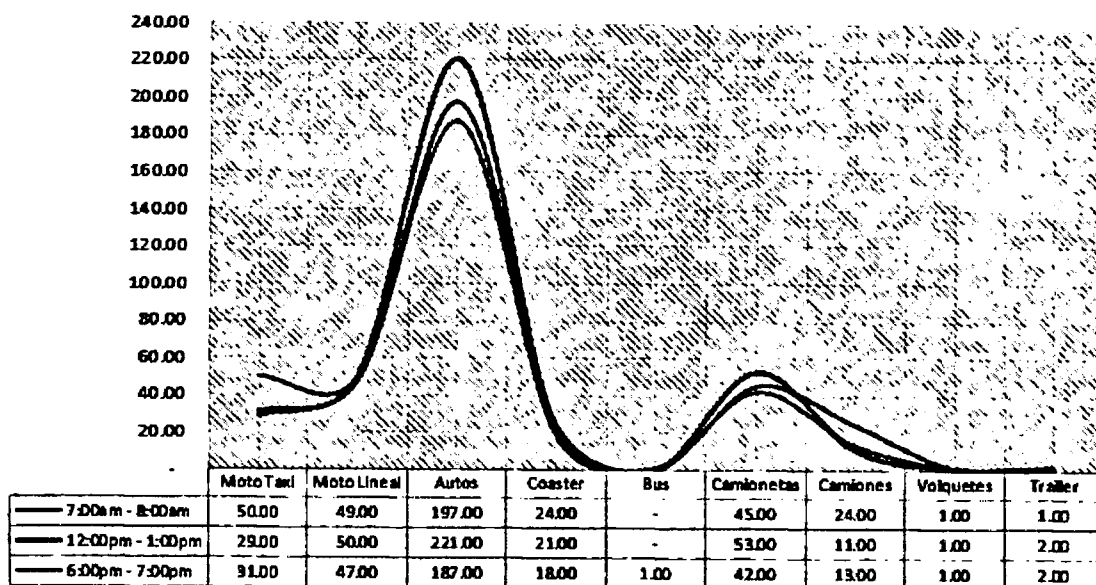


Figura C.45: Variación del flujo vehicular, 24/02/17

Variación de Volumen por Horario

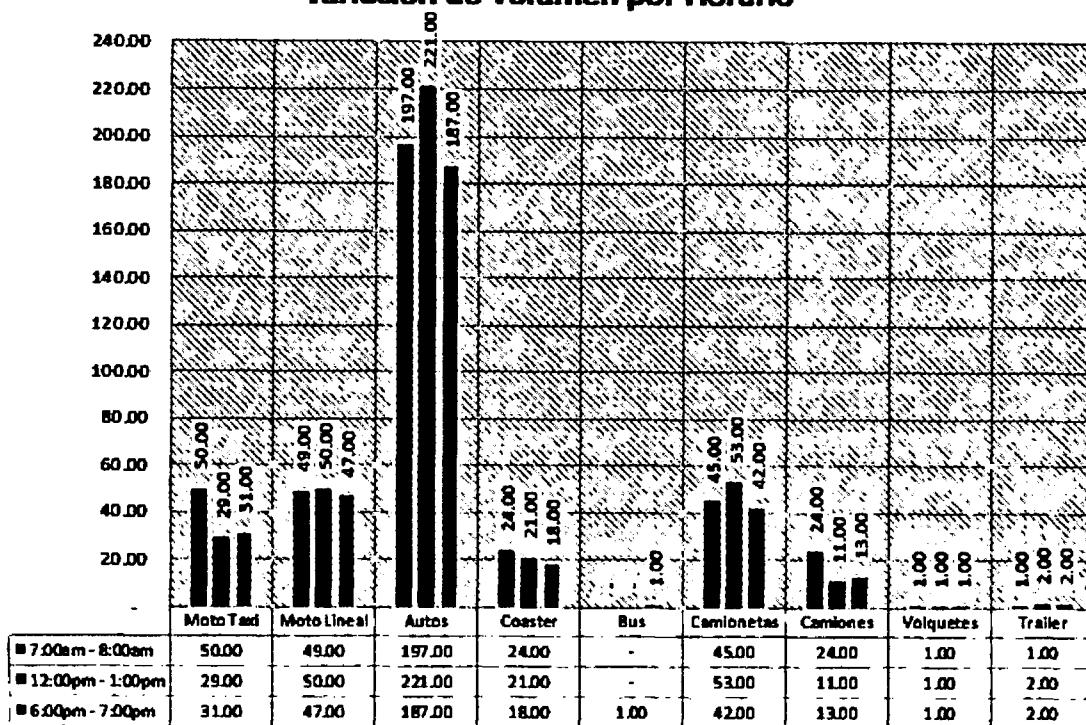


Figura C.46: Variación del volumen vehicular, 24/02/17

RESULTADOS FINALES PROMEDIO POR HORA

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Av. Ejército
PUNTO :	Punto de intersección
SENTIDO :	Sur - Norte
FECHA :	20/02/17 AL 24/02/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
CANTIDAD TOTAL - 5 DÍAS										
7:00 - 8:00 am	236.00	229.00	967.00	110.00	-	212.00	106.00	2.00	8.00	1,870.00
12:00 - 1:00 pm	132.00	242.00	1,094.00	97.00	2.00	254.00	46.00	6.00	9.00	1,882.00
6:00 - 7:00 pm	147.00	223.00	926.00	82.00	1.00	195.00	55.00	5.00	4.00	1,638.00
Total	515.00	694.00	2,987.00	289.00	3.00	661.00	207.00	13.00	21.00	5,390.00
CANTIDAD PROMEDIO/ DÍA										
7:00 - 8:00 am	48.00	46.00	194.00	22.00	-	43.00	22.00	1.00	2.00	378.00
12:00 - 1:00 pm	27.00	49.00	219.00	20.00	1.00	51.00	10.00	2.00	2.00	381.00
6:00 - 7:00 pm	30.00	45.00	186.00	17.00	1.00	39.00	11.00	1.00	1.00	331.00
Total	105.00	140.00	599.00	59.00	2.00	133.00	43.00	4.00	5.00	1,090.00
Prom./Hora	35.00	47.00	200.00	20.00	1.00	45.00	14.00	1.00	2.00	365.00
Prom. %	9.55%	12.87%	55.44%	5.36%	0.06%	12.26%	3.84%	0.24%	0.39%	100.00%
Tpu	9.55%		55.44%	5.36%	0.06%					70.40%
Tpr		12.87%				12.26%	3.84%	0.24%	0.39%	29.60%
										100.00%
Fv Tpu	70.40%		Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	29.60%		Flujo vehicular de transporte privado							
Total	100.00%									

Cuadro C.24: Promedio de flujo de vehículos, 20/02/17 al 24/02/17.

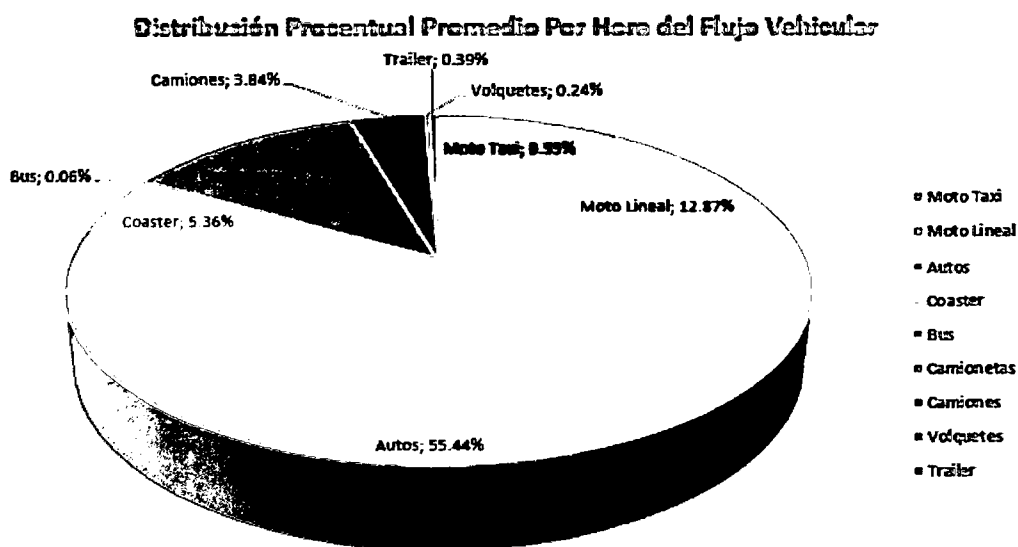


Figura C.47: Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 20/02/17 al 24/02/17.

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos

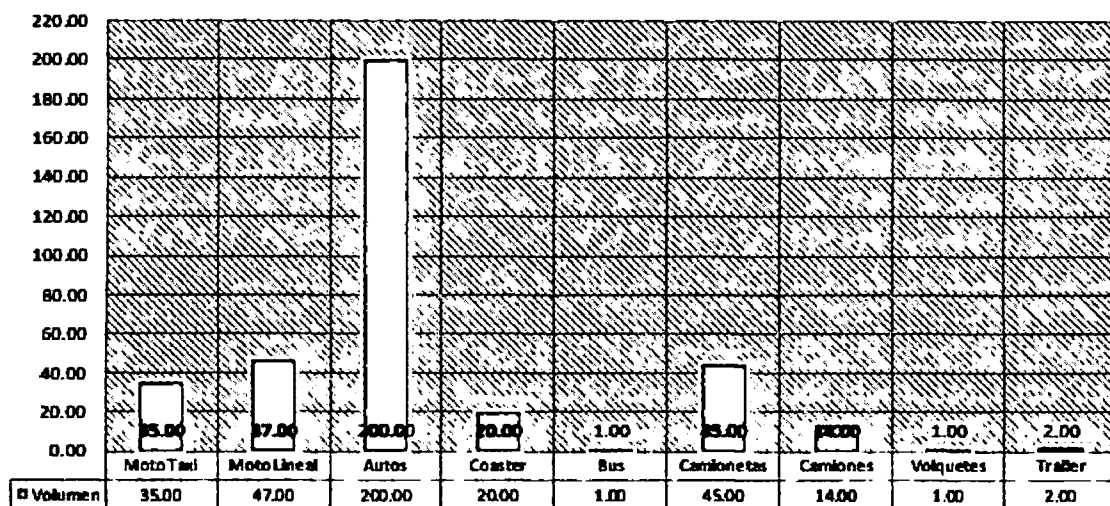


Figura C.48: Variación promedio del volumen vehicular, 20/02/17 al 24/02/17.

C.0.5. Aforo Jr. José C. Mariátegui, sentido NorOeste - Este

El aforo se realizó en las fechas 27/02/17 al 03/03/17 para los horarios de 7:00am, 12:00pm y 6:00pm con intervalos de 1 hora de conteo, lo cuales se detallan a continuación:

RESULTADOS DEL AFORO - DIA 1										
FLUJO VEHICULAR										
VÍA :	Jr. José C. Mariátegui									
PUNTO :	Punto de Intersección									
SENTIDO :	NorOeste - Este									
FECHA :	27 de Febrero de 2017									
		Tpu : Transporte público Tpr : Transporte privado								
HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	50.00	99.00	270.00	4.00	-	72.00	17.00	-	-	512.00
12:00 - 1:00 pm	40.00	78.00	270.00	4.00	-	63.00	13.00	-	-	468.00
6:00 - 7:00 pm	42.00	94.00	229.00	1.00	-	55.00	12.00	-	-	433.00
TOTAL	132.00	271.00	769.00	9.00	-	190.00	42.00	-	-	1,413.00
Tpu	9.34%		54.42%	0.64%	0.00%					64.40%
Tpr		19.18%				13.45%	2.97%	0.00%	0.00%	35.60%
										100.00%
Fv Tpu	910.00	64.40%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	503.00	35.60%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	1,413.00	100.00%								

Cuadro C.25: Resumen de flujo de vehículos, 27/02/17.

Variación del Flujo por Horario

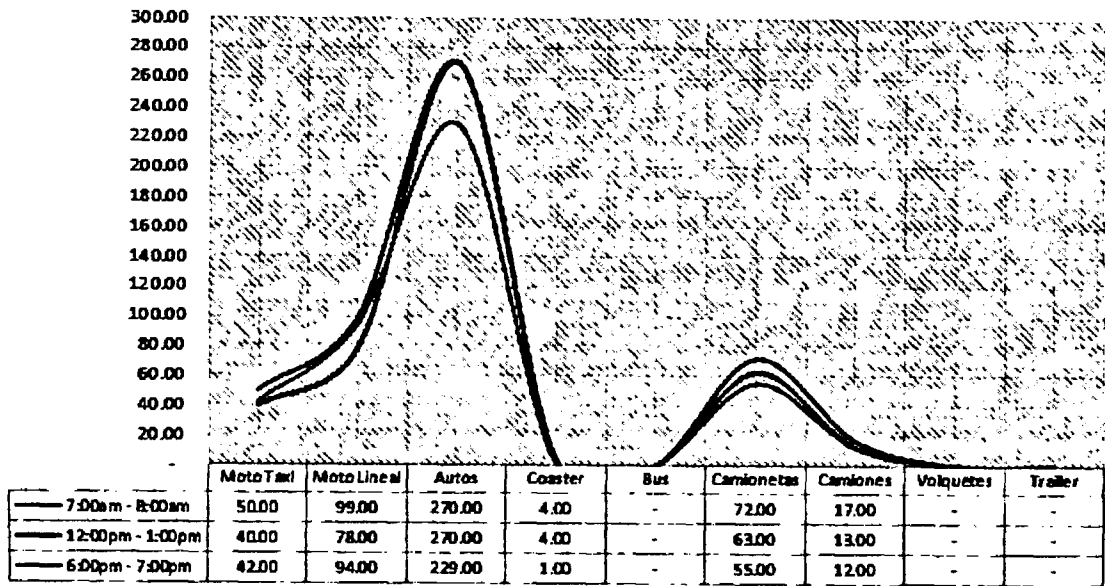


Figura C.49: Variación del flujo vehicular, 27/02/17

Variación de Volumen por Horario

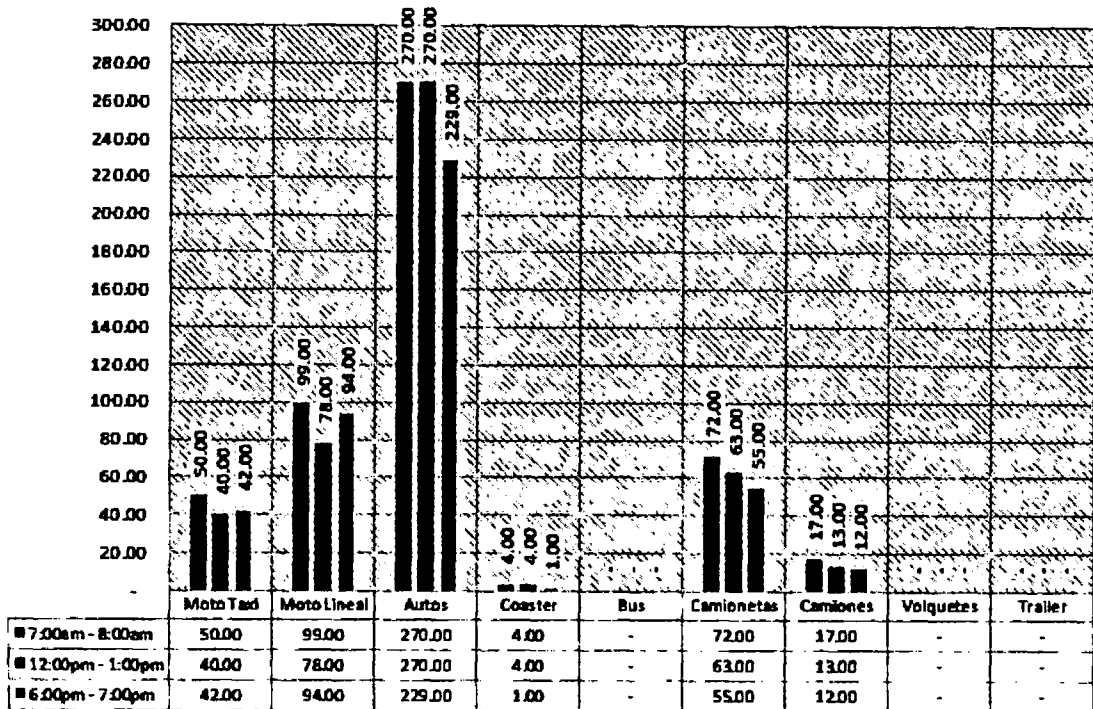


Figura C.50: Variación del volumen vehicular, 27/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 2

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Jr. José C. Mariátegui
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	NorOeste - Este
FECHA :	28 de Febrero de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	46.00	99.00	274.00	-	-	80.00	11.00	-	-	510.00
12:00 - 1:00 pm	38.00	75.00	266.00	2.00	-	67.00	10.00	-	-	458.00
6:00 - 7:00 pm	44.00	89.00	235.00	-	-	58.00	10.00	-	-	436.00
TOTAL	128.00	263.00	775.00	2.00	-	205.00	31.00	-	-	1404.00

Tpu	9.12%		55.20%	0.14%	0.00%					64.46%
Tpr		18.73%				14.60%	2.21%	0.00%	0.00%	35.54%
										100.00%

Fv Tpu	905.00	64.46%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	499.00	35.54%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	1404.00	100.00%								

Cuadro C.26: Resumen de flujo de vehículos, 28/02/17.

Variación del Flujo por Horario

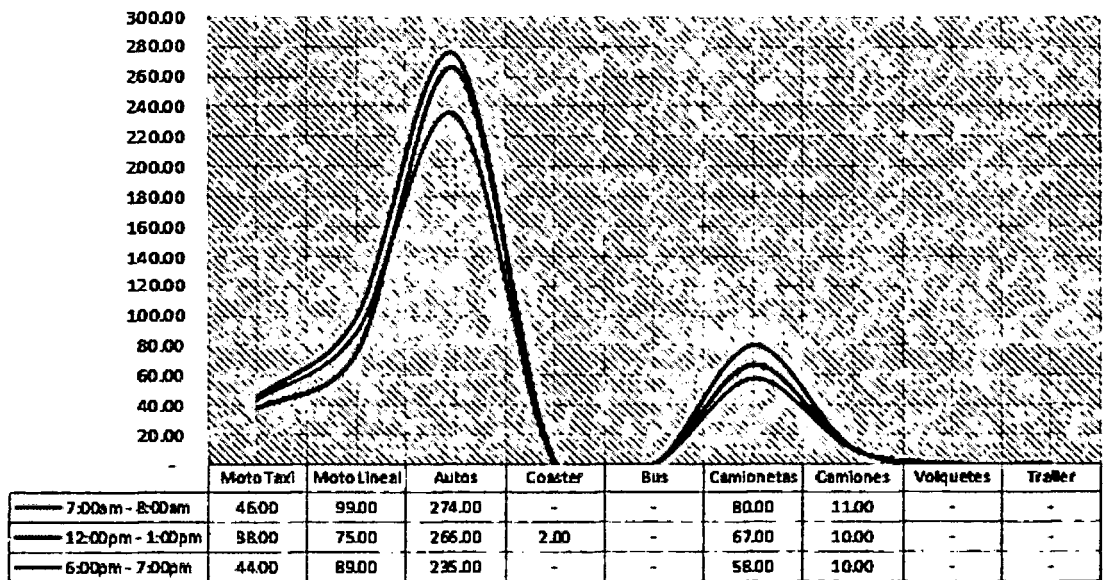


Figura C.51: Variación del flujo vehicular, 28/02/17

Variación de Volumen por Horario

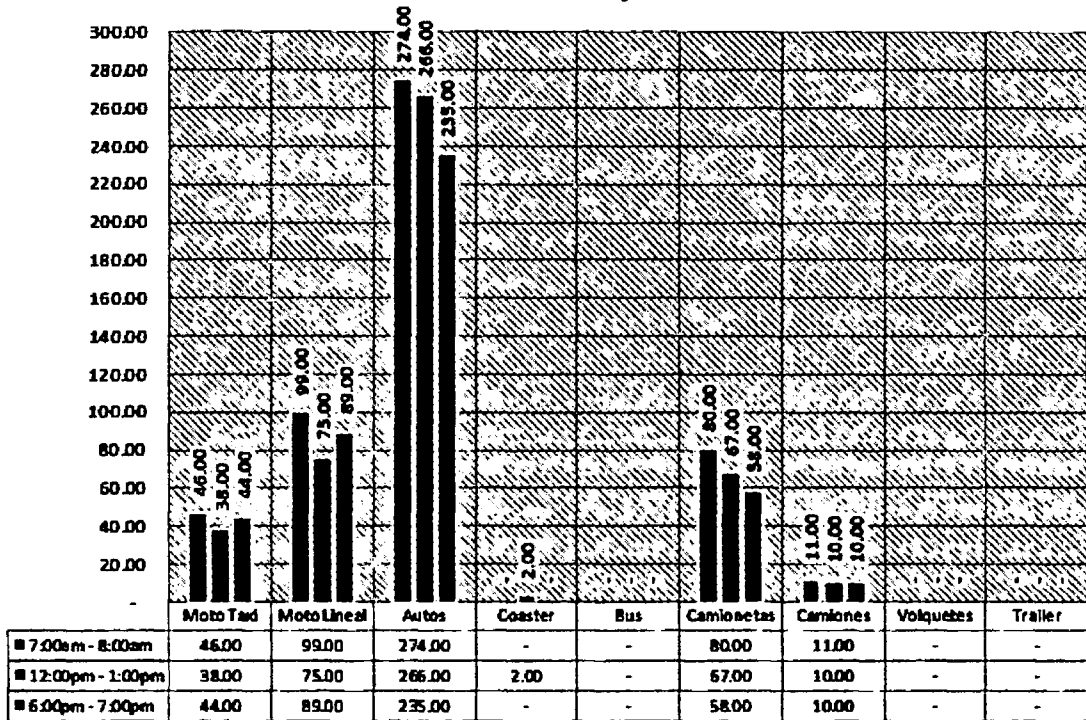


Figura C.52: Variación del volumen vehicular, 28/02/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 3

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Jr. José C. Mariátegui
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	NorOeste - Este
FECHA :	1 de Marzo de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	48.00	96.00	268.00	1.00	-	69.00	12.00	-	-	494.00
12:00 - 1:00 pm	42.00	76.00	270.00	-	-	65.00	14.00	-	-	467.00
6:00 - 7:00 pm	40.00	90.00	226.00	-	-	78.00	10.00	-	-	444.00
TOTAL	130.00	262.00	764.00	1.00	-	212.00	36.00	-	-	1405.00

Tpu	9.25%	54.38%	0.07%	0.00%						63.70%
Tpr		18.65%				15.09%	2.56%	0.00%	0.00%	36.30%
										100.00%

Fv Tpu	895.00	63.70%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	510.00	36.30%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1405.00	100.00%	

Cuadro C.27: Resumen de flujo de vehículos, 01/03/17.

Variación del Flujo por Horario

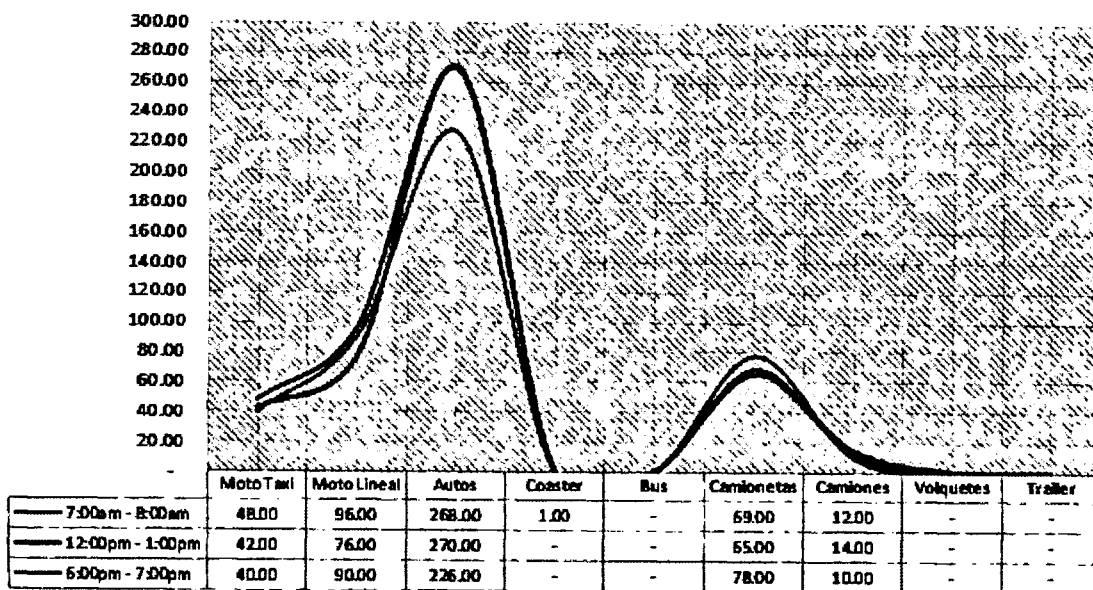


Figura C.53: Variación del flujo vehicular, 01/03/17

Variación de Volumen por Horario

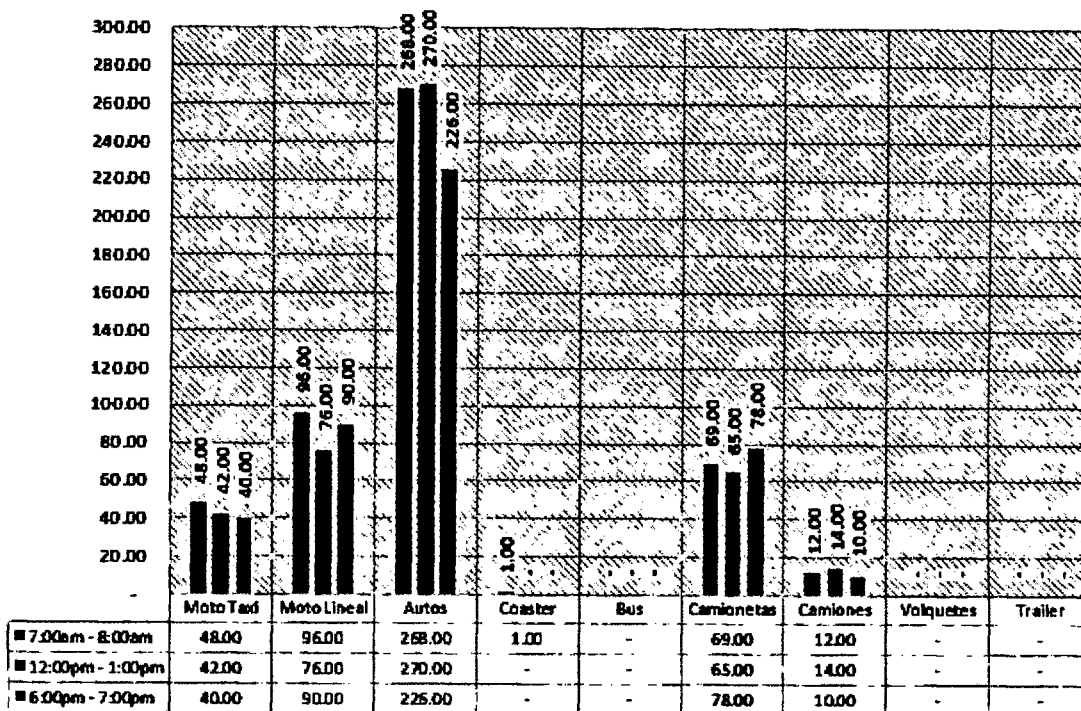


Figura C.54: Variación del volumen vehicular, 01/03/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 4

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Jr. José C. Mariátegui
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	NorOeste - Este
FECHA :	2 de Marzo de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	52.00	97.00	271.00	2.00	-	71.00	14.00	-	-	507.00
12:00 - 1:00 pm	39.00	75.00	272.00	1.00	-	63.00	11.00	-	-	461.00
6:00 - 7:00 pm	43.00	96.00	230.00	-	-	59.00	8.00	-	-	436.00
TOTAL	134.00	268.00	773.00	3.00	-	193.00	33.00	-	-	1404.00

Tpu	9.54%	55.06%	0.21%	0.00%						64.81%
Tpr		19.09%				13.75%	2.35%	0.00%	0.00%	35.19%
										100.00%

Fv Tpu	910.00	64.81%	Flujo vehicular de transporte público							
Fv Tpr	494.00	35.19%	Flujo vehicular de transporte privado							
Total	1404.00	100.00%								

Cuadro C.28: Resumen de flujo de vehículos, 02/03/17.

Variación del Flujo por Horario

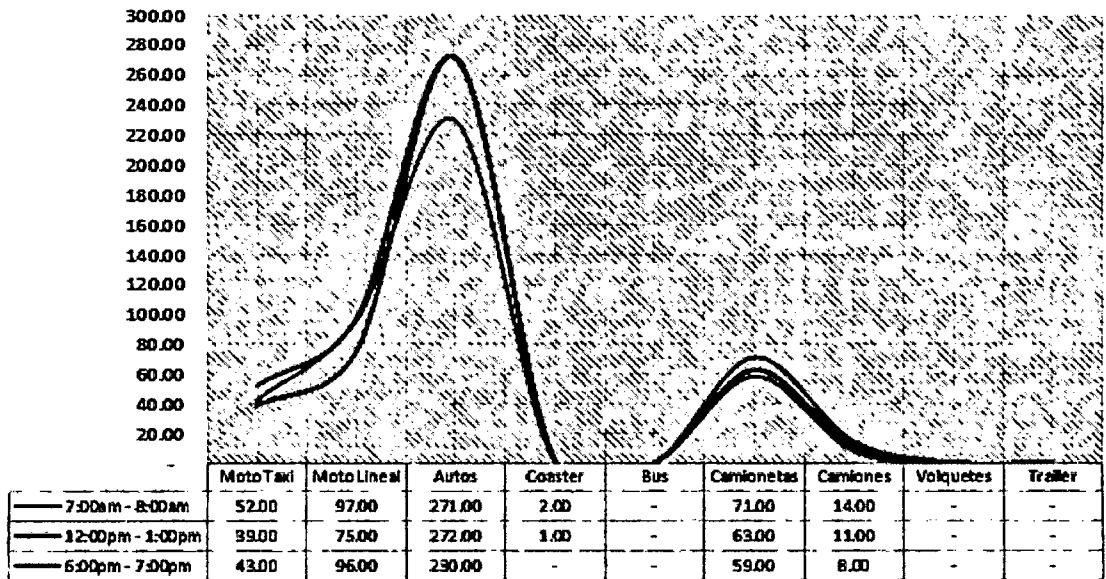


Figura C.55: Variación del flujo vehicular, 02/03/17

Variación de Volumen por Horario

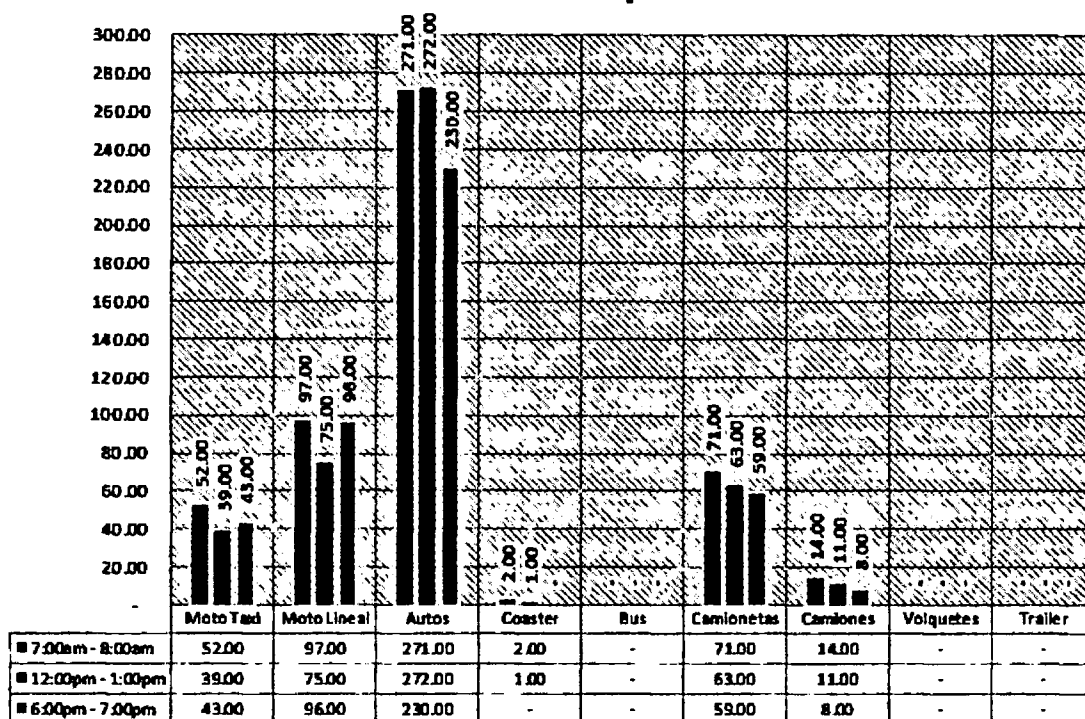


Figura C.56: Variación del volumen vehicular, 02/03/17

RESULTADOS DEL AFORO - DÍA 5

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Jr. José C. Mariátegui
PUNTO :	Punto de intersección
SENTIDO :	NorOeste - Este
FECHA :	3 de Marzo de 2017

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

HORA	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
7:00 - 8:00 am	53.00	103.00	275.00	-	-	73.00	11.00	-	-	515.00
12:00 - 1:00 pm	43.00	81.00	273.00	1.00	-	61.00	10.00	-	-	469.00
6:00 - 7:00 pm	46.00	97.00	232.00	-	-	63.00	9.00	-	-	447.00
TOTAL	142.00	281.00	780.00	1.00	-	197.00	30.00	-	-	1431.00

Tpu	9.92%		54.51%	0.07%	0.00%					64.50%
Tpr		19.64%				13.77%	2.10%	0.00%	0.00%	35.50%
										100.00%

Fv Tpu	923.00	64.50%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	508.00	35.50%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	1431.00	100.00%	

Cuadro C.29: Resumen de flujo de vehículos, 03/03/17.

Variación del Flujo por Horario

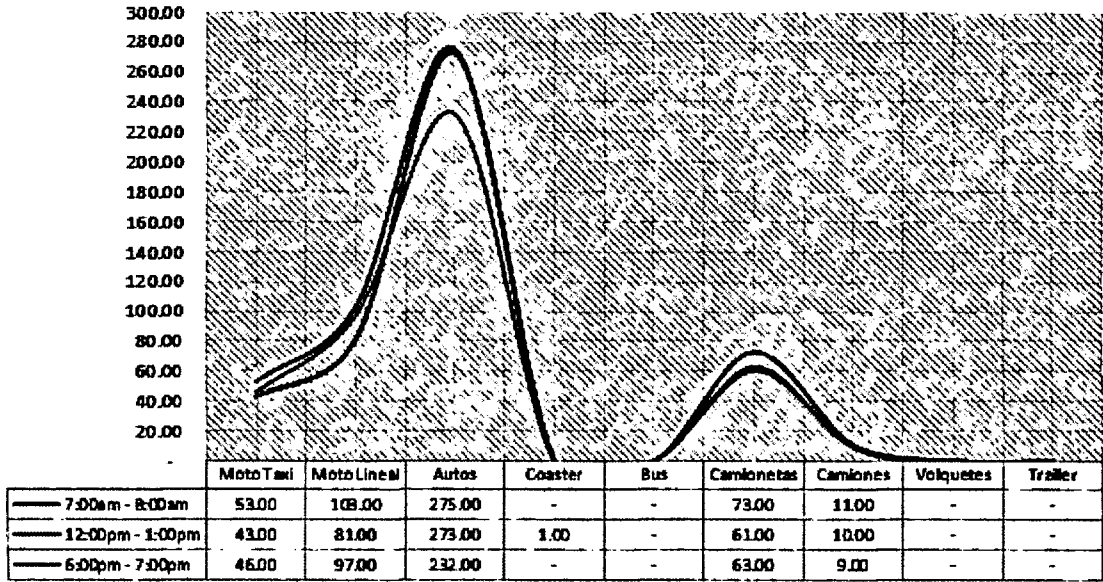


Figura C.57: Variación del flujo vehicular, 03/03/17

Variación de Volumen por Horario

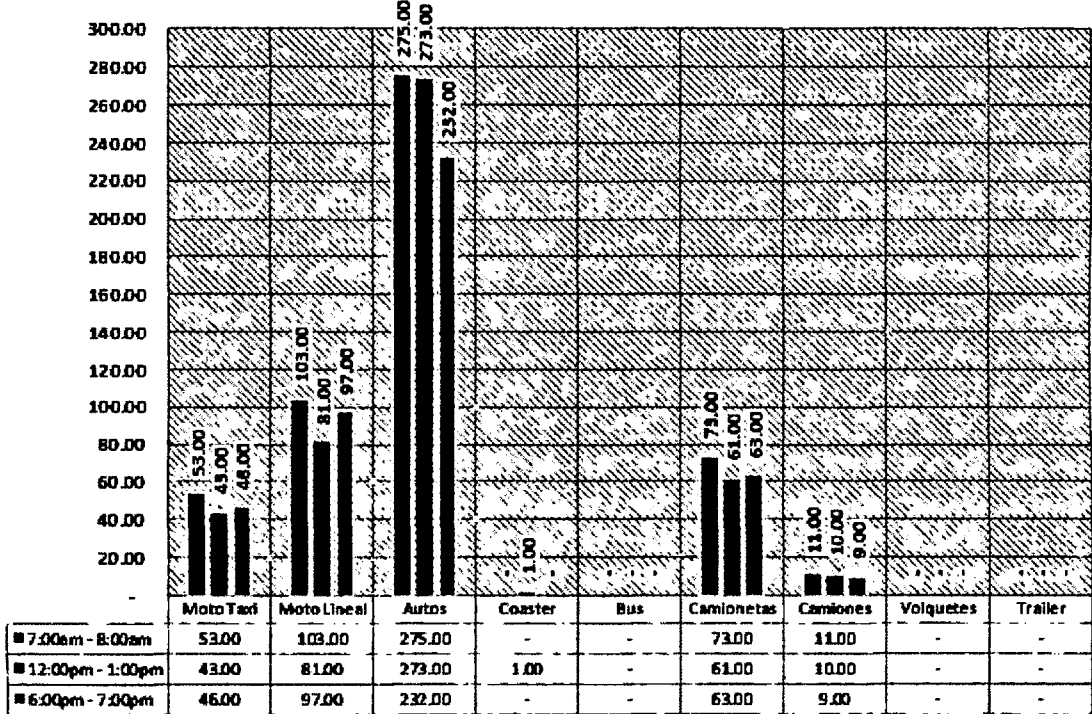


Figura C.58: Variación del volumen vehicular, 03/03/17

RESULTADOS FINALES PROMEDIO POR HORA

FLUJO VEHICULAR	
VÍA :	Jr. José C. Mariátegui
PUNTO :	Punto de Intersección
SENTIDO :	NorOeste - Este
FECHA :	27/02/17 AL 03/03/17

Tpu : Transporte público
Tpr : Transporte privado

	Moto Taxi	Moto Lineal	Autos	Coaster	Bus	Camionetas	Camiones	Volquetes	Trailer	TOTAL
CANTIDAD TOTAL - 5 DÍAS										
7:00 - 8:00 am	249.00	494.00	1,358.00	7.00	-	365.00	65.00	-	-	2,538.00
12:00 - 1:00 pm	202.00	385.00	1,351.00	8.00	-	319.00	58.00	-	-	2,323.00
6:00 - 7:00 pm	215.00	466.00	1,152.00	1.00	-	313.00	49.00	-	-	2,196.00
Total	666.00	1,345.00	3,861.00	16.00	-	997.00	172.00	-	-	7,057.00
CANTIDAD PROMEDIO/ DÍA										
7:00 - 8:00 am	50.00	99.00	272.00	2.00	-	73.00	13.00	-	-	509.00
12:00 - 1:00 pm	41.00	77.00	271.00	2.00	-	64.00	12.00	-	-	467.00
6:00 - 7:00 pm	43.00	94.00	231.00	1.00	-	63.00	10.00	-	-	442.00
Total	134.00	270.00	774.00	5.00	-	200.00	35.00	-	-	1,418.00
Prom./Hora	45.00	90.00	258.00	2.00	0.00	67.00	12.00	0.00	0.00	474.00
Prom. %	9.44%	19.06%	54.71%	0.23%	0.00%	14.13%	2.44%	0.00%	0.00%	100.00%
Tpu	9.44%		54.71%	0.23%	0.00%					64.38%
Tpr		19.06%				14.13%	2.44%	0.00%	0.00%	35.62%
										100.00%

Fv Tpu	64.38%	Flujo vehicular de transporte público
Fv Tpr	35.62%	Flujo vehicular de transporte privado
Total	100.00%	

Cuadro C.30: Promedio de flujo de vehículos, 27/02/17 al 03/03/17.

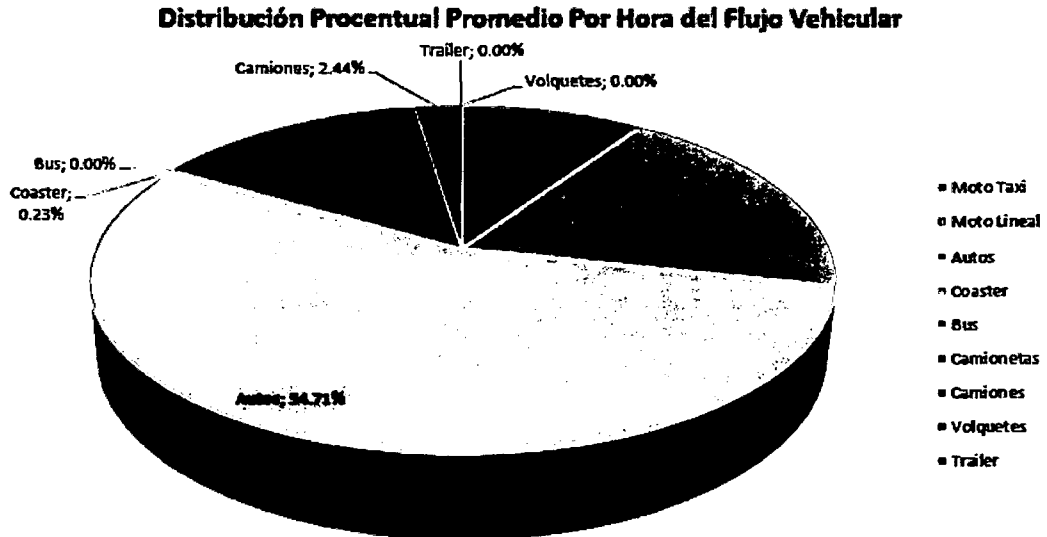


Figura C.59: Distribución porcentual promedio del flujo vehicular, 27/02/17 al 03/03/17.

Volumen Promedio Por Hora de Vehículos

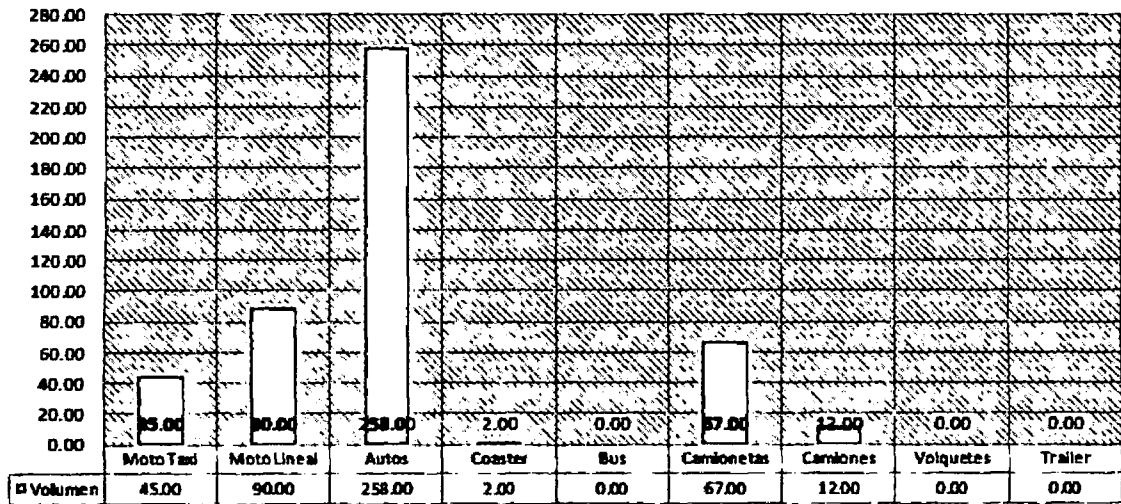


Figura C.60: Variación promedio del volumen Vehicular, 27/02/17 al 03/03/17.

Apéndice D

Plano del plan de desarrollo urbano de la ciudad de ayacucho 2008-2018