

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la
intersección semaforizada de las Av. Próceres y Av. Minero del
Distrito de Yanacancha – Pasco – 2018**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Jefferson Robert CORNELIO MUÑOZ

Asesor:

Mg. José German RAMIREZ MEDRANO

Cerro de Pasco – Perú – 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y Av. Minero del Distrito de Yanacancha – Pasco – 2018

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN
PRESIDENTE

Mg. Cayo PALACIOS ESPIRITU
MIEMBRO

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres y hermanos con mucho cariño, por estar presente en los momentos fáciles y difíciles de mi vida, por ser el sustento y los pilares para mi formación profesional y personal. Gracias.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, en especial a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil, por brindarme la oportunidad de desarrollar capacidades, competencias y optar el Grado Académico de Ingeniero Civil.

RESUMEN

La Ingeniería de Tránsito es la aplicación de tecnología y de principios científicos para la planificación, diseño funcional, operación, y la gerencia de instalaciones para cualquier modo de transporte con el fin de proporcionar el movimiento seguro, rápido, cómodo, conveniente, económico y ambientalmente compatible, de la gente y de las mercancías.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación de tesis tiene como objetivo el Evaluar el nivel de servicio por el análisis del tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018, mediante la aplicación de las herramientas del HCM 2000 y Synchro 8.

El trabajo de investigación aquí presentado emplea las metodologías mencionadas para el análisis de la intersección Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha; con las cuales se estimaron las tasas de flujo de saturación, demoras por control y extensiones máximas de cola, que posteriormente se contrastaron con los valores directos de campo obtenidos a través de la aplicación de la técnica de medición directa Input-Output. Del mismo modo, este trabajo sugeriría que la aplicación de Synchro podría brindar mejores resultados siempre y cuando sean empleadas tasas de flujo de saturación medidas directamente de datos de campo, brindando valores de colas equivalentes a los reales.

Palabras clave: nivel de servicio, intersección semaforizada.

ABSTRACT

Traffic engineering is the application of technology and scientific planning, functional design, operation principles, and facilities management for any mode of transport in order to provide safe, fast, comfortable, convenient, economical movement and environmentally compatible people and goods.

Therefore, the present research thesis aims to assess the level of service for traffic analysis at the signalized intersection of Av. Proceres and Av. Mining District Yanacancha, 2018, by applying 2000 HCM tools and Synchro 8.

El trabajo de investigación aquí presentado emplea las metodologías mencionadas para el análisis de la intersección Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha; con las cuales se estimaron las tasas de flujo de saturación, demoras por control y extensiones máximas de cola, que posteriormente se contrastaron con los valores directos de campo obtenidos a través de la aplicación de la técnica de medición directa Input-Output. Del mismo modo, este trabajo sugeriría que la aplicación de Synchro podría brindar mejores resultados siempre y cuando sean empleadas tasas de flujo de saturación medidas directamente de datos de campo, brindando valores de colas equivalentes a los reales.

Keywords: service level, signalized intersection.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente proyecto de tesis es evaluar el nivel de servicio por el análisis del tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.

El presente proyecto de tesis emplea las herramientas del HCM 2000 y Synchro 7 para el análisis de la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, así mismo compara los resultados obtenidos y los verifica con mediciones directas de los parámetros en campo.

Esta investigación se divide en:

- **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**, en donde se efectúa la identificación del problema; en el uso empírico del canto rodado, dentro del diseño de concreto para elementos estructurales.
- **CAPITULO II: MARCO TEORICO**, en donde se describe en macro las bases teóricas que sustente el desarrollo de la presente investigación.
- **CAPITULO III: METODOLOGIA**, en donde describe el proceso del desarrollo de la investigación; la cual es desarrollada mediante ensayos de laboratorio.
- **CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION**, en donde se describe los resultados de las propiedades físicas – mecánicas de los agregados.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
RECONOCIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLA.....	xi
INDICE DE IMÁGENES.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACION	1
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	2
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVOS GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5.1. IMPORTANCIA.....	4
1.5.2. ALCANCES.....	4
1.6. LIMITACIONES	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEORICO	5
2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS.....	11
2.2.1. FLUJO VEHICULAR.....	11
2.2.1.1. CARACTERISTICAS DE FLUJO VEHICULAR.....	11
2.2.1.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	14
2.2.1.3. MODELOS BÁSICOS DE FLUJO VEHICULAR.....	25
2.2.1.4. TIPOS DE FLUJO DE TRÁFICO.....	37
2.2.1.5. DIFERENCIAS ENTRE LOS DOS TIPOS DE CORRIENTE:.....	40
2.2.1.6. TIPO DE VEHÍCULO.....	41

2.2.2.	MODELACIÓN DEL TRAFICO.....	43
2.2.3.	CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO.....	44
2.2.3.1.	CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	47
2.2.3.2.	NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	48
2.2.3.3.	CONDICIONES PREVALECIENTES.	50
2.2.4.	CRITERIOS DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO.....	52
2.2.5.	ANÁLISIS OPERACIONAL.....	58
2.2.5.1.	DATOS DE ENTRADA.....	58
2.2.5.2.	AJUSTE DE LA DEMANDA	61
2.2.5.3.	AJUSTE DE LA OFERTA.....	62
2.2.5.4.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y LA RELACIÓN V/C 72	
2.2.5.5.	MEDIDAS DE EFICIENCIA	74
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	76
2.4.	HIPÓTESIS.....	77
2.4.1.	HIPOTESIS GENERAL.	77
2.4.2.	HIPOTESIS ESPECÍFICOS.	77
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	78
2.5.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	78
2.5.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.	78
CAPÍTULO III.....		79
METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION		79
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	79
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	79
3.3.	POBLACIÓN MUESTRA	80
3.3.1.	POBLACION	80
3.3.2.	MUESTRA.....	80
3.4.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	80
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	80
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	81
3.6.1.	LOCALIZACIÓN.....	81
3.6.2.	ANÁLISIS DE LA INTERSECCIÓN.....	82
3.6.3.	REGISTRO DEL TRAFICO.....	84
3.6.4.	CONFIGURACIÓN DEL SEMÁFORO.	86

3.6.5.	CONTEO VEHICULAR.....	86
3.6.6.	AGRUPAMIENTO DE CARRILES.....	88
3.6.7.	AFORO PEATONAL.....	89
3.6.8.	CONTEO DE VEHÍCULOS PESADOS.	89
3.6.9.	TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN.....	89
3.7.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS	90
CAPÍTULO IV		91
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		91
4.1.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN	91
4.1.1.	INTERSECCIÓN A ESTUDIAR	91
4.1.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN	93
4.2.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	93
4.2.1.	VOLUMEN VEHICULAR EN LA HORA PICO	118
4.2.2.	DISTRIBUCIÓN VEHICULAR EN LA HORA PICO	121
4.2.3.	DISTRIBUCIÓN VEHICULAR EN LA HORA PICO	123
4.2.4.	APLICACIÓN DE SYNCHRO 8.0	125
4.1.	PRUEBA DE HIPOTESIS	133
4.1.1.	HIPOTESIS GENERAL PLANTEADO	133
4.1.2.	ANÁLISIS DE LA HIPOTESIS PLANTEADO	134
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	134
CONCLUSIONES.....		135
RECOMENDACIONES.....		137
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA		138

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Factores de Unidad Coche Patrón.....	14
Tabla 2. Niveles de Servicio según Vial HCM 2000	48
Tabla 3. Medidas de Eficiencia.....	57
Tabla 4. Relación entre el tipo de llegada y la relación de pelotón.....	59
Tabla 5. Grupos de carriles típicos para el análisis de intersecciones semaforizada	61
Tabla 6. Factores de ajuste del flujo de saturación	71
Tabla 7. Ficha de registro para el semáforo de la intersección	85
Tabla 8. Aforo en Vehículos de la Av. Próceres.....	86
Tabla 9. Aforo en Vehículos de la Av. Minero.....	87
Tabla 10. Volumen Vehicular (8:00 - 8:15 am).....	94
Tabla 11. Volumen Vehicular (8:15 - 8:30 am).....	94
Tabla 12. Volumen Vehicular (8:30 - 8:45 am).....	94
Tabla 13. Volumen Vehicular (8:45 - 9:00 am).....	95
Tabla 14. Volumen Vehicular (9:00 - 9:15 am).....	95
Tabla 15. Volumen Vehicular (9:15 - 9:30 am).....	95
Tabla 16. Volumen Vehicular (9:30 – 9:45 am).....	95
Tabla 17. Volumen Vehicular (9:45 – 10:00 am).....	96
Tabla 18. Volumen Vehicular (10:00 – 10:15 am).....	96
Tabla 19. Volumen Vehicular (10:15 – 10:30 am).....	96
Tabla 20. Volumen Vehicular (10:30 – 10:45 am).....	96
Tabla 21. Volumen Vehicular (10:45 - 11:00 am).....	97
Tabla 22. Volumen Vehicular (11:00 – 11:15 am).....	97
Tabla 23. Volumen Vehicular (11:15 – 11:30 am).....	97
Tabla 24. Volumen Vehicular (11:30 – 11:45 am).....	97
Tabla 25. Volumen Vehicular (11:45 – 12:00 am).....	98
Tabla 26. Volumen Vehicular (12:00 – 12:15 am).....	98
Tabla 27. Volumen Vehicular (12:15 - 12:30 am).....	98
Tabla 28. Volumen Vehicular (12:30 - 12:45 am).....	98
Tabla 29. Volumen Vehicular (12:45 - 01:00 pm).....	99
Tabla 30. Volumen Vehicular (01:00 - 01:15 pm).....	99
Tabla 31. Volumen Vehicular (01:15 – 01:30 pm).....	99
Tabla 32. Volumen Vehicular (01:30 – 01:45 pm).....	99
Tabla 33. Volumen Vehicular (01:45 - 02:00 pm).....	100
Tabla 34. Volumen Vehicular (02:00 - 02:15 pm).....	100
Tabla 35. Volumen Vehicular (02:15 - 02:30 pm).....	100
Tabla 36. Volumen Vehicular (02:30 - 02:45 pm).....	100
Tabla 37. Volumen Vehicular (02:45 - 03:00 pm).....	101
Tabla 38. Volumen Vehicular (3:00 - 03:15 pm).....	101
Tabla 39. Volumen Vehicular (03:15 - 03:30 pm).....	101
Tabla 40. Volumen Vehicular (03:30 - 03:45 pm).....	101
Tabla 41. Volumen Vehicular (03:45 – 04:00 pm).....	102
Tabla 42. Volumen Vehicular (04:00 - 04:15 pm).....	102

Tabla 43. Volumen Vehicular (04:15 - 04:30 pm).....	102
Tabla 44. Volumen Vehicular (04:30 – 04:45 pm).....	102
Tabla 45. Volumen Vehicular (04:45 – 05:00 pm).....	103
Tabla 46. Volumen Vehicular (05:00 - 05:15 pm).....	103
Tabla 47. Volumen Vehicular (05:15 – 05:30 pm).....	103
Tabla 48. Volumen Vehicular (05:30 – 05:45 pm).....	103
Tabla 49. Volumen Vehicular (05:45 – 06:00 pm).....	104
Tabla 50. Volumen Vehicular (06:00 – 06:15 pm).....	104
Tabla 51. Volumen Vehicular (06:15 – 06:30 pm).....	104
Tabla 52. Volumen Vehicular (06:00 – 06:45 pm).....	104
Tabla 53. Volumen Vehicular (06:45 – 07:00 pm).....	105
Tabla 54. Volumen Vehicular (07:00 – 07:15 pm).....	105
Tabla 55. Volumen Vehicular (07:15 – 07:30 pm).....	105
Tabla 56. Volumen Vehicular (07:30 – 07:45 pm).....	105
Tabla 57. Volumen Vehicular (07:45 – 08:00 pm).....	106
Tabla 58. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (8:00 - 8:15 am).....	106
Tabla 59. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (8:15 - 8:30 am).....	106
Tabla 60. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (8:30 - 8:45 am).....	106
Tabla 61. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (8:45 - 9:00 am).....	107
Tabla 62. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (9:00 - 9:15 am).....	107
Tabla 63. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (9:15 - 9:30 am).....	107
Tabla 64. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (9:30 – 9:45 am).	107
Tabla 65. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (9:45 – 10:00 am).	108
Tabla 66. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (10.00 – 10:15 am).	108
Tabla 67. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (10:15 – 10:30 am).	108
Tabla 68. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (10:30 – 10:45 am).	108
Tabla 69. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (10:45 - 11:00 am).....	109
Tabla 70. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (11:00 – 11:15 am).	109
Tabla 71. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (11:15 – 11:30 am).	109
Tabla 72. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (11:30 – 11:45 am).	109
Tabla 73. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (11:45 – 12:00 am).	110
Tabla 74. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (12:00 – 12:15 am).	110
Tabla 75. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (12:15 - 12:30 am).....	110
Tabla 76. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (12:30 - 12:45 am).....	110
Tabla 77. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (12:45 - 01:00 pm).....	111
Tabla 78. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (01:00 - 01:15 pm).....	111
Tabla 79. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (01:15 – 01:30 pm).	111
Tabla 80. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (01:30 – 01:45 pm).	111
Tabla 81. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (01:45 - 02:00 pm).....	112
Tabla 82. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (02:00 - 02:15 pm).....	112
Tabla 83. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (02:15 - 02:30 pm).....	112
Tabla 84. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (02:30 - 02:45 pm).....	112
Tabla 85. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (02:45 - 03:00 pm).....	113
Tabla 86. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (3:00 - 03:15 pm).....	113
Tabla 87. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (03:15 - 03:30 pm).....	113

Tabla 88. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (03:30 - 03:45 pm).....	113
Tabla 89. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (03:45 – 04:00 pm).....	114
Tabla 90. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (04:00 - 04:15 pm).....	114
Tabla 91. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (04:15 - 04:30 pm).....	114
Tabla 92. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (04:30 – 04:45 pm).....	114
Tabla 93. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (04:45 – 05:00 pm).....	115
Tabla 94. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (05:00 - 05:15 pm).....	115
Tabla 95. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (05:15 – 05:30 pm).....	115
Tabla 96. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (05:30 – 05:45 pm).....	115
Tabla 97. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (05:45 – 06:00 pm).....	116
Tabla 98. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (06:00 – 06:15 pm).....	116
Tabla 99. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (06:15 – 06:30 pm).....	116
Tabla 100. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (06:00 – 06:45 pm).....	116
Tabla 101. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (06:45 – 07:00 pm).....	117
Tabla 102. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (07:00 – 07:15 pm).....	117
Tabla 103. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (07:15 – 07:30 pm).....	117
Tabla 104. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (07:30 – 07:45 pm).....	117
Tabla 105. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (07:45 – 08:00 pm).....	117
Tabla 106. Resumen del volumen vehicular Av. Próceres	118
Tabla 107. Resumen del volumen vehicular Av. Minero	119
Tabla 108. Volumen de la hora pico en la Intersección	121
Tabla 109. Flujo de Vehículos de la hora Pico	121
Tabla 110. % del Volumen de la Hora Pico.....	121
Tabla 111. Volumen de la Hora Pico - Vehículos Livianos.....	122
Tabla 112. % Flujo de Vehículos de la hora Pico - Vehículos Livianos	122
Tabla 113. Volumen de la Hora Pico - Vehículos Pesados.....	123
Tabla 114. % Flujo de Vehículos de la hora Pico - Vehículos Pesados.....	123
Tabla 115. Factores de ajuste para la intersección	125
Tabla 116. Flujo de Saturación por dirección para la intersección	125

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizada	58
Imagen 2. Ubicación de la zona de estudio.....	81
Imagen 3. Fotografía Satelital	82
Imagen 4. Fotografía Satelital	83
Imagen 5. Fotografía Satelital	84
Imagen 6. Fotografía Satelital	84
Imagen 7. Fotografía Satelital	92
Imagen 8. % Flujo de Vehículos de la hora Pico - Vehículos Livianos.....	122
Imagen 9. % Flujo de Vehículos de la hora Pico - Vehículos Pesados.....	123
Imagen 10. Creación de la Intersección empleando Synchron 8.0	126
Imagen 11. Ingreso Vehicular de la Intersección empleando Synchron 8.0	127
Imagen 12. Ingreso Vehicular de la Capacidad empleando Synchron 8.0.....	128
Imagen 13. Ingreso Vehicular de la Capacidad empleando Synchron 8.0 (2)	129
Imagen 14. Ingreso Vehicular de la Demanda empleando Synchron 8.0	130
Imagen 15. Ingreso Vehicular de la Demanda empleando Synchron 8.0 (2).....	131
Imagen 16. Ingreso Información Sanforizada empleando Synchron 8.0	132
Imagen 14. Nivel de Servicio empleando Synchron 8.0	133

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

En el presente año, la ciudad de Yanacancha viene sufriendo una diversidad de problemas por los cambios de ámbito mundial tanto en lo social, político y económico. Y un aspecto transversal a todos estos conflictos es el tema del transporte, ya que está relacionado directamente con cada una de ellas.

Pasco, distrito de Yanacancha viene presentando en la actualidad los primeros síntomas del gran problema de tráfico vehicular dando una evolución moderado en la excesiva cantidad de vehículos a razón del acelerado crecimiento poblacional que genera un problema de congestión vehicular en intersecciones de zonas focalizadas. Puesto que algunos conductores carecen de una educación vial eficiente, ocasionando un ambiente de caos y desorden.

Esta transgresión causa un incremento de los accidentes automovilísticos, ya que muchos conductores manejan a alta velocidad, otros comen mientras manejan, hablan por celular, manejan en estado de ebriedad, etc.

Factor importante son las inadecuadas tácticas de manejo utilizadas por los conductores de transporte público, un ejemplo de ello es el famoso correteo y el chantarse. El primero es la competencia con una o más unidades vehiculares públicas, mientras que el segundo es detenerse en una esquina, semáforo o paradero, para así conseguir la mayor cantidad de pasajeros haciendo caso omiso de los semáforos existentes en las intersecciones.

La intersección de la Av. Próceres y Av. Minero del distrito de Yanacancha por ser una avenida principal muy concurrida, es una de las intersecciones que viene presentando los problemas de congestión vehicular a raíz de los problemas ya mencionados.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo el análisis del tráfico permite evaluar el nivel de servicio de la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS

- ¿Cómo influye el nivel de saturación en la evaluación del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018?

- ¿Cómo influye la coordinación de semáforos en la evaluación del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018?
- ¿Cómo influye la composición del tráfico en la evaluación del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERAL

Evaluar el nivel de servicio por el análisis del tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la influencia del nivel de saturación en la evaluación del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.
- Determinar la influencia de la coordinación de semáforos en la evaluación del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.

- Determinar la influencia de la composición en la optimización del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación se justifica porque nos permite evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha; asimismo nos permite determinar el grado de vulnerabilidad, peligro y riesgos sísmicos de las viviendas.

1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. IMPORTANCIA

La importancia conlleva a hallar nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha.

1.5.2. ALCANCES

La intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha.

1.6. LIMITACIONES

Se prevé las siguientes limitaciones para el desarrollo de la investigación:

- El conteo vehicular durante las horas punta
- La planificación de la zonificación.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto de investigación tiene antecedentes en las siguientes investigaciones:

TEMA : EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO POR
ANÁLISIS DE TRÁFICO EN LA INTERSECCIÓN
SEMAFORIZADA.

AUTOR : Javier Vázquez Salazar

INSTITUCIÓN : Universidad Politécnica Salesiana

AÑO : 2015

RESUMEN : El crecimiento vehicular es uno de los factores más influyentes en el progreso y desarrollo de un centro urbano. La aplicación de un método correcto para el estudio de tránsito conlleva a una buena programación urbanística representando ventajas económicas.

La presente tesis tiene como finalidad proporcionar el análisis de capacidad y nivel de servicio para 10 puntos críticos de la ciudad de Azogues, presentando una alternativa de solución para los problemas de tráfico y seguridad vial. Los datos de volúmenes y movimientos en los puntos conflictivos fueron obtenidos por medio de aforos, que serán útiles para el análisis de intersecciones con semáforo y sin semáforo con su respectiva metodología. Para el mejor entendimiento del procedimiento se presentan tablas y figuras en las que se pueden apreciar de manera dinámica la geometría de las intersecciones.

Los resultados de las propuestas en algunos casos condujeron a un aumento de demoras, sin embargo, se obtuvo beneficios significativos en seguridad vial, reduciendo el riesgo de accidentabilidad. Se requieren cambios que aprovechen de mejor manera las condiciones viales existentes para mitigar los conflictos vehiculares que están basados en la implementación de semáforos y señalización correspondiente.

TEMA : ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y DEMORA EN INTERSECCIONES VIALES SEMAFORIZADAS

AUTOR : Gonzalo A. Ramírez Vélez

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional de Ingeniería

AÑO : 2004

RESUMEN : La gestión e inversión del transporte urbano está delegada en las entidades públicas las cuales deben velar por brindar un eficiente servicio de las redes viales, sin embargo, esto no ha sido ejecutado adecuadamente, lo que ha llevado al caos vehicular que hoy día vivimos.

Aspectos como la falta de planificación, situación económica, intereses políticos e incluso superposición de funciones son los aspectos que han contribuido a la crisis del transporte urbano, imperando el desorden, las pérdidas de tiempo al trasladarse de un lugar a otro, la congestión y la contaminación de la ciudad.

Estos problemas se agravan, continuamente pues el parque automotor crece rápidamente y las condiciones físicas de las ciudades mejoran muy poco y en algunos casos permanecen invariables.

Son pues estos motivos los que nos llevan a querer contribuir de alguna manera y desde un punto de vista técnico a estudiar y proponer

metodologías que puedan ser aplicadas a nuestra infraestructura vial y características de tráfico. (...)

TEMA : RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL HCM PARA INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS EN ARGENTINA

AUTOR : María Laura ALBRIEU

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional de Córdoba

AÑO : 2013

RESUMEN : El Manual de Capacidad de Carreteras compendio de años de investigación empírica y teórica realizada en Estados Unidos de Norteamérica, ha ido modificando su metodología para calcular la capacidad y el nivel de servicio en intersecciones controladas por semáforos, a través de las distintas ediciones.

En su versión del año 2010 (HCM 2010), contiene una detallada descripción de dicha metodología (Signalized intersections - Capitulo 18) que presenta algunos cambios con respecto a la anterior versión del año 2000. Presenta valores de parámetros basados en datos empíricos y modelos de simulación, considerando comportamiento de los conductores, vehículos tipo, regulación y control del país de origen.

TEMA : CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LA
INFRAESTRUCTURA VIAL

AUTOR : Flor Ángela Cerquera Escobar

INSTITUCIÓN : Universidad Pedagógica y Tecnológica

AÑO : 2007

RESUMEN : La capacidad de una infraestructura de transporte refleja su facultad para acomodar un flujo de vehículos o personas. Es una medida de la oferta de transporte. Así, al interactuar la oferta con la demanda se tendrán unas condiciones que definen la calidad del flujo; esto es, el nivel de servicio. (...)

TEMA : ANÁLISIS VIAL DE DOS INTERSECCIONES SIN
SEMÁFORO EN ZONA ALEDAÑA A NUEVO TERRAPUERTO
DE PIURA

AUTOR : Luis Fernando Díaz Vargas

INSTITUCIÓN : Universidad Nacional de Ingeniería

AÑO : 2009

RESUMEN : El tránsito es uno de los factores más importantes en el crecimiento y transformación de un centro urbano y de una región, y es por esto que el punto de vista de la Ingeniería de Tránsito debe ser

considerado en toda programación urbanística y en toda planificación de política económica.

Por eso, es de suma importancia reunir toda información necesaria, lo que denominamos una recopilación de datos. Estos datos son precisamente las estadísticas, los informes oficiales, los hechos veraces. No se puede guiar sólo por testimonios de personas, aun si fueran veraces, se requieren de datos estadísticos obtenidos oficialmente, en la ubicación de los accidentes u obtenidos de fuentes de información dignas de crédito.

Teniendo estos datos, se aplican metodologías sobre intersecciones sin semáforo para poder estimar la situación de estos cruces que se van a estudiar ante los diferentes flujos de tráfico a futuro; con el fin de prever planes de corto plazo, que van desde la construcción de un Terminal Terrestre, que permita mitigar en una gran parte el tráfico vehicular en toda la avenida Sánchez Cerro (principal avenida de la ciudad), hasta realizar mejoras geométricas en las intersecciones cercanas al nuevo Terminal Terrestre, como rotondas y pasos a desnivel. Otra solución sería la construcción de la vía de evitación, que permitiría a los vehículos pesados de carga no alterar el tráfico interno vehicular de la ciudad. (...)

2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS

2.2.1. FLUJO VEHICULAR

El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de cualquier diseño geométrico de una vía se deben conocer las características del tránsito que va a ocupar esa carretera o calle.

Mediante el análisis de los elementos de flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para el planteamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte. Con la aplicación de las leyes de la física y las matemáticas, el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el Nivel de eficiencia de la operación.

Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de los modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de Capacidad y Niveles de Servicio aplicado a diferentes tipos de elementos viales.

2.2.1.1. CARACTERÍSTICAS DE FLUJO VEHICULAR.

Según Ross, McShane y Prassas (en Radelat, 2003, p. 133), los parámetros que caracterizan el flujo vehicular pueden clasificarse en dos categorías. La primera corresponde a los

parámetros macroscópicos, que expresan las características de las corrientes vehiculares en conjunto; y la segunda a los parámetros microscópicos, que caracterizan la interacción de vehículos individuales dentro de la corriente.

Solo se tratará en este capítulo la descripción de las características básicas del flujo vehicular para las condiciones de operación en flujo continuo, dado que las condiciones correspondientes al flujo interrumpido no son consideradas en esta tesis.

PARÁMETROS MACROSCOPICOS

Las terminologías básicas de la semaforización temporizada de tráfico son descritas a continuación:

Ciclo: Secuencia completa de indicación de semáforo.

C: Duración de ciclo: Duración total de tiempo de semáforo que completan un ciclo, está dado en segundos y su símbolo es C.

Intervalo. - Período de tiempo durante el cual las indicaciones del semáforo permanecen constantes.

Fase. - Es la parte del ciclo asignada a una combinación de movimiento de tráfico.

Intervalo de cambio y limpieza: Es el intervalo de señales amarillo más todo rojo que ocurre entre fases, para proveer de limpieza en la

intersección antes de que los movimientos de conflicto se realicen, está dado en segundos y su símbolo es Y.

Tiempo de verde. - Es el tiempo dentro de una fase, durante el cual el indicador muestra verde, está dado en segundos y su símbolo es g.

Tiempo perdido. - Es el tiempo durante el cual la intersección no es efectivamente usada por algún movimiento, lo cual ocurre dentro del intervalo de cambio y limpieza (cuando la intersección está limpia) y en el comienzo de cada fase cuando los primeros vehículos de la fila inician la marcha experimentan demoras en el arranque, su símbolo es l.

Tiempo efectivo de verde. - Es el tiempo efectivamente disponible para un movimiento, generalmente es tomado como el tiempo de verde más el intervalo de cambio y limpieza, menos el tiempo perdido para el movimiento designado, está dado en segundos y su símbolo es g_i .

Razón efectiva de verde. - La razón efectiva de tiempo de verde para una duración de ciclo, está dada por el símbolo g_i/C .

Tiempo efectivo de rojo. - Es el tiempo durante el cual un movimiento dado o grupo de movimientos no están permitidos que ocurran, la duración del ciclo menos el tiempo efectivo de verde, está dado en segundos y su símbolo es t_i .

C = Duración del ciclo.

Y = Intervalo de cambio y limpieza.

g = Tiempo de verde

L = Tiempo perdido

g_i = Tiempo efectivo de verde

g_i/C = Razón efectiva de verde

t_i = Tiempo efectivo de rojo.

Volumen. - Es el número de vehículos que pasan por un punto durante un periodo determinado. Generalmente se expresa en vehículos por hora (veh/h), aunque esto no implica que sea medido específicamente durante una hora (Fernández, 2008, p. 24).

UCP. - Es el factor de unidad Coche Patrón que está dado por las equivalencias de uniformidad a una unidad de vehículo liviano (Auto), el UCP busca uniformizar el volumen vehicular en un solo tipo de volumen aplicado los factores de equivalencia a los distintos tipos de vehículos. Las equivalencias se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 1. Factores de Unidad Coche Patrón

Tipo de Vehículo	Autos	Camioneta	Ómnibus	Microbús	Combi	Camión
UCP: Factor de vehículos equivalente a una unidad de coche patrón.	1.00	1.00	3.00	2.00	1.35	2.50

Fuente: Estudios de tráfico en Perú

2.2.1.2. **CONCEPTOS FUNDAMENTALES**

En esta sección se presenta una descripción de algunas de las características fundamentales del flujo vehicular, representadas

en sus tres variables principales: el flujo, la velocidad y la densidad. Mediante la deducción de relaciones entre ellas, se puede determinar las características de la corriente de tránsito, y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto. De igual manera, el conocimiento de estas tres variables reviste singular importancia, ya que éstas indican la calidad o Nivel de Servicio experimentado por los usuarios de cualquier sistema vial. A su vez, estas tres variables pueden ser expresadas en términos de otras, llamadas variables asociadas. El volumen, el intervalo, el espaciamiento, la distancia y el tiempo.

Las tres características principales que se pueden explicar matemáticamente son:

- La velocidad
- El volumen o intensidad de tránsito.
- La densidad

Estas tres características principales de la teoría de flujo vehicular se describen a continuación

VELOCIDAD

La velocidad es definida como una razón de movimiento en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora (km/h). El HCM 2000 usa la velocidad promedio de

viaje como la medida de velocidad, ya que es fácil de calcular observando cada vehículo dentro del tránsito y es la medida estadística más relevante en relación con otras variables.

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE: La velocidad promedio de viaje es una medida de tránsito basada en la observación del tiempo de viaje en una longitud dada de carretera. Se calcula como la longitud del segmento dividido entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento, incluyendo todos los tiempos de demoras por paradas. La velocidad promedio de viaje se calcula dividiendo el largo de la carretera, sección o segmento bajo consideración entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento. La Ecuación 1.2-1 expresa la velocidad promedio de viaje.

$$S = \frac{L}{t_a}$$

Dónde:

S = Velocidad promedio de viaje (km/h),

L = Longitud del segmento de carretera (km)

t_a = Tiempo promedio de viaje en el segmento (h).

VELOCIDAD A FLUJO LIBRE: La velocidad de flujo libre (FFS por sus siglas en inglés, free flow speed) es la velocidad promedio de los vehículos en una carretera dada, medida bajo

condiciones de un volumen bajo, cuando los conductores tienden a conducir a una velocidad alta sin restricciones de demoras.

VOLUMEN O INTENSIDAD DE TRÁNSITO

El volumen de tránsito es definido como el número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”.

Un intervalo común de tiempo para el volumen es un día, descrito como vehículos por día. Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las carreteras.

Para los análisis operacionales, se usan los volúmenes horarios, ya que el volumen varía considerablemente durante el curso de las 24 horas del día. La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada “hora pico” (HP), u hora de máxima demanda (HMD).

FACTOR DE HORA PICO

El factor de la hora pico (FHP) representa la variación en la circulación dentro de una hora. Las observaciones de la circulación indican constantemente que los volúmenes encontrados en el periodo de 15 minutos del pico dentro de una

hora no se encuentran sostenidos a través de la hora completa. El uso del factor de la hora pico en la ecuación para determinar la tasa de flujo considera este fenómeno.

En vías multicarriles, los valores típicos del factor de hora pico, FHP varían entre 0.80 y 0.95. Un factor de hora pico bajo es característico de condiciones rurales. Factores altos son condiciones típicas de entornos urbanos y suburbanos en condiciones de hora pico. Los datos del campo deben ser utilizados en lo posible para desarrollar el cálculo del factor de hora pico de condiciones locales. El factor de hora pico es la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo (q_{\max}), que se presenta en un periodo dado dentro de dicha hora como se aprecia en:

$$FHP = \frac{VHMD}{q_{\max} * N}$$

El factor de la hora de pico es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Si este valor es igual a 1 significa uniformidad, en cambio valores muy pequeños indicarán concentraciones de flujos máximos.

DENSIDAD

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como

vehículos por kilómetro (veh/km). La densidad se puede calcular como se expresa en:

$$D = \frac{V}{S}$$

Dónde:

V = Razón de flujo (veh p/h)

S = Velocidad promedio de viaje (km/h)

D = Densidad (veh p/km/carril).

La densidad es posiblemente el parámetro más importante en el tránsito, porque es la medida más directamente relacionada con la demanda de tránsito.

A continuación, se verán los principales conceptos relacionados con las variables del flujo vehicular.

VARIABLES RELACIONADAS CON EL FLUJO

Las variables relacionadas con el flujo son la tasa de flujo, el volumen, el intervalo simple entre vehículos consecutivos y el intervalo promedio entre vehículos.

Tasa de flujo o flujo (q) y volumen (Q): La tasa de flujo, q , es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. La tasa de flujo es pues, el número de vehículos, N , que pasan durante un intervalo de tiempo específico, T , inferior a una hora, expresada en

vehículos por minuto (veh/min) o vehículos por segundo (veh/s). No obstante, la tasa de flujo q , también puede ser expresada en vehículos por hora (veh/h), teniendo cuidado de su interpretación, pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario, Q . La tasa de flujo, q , se calcula entonces:

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

Intervalo simple (h_i): Es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, generalmente expresado en segundos y medido entre puntos homólogos del par de vehículos.

Intervalo promedio (\bar{h}): Es el promedio de todos los intervalos simples, h_i , existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo (s/veh) y se calcula, de acuerdo a la Figura 1., mediante:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N - 1}$$

Dónde:

\bar{h} = Intervalo promedio (s/veh)

N = Número de vehículos (veh)

$N - 1$ = Número de intervalos (veh)

h_i = Inter. simple entre el vehículo i y el vehículo $i + 1$

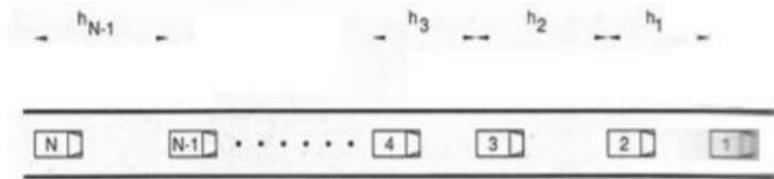


Figura 1. Intervalos entre vehículos

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Obsérvese que las unidades del intervalo promedio \bar{h} (s/veh) son las unidades inversas de la tasa de flujo q (veh/s), por lo que también puede plantearse:

$$\bar{h} = \frac{1}{q}$$

VARIABLES RELACIONADAS CON LA VELOCIDAD

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la velocidad son la velocidad de punto, la velocidad instantánea, la velocidad media temporal, la velocidad media espacial, la velocidad de recorrido, la velocidad de marcha, la distancia de recorrido y el tiempo de recorrido.

VARIABLES RELACIONADAS CON LA DENSIDAD

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la densidad o concentración, el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos

Densidad o concentración (k) Es el número, N, de vehículos que ocupan una longitud específica, d, en una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada.

$$k = \frac{N}{d}$$

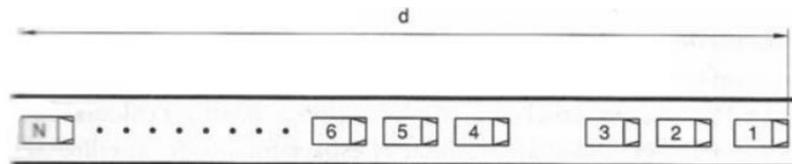


Figura 2. Densidad o concentración

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras. 3) Espaciamiento promedio. Es el promedio de todos los espaciamentos simples, existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículo (m/veh) y se calcula.

$$\bar{s} = \frac{\sum_{l=1}^{N-1} s_l}{N - 1}$$

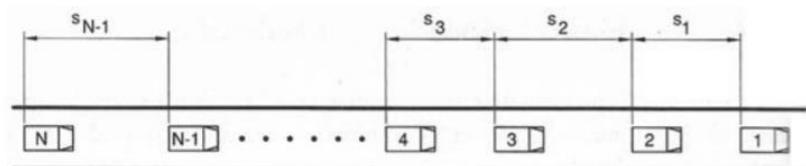


Figura 3. Espaciamentos entre vehículos

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Obsérvese que las unidades del espaciamiento promedio \bar{s} (m/veh) son las unidades inversas de la densidad k (veh/m), por lo que también puede plantearse:

$$\bar{s} = \frac{1}{k}$$

RELACIÓN ENTRE EL FLUJO, LA VELOCIDAD, LA DENSIDAD, EL INTERVALO Y EL ESPACIAMIENTO

El esquema de la Figura 4 muestra un par de vehículos consecutivos a los cuales se les han asociado atributos tanto en el tiempo como en el espacio. Así, por ejemplo, el paso es el tiempo necesario para que el vehículo recorra su propia longitud, y la brecha o claro es el intervalo de tiempo libre disponible entre los dos vehículos, equivalente a la separación entre ellos medida desde la defensa trasera del primer vehículo hasta la defensa delantera del segundo vehículo, dividida por la velocidad (la del segundo vehículo o la del grupo de vehículos si todos ellos viajan a la misma velocidad).

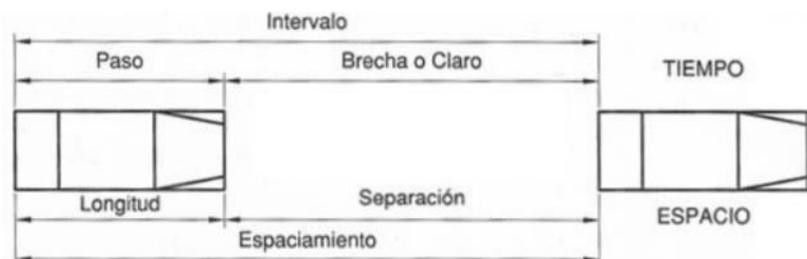


Figura 4. Relaciones de tiempo y espacio entre vehículos

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

$$\mathbf{Espaciamiento = (Velocidad)(Tiempo)}$$

$$\bar{s} = \bar{v}_e \bar{h}$$

Como se puede ver en la expresión anterior, para un grupo de vehículos, el intervalo promedio y el espaciamento promedio se relacionan a través de la velocidad media espacial. También, como cualquier otro fluido continuo, el flujo de la corriente de tránsito puede definirse en términos de sus tres variables principales: la tasa de flujo q , la velocidad v y la densidad k .

$$\bar{h} = \frac{1}{q}$$

$$\bar{s} = \frac{1}{k}$$

Reemplazando los dos valores anteriores:

$$\frac{1}{k} = \bar{v}_e \left(\frac{1}{q} \right)$$

De donde:

$$\mathbf{q = \bar{v}_e k}$$

A la anterior correlación se le conoce como la ecuación fundamental del flujo vehicular, que en forma general se expresa como:

$$\mathbf{q = vk}$$

Los resultados numéricos dados por la ecuación fundamental del flujo vehicular dependen del método de medición empleado para definir cada una de sus variables y de la forma de promediarlas, ya que, como es conocido, existen mediciones de tipo puntual, mediciones sobre distancias o tramos específicos y mediciones dentro de todo un sistema.

2.2.1.3. *MODELOS BÁSICOS DE FLUJO VEHICULAR*

Los anteriores conceptos y relaciones fundamentales, constituyen el punto de partida para analizar aún más las características del flujo vehicular a través de sus tres variables principales: flujo (q), velocidad (v) y densidad (k), relacionadas mediante la ecuación fundamental del flujo vehicular, que como se demostró, su forma general es:

$$q = vk$$

Si se establece una relación entre cualquiera dos de las tres variables, la relación de estas dos con la tercera la determina la ecuación $q=vk$. Naturalmente, las posibles combinaciones son velocidad densidad (v, k), flujo-densidad (q, k) y velocidad-flujo (v, q).

La variable más fácil de medir es el flujo q , siguiéndole en su orden la velocidad v y la densidad k . por esta razón, usualmente se considera la densidad k como la variable dependiente.

De todas maneras, no existe una variable dependiente aislada, como tampoco existe cuando se representa un punto en el espacio en función de sus tres coordenadas (x, y, z).

Por lo tanto, es de gran ayuda visualizar la ecuación fundamental del flujo vehicular, considerando la superficie que representa, cuando se grafica sobre ejes mutuamente perpendiculares en el espacio, tal como se ilustra en la Figura.

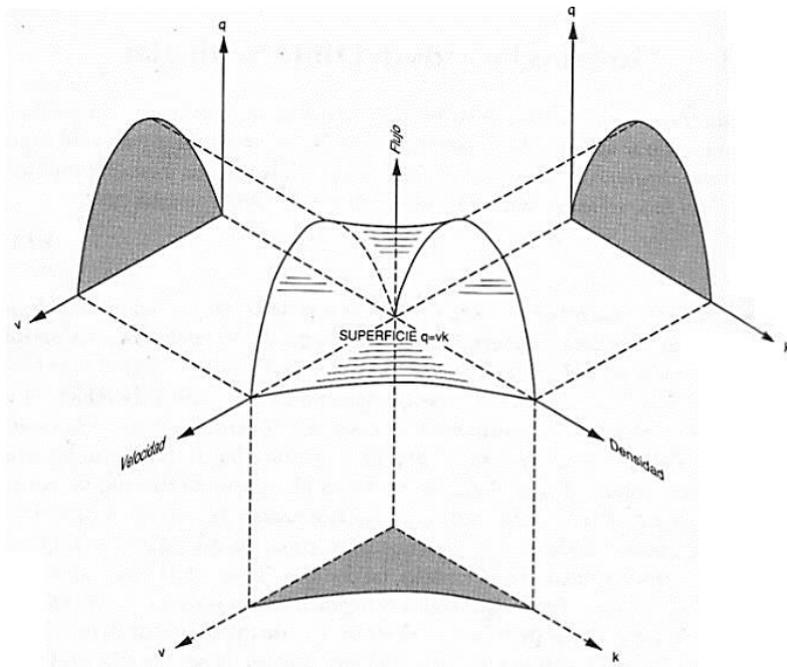


Figura 5. Relación fundamental del flujo vehicular

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Uno de los objetivos finales que busca el ingeniero de tránsito es el de optimizar la operación de los sistemas de tránsito existentes y el de intervenir en el proyecto de sistemas viales futuros bastante eficientes. De esta manera, la optimización en

tránsito indica la selección de las mejores condiciones de operación, sujeto a las habilidades del sistema o recursos y a las restricciones del usuario y del medio ambiente. Las medidas de efectividad, que entran en el objetivo definido como una función, inherentes en el criterio de optimización, serán aquellas que se puedan expresar como una función de las variables de tránsito presentes en el problema, llamadas variables de decisión. La tarea es, desde luego, elegir valores para las variables de decisión o control que hagan óptima la función objetivo. En los modelos determinísticos, los cuales otorgan un valor preciso para cada medida de efectividad definida al tomar ciertos valores específicos las variables de decisión, aplicados a problemas de tránsito, se supone que las relaciones funcionales entre las variables de entrada y los parámetros que miden la efectividad son constantes. Esto es, solo ocurrirá un valor de la función objetivo para cualquier conjunto dado de valores de las variables de entrada.

En general los modelos del flujo vehicular se pueden clasificar en dos grandes clases: microscópicos y macroscópicos. Los modelos microscópicos consideran los espaciamientos y las velocidades individuales de los vehículos, con base en la teoría del seguimiento vehicular. Los modelos macroscópicos describen la operación vehicular en términos de sus variables de

flujo, generalmente tomadas como promedios. A su vez, estos modelos del flujo vehicular son la base de la simulación microscópica y macroscópica.

Los esfuerzos en tratar de relacionar las diferentes parejas de las tres variables principales de flujo vehicular (q , v , k) se han basado en toma de datos y ajuste simple a curvas o regresión, en métodos deductivos a partir de condiciones límite o de frontera y en analogías físicas. Estas tres formas de aproximarse al fenómeno del tránsito, han dado como resultado el desarrollo de modelos macroscópicos, los cuales suponen un movimiento homogéneo o condiciones de flujo estacionario y describen las características generales o globales de la corriente vehicular. A continuación, se analiza únicamente el modelo lineal, ya que es la parte que concierne a la tesis desarrollada.

MODELO LINEAL

B.D. Greenshields llevó a cabo una de las primeras investigaciones sobre el comportamiento del flujo vehicular, en la cual estudio la relación existente entre la velocidad y la densidad. Utilizando el conjunto de datos (k , v), para diferentes condiciones del tránsito, propuso una relación lineal entre la velocidad v y la densidad k , que mediante el ajuste por el método de mínimos cuadrados, se llega al modelo lineal siguiente:

$$\bar{v}_e = v_l - \left(\frac{v_l}{k_c}\right) k$$

Dónde:

\bar{v}_e = Velocidad media espacial (km/h)

k = Densidad (veh/km/carril)

v_l = Velocidad media espacial a flujo libre (km/h)

k_c = Densidad de congestionamiento (veh/km/carril).

En general la velocidad disminuye a medida que aumenta la densidad, desde un valor máximo o velocidad a flujo libre V_l (punto A), hasta un valor mínimo $V_e=0$ (punto B) donde la densidad alcanza su máximo valor o de congestionamiento k_c .

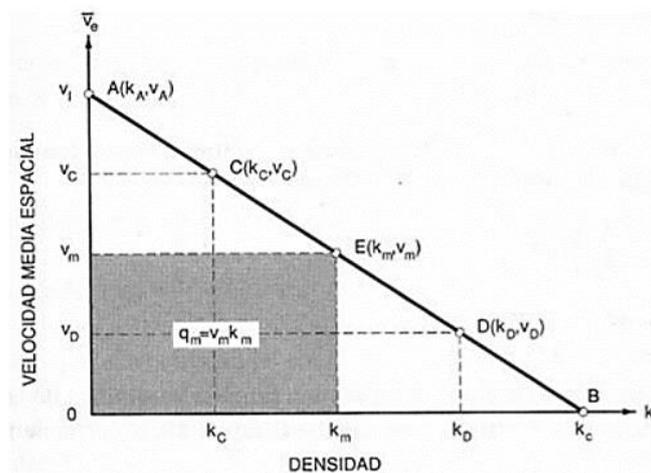


Figura 6. Relación lineal entre la velocidad y la densidad

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Obviamente, en la práctica, la densidad nunca toma el valor de cero, lo cual quiere decir que para que exista velocidad a flujo

libre, debe presentarse al menos un vehículo sobre la calle o carretera circulando a esa velocidad. Bajo esta condición, la densidad es muy baja, tal que el vehículo o los pocos vehículos circulan libremente a la velocidad máxima o límite establecido por la vialidad. En el otro extremo, al presentarse congestión, los vehículos están detenidos uno tras de otro.

El flujo, q , se puede representar en el diagrama velocidad-densidad, a través de la ecuación fundamental $q=vk$, donde para cualquier punto sobre la recta de coordenadas (k, v) , el producto vk es el área de un rectángulo cuyo lado horizontal es la densidad k y cuyo lado vertical es la velocidad v . Así, por ejemplo, para los puntos C y D, los flujos asociados a las densidades y velocidades correspondientes son:

$$q_c = v_c k_c$$

$$q_D = v_D k_D$$

El rectángulo de área máxima corresponde al punto E, que está ubicado exactamente en la mitad de la recta. Su área, sombreada, representa el flujo máximo, q_m , el cual se obtiene para los valores siguientes de V_m y K_m .

$$v_m = \frac{v_l}{2}$$

$$k_m = \frac{k_c}{2}$$

Por lo tanto, el flujo máximo es:

$$q_m = v_m k_m$$

O lo que es lo mismo:

$$q_m = \frac{v_l k_c}{4}$$

La relación entre el flujo q y la densidad k , se obtiene reemplazando:

$$q = vk = \left[v_l - \left(\frac{v_l}{k_c} \right) k \right] k$$

$$q = v_l k - \left(\frac{v_l}{k_c} \right) k^2$$

Esta ecuación expresa al flujo q como una función parabólica de la densidad k . por lo tanto, la forma de la curva, es la de una parábola.

Por definición se requiere que cuando la densidad se aproxime a cero, el flujo también se aproxime a cero, lo cual representa condiciones de operación a flujo libre (punto A). Igualmente, cuando la densidad es la máxima, $k=k_c$, los vehículos se detienen uno tras otro, defensa delantera a defensa trasera, tal que no avanzan, $q=0$ (punto B).

Entre los dos extremos anteriores, existe una diversidad de condiciones de flujo vehicular, identificadas por los puntos C, D y E, reflejando éste último características de operación a flujo máximo o Capacidad, $q = q_m$.

La velocidad, v , se puede también representar en el diagrama flujo-densidad, despejándola de la ecuación fundamental $q=vk$:

$$v = \frac{q}{k}$$

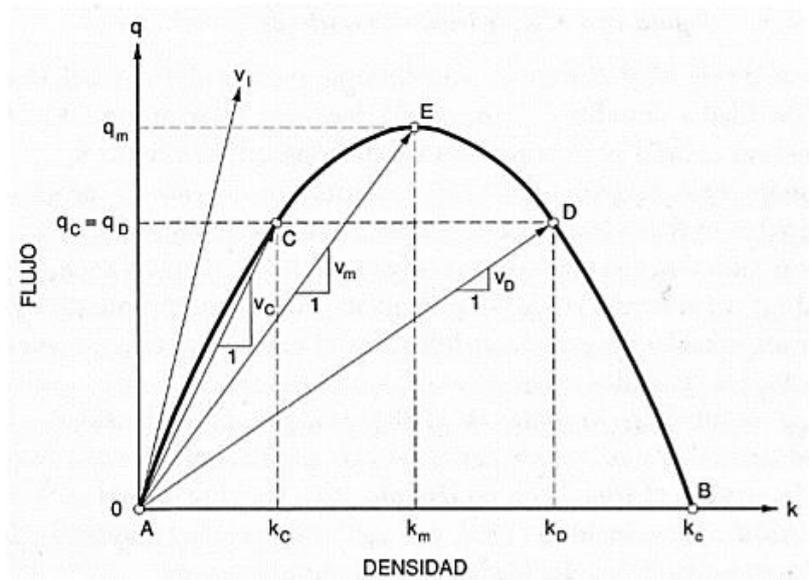


Figura 7. Relación parabólica entre el flujo y la densidad

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

La expresión anterior es la pendiente del vector dirigido desde el origen A a cualquier punto sobre la curva. Así, para los puntos C, D y E, se tiene:

$$\text{Pendiente de AC} = v_c = \frac{q_c}{k_c}$$

$$\text{Pendiente de AD} = v_D = \frac{q_D}{k}$$

$$\text{Pendiente de AE} = v_m = \frac{q_m}{k_m}$$

Obsérvese que a la densidad del congestionamiento, $k=k_c$ (punto B), la pendiente del vector AB es cero, indicando que no existe velocidad pues los vehículos están completamente detenidos o en congestionamiento total. En la medida en que el flujo q y la densidad k se aproximan a cero, el vector tiende a ser tangente a la curva y su pendiente representa la velocidad a flujo libre V_f . El valor de la velocidad a flujo libre depende del conductor, de las características de su vehículo, de las características geométricas de la vialidad, ancho de carriles, pendientes, distancias de visibilidad, etc. y de otros factores tales como la iluminación y el estado del tiempo.

La relación entre la velocidad y el flujo q , se obtiene despejando la densidad k :

$$k = k_c - \left(\frac{k_c}{v_f}\right) \bar{v}_e$$

Reemplazando:

$$q = \bar{v}_e k = \bar{v}_e \left[k_c - \left(\frac{k_c}{v_f}\right) \bar{v}_e \right]$$

$$= \bar{v}_e k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) (\bar{v}_e)^2$$

De donde:

$$\bar{v}_e = \frac{v_l}{2} \pm \frac{\sqrt{v_l^2 - 4\left(\frac{v_l}{k_c}\right)q}}{2}$$

Esta última expresión, indica que entre la velocidad y el flujo existe una relación parabólica, donde para un valor determinado del flujo ($q = q_c = q_D$), hay asociados dos valores de la velocidad (V_c y V_D). En la medida que el flujo q aumenta, desde el punto A a velocidad a flujo libre, la velocidad v progresivamente disminuye.

De manera que si para una determinada vialidad, el flujo de entrada q (demanda) se aproxima a la Capacidad q_m (máxima oferta o Servicio), la dinámica del flujo vehicular puede causar que éste se reduzca por debajo de la Capacidad, con velocidades correspondientes a la porción inferior de la curva desde el punto E hasta el punto B, indicando que la operación ocurre a Nivel de congestión.

La densidad, k , se puede también representar en el diagrama velocidad-flujo, despejándola de la ecuación fundamental $q=vk$:

$$k = \frac{q}{v} = \frac{1}{\frac{v}{q}}$$

En la expresión anterior, la pendiente del vector dirigido desde el origen B a cualquier punto sobre la curva, es el inverso de la densidad en ese punto. Así, para los puntos C, D y E, se tiene:

$$\text{Pendiente de BC} = \frac{1}{k_C} = \frac{v_C}{q_C}$$

$$\text{Pendiente de BD} = \frac{1}{k_D} = \frac{v_D}{q_D}$$

$$\text{Pendiente de BE} = \frac{1}{k_m} = \frac{v_m}{q_m}$$

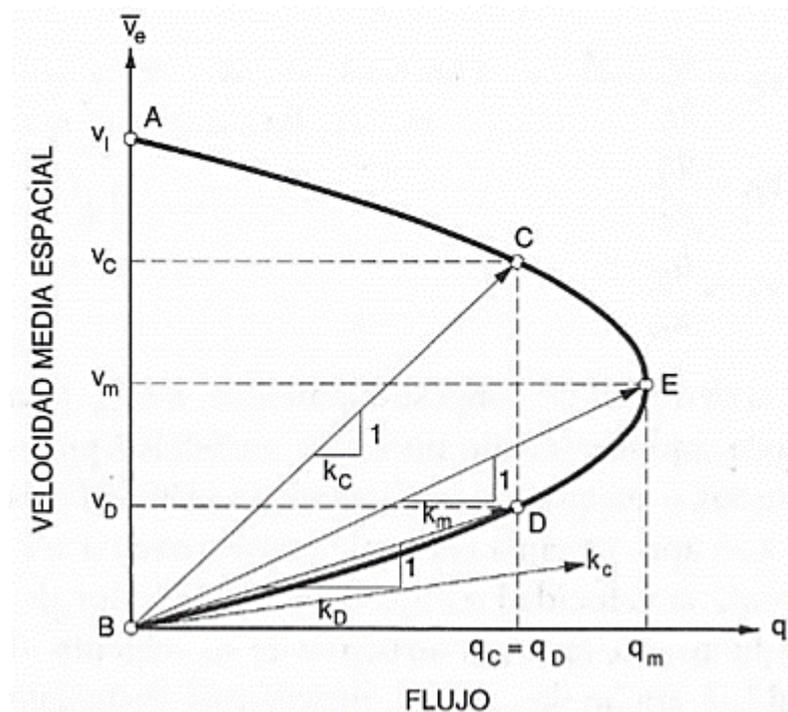


Figura 8. Relación parabólica entre la velocidad y el flujo

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Obsérvese que en los Niveles de congestión total, $q=0$ (punto B), la pendiente del vector en el punto B es casi cero, indicando que los vehículos están completamente detenidos, alcanzándose la

densidad máxima o de congestión k_c . Por el contrario, a la velocidad a flujo libre, $v = v_l$ (punto A), la pendiente del vector BA tiende a infinito, indicando que la densidad tiende a cero, es decir, hay pocos vehículos circulando a flujo libre.

En la Figura aparecen dibujadas las tres relaciones básicas en un solo diagrama fundamental, el cual permite ver la interrelación entre cada una de ellas.

En la práctica cada una de ellas tiene su uso particular. Así, por ejemplo, la relación velocidad-densidad es el punto de partida de la mayoría de los modelos o enfoques teóricos del flujo vehicular, puesto que para un simple valor de la densidad existe un solo valor de la velocidad; esta situación no ocurre en los otros casos.

La relación flujo-densidad es la base para el control de tránsito en autopistas, puesto que la densidad o concentración se puede expresar en términos del porcentaje de ocupación de tramos específicos en un momento dado.

La relación velocidad-flujo es utilizada principalmente para identificar los Niveles de Servicio (velocidades) y los Niveles de productividad (flujos).

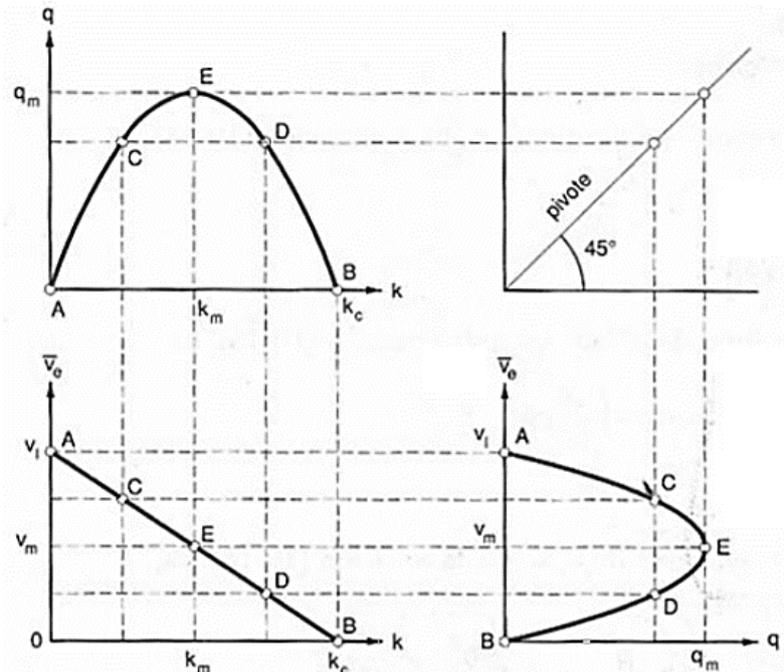


Figura 9. Diagrama fundamental del flujo vehicular

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Finalmente, se puede observar que las regiones correspondientes a flujos de tránsito no congestionados están limitadas por:

$$0 \leq q \leq q_m$$

$$v_m \leq \bar{v}_e \leq v_l$$

$$0 \leq k \leq k_m$$

2.2.1.4. TIPOS DE FLUJO DE TRÁFICO.

El Manual de Capacidad de Carreteras clasifica a los distintos tipos de caminos en dos categorías o tipos de operación del flujo vehicular:

⇒ Continuo y

⇒ Discontinuo

Los términos “flujo Continuo” y “flujo discontinuo” solo describen el tipo de camino y no la calidad del flujo de tránsito que en un determinado momento circula por el mismo. Así, por ejemplo, una autopista que, en un momento dado, experimenta un alto grado de congestión, sigue siendo un camino de flujo continuo pues las causas que originan esa congestión son internas de la corriente de tránsito.

Las autopistas y sus componentes operan bajo las más puras condiciones de flujo continuo ya que no solo en ellas no existen interrupciones fijas al tránsito, sino que además los accesos y egresos son controlados y limitados a las ubicaciones de las ramas de entrada y salida.

Los caminos multicarril y los de dos carriles también pueden operar bajo las condiciones de flujo continuo en tramos largos ubicados entre puntos en los cuales existen elementos de control que producen la interrupción de la corriente vehicular.

En el análisis de los caminos con flujo discontinuo debe tomarse en cuenta en el impacto de las interrupciones fijas. Así por ejemplo, un semáforo limita el tiempo disponible para los distintos movimientos del tránsito de la intersección en la cual están emplazados. En consecuencia, la Capacidad queda limitada no solo por el espacio físico proporcionado por la

intersección, sino también por el tiempo disponible para los distintos movimientos de la corriente de tránsito.

A continuación, se presentan las definiciones para ambos tipos de flujo.

FLUJO CONTINUO

Es aquel en que el vehículo que va transitando por la vía solo se ve obligado a detenerse por razones inherentes al tráfico. Es el tráfico de las carreteras. Los vehículos se detienen cuando ocurre un accidente, cuando llegan a un destino específico, paradas intermedias, etc.

Los caminos que poseen las características de flujo continuo no tienen elementos externos a la corriente del tránsito, tales como semáforos, que puedan interrumpir el mismo. Cuando se tiene un camino que opera en estas condiciones, las características de operación de los vehículos que por él circulan son el resultado de la intersección entre los vehículos existentes en la corriente de tránsito y entre los vehículos y las características geométricas y del medio ambiente en el cual se desarrolla el camino.

En otras palabras, el flujo continuo es la circulación de vehículos donde no existen intersecciones con semáforos o con señales de alto.

FLUJO DISCONTINUO O ININTERRUMPIDO

Es el característico de las calles, donde las interrupciones son frecuentes por cualquier motivo, siendo una de estas los controles de tránsito de las intersecciones como son los semáforos, los ceda el paso, etc.

Los caminos que poseen las características de flujo interrumpido poseen elementos fijos que pueden interrumpir la corriente vehicular. En esos elementos se incluyen los semáforos, las señales de alto y cualquier otro dispositivo de control del tránsito, cuya presencia origina la detención periódica de los vehículos (o la disminución significativa de su velocidad) independientemente de los volúmenes de tránsito existentes.

El flujo interrumpido es la circulación de vehículos en las carreteras donde existen intersecciones como semáforos o señales de alto y es utilizado para el tránsito urbano.

2.2.1.5. DIFERENCIAS ENTRE LOS DOS TIPOS DE CORRIENTE:

Entre las principales diferencias entre los dos tipos de corriente se pueden señalar:

⇒ Procedimientos más complejos, debido a la dimensión de tiempo que participa en la asignación de espacio para el tráfico en corrientes conflictivas.

⇒ Medidas operacionales definidas como:

- Volumen y /o tasa de flujo
- Parámetros variables de paradas o señales de control.
- Espacios disponibles en la corriente de tráfico conflictiva
- Retardo en promedio de segundos por vehículo.

2.2.1.6. TIPO DE VEHÍCULO

Las condiciones del flujo vehicular que influyen a la Capacidad y a los Niveles de Servicio involucran al tipo de vehículo y a la distribución de los vehículos entre carriles y por sentido. Los procedimientos de cálculo presuponen que los conductores están familiarizados con la vía por la cual circulan. La menor eficiencia en el uso de los caminos que se observa en los días de fin de semana o en las zonas de recreación, es atribuida principalmente a la falta de conocimientos específicos de las particularidades de los caminos, por parte de los usuarios no habituales

La presencia de vehículos pesados, - esto es, vehículos distintos a los automóviles (que comprenden no solo a los automóviles, sino también a las pick-ups, las furgonetas, las vans) – en la corriente de tránsito afecta al número de vehículos que pueden ser servidos por la vía.

Los vehículos pesados afectan, en forma adversa, a la corriente vehicular de dos maneras:

⇒ Los vehículos pesados son más largos que los automóviles y por lo tanto ocupan un mayor espacio de calzada o de carril que estos últimos.

⇒ Los vehículos pesados como consecuencia de su baja relación potencia – peso, presentan pobres condiciones de operación, comparadas con la de los automóviles, particularmente en lo que al poder de aceleración y desaceleración se refiere, como así también a las posibilidades de mantener la velocidad en pendientes positivas.

La última de las características de los vehículos pesados mencionadas, resulta ser la más crítica, pues debido a que en muchos casos, cuando esos vehículos no pueden alcanzar y mantener la velocidad desarrollada por los automóviles, se forman largos espacios en la corriente vehicular que difícilmente pueden ser cubiertos mediante las maniobras de sobrepaso, produciéndose en consecuencia una deficiente utilización del camino.

Este efecto es fundamentalmente nocivo en pendientes pronunciadas, donde las diferencias en las condiciones de operación entre los automóviles y los vehículos pesados son

más notables, especialmente en aquellos caminos de dos carriles, en los cuales el sobrepaso debe efectuarse utilizando el carril destinado al tránsito que circula en sentido contrario

Normalmente el tráfico se divide en tres grupos:

⇒ Motocicletas

⇒ Vehículos ligeros

Los vehículos ligeros son todos aquellos vehículos de pasajeros de uso particular o arrendamiento con máximo cuatro ruedas en contacto con el pavimento.

⇒ Vehículos pesados

Los vehículos pesados son todos aquellos que tienen más de cuatro ruedas en contacto con el pavimento.

2.2.2. MODELACIÓN DEL TRAFICO

La modelación del tráfico permite conocer las características actuales y predecir las características futuras del flujo vehicular a través de relaciones entre los parámetros que lo caracterizan. Existen varios niveles de modelación y su empleo dependerá básicamente del grado de detalle que se requiera (Cabrera, 2007).

Entre los principales niveles podemos mencionar: modelación macroscópica, modelación microscópica y modelación mesoscópica.

Cabe mencionar que los conceptos y relaciones empleados por el HCM y Synchro provienen de un enfoque macroscópico del tráfico; por tal motivo los niveles de modelación microscópico y mesoscópico no son objeto de este estudio.

Los modelos macroscópicos analizan el tráfico como un todo sin considerar las características de los vehículos individualmente (Yand, 2007). Estos modelos relacionan los parámetros macroscópicos de volumen, densidad y velocidad; a través de la denominada ecuación fundamental del tráfico.

$$\mathbf{volumen} = (\mathbf{densidad}) \cdot (\mathbf{velocidad})$$

2.2.3. CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de autopistas y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera común una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta Servicio a esta demanda, es su Capacidad u oferta

Las estimaciones de Capacidad y Niveles de Servicio son necesarias para la mayoría de las decisiones de la Ingeniería de Tránsito y planeación del transporte.

Un objetivo básico del análisis de Capacidad es la estimación del máximo número de vehículos a los que una vía puede dar Servicio con seguridad razonable dentro de un periodo de tiempo. El análisis de Capacidad proporciona una forma de estimar la máxima cantidad de

flujo vehicular a la que se puede dar Servicio en una vía. El análisis de Capacidad es un conjunto de procedimientos de estimación de las posibilidades de la vía, para transportar el flujo en condiciones de operación definidas.

CAPACIDAD

Teóricamente la Capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una autopista o calle. De manera particular, la Capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de Capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable. Como se sabe, que el volumen en 15 minutos así obtenido es convertido a tasa de flujo horaria, entonces la Capacidad de un sistema vial, es la tasa máxima horaria.

La infraestructura vial, como ya se explicó sea ésta una autopista o calle, puede ser de circulación continua o discontinua.

Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos y señales de alto que produzcan interrupciones en el mismo.

Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, independientemente de la cantidad de vehículos, tales como los semáforos, las intersecciones de prioridad con señales de alto y ceda el paso, y otros tipos de regulación. Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su Capacidad y calidad de operación.

Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de Capacidad, es estimar el máximo número de vehículos que un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad durante un periodo específico. Sin embargo, los sistemas operan pobremente a Capacidad; pero generalmente ellos raramente se planifican para operar en este rango.

A su vez, mediante los análisis de Capacidad, también se estima la cantidad máxima de vehículos que el sistema vial puede acomodar mientras se mantiene una determinada calidad de operación, introduciéndose aquí el concepto de Nivel de Servicio.

NIVEL DE SERVICIO

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de Nivel de Servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de

operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros.

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el Nivel de Servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que correspondan a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc.

Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc. El Manual de Capacidad Vial HCM 2000 del TRB ha establecido seis Niveles de Servicio denominados:

- A, B, C, D, E, y F

Que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua, como se verá más adelante.

2.2.3.1. CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Según el TRB (2000), la capacidad para una intersección semaforizada se define para cada grupo de carriles como la

máxima tasa horaria a la cual los vehículos pueden cruzar la intersección bajo condiciones prevalecientes del tráfico, la vía y la semaforización.

2.2.3.2. NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Para un flujo discontinuo, la demora por control es la medida operacional crucial para definir el nivel de servicio (NS), La Tabla 4 muestra la correspondencia entre la demora y el NS según el TRB (2000).

Tabla 2. Niveles de Servicio según Vial HCM 2000

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	DEMORA POR CONTROL (S/VEH)
A	Baja demora, coordinación extremadamente favorable y ciclos cortos, los vehículos no se detienen.	≤ 10
B	Ocurre con una buena coordinación y ciclos cortos, los vehículos empiezan a detenerse.	$> 10 - 20$
C	Ocurre con una coordinación regular y/o ciclos largos, los ciclos en forma individual empiezan a fallar.	$> 20 - 35$
D	Empieza a notarse la influencia de congestión ocasionada por un ciclo largo y/o una coordinación desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	$> 35 - 55$
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una coordinación muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos son frecuentes.	$> 55 - 80$
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores de 1.00 pero con una coordinación muy pobre y/o ciclos demasiado largos.	> 80

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones (Reyes Espíndola, y otros, 2007).

Nivel de Servicio A, describe operaciones con muy bajo control de demora, por debajo de 10 seg. por vehículo. Este nivel de servicio ocurre cuando la progresión es extremadamente favorable y muchos vehículos arriban durante la fase verde, poca cantidad de vehículos paran. La duración de ciclos cortos puede también contribuir a bajas demoras.

Nivel de Servicio B, describe operaciones con control de demoras mayores que 10 seg. y menores que 20 seg. por vehículo. Este nivel generalmente ocurre cuando hay una buena progresión, duraciones de ciclos cortos o ambos. Más vehículos paran que en nivel de servicio A causando mayores niveles de promedio de demora.

Nivel de Servicio C, describe operaciones con control de demoras mayores que 20 seg. pero menores que 35 seg. por vehículo. Estas mayores demoras pueden resultar por una progresión fallida, duraciones de ciclo largas o ambas. Fallas individuales en el ciclo pueden aparecer en este nivel. El número de vehículos que puede parar es significativo en este nivel varios pasan a través de la intersección sin parar.

Nivel de Servicio D, describe operaciones con control de demoras mayores que 35 seg. y menores que 55 seg. por vehículo. En el nivel D la influencia de la congestión comienza a ser más notable, demoras largas pueden resultar de una

combinación de progresión desfavorable, duración de ciclo largo o altas relaciones v/c. Muchos vehículos paran y la proporción de vehículos que no pasan disminuye. Fallas individuales de ciclo son notables.

Nivel de Servicio E, describe operaciones de control de demora mayores que 55 seg. pero menores que 80 seg. por vehículo. Este nivel es considerado por muchas agencias como el límite de demora aceptable, estos altos valores de demora generalmente indican mala progresión, duración de ciclos largos y altas relaciones v/c. Fallos del ciclo son frecuentes de ocurrencia.

Nivel de Servicio F, describe operaciones de control de demora, por encima de 80 seg. por vehículo. Este nivel es considerado como inaceptable para muchos conductores, también ocurren con sobre saturación que es cuando la tasa de flujo que arriba a la intersección excede su capacidad, esto también puede ocurrir con altas relaciones v/c mayores de 1.0 con fallas individuales del ciclo, mala progresión y largas duraciones de ciclo pueden ser también importantes factores contribuyentes para tales niveles de demora.

2.2.3.3. CONDICIONES PREVALECIENTES.

Es necesario tener en cuenta el carácter probabilístico de la Capacidad, por lo que puede ser mayor o menor en un instante

dado. A su vez, como la definición misma lo expresa, la Capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican; estos se agrupan en tres tipos generales:

Condiciones de la infraestructura vial: Son las características físicas de la autopista o calle (de tránsito continuo o discontinuo, con o sin control de accesos, dividida o no, de dos o más carriles, etc.), el desarrollo de su entorno, las características geométricas (ancho de carriles y acotamientos, obstrucciones laterales, velocidad de proyecto, restricciones para el rebase, carriles exclusivos y característicos de los alineamientos), y el tipo de terreno donde se aloja la infraestructura vial.

Condiciones del tránsito: Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio; a su composición en tipo de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos; a la distribución direccional en autopistas de dos carriles de dos sentidos; y a la distribución por carril en autopistas de carriles múltiples.

Condiciones de los controles: Hace referencia a los dispositivos para el control del tránsito, tales como los semáforos (fases, longitudes de ciclo, repartición de verdes, etc.), las señales restrictivas (alto, ceda el paso, no estacionarse, solo vueltas a la izquierda, etc.) y las velocidades límite.

Condiciones base o ideales: Una condición base o ideal, es una condición optima estándar específica de referencia, que deberá ser ajustada para tener en cuenta las condiciones prevalecientes. Las condiciones base asumen buen estado del tiempo, buenas condiciones del pavimento, usuarios familiarizados con el sistema vial y sin impedimentos en el flujo vehicular. Dependiendo del tipo de sistema vial en estudio, existe una serie de condiciones base, específica para cada uno de ellos. Por lo anterior, se puede plantear de manera general, una condición prevaleciente en función de una condición base, mediante cualquiera de las dos siguientes relaciones:

$$\text{Condición prevaleciente} = \text{Condición Base} - \text{Ajuste}$$

$$\text{Condición prevaleciente} = \text{Condición Base} \times \text{Factor de Ajuste}$$

2.2.4. CRITERIOS DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Los factores externos que afectan el Nivel de Servicio, como son físicos, pueden ser medidos a una hora conveniente. En cambio los factores internos, por ser variables, deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo, como por ejemplo el factor de la hora de máxima demanda. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en ese lapso. Para tomar esto en cuenta, es conveniente determinar la proporción del flujo para un

periodo máximo dentro de la hora de máxima demanda. Usualmente se acostumbra un periodo de 15 minutos.

Por lo general, no se realizan estudios de Capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de una autopista o calle; lo que se hace es tratar de determinar el Nivel de Servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admisible dentro de cierto Nivel de Servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con que flujos, o volúmenes, y a qué plazo se llegara a la Capacidad de esa parte del sistema vial.

En función del Nivel de Servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la autopista o calle, al cual se le denomina flujo de Servicio. Este flujo va aumentando a medida que el Nivel de Servicio va siendo de menor calidad, hasta llega al Nivel E, o Capacidad del tramo de autopista o calle. Más allá de este Nivel se registrarán condiciones más desfavorables, por ejemplo, con Nivel F, pero no aumenta el flujo de Servicio, sino que disminuye.

Tradicionalmente se ha considerado la velocidad el principal indicador para identificar el Nivel de Servicio. Sin embargo, los métodos modernos introducen, además de la velocidad, otros indicadores, como, por ejemplo, la densidad para casos de circulación continua y la demora para casos de circulación discontinua.

En cualquiera de los casos un indicador primordial para valorar el grado de utilización de la Capacidad de un sistema vial y, por consiguiente,

su Nivel de Servicio, es la relación entre el flujo y la Capacidad, ya sea entre el flujo de demanda y la Capacidad, o bien la relación entre el flujo de Servicio y la Capacidad, según el problema específico. En situaciones donde se conoce la demanda y la Capacidad y se desea determinar el Nivel de Servicio, el flujo representa el flujo de demanda. En el caso cuando se conoce la Capacidad y se especifica un determinado Nivel de Servicio, el flujo representa el flujo de Servicio posible con dicho Nivel.

El HCM 2000 reporta para autopistas, en condiciones base o ideales, Capacidades de hasta 2,400 vehículos ligeros/hora/carril. A su vez, dicho Manual para Carreteras rurales y suburbanas de carriles múltiples, establece como Capacidad ideal o base para este tipo de autopistas el valor de 2,200 vehículos ligeros/hora/carril.

El análisis que comúnmente se realiza, sirve para determinar el efecto de los factores externos e internos en la Capacidad base o ideal de cierto tramo de autopista o calle, y el flujo de Servicio que corresponde a un Nivel de Servicio dado. Los estudios de Capacidad sirven para aislar y medir esos factores. En general, se ha hecho una clasificación de factores y se han determinado ciertas relaciones que permiten valorarlos.

De no existir estos factores, se han fijado factores comunes numéricos, determinados empíricamente la mayoría de las veces, que pueden usarse para deducir matemáticamente la Capacidad que se tendría.

La determinación de estos factores y los procedimientos de análisis están contenidos en las versiones anteriores del HCM. Se resalta que el Highway Capacity Manual 2000, editado por el Transportation Research Board de los Estados Unidos, constituye el más extenso trabajo realizado hasta la fecha sobre la Capacidad de cualquier componente de un sistema vial rural y urbano, y aunque muchos de los factores pueden corresponder a condiciones específicas de la vialidad en los Estados Unidos, se ha utilizado en otros países con resultados muy positivos, y en donde los procedimientos lo han permitido, se ha incorporado información de estudios locales, adaptando y calibrando el Manual a las condiciones propias de cada país.

La Capacidad de una infraestructura vial es tan variable como pueden serlo las variables físicas del mismo, o las condiciones del tránsito. Por esta razón los análisis de Capacidad se realizan aislando las diversas partes del sistema vial, como un tramo recto, un tramo con curvas, un tramo con pendientes, el acceso a una intersección, un tramo de entrecruzamiento, una rampa de enlace, etc. Se trata pues, de buscar en cada una de estas partes, condiciones uniformes, por lo tanto, segmentos con condiciones prevalecientes diferentes, tendrán Capacidades diferentes.

Para fines de interpretación uniforme y metodológica ordenada, se han establecido los siguientes criterios:

⇒ El flujo y la Capacidad, bajo condiciones prevalecientes, se expresan en vehículos mixtos por hora para cada tramo de la autopista o calle.

⇒ El Nivel de Servicio se aplica a un tramo significativo de la autopista o calle. Dicho tramo puede variar en sus condiciones de operación, en diferentes puntos, debido a variaciones en el flujo de vehículos o en su Capacidad. Las variaciones en Capacidad provienen de cambios de anchura, por pendientes, por restricciones laterales, por intersecciones, etc. Las variaciones de flujo se originan porque los volúmenes de vehículos que entran y salen del tramo lo realizan en ciertos puntos a lo largo de él y a diferentes horas del día. El Nivel de Servicio del tramo debe tomar en cuenta, por lo tanto, el efecto general de estas limitaciones.

⇒ Los elementos usados para medir la Capacidad y los Niveles de Servicio son variables, cuyos valores se obtienen fácilmente de los datos disponibles. Por lo que corresponde a Capacidad, se requieren el tipo de infraestructura vial, sus características geométricas, la velocidad media de recorrido, la composición del tránsito y las variaciones de flujo. Por lo que toca al Nivel de Servicio, los factores adicionales que se requieren incluyen la densidad, la velocidad media de recorrido, las demoras y la relación flujo a Capacidad.

⇒ Por razones prácticas se han fijado valores de densidades, velocidades medias de recorrido, demoras y las relaciones de flujo a Capacidad, que definen los Niveles de Servicio para autopistas,

autopistas de carriles múltiples, autopistas de dos carriles, calles urbanas, intersecciones con semáforos e intersecciones sin semáforos de prioridad.

⇒ El criterio utilizado para una identificación practica de los Niveles de Servicio de las diversas infraestructuras viales, establece que se deben considerar las medidas de eficiencia mostradas en la Tabla 2. Medidas de Eficiencia.

Tabla 3. Medidas de Eficiencia

TIPO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	MEDIDAS DE EFICIENCIA
Autopistas	
Segmentos Básicos	Densidad, velocidad, relación volumen a Capacidad
Tramos de Entrecruzamientos	Densidad, velocidad
Rampas de enlaces	Densidad
Carreteras	
Múltiples carriles	Densidad, velocidad, relación volumen a Capacidad
Dos carriles	Velocidad, % de tiempo de seguimiento
Intersecciones	
Con semáforos	Demora por controles
De prioridad	Demora por controles
Arterias urbanas	Velocidad de recorrido
Transporte colectivo	Frecuencia, horas de Servicio, carga de pasajeros
Ciclo rutas	Eventos, demoras, velocidad
Peatones	Espacio, eventos, demoras, velocidad

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual. HCM2000.

Para propósitos de esta tesis solo se desarrollan tres tipos de infraestructura de autopistas, es decir:

⇒ Segmentos Básicos

⇒ Tramos de entrecruzamientos (Trenzado)

⇒ Rampas de enlaces

2.2.5. ANÁLISIS OPERACIONAL

El análisis operacional del HCM consiste en estimar las medidas de eficiencia que son generadas en principio para elementos individuales y luego agregadas (ponderadas) para el sistema como un todo. La Figura esquematiza el procedimiento.

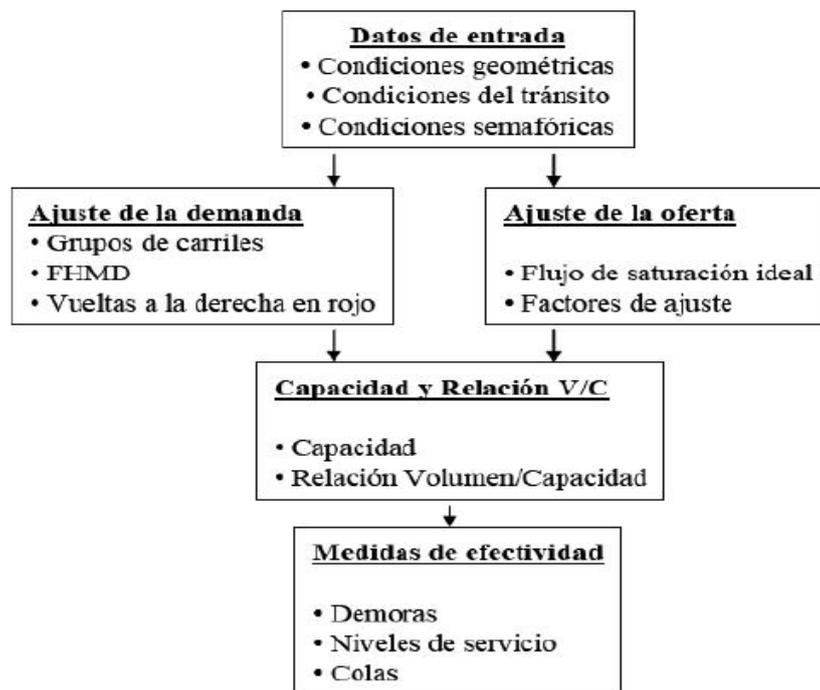


Imagen 1. Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizada
Fuente: TRB, 2000, p. 16-2.

2.2.5.1. DATOS DE ENTRADA.

CONDICIONES GEOMETRICAS

Son aquellas condiciones que incluyen toda la información de la configuración física de la intersección. La geometría de la intersección es generalmente presentada en forma de diagrama y es incluida toda la información relevante, incluyendo pendientes de las aproximaciones, el número y ancho de vías,

condiciones de estacionamiento. La existencia de vías exclusivas de volteo a la derecha e izquierda deben ser notadas, así como las longitudes de espera o estacionamiento de tales vías.

CONDICIONES DE CIRCULACIÓN

Se refieren a los volúmenes de tránsito para cada movimiento en cada acceso de la intersección. Deben considerar tanto la distribución de los tipos de vehículos, como el tránsito de peatones y bicicletas que interfieren con los giros ya sea a la izquierda o a la derecha.

Tabla 4. Relación entre el tipo de llegada y la relación de pelotón

Tipo de Llegada	Rango de Pelotón (Rp)	Valor por Defecto (Rp)	Calidad de la Progresión
1	≤	0.33	Muy pobre
2	0.50	3	Desfavorable
3	> 0.50-.85	0.66	Llegadas aleatorias
4	> 0.85-.15	7	Favorable

Fuente: TRB, 2000, p. 16-2.

$$Rp = \frac{P}{\left(\frac{g_i}{c}\right)}$$

Donde:

Rp: relación de pelotón.

P: proporción de todos los vehículos que llegan durante la fase verde ($P \leq 1$).

C: longitud del ciclo (s).

gi: tiempo de verde efectivo del movimiento o grupo de carriles (s).

CONDICIONES DE SEMAFORIZACIÓN

Son aquellas que incluyen la información relacionada a los semáforos, como la longitud del ciclo, los tiempos de verde y demás intervalos; los mismos que pueden resumirse en un diagrama de fases.

Al completar la información necesaria sobre semaforización, esta incluirá a manera ilustrativa un diagrama de las fases, duración del ciclo, tiempo de verde y el intervalo de cambio y limpieza. Se deberá identificar el tipo de semáforo automática o pre ajustado y la presencia de semáforos peatonales.

Si existen requerimientos de tiempo para peatones, el mínimo tiempo de verde para la fase debería ser indicado y debe ser provisto en el tiempo del semáforo. El mínimo tiempo de verde puede ser estimado como:

$$G_p = 7.0 + (W/1.37) - Y_i$$

Donde:

G_p = Mínimo tiempo de verde.

W = Distancia desde la vereda al centro de la vía más lejana de la calle que está siendo cruzada o a la isla de refugio de peatones más cercana, si el cruce peatonal es hecho sobre dos ciclos de señal, en metros.

Y_i = Intervalo de cambio y limpieza.

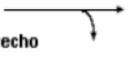
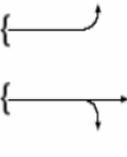
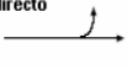
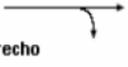
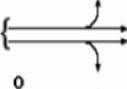
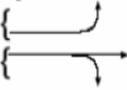
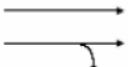
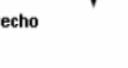
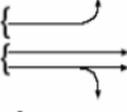
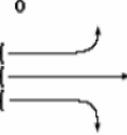
2.2.5.2. AJUSTE DE LA DEMANDA

AGRUPAMIENTO DE CARRILES

La metodología del HCM considera los accesos de una intersección de manera individual y los grupos de carriles de cada acceso también de forma individual. La segmentación toma en cuenta la geometría de la intersección y la distribución de movimientos.

En la Tabla 4. se presentan algunos agrupamientos de carriles comunes.

Tabla 5. Grupos de carriles típicos para el análisis de intersecciones semaforizada

Número de carriles	Movientos por carril	Número de posibles grupo de carriles
1	LT + TH + RT  Izquierdo, directo y derecho	①  Acceso carril sencillo
2	EXC LT  Izquierdo exclusivo TH + RT  Directo y derecho	② 
2	Izquierdo y directo LT + TH  TH + RT  Directo y derecho	①  ② 
3	Izquierdo exclusivo EXC LT  TH  Directo TH + RT  Directo y derecho	②  ③ 

Fuente: TRB, 2000, p. 16-7.

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FLUJO

La *tasa de flujo* durante los 15 minutos pico se determina de un volumen horario dividiéndolo entre el *factor de hora pico* (*FHP*).

$$V_p = \frac{V}{FHP}$$

Donde:

VP: tasa de flujo durante los 15 minutos pico (veh/h).

V: volumen horario (veh/h).

FHP: factor de hora pico.

Debido a que no todos los movimientos pueden alcanzar su volumen pico en el mismo periodo de 15 minutos, es recomendable observar directamente los flujos cada 15 minutos y seleccionar el periodo crítico de análisis.

2.2.5.3. AJUSTE DE LA OFERTA

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN

El HCM calcula la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles a partir del ajuste de la tasa de flujo de saturación ideal.

$$S = S_0 * N * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

Donde:

s: tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h-verde).

s₀: tasa de flujo de saturación ideal por carril (veh/h/carril).

N: número de carriles del grupo de carriles.

f_W: factor de ajuste por ancho de carriles.

f_{HV}: factor de ajuste por vehículos pesados.

f_g: factor de ajuste por pendiente del acceso.

f_p: factor de ajuste por estacionamientos adyacentes al grupo de carriles.

f_{bb}: factor de ajuste por bloqueo de buses que paran cerca de la intersección.

f_a: factor de ajuste por tipo de área.

f_{LU}: factor de ajuste por utilización de carriles.

f_{LT}: factor de ajuste por giros a la izquierda.

f_{RT}: factor de ajuste por giros a la derecha.

f_{Lpb}: factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la izquierda.

f_{Rpb}: factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha.

El HCM recomienda un valor por defecto para la *tasa de flujo de saturación ideal* (carriles de 3.6m, pendiente de 0%, mismo

tipo de vehículos, sin estacionamientos ni giros, etc.) de 1900 vehículos livianos por hora por carril (veh/h/carril).

FACTORES DE AJUSTE DEL FLUJO DE SATURACIÓN

Ajuste por ancho de carril (FW): El factor de ajuste por ancho de vía, fw; considera el impacto perjudicial de vías estrechas sobre la tasa de flujo de saturación y permite un incremento de flujo sobre vías anchas. Esta metodología considera 3.60 metros como ancho estándar. El factor de ancho de vía debe ser calculado con precaución para anchos de vías mayores a 4.80 metros o efectuar un análisis de dos vías estrechas. Nótese que el uso de dos vías resultará siempre en una alta tasa de flujo de saturación que con una vía simple ancha. En ningún caso el factor de ancho de vía debe ser calculado para vías con ancho menores a 2.40 metros.

Ajuste por vehículos pesados (FHV): Es aquel que incorpora el espacio adicional ocupado por los vehículos pesados¹¹ y sus diferencias operativas en comparación con los vehículos livianos. El equivalente en vehículos livianos (ET) empleado para cada vehículo pesado es de 2 vehículos livianos y es reflejado en la fórmula.

Ajuste por pendiente del acceso (FG): Es aquel que incorpora el efecto de la pendiente de la rasante sobre la operación de todos los vehículos, incluyendo vehículos pesados y livianos.

Ajuste por estacionamientos (FP): Es aquel que incorpora los bloqueos ocasionales debido a las maniobras de estacionamiento¹². Se emplea el número de maniobras por hora en estacionamientos adyacentes al grupo de carriles y dentro de 75 m corriente arriba desde la línea de parada. Además, se considera un límite práctico de 180 maniobras como máximo y se debe tener en cuenta que las condiciones de estacionamiento con cero maniobras tienen un impacto diferente que una situación donde no hay estacionamientos.

El factor de ajuste de parqueo, f_p , considera el efecto de interferencia de una vía de parqueo sobre el flujo en un grupo de vías adyacente, así como los bloqueos ocasionales de la vía adyacente por los vehículos en movimiento dentro y fuera de los espacios de parqueo.

Cada maniobra (dentro y fuera) asume un bloqueo de tráfico en la vía siguiente a la maniobra de parqueo con un promedio de 18 seg.

Ajuste por bloqueo de buses (FBB): Es aquel factor de ajuste de bloqueo por transporte público, f_{bb} , que incorpora el tránsito local de buses que se detienen a recoger o dejar pasajeros dentro

de los 75 m desde la línea de parada (corriente arriba o corriente abajo). Este factor solo se debería emplear cuando los buses detenidos bloquean el flujo de tráfico¹³. Se emplea un límite práctico de 250 paradas como máximo.

El factor asumido por el HCM como tiempo promedio de bloqueo es de 14.4 segundos durante el período verde. Dado que las condiciones de tráfico y transporte público en el Perú no son iguales que en otros países, se ha efectuado un estudio para determinar el tiempo promedio de bloqueo el cual ha determinado un valor de 8.7 segundos en tiempo de verde.

Ajuste por tipo de área (FA): Es aquel que incorpora la ineficiencia relativa de las intersecciones en los distritos de negocios. Es apropiado en áreas con características de un distrito central de negocios (CBD, Central Business District), las cuales incluyen derechos de paso en calles angostas, maniobras de parqueo frecuentes, bloqueo de vehículos, actividades de taxis y buses, pequeños radios de giro, uso limitado de carriles exclusivos de giro, alta actividad de peatones, etc.

El factor de ajuste por tipo de área, considera la relativa ineficiencia de la intersección dentro de un área de negocios en comparación con otras zonas, principalmente por la

complejidad y congestión general en las cercanías de la zona de negocios o comercial.

La aplicación del factor de reducción por tipo de área es típicamente apropiada en áreas que existen muchas características de distritos centrales de negocio, cuya denominación está dada por (CBD). Esas características incluyen calles angostas, vías a la derecha, veredas angostas, maniobras frecuentes de parqueo, bloqueo por vehículo, abundante actividad de taxi o ómnibus, o ambos; radios de volteo pequeños, uso limitado de vías exclusivas de volteo a la izquierda, alta actividad de peatones, densidad de población, veredas centrales de corte, etc. El uso de este factor puede ser determinado en base a cada caso, este factor no está limitado por el diseño de áreas de negocio, este factor no necesariamente será usado para todos los distritos centrales de negocios. Sin embargo, deberá ser usado en áreas en donde el diseño geométrico, el tráfico o el flujo de peatones o ambos, son tales que el tiempo de saturación de vehículos sea incrementado significativamente al punto que la capacidad de la intersección se vea afectada.

Ajuste por utilización de carril (FLU): Es aquel que incorpora la distribución desigual del tráfico entre los carriles en un grupo de carriles con más de un carril. El factor FLU está basado en el

flujo del carril con el volumen más alto. La tasa de flujo de saturación normalmente es ajustada por la utilización de la vía para considerar el efecto de desbalance del uso de las vías. Este ajuste puede ser usado para considerar la variación en el flujo de tráfico sobre una vía individual en un grupo de vías causado por cambios aguas arriba o abajo de la carretera, tal como el número de vías disponible o características del flujo tal como la distribución del tráfico dentro de un grupo de vías debido a grandes movimientos del volteo dentro de una distancia corta desde una intersección. La distribución de volúmenes actuales de las vías observadas en el campo, si es conocido podría ser usada en el cálculo del factor de utilización de la vía.

Ajuste por giros a la derecha (FRT): Es aquel que intenta reflejar el efecto de la geometría. Depende de si los giros se realizan desde un carril exclusivo o compartido y de la proporción de vehículos en el grupo de carriles que giran a la derecha. Nótese que el factor de giro a la derecha es 1.0 si el grupo de carriles no incluye ningún giro a la derecha.

Los volteos pueden operar fuera de las vías exclusivas o compartidas, con fase de señales protegidas o permitidas o con algunas combinaciones de esas condiciones. El impacto de los volteos sobre la tasa de flujo de saturación es mucho más dependiente del modo de operaciones de volteo. El factor de

ajuste de volteo a la derecha, frt, depende de un número de variables, las cuales incluyen:

- Los volteos a la derecha son hechos desde una vía exclusiva o compartida.
- Tipos de fases de señal (protegida, permitida, protegida más permitida), una fase protegida de volteo a la derecha no tiene conflicto con movimientos peatonales y una fase permitida tiene conflicto con movimientos de peatones.
- Volumen de peatones usando los caminos con conflicto.
- Proporción de vehículos que voltean a la derecha en la vía compartida.
- Proporción de volteos a la derecha usando la porción protegida de una fase protegida más permitida.

Ajuste por giros a la izquierda (FLT): Los factores de ajuste por giros a la izquierda dependen de si los giros son protegidos o permitidos y de si se realizan desde un carril exclusivo o compartido. El procedimiento detallado en el Apéndice C del Capítulo 16 del HCM 2000 es utilizado en el presente trabajo.

- Los volteos la izquierda son efectuados desde vías exclusivas o compartidas.
- Tipos de fases (protegida, permitida o protegida más permitida).

- Proporción de vehículos que voltean a la izquierda usando un grupo de vías compartidas.
- Tasa de flujo opuesto cuando los volteos son hechos en fases permitidas.

Cuando el volteo a la izquierda no se opone en ningún momento a un flujo de vehículos que circulan en sentido contrario, pero encuentra conflicto con movimiento peatonal, los volteos a la izquierda podrían ser tratados usando el factor de ajuste para procedimientos de volteo a la derecha.

Ajuste por peatones y bicicletas (flpb y frpb): El procedimiento para la determinación de los factores de ajuste por bloqueo de peatones y bicicletas tanto para giros a la izquierda como para giros a la derecha, se detalla en el Apéndice D del Capítulo 16 del HCM 2000, el mismo que es empleado en esta investigación.

En la Tabla 6 se presentan y resumen todos los factores de ajuste mencionados junto con las fórmulas para su cálculo.

Tabla 6. Factores de ajuste del flujo de saturación

Factor	Formula	Definición de Variables	Observaciones
Ancho de carril	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W = ancho de carril (m)	$W \geq 2.4$ If $W > 4.8$, puede considerarse para dos carriles de análisis
Vehículos Pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \% HV(E_T - 1)}$	% HV = % de vehículos pesados - grupo de carriles	$E_T = 2.0$ veh equivalente / HV
Pendiente	$f_g = 1 - \frac{\% G}{200}$	% G = % pendiente en el acceso - grupo de carriles	$-6 \leq \% G \leq +10$ Negativo para cuesta abajo
Parqueos	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N = número de carriles por grupo N_m = número de maniobras de parqueo / hora	$0 \leq N_m \leq 180$ $f_p \geq 0.050$ $f_p = 1.000$ sin parqueos
Bloqueo de Buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N = número de carriles en el acceso N_B = número de parada de buses / hora	$0 \leq N_B \leq 250$ $f_{bb} \geq 0.050$
Tipo de área	$f_a = 0.900$ en CBD $f_a = 1.000$ otras áreas	CBD = Central Business Distric = Centro de Negocios	
Utilización de Carril	$f_{LU} = v_g / (v_{g1} N)$	v_g = proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh / hora v_{g1} = proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh/h N = número de carriles en el grupo	
Giros Izquierdos	Fase protegida: Carril exclusivo $f_{LT} = 0.95$ Carril compartido $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	P_{LT} = proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles	Consultar cuadro C16-1 de la página 16-122, del Manual HCM 2000 apéndice C
Giros Derechos	Carril exclusivo $f_{RT} = 0.85$ Carril compartido $f_{RT} = 1.0 - (0.15)P_{RT}$ Carril único $f_{RT} = 1.0 - (0.135)P_{RT}$	P_{RT} = proporción de giros derechos en el grupo de carriles	$f_{RT} \geq 0.050$
Bloqueo por Peatones y Bicicletas	Ajuste giro izquierdo $f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT}) / (1 - P_{LTA})$ Ajuste giro derecho $f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT}) / (1 - P_{RTA})$	P_{LT} = proporción de giros izquierdos en el grupo A_{pbT} = ajuste en la fase permitida P_{LTA} = proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo P_{RT} = proporción de giro derecho en el grupo de carriles P_{RTA} = proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el verde total	Referirse al apéndice D del Manual HCM 2000, página 16-135, para seguir paso a paso el procedimiento

Fuente: TRB, 2000, p. 16-11.

2.2.5.4. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y LA RELACIÓN V/C

CAPACIDAD

En intersecciones semaforizadas la capacidad se basa en los conceptos de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación.

$$C_i = S_i \left(\frac{g_i}{C} \right)$$

Donde:

c_i: capacidad del grupo de carriles *i* (veh/h).

s_i: tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles *i* (veh/h).

g_i: tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles *i* (s).

C: longitud del ciclo del semáforo (s).

g_i/C: proporción de verde efectivo para el grupo de carriles *i*.

RELACIÓN V/C

La relación v/c es a menudo denominada relación de volumen-capacidad o grado de saturación y expresa la razón entre la tasa de flujo (v) y la capacidad (c).

En el análisis de intersecciones es representada con el símbolo X, por lo que para un grupo de carriles dado i, X_i

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} = \frac{v_i}{s_i \left(\frac{g_i}{C} \right)} = \frac{v_i * C}{s_i * g_i}$$

Donde:

X_i : relación v/c o grado de saturación para el grupo de carriles i .

v_i : tasa de flujo de demanda actual o proyectada para el grupo de carriles i (veh/h).

c_i : Capacidad del grupo de carriles i .

s_i : tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles i (veh/h).

g_i : tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles i (s).

C : longitud del ciclo (s).

GRUPOS DE CARRILES CRÍTICOS Y GRADO DE SATURACIÓN CRÍTICO

Los grupos de carriles críticos para cada fase son aquellos que presentan la mayor relación de flujo v/c y se emplean para evaluar la intersección en su conjunto (forma agregada) con respecto a su geometría y a la duración del ciclo, dando lugar al grado de saturación crítico de la intersección (X_c)

$$X_c = \left(\frac{C}{C-L} \right) * \sum \left(\frac{v}{s} \right)_{ci}$$

Donde:

X_c : relación v/c crítica o grado de saturación crítico para la intersección.

$\Sigma(v/c)_{ci}$: sumatoria de las relaciones de flujo para todos los grupos de carriles críticos i .

C : longitud del ciclo (s).

L : tiempo perdido total por ciclo, calculado como tiempo perdido, t_L , para la trayectoria crítica de los movimientos (s).

2.2.5.5. MEDIDAS DE EFICIENCIA

DETERMINACIÓN DE LA DEMORA

Los valores derivados de los cálculos de demora representan la demora media por control experimentada por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis, incluyendo aquellas demoras contraídas fuera del mismo cuando el grupo de carriles se encuentra sobresaturado.

La demora por control además considera los movimientos a bajas velocidades y las detenciones conforme los vehículos se mueven en la cola o disminuyen la velocidad corriente arriba de la intersección. La demora promedio por control por vehículo para un grupo de carriles.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

Donde:

d : demora por control por vehículo (s/veh).

d_1 : demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

PF : factor de ajuste de demora uniforme por coordinación, el cual tiene en cuenta los efectos de la coordinación de semáforos.

d_2 : demora incremental que toma en cuenta los efectos de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas, ajustada por la duración del periodo

de análisis y el tipo de controlador; este componente de la demora asume que no hay cola inicial para el grupo de carriles al inicio del periodo de análisis (s/veh).

d₃: demora por cola inicial, la cual tiene en cuenta las demoras de todos los vehículos en el periodo de análisis debido a las colas iniciales al comienzo del periodo de análisis (s/veh).

DEMORA UNIFORME

Es aquella demora que se obtiene al asumir el caso ideal de llegadas uniformes, flujo estable, y ausencia de cola inicial. La Ecuación 16 brinda una estimación aceptada y precisa de la demora uniforme, la cual está basada en el primer término de la fórmula de demora de Webster.

$$d1 = \frac{0.5c\left(1-\frac{g}{c}\right)^2}{1-\left[\min(1,X)+\frac{g}{c}\right]}$$

Donde:

d1: demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

C: longitud del ciclo (s); longitud de ciclo empleada en semáforos con controladores de tiempo fijo.

g: tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s); tiempo de verde empleado en semáforos con controladores de tiempo fijo.

X: relación *v/c* o grado de saturación para el grupo de carriles.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **VOLUMEN:** Es el número de vehículos que pasan por un punto durante un periodo determinado. Generalmente se expresa en vehículos por hora (veh/h), aunque esto no implica que sea medido específicamente durante una hora (Fernández, 2008, p. 24).
- **TASA DE FLUJO:** Representa el número de vehículos que pasan por un punto durante un intervalo menor de 1 hora (normalmente de 15 minutos), pero expresado como una tasa horaria equivalente (veh/h) (TRB, 2000, cap. 7).
- **FLUJO DISCONTINUO:** En áreas urbanas la circulación de vehículos es interrumpida debido a los cruces entre calles y/o avenidas, lo que genera un flujo discontinuo.
- **TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN:** Al headway mínimo que se genera a partir del cuarto vehículo se le suele llamar headway de saturación (h) y al volumen correspondiente se le denomina tasa de flujo de saturación (Radelat, 2000, p. 145).
- **TIEMPO PERDIDO:** representa el número de vehículos por hora y por carril que pueden pasar por una intersección semaforizada si la indicación de verde estuviera disponible todo el tiempo, los vehículos no se detuvieran y no existieran headways demasiado largos (TRB, 2000, cap. 7).
- **LA DEMORA:** La demora por control además considera los movimientos a bajas velocidades y las detenciones conforme los vehículos se mueven en la cola o disminuyen la velocidad corriente arriba de la intersección.

- **LA DEMANDA:** `Puede ser definida como la cantidad de bienes y servicios que son adquiridos por consumidores a diferentes precios, a una unidad de tiempo específica (un día, un mes, un año, etc) ya que sin un parámetro temporal no podemos decir si una cantidad demanda crece o decrece.
- **LA OFERTA:** La oferta como aquella cantidad de bienes o servicios que los productores están dispuestos a vender a los consumidores bajo determinadas condiciones de mercado.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPOTESIS GENERAL.

El análisis del flujo de tráfico, optimiza del nivel de servicio en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.

2.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICOS.

- El nivel de saturación influye significativamente en la optimización del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.
- La influencia de la coordinación de semáforos influye significativamente en la optimización del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.

- La influencia de la composición influye significativamente en la optimización del nivel de servicio según el análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

- Nivel de servicio

2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.

- Trafico

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación en el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación propuesta será de nivel DESCRIPTIVO, porque medirá estrictamente variables y características tangibles de la muestra estudiada, permitirá medir las variables estudiadas, y observar si tendrán algún tipo de relación entre sí, es decir si tiene una diferencia en los resultados que se produzca.

3.3. POBLACIÓN MUESTRA

3.3.1. POBLACION

Para la presente Investigación la población está dada por la delimitación geográfica del Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, Pasco.

3.3.2. MUESTRA

La intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha

3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está compuesta por dos etapas.

- ✓ La primera de ellas se encuentra conformada por todo el proceso de selección de la intersección de estudio, la misma que debía cumplir una serie de requisitos relacionados con las características geométricas, las características del flujo vehicular y las características del semáforo.
- ✓ La segunda etapa corresponde al registro de datos de campo. Cabe mencionar que toda la extracción de datos y demás información relevante, como, por ejemplo: volúmenes vehiculares y peatonales, tiempos del semáforo, arribos y partidas, entre otros; se realizó de manera manual.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El área en estudio está comprendida desde la intersección semaforizada de la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha.

La técnica de conteo requirió que la intersección de análisis presentara ciertas características adicionales, siendo la principal la ubicación del personal de modo tal que los campos visuales permitieran el registro del comportamiento del tráfico en toda la intersección y no fueran afectados por interferencias.

3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1. LOCALIZACIÓN.

El área de estudio de las Av. Próceres y Av. Minero se encuentra ubicada en el distrito de Yanacancha, provincia y región de Pasco. En la siguiente figura se visualiza el área de estudio.

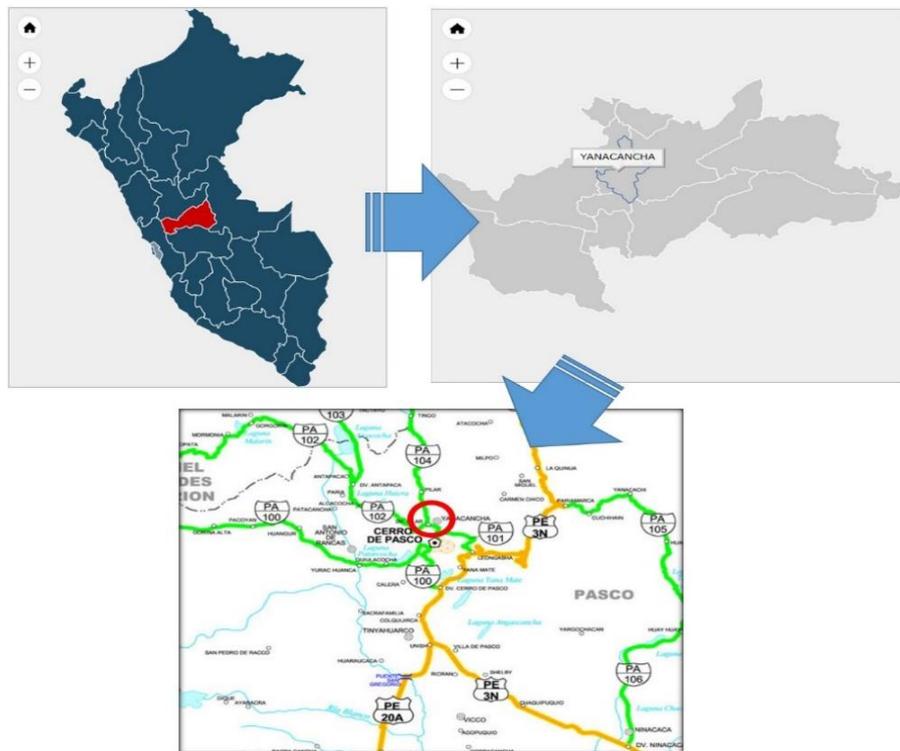


Imagen 2. Ubicación de la zona de estudio
Fuente: Google Earth, 2017.



Imagen 3. Fotografía Satelital
Fuente: Google Earth, 2017.

El cual se puede evidenciar que el área de estudio se encuentra dentro del distrito de Yanacancha, Provincia y Región de Pasco. Siendo utilizado por los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha como medio de transporte para movilizarse a sus diferentes centros de labores, siendo esta la intersección principal usada por la mayoría de los conductores de vehículos particulares y de servicio público.

3.6.2. ANÁLISIS DE LA INTERSECCIÓN.

En esta etapa se evaluaron intersecciones semaforizadas que podrían ser consideradas aisladas, que presentaran ciclos prefijados, con periodos pico y valle perfectamente identificables, y que pudieran presentar grados de saturación variables (sin que ello significara un colapso de la intersección). Como resultado de esta evaluación

preliminar, fueron seleccionadas dos intersecciones semaforizadas, en las que luego se verificaría la posibilidad de utilizar fichas de conteo.

La técnica de conteo requirió que la intersección de análisis presentara ciertas características adicionales, siendo la principal la ubicación del personal de modo tal que los campos visuales permitieran el registro del comportamiento del tráfico en toda la intersección y no fueran afectados por interferencias.

La Imagen 4, muestra una vista satelital de la intersección seleccionada, la misma que se encuentra ubicada en una zona comercial, presenta un controlador de tiempo fijo, y que geoméricamente se compone de 2 carriles y una bahía de giros permitidos a la izquierda y derecha.

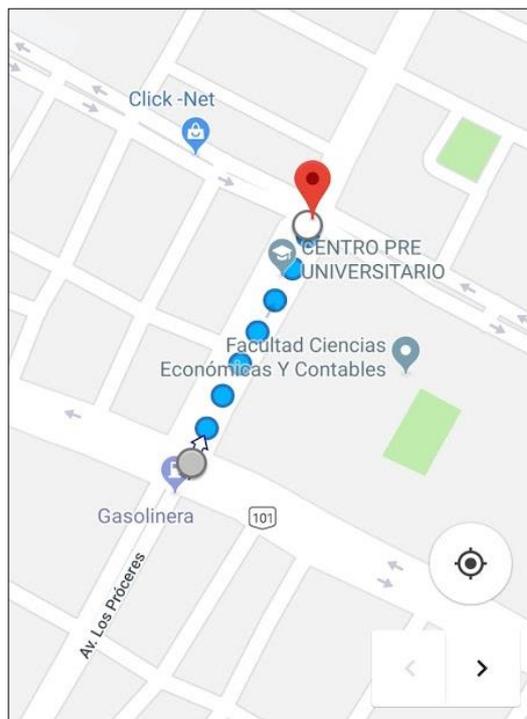


Imagen 4. Fotografía Satelital
Fuente: Google Earth, 2017.

3.6.3. REGISTRO DEL TRAFICO.

Para la presente tesis el registro de datos se llevó acabo el día Lunes 24 de Setiembre del 2018, para el periodo comprendido entre las 8:00 am y 8:00 pm. Fueron empleados personales de conteo, todos localizados en puntos estratégicos. Y así mismo el registro del semáforo.

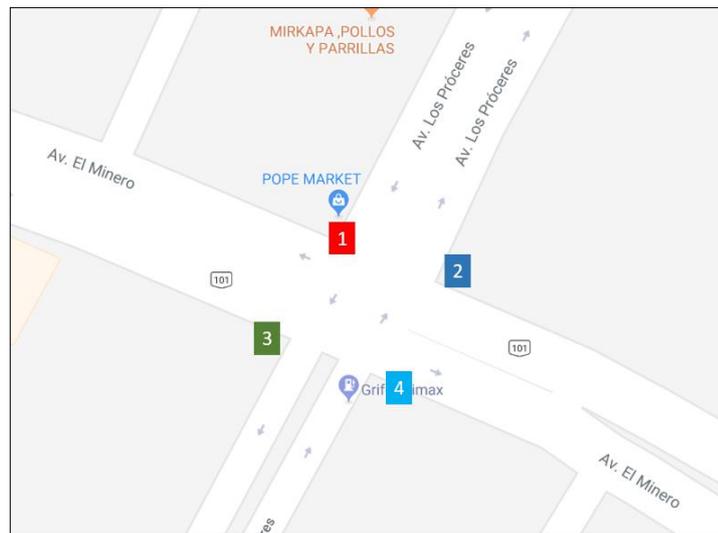


Imagen 5. Fotografía Satelital
Fuente: Google Earth, 2017.

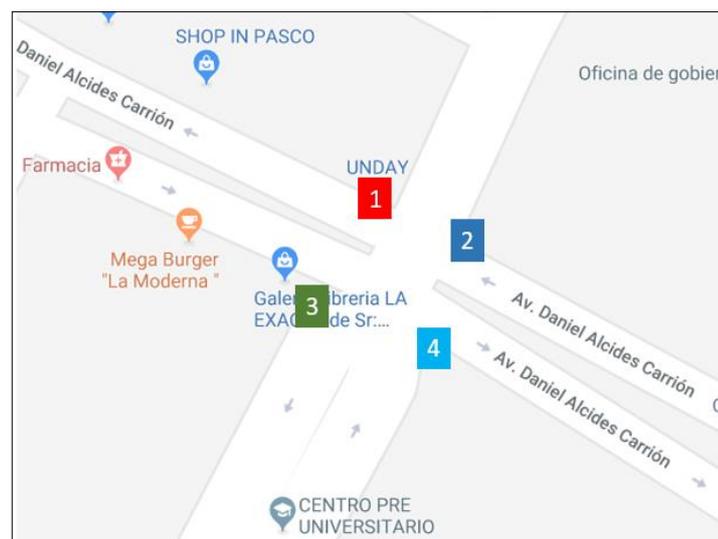
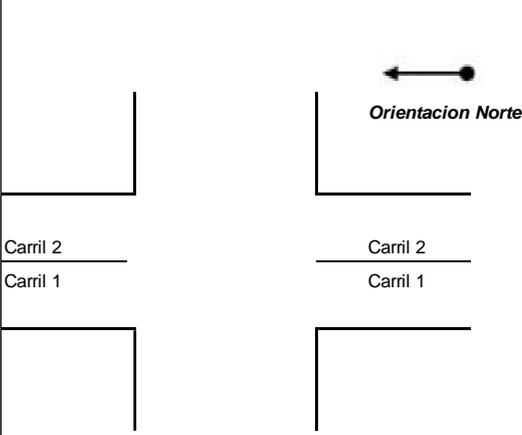
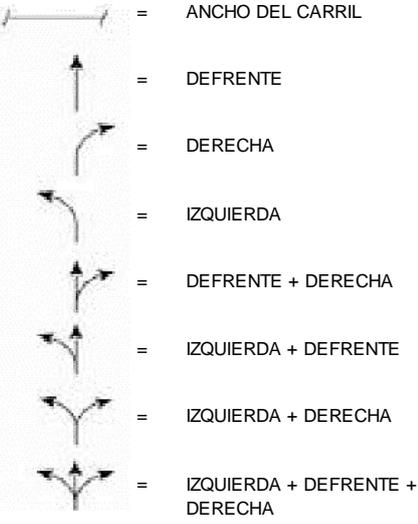


Imagen 6. Fotografía Satelital
Fuente: Google Earth, 2017.

En la Imagen 5 – 6 se aprecia que los puntos de conteo 1, 2, 3 y 4 fueron posicionadas para el conteo del tráfico en los accesos Norte, Este, Sur y Oeste respectivamente. Adicionalmente, con el objeto de medir los registros de los semáforos y tener completo registro de las colas e interacciones generadas en todos los accesos de la intersección, fue necesario el uso de fichas de registro.

Tabla 7. Ficha de registro para el semáforo de la intersección

**HOJA DE DATOS
(SEMAFORO)**

INFORMACION GENERAL		INFORMACION DEL SITIO		
ANALISTA :		INTRESECCION =		
FECHA :		LUGAR =		
PERIODO :		HORA PICO =		
GEOMETRIA Y MOVIMIENTOS				
				
CONTROL DE SEMAFOROS				
DIAGRAMA	ø1	ø2	ø3	ø4
TIEMPO DE SEMAFORO	Rojo = seg.	Rojo = seg.	Rojo = seg.	Rojo = seg.
	Verde = seg.	Verde = seg.	Verde = seg.	Verde = seg.
	Amarillo = seg.	Amarillo = seg.	Amarillo = seg.	Amarillo = seg.
CICLO	seg.	seg.	seg.	seg.

Fuente: Propia.

3.6.4. CONFIGURACIÓN DEL SEMÁFORO.

El análisis de la configuración del semáforo se realizó empleando un cronometro de mano para el conteo de los ciclos de las intersecciones, la cual se efectuó entre las horas de 8:00 am a 8:00 pm.

3.6.5. CONTEO VEHICULAR.

El aforo vehicular fue realizado para el periodo comprendido entre las 8:00 am y 8:00 pm, para cada uno de los carriles de la intersección y para cada uno de los movimientos presentes; empleando una clasificación vehicular según el tipo y capacidad de carga.

Tabla 8. Aforo en Vehículos de la Av. Próceres

HORA	TOTAL	PORC.	TOTAL x HORA
		%	
8:00 - 8:15	154	3.66	550
8:15 - 8:30	155	3.68	
8:30 - 8:45	128	3.04	
8:45 - 9:00	113	2.68	
9:00 - 9:15	67	1.59	262
9:15 - 9:30	69	1.64	
9:30 - 9:45	61	1.45	
9:45 - 10:00	65	1.54	
10:00 - 10:15	73	1.73	260
10:15 - 10:30	66	1.57	
10:30 - 11:45	62	1.47	
10:45 - 11:00	59	1.40	
11:00 - 11:15	63	1.50	256
11:15 - 11:30	57	1.35	
11:30 - 11:45	68	1.61	
11:45 - 12:00	68	1.61	
12:00 - 12:15	69	1.64	383
12:15 - 12:30	97	2.30	
12:30 - 12:45	95	2.26	
12:45 - 1:00	122	2.90	
1:00 - 1:15	130	3.09	417
1:15 - 1:30	119	2.83	
1:30 - 1:45	93	2.21	
1:45 - 2:00	75	1.78	

HORA	TOTAL	PORC.	TOTAL x HORA
		%	
2:00 - 2:15	71	1.69	278
2:15 - 2:30	69	1.64	
2:30 - 2:45	65	1.54	
2:45 - 3:00	73	1.73	
3:00 - 3:15	66	1.57	247
3:15 - 3:30	62	1.47	
3:30 - 3:45	62	1.47	
3:45 - 4:00	57	1.35	
4:00 - 4:15	66	1.57	301
4:15 - 4:30	69	1.64	
4:30 - 4:45	69	1.64	
4:45 - 5:00	97	2.30	
5:00 - 5:15	113	2.68	471
5:15 - 5:30	110	2.61	
5:30 - 5:45	126	2.99	
5:45 - 6:00	122	2.90	
6:00 - 6:15	138	3.28	550
6:15 - 6:30	149	3.54	
6:30 - 6:45	141	3.35	
6:45 - 7:00	122	2.90	
7:00 - 7:15	66	1.57	237
7:15 - 7:30	50	1.19	
7:30 - 7:45	57	1.35	
7:45 - 8:00	64	1.52	
TOTAL	4,212	100.00	2,128
%	100		100

Fuente: Propia.

Tabla 9. Aforo en Vehículos de la Av. Minero

HORA	TOTAL	PORC.	TOTAL x HORA
		%	
8:00 - 8:15	174	3.84	608
8:15 - 8:30	176	3.89	
8:30 - 8:45	146	3.22	
8:45 - 9:00	112	2.47	
9:00 - 9:15	72	1.59	287
9:15 - 9:30	76	1.68	
9:30 - 9:45	62	1.37	
9:45 - 10:00	77	1.70	
10:00 - 10:15	77	1.70	285
10:15 - 10:30	79	1.74	
10:30 - 11:45	62	1.37	
10:45 - 11:00	67	1.48	

HORA	TOTAL	PORC.	TOTAL x HORA
		%	
11:00 - 11:15	70	1.55	292
11:15 - 11:30	70	1.55	
11:30 - 11:45	80	1.77	
11:45 - 12:00	72	1.59	
12:00 - 12:15	76	1.68	399
12:15 - 12:30	99	2.19	
12:30 - 12:45	96	2.12	
12:45 - 1:00	128	2.83	
1:00 - 1:15	131	2.89	442
1:15 - 1:30	126	2.78	
1:30 - 1:45	103	2.27	
1:45 - 2:00	82	1.81	
2:00 - 2:15	74	1.63	291
2:15 - 2:30	72	1.59	
2:30 - 2:45	72	1.59	
2:45 - 3:00	73	1.61	
3:00 - 3:15	72	1.59	268
3:15 - 3:30	67	1.48	
3:30 - 3:45	66	1.46	
3:45 - 4:00	63	1.39	
4:00 - 4:15	69	1.52	323
4:15 - 4:30	77	1.70	
4:30 - 4:45	76	1.68	
4:45 - 5:00	101	2.23	
5:00 - 5:15	114	2.52	483
5:15 - 5:30	110	2.43	
5:30 - 5:45	131	2.89	
5:45 - 6:00	128	2.83	
6:00 - 6:15	146	3.22	581
6:15 - 6:30	155	3.42	
6:30 - 6:45	150	3.31	
6:45 - 7:00	130	2.87	
7:00 - 7:15	71	1.57	271
7:15 - 7:30	57	1.26	
7:30 - 7:45	66	1.46	
7:45 - 8:00	77	1.70	
TOTAL	4,530	100.00	1,180
%	100		100

Fuente: Propia.

3.6.6. AGRUPAMIENTO DE CARRILES.

Los porcentajes de movimientos por carril efectuados para los accesos de la Av. Próceres – Av. Minero, del análisis de esta información se

puede verificar que para el acceso Norte-Sur (Av. Minero), alrededor del 73% son vehículos que van hacia la izquierda a la Av. Próceres en dirección al distrito de Yancancha; por lo que ésta puede ser considerada como un grupo de carriles independiente.

De modo similar, para el acceso Este-Oeste (Av. Próceres), alrededor del 80% son vehículos que van hacia la izquierda a la Av. Minero en dirección al distrito Chaupimarca, etc.; por lo que ésta puede ser considerada como un grupo de carriles independiente.

3.6.7. AFORO PEATONAL.

Para los periodos de estudio seleccionados, se contabilizaron los peatones que interfieren con los giros a la izquierda y a la derecha, considerando los 15 minutos más cargados en cada periodo.

3.6.8. CONTEO DE VEHÍCULOS PESADOS.

De los aforos fueron contabilizados todos los vehículos pesados, considerando como tales solo aquellos correspondientes con la definición del HCM 2000.

3.6.9. TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN.

Para la estimación de los flujos de saturación de campo, inicialmente se empleó el procedimiento descrito en el Apéndice H del HCM 2000, en conjunto con las indicaciones del Capítulo 6 del Manual para Recolección de Datos de Currin (2001). El procedimiento consistió en analizar cada uno de los carriles estudiados; registrándose los instantes

en los cuales el eje delantero de cada vehículo cruzaba la línea de parada.

Los valores de las tasas de flujo de saturación para cada ciclo estudiado fueron estimados empleando el headway promedio como headway de saturación en la Ecuación 3. En el Anexo F, cabe notar que al aplicar la metodología descrita tal cual, se aprecian varios ciclos en los que se obtendrían tiempos de arranque negativos, lo cual podría deberse a que el instante registrado para el cuarto vehículo tiene un valor muy pequeño y/o el headway promedio sería muy elevado. Como se verá a continuación, lo más probable es que no siempre el valor del headway logre estabilizarse para situaciones locales.

Siendo imposible afirmar que los valores de headway se hacen constantes en algún punto, mucho menos alrededor del cuarto vehículo; o que los tiempos perdidos por arranque son generados principalmente durante la descarga de los primeros vehículos de la cola.

3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS

Consiste en reemplazar los datos obtenidos de los ensayos en las fórmulas respectivas, obteniendo resultados; los cuales de acuerdo a la naturaleza del ensayo fueron aceptados como "Resultados Iniciales" o fueron sometidos a otros tratamientos para aceptarlos como tales. Este procedimiento lo hemos realizado con la ayuda de un procesador.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN

Se emplearon adaptaciones de las planillas de trabajo. En ellas se incorporaron los conceptos de la presente investigación. A manera de ejemplo, se describe a continuación el caso de análisis para el periodo pico.

En primer lugar, fue necesario determinar el volumen en las intersecciones de la Av. Minero y la Av. Próceres en las diferentes aproximaciones la demanda. En ella se ajustaron los volúmenes mediante el factor de hora pico (FHP) y se determinaron las proporciones de movimientos según su tipo.

4.1.1. INTERSECCIÓN A ESTUDIAR

Las intersecciones a estudiar se encuentran ubicadas en el distrito de Yanacancha, departamento provincia y región de Pasco.

El cruce en las intersecciones está compuesto por una avenida principal que vienen estar dado de la siguiente manera, para la primera intersección conformada por la Av. Próceres – Av, Minero la cual viene siendo la arteria principal.

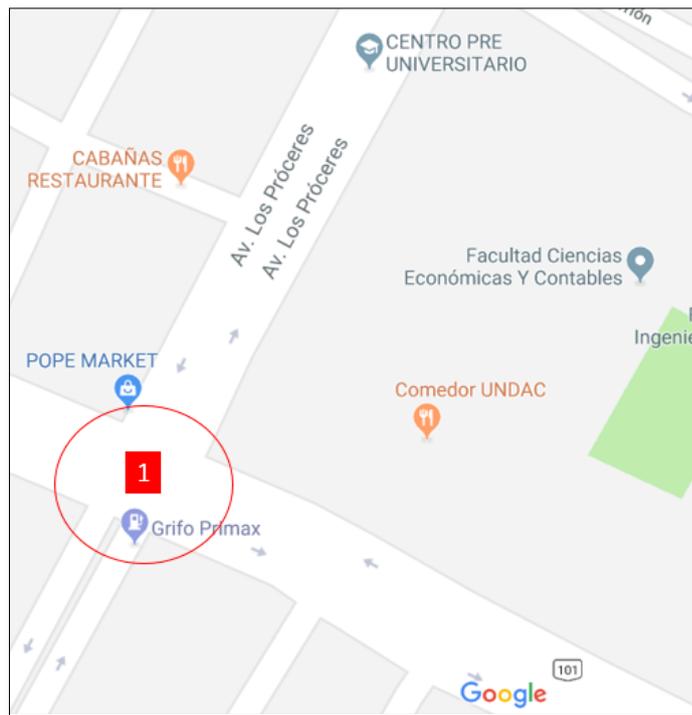


Imagen 7. Fotografía Satelital
Fuente: Google Earth, 2017.

Del reconocimiento en campo se ha podido observar una mayor afluencia de vehículos de transporte público como privado sobre la Av. Próceres en las denominadas horas punta u horas de mayor tráfico tanto en el sentido Este - Oeste y Oeste - Este. Sin embargo, la Av. Minero también tiene una intensidad más marcada en el sentido Norte - Sur.

El aforo vehicular se efectuó en la hora de mayor demanda y los resultados se validaron en distintos días, pero en la misma hora arrojando resultados muy similares a los encontrados en un principio.

4.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN

La Av. Próceres es una avenida de dos sentidos separados por una berma central. En el sentido Este - Oeste la avenida cuenta con dos vías o carriles con un ancho de 3.20 m. Cruzando la intersección y en el mismo sentido, la avenida continúa con dos carriles de 3.20 m. de ancho cada uno.

La Av. Minero es una avenida de dos sentidos. En el sentido Norte – Sur y Sur - Norte cuenta con dos vías o carriles de 3.00 m. cada uno, en este sentido la avenida cuenta con berma central.

4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La información ingresada aquí, recogida en campo y comenzará con datos de geometría y volúmenes, siendo la siguiente: los volúmenes de tráfico de cada aproximación en todos los sentidos.

Se efectuará un gráfico simple de la intersección colocando en él los datos recolectados. Además de esta información, será necesario contar con los tiempos perdidos por movimiento en segundos, la extensión del tiempo efectivo de verde.

Se deberá contar también con las condiciones de tráfico y de la vía como la pendiente de cada aproximación, el porcentaje de vehículos pesados, número

de ómnibuses o combis por hora, cantidad de peatones por hora, tiempo para cruce de peatones y se determinará el tipo de arribo.

Tabla 10. Volumen Vehicular (8:00 - 8:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
8:00 - 8:15												
Autos	10	2	29	14	4	45	4	10	42	2		4
Camioneta	7	1	7	7	1	4	2	4	10			1
Combis	2		1	4					2			
Microbus	1			2		2						
OmniBus												
Camion	5			2						2		
TOTAL	25	3	37	29	5	51	6	14	54	4	0	5

Fuente: Propia.

Tabla 11. Volumen Vehicular (8:15 - 8:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
8:15 - 8:30												
Autos	7	2	20	10	6	40	6	9	36	3		2
Camioneta	6	1	6	2		2	1	2	5	1	1	1
Combis			2	8				1				1
Microbus	1	2		1								
OmniBus	1											
Camion	5					1				2		
TOTAL	20	5	28	21	6	43	7	12	41	6	1	4

Fuente: Propia.

Tabla 12. Volumen Vehicular (8:30 - 8:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
8:30 - 8:45												
Autos	10	8	15	12	2	38	3	5	34	5	1	
Camioneta	4		3	5		1		4	2			1
Combis	2		1				1		2	1		1
Microbus												
OmniBus												
Camion	7			2						2		
TOTAL	23	8	19	19	2	39	4	9	38	8	1	2

Fuente: Propia.

Tabla 13. Volumen Vehicular (8:45 - 9:00 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
8:45 - 9:00												
Autos	7	6	18	10	3	35	4	5	32	2		2
Camioneta	3	2	5	4	1			2	5		1	1
Combis					1		1					
Microbus	1			2		2						
OmniBus												
Camion	2			2						2		
TOTAL	13	8	23	18	5	37	5	7	37	4	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 14. Volumen Vehicular (9:00 - 9:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
9:00 - 9:15												
Autos	7	5	17	8	2	32	2	4	30	1		2
Camioneta	5	1	4		1	1	2	2	2	3	2	
Combis		1	1	4			1		1			1
Microbus	1			1		2						
OmniBus												
Camion				1								
TOTAL	13	7	22	14	3	35	5	6	33	4	2	3

Fuente: Propia.

Tabla 15. Volumen Vehicular (9:15 - 9:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
9:15 - 9:30												
Autos	5	2	19	10		37		10	32		3	
Camioneta	4		7		1		2			5		1
Combis	2			3			1	3	3		1	
Microbus	1			2		2			1			
OmniBus												
Camion							1			2		
TOTAL	12	2	26	15	1	39	4	13	36	8	4	1

Fuente: Propia.

Tabla 16. Volumen Vehicular (9:30 - 9:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
9:30 - 9:45												
Autos	7		21	10		30	3	7	28	5		
Camioneta	7	1		7	1		2	4			2	1
Combis			1				1		2			
Microbus	1			2		2						
OmniBus												
Camion	5											
TOTAL	20	1	22	19	1	32	6	11	30	5	2	1

Fuente: Propia.

Tabla 17. Volumen Vehicular (9:45 – 10:00 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
9:45 - 10:00												
Autos	8	5	20	14	1	32	7	8	32	2		3
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2		1		1	
Combis	2						2	1	2			
Microbus	1			2		1						
OmniBus												
Camion	1			3						2		
TOTAL	19	7	22	23	5	37	11	9	35	4	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 18. Volumen Vehicular (10.00 – 10:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
10:00 - 10:15												
Autos	8	6	20	14	2	28	7	5	30	2	1	4
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2		1		1	
Combis							2	1	2	2		1
Microbus	1			2		1						
OmniBus												
Camion	1											
TOTAL	17	8	22	20	6	33	11	6	33	4	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 19. Volumen Vehicular (10:15 – 10:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
10:15 - 10:30												
Autos	10	5	17	14	3	27	6	8	27	2	1	3
Camioneta	5		5	3		2	2	2	1			1
Combis				1			3			1		1
Microbus												
OmniBus												
Camion	1			1			1			2		
TOTAL	16	5	22	19	3	29	12	10	28	5	1	5

Fuente: Propia.

Tabla 20. Volumen Vehicular (10:30 – 10:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
10:30 - 11:45												
Autos	9	5	16	14	6	24	5	7	25	2	1	3
Camioneta	5	1	5	3	1	2	2		1		2	1
Combis	1		2	1		1		2	1	1		1
Microbus												
OmniBus												
Camion	1						1			2		
TOTAL	16	6	23	18	7	27	8	9	27	5	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 21. Volumen Vehicular (10:45 - 11:00 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
10:45 - 11:00												
Autos	12	6	19	15	10	26	8	8	27	3	1	4
Camioneta	5	2	5	3	1		2	2		1	2	
Combis	2	1	2		2	3	1	2	3	2		1
Microbus												
OmniBus												
Camion				2								
TOTAL	19	9	26	20	13	29	11	12	30	6	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 22. Volumen Vehicular (11:00 – 11:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
11:00 - 11:15												
Autos	13	6	22	14	14	27	9	11	28		1	3
Camioneta		2	7	3	5	2	2		1		2	
Combis	2	1		5	2		3	2	4	2		1
Microbus	1						1					
OmniBus												
Camion	4			3			1			1		
TOTAL	20	9	29	25	21	29	16	13	33	3	3	4

Fuente: Propia.

Tabla 23. Volumen Vehicular (11:15 – 11:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
11:15 - 11:30												
Autos	15	6	25	15	11	32	13	11	30	2	3	2
Camioneta	2	1	6	3	8	2	5	4	5		2	1
Combis	2	1	3	5	2	4		2	4	2		
Microbus	1						1					
OmniBus												
Camion	1			1						2		
TOTAL	21	8	34	24	21	38	19	17	39	6	5	3

Fuente: Propia.

Tabla 24. Volumen Vehicular (11:30 – 11:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
11:30 - 11:45												
Autos	13	8	22	14	14	27	9	11	28	1	1	3
Camioneta	2	2	7	3	6	2	2	2	1		2	1
Combis	2	1		5	2		3	2	4	2		1
Microbus	1						1					
OmniBus												
Camion	4			3			1			1		
TOTAL	22	11	29	25	22	29	16	15	33	4	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 25. Volumen Vehicular (11:45 – 12:00 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
11:45 - 12:00												
Autos	18	8	25	14	14	28	10	11	30	1		3
Camioneta	2	9	7	7	1	2	2	3	5	1	2	2
Combis	4	2	2	5	3	4	3	2	4	2	1	1
Microbus	2						3					
OmniBus												
Camion	3											
TOTAL	29	19	34	26	18	34	18	16	39	4	3	6

Fuente: Propia.

Tabla 26. Volumen Vehicular (12:00 – 12:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
12:00 - 12:15												
Autos	18	8	20	14	14	32	10	8	38	1	1	2
Camioneta	2	9	7	7	1	2	2	3	5	1		2
Combis	4	2	2	5	3	4	3	2	4	2	1	1
Microbus	2						3					
OmniBus												
Camion	1											
TOTAL	27	19	29	26	18	38	18	13	47	4	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 27. Volumen Vehicular (12:15 - 12:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
12:15 - 12:30												
Autos	18	10	20	14	14	32	10	8	38	1	1	2
Camioneta	2	9	10	7		2	2		5	1		2
Combis		3		5			3	2				1
Microbus	2											
OmniBus												
Camion	1											
TOTAL	23	22	30	26	14	34	15	10	43	2	1	5

Fuente: Propia.

Tabla 28. Volumen Vehicular (12:30 - 12:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
12:30 - 12:45												
Autos	10	2	21	14	4	25	4	10	28	2		4
Camioneta	7	1	7	7	1	6	2	4	6			1
Combis	2		1	4					0			
Microbus	1			2		2						
OmniBus												
Camion	1											
TOTAL	21	3	29	27	5	33	6	14	34	2	0	5

Fuente: Propia.

Tabla 29. Volumen Vehicular (12:45 - 01:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
12:45 - 1:00												
Autos	7	2	15	10	6	28	6	9	30	3		2
Camioneta	6	1	6	2		2	1	2	5	1	1	1
Combis			2	8				1				1
Microbus	1	2		1								
OmniBus	1											
Camion	1					1				2		
TOTAL	16	5	23	21	6	31	7	12	35	6	1	4

Fuente: Propia.

Tabla 30. Volumen Vehicular (01:00 - 01:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
1:00 - 1:15												
Autos	10	8	14	12	2	30	3	5	28	5	1	
Camioneta	4		3	5		1		4	2			1
Combis	2		1				1		2	1		1
Microbus												
OmniBus												
Camion	2			2								
TOTAL	18	8	18	19	2	31	4	9	32	6	1	2

Fuente: Propia.

Tabla 31. Volumen Vehicular (01:15 - 01:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
1:15 - 1:30												
Autos	7	6	18	10	3	29	4	5	28	2		2
Camioneta	3	2	5	4	1			2	5		1	1
Combis					1		1					
Microbus	1			2		2						
OmniBus												
Camion	2			2								
TOTAL	13	8	23	18	5	31	5	7	33	2	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 32. Volumen Vehicular (01:30 - 01:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
1:30 - 1:45												
Autos	7	5	17	8	2	26	2	4	28	1		2
Camioneta	5	1	4		1	1	2	2	2	3	2	
Combis		1	1	4			1		1			1
Microbus	1			1		2						
OmniBus												
Camion				1								
TOTAL	13	7	22	14	3	29	5	6	31	4	2	3

Fuente: Propia.

Tabla 33. Volumen Vehicular (01:45 - 02:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
1:45 - 2:00												
Autos	5	2	19	10		29		10	27	1	3	
Camioneta	4		7		1		2			5		1
Combis	2			3			1	3	3		1	
Microbus	1			2		2			1			
OmniBus												
Camion							1			2		
TOTAL	12	2	26	15	1	31	4	13	31	8	4	1

Fuente: Propia.

Tabla 34. Volumen Vehicular (02:00 - 02:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
2:00 - 2:15												
Autos	7		21	10		30	3	7	28	5		
Camioneta	4	1			1		2	4			2	1
Combis			1				1		2			
Microbus	1			2		2						
OmniBus												
Camion												
TOTAL	12	1	22	12	1	32	6	11	30	5	2	1

Fuente: Propia.

Tabla 35. Volumen Vehicular (02:15 - 02:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
2:15 - 2:30												
Autos	8	5	18	14	1	28	7	8	25	2		3
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2		1		1	
Combis	2						2	1	2			
Microbus	1			2		1						
OmniBus												
Camion	1			3						2		
TOTAL	19	7	20	23	5	33	11	9	28	4	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 36. Volumen Vehicular (02:30 - 02:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
2:30 - 2:45												
Autos	8	6	18	14	2	24	7	5	22	2	1	4
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2		1		1	
Combis							2	1	2	2		1
Microbus	1			2		1						
OmniBus												
Camion	1											
TOTAL	17	8	20	20	6	29	11	6	25	4	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 37. Volumen Vehicular (02:45 - 03:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
2:45 - 3:00												
Autos	10	5	17	14	3	18	6	8	20	2	1	3
Camioneta	5		5	3		2	2	2	1			1
Combis				1			3			1		1
Microbus												
OmniBus												
Camion	1			1			1			2		
TOTAL	16	5	22	19	3	20	12	10	21	5	1	5

Fuente: Propia.

Tabla 38. Volumen Vehicular (3:00 - 03:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
3:00 - 3:15												
Autos	9	5	16	14	6	14	5	7	21	2	1	3
Camioneta	5	1	5	3	1	2	2		1		2	1
Combis	1		2	1		1		2	1	1		1
Microbus												
OmniBus												
Camion	1						1			2		
TOTAL	16	6	23	18	7	17	8	9	23	5	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 39. Volumen Vehicular (03:15 - 03:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
3:15 - 3:30												
Autos	12	6	19	15	10	19	8	8	22	3	1	4
Camioneta	5	2			1		2			1	2	
Combis		1	2		2	3	1	2	3	2		1
Microbus												
OmniBus												
Camion				2								
TOTAL	17	9	21	17	13	22	11	10	25	6	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 40. Volumen Vehicular (03:30 - 03:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
3:30 - 3:45												
Autos	13	6	20	14	14	15	9	11	2		1	3
Camioneta		2	7	3		2	2		1		2	
Combis	2	1		5	2		3	2	4	2		1
Microbus	1						1					
OmniBus												
Camion	4			3			1			1		
TOTAL	20	9	27	25	16	17	16	13	7	3	3	4

Fuente: Propia.

Tabla 41. Volumen Vehicular (03:45 – 04:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
3:45 - 4:00												
Autos	15	6	19	15	11	15	13	11	24	2	3	2
Camioneta	2	1	6	3	8	2	5		5		2	1
Combis		1	3		2	4		2	4	2		
Microbus	1						1					
OmniBus												
Camion	1			1						2		
TOTAL	19	8	28	19	21	21	19	13	33	6	5	3

Fuente: Propia.

Tabla 42. Volumen Vehicular (04:00 - 04:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
4:00 - 4:15												
Autos	13	8	22	14	14	19	9	11	28	1	1	3
Camioneta	2	2	7		6	2	2	2	1		2	1
Combis	2	1		5	2			2	4	2		1
Microbus	1						1					
OmniBus												
Camion	4			3			1			1		
TOTAL	22	11	29	22	22	21	13	15	33	4	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 43. Volumen Vehicular (04:15 - 04:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
4:15 - 4:30												
Autos	18	8	25	14	14	20	10	11	30	1		3
Camioneta	2	9	7	7	1	2	2	3	5	1	2	2
Combis	4	2	2	5	3							
Microbus	2											
OmniBus												
Camion	3									1		
TOTAL	29	19	34	26	18	22	12	14	35	3	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 44. Volumen Vehicular (04:30 – 04:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
4:30 - 4:45												
Autos	18	8	20	14	14	28	10	8	25	1	1	2
Camioneta	2	9	7	7		2	2	3	2	1		2
Combis	4	2	2		3	4						
Microbus	2											
OmniBus												
Camion	1											
TOTAL	27	19	29	21	17	34	12	11	27	2	1	4

Fuente: Propia.

Tabla 45. Volumen Vehicular (04:45 – 05:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
4:45 - 5:00												
Autos	18	10	20	14	14	32	10	8	30	1	1	2
Camioneta	2	9	10	7		2			5	1		
Combis		3					3	2				1
Microbus	2											
OmniBus												
Camion	1											
TOTAL	23	22	30	21	14	34	13	10	35	2	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 46. Volumen Vehicular (05:00 - 05:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
5:00 - 5:15												
Autos	7	5	17	8	2	32	2	4	30	1		2
Camioneta	5	1	4	4	1		2	2		3		
Combis		1	1	4			1		1			1
Microbus	1			1		2						
OmniBus												
Camion				1								
TOTAL	13	7	22	14	3	34	5	6	31	4	0	3

Fuente: Propia.

Tabla 47. Volumen Vehicular (05:15 – 05:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
5:15 - 5:30												
Autos	5	2	19	10	5	37		10	32	1	3	
Camioneta	4		7		1	5	2			5	1	1
Combis	2			3			1	3	3		1	
Microbus	1			2		2			1			
OmniBus												
Camion							1					
TOTAL	12	2	26	15	6	44	4	13	36	6	5	1

Fuente: Propia.

Tabla 48. Volumen Vehicular (05:30 – 05:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
5:30 - 5:45												
Autos	7		21	10		30	3	7	28	5	1	
Camioneta	7	1		7	1		2	4			2	1
Combis			1				1		2	1		
Microbus	1			2		2						
OmniBus												
Camion	5			1								
TOTAL	20	1	22	20	1	32	6	11	30	6	3	1

Fuente: Propia.

Tabla 49. Volumen Vehicular (05:45 – 06:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
5:45 - 6:00												
Autos	8	5	20	14	1	32	7	8	32	2		3
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2		1		1	1
Combis	2						2	1	2	1		
Microbus	1			2		1						
OmniBus												
Camion	1			3						2		
TOTAL	19	7	22	23	5	37	11	9	35	5	1	4

Fuente: Propia.

Tabla 50. Volumen Vehicular (06:00 – 06:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
6:00 - 6:15												
Autos	8	6	19	14	2	21	7	5	25	2	1	4
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2		1		1	
Combis							2	1	2	2		1
Microbus	1			2		1						
OmniBus												
Camion	1											
TOTAL	17	8	21	20	6	26	11	6	28	4	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 51. Volumen Vehicular (06:15 – 06:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
6:15 - 6:30												
Autos	10	5	17	14	3	20	6	8	21	2	1	3
Camioneta	5		5	3		2	2	2	1			1
Combis				1			3			1		1
Microbus												
OmniBus												
Camion	1			1			1			2		
TOTAL	16	5	22	19	3	22	12	10	22	5	1	5

Fuente: Propia.

Tabla 52. Volumen Vehicular (06:00 – 06:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
6:30 - 6:45												
Autos	9	6	18	14	6	20	5	7	19	2	1	3
Camioneta	5	1	5	3	1	2	2		1		2	1
Combis	1		2	1		1		2	1	1	1	1
Microbus												
OmniBus												
Camion	1						1			2		
TOTAL	16	7	25	18	7	23	8	9	21	5	4	5

Fuente: Propia.

Tabla 53. Volumen Vehicular (06:45 – 07:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
6:45 - 7:00												
Autos	12	6	21	15	10	20	8	9	24	3	1	4
Camioneta	5	2	5	3	1		2	2		1	2	1
Combis	2	1	2		2	3	1	2	3	2		1
Microbus												
OmniBus												
Camion				2								
TOTAL	19	9	28	20	13	23	11	13	27	6	3	6

Fuente: Propia.

Tabla 54. Volumen Vehicular (07:00 – 07:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
7:00 - 7:15												
Autos	13	6	20	14	14	24	9	11	19		1	3
Camioneta		2	7	3	5	2	2		1		2	
Combis	2	1		5	2		3	2	4	2		1
Microbus	1						1					
OmniBus												
Camion	4			3			1			1		
TOTAL	20	9	27	25	21	26	16	13	24	3	3	4

Fuente: Propia.

Tabla 55. Volumen Vehicular (07:15 – 07:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
7:15 - 7:30												
Autos	9	5	15	14	6	19	5	7	20	2	1	3
Camioneta	5	1	5	3	1	2	2		1		2	1
Combis	1		2	1		1		2	1	1		1
Microbus												
OmniBus												
Camion	1						1			2		
TOTAL	16	6	22	18	7	22	8	9	22	5	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 56. Volumen Vehicular (07:30 – 07:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
7:30 - 7:45												
Autos	12	6	11	15	10	15	8	8	20	3	1	4
Camioneta	5	2	5	3	1		2	2		1	2	
Combis	2	1	2		2	3	1	2	3	2		1
Microbus												
OmniBus												
Camion				2								
TOTAL	19	9	18	20	13	18	11	12	23	6	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 57. Volumen Vehicular (07:45 – 08:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
7:45 - 8:00												
Autos	12	6	10	15	10	16	8	8	20	3	1	4
Camioneta	5	2	5	3	1		2	2	2	1	2	1
Combis	2	1	2		2	3	1	2	3	2		1
Microbus												
OmniBus												
Camion				2								
TOTAL	19	9	17	20	13	19	11	12	25	6	3	6

Fuente: Propia.

Tabla 58. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (8:00 - 8:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
8:00 - 8:15												
Autos	10	2	29	14	4	45	4	10	42	2	0	4
Camioneta	7	1	7	7	1	4	2	4	10	0	0	1
Combis	2.7	0	1.35	5.4	0	0	0	0	3	0	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	12.5	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0
TOTAL	34.2	3	37	35.4	5	53	6	14	55	7	0	5

Fuente: Propia.

Tabla 59. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (8:15 - 8:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
8:15 - 8:30												
Autos	7	2	20	10	6	40	6	9	36	3	0	2
Camioneta	6	1	6	2	0	2	1	2	5	1	1	1
Combis	0	0	3.645	14.58	0	0	0	1.8225	0	0	0	1.35
Microbus	2	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	12.5	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0
TOTAL	30.5	7	30	28.58	6	45	7	12.8225	41	9	1	4

Fuente: Propia.

Tabla 60. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (8:30 - 8:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
8:30 - 8:45												
Autos	10	8	15	12	2	38	3	5	34	5	1	0
Camioneta	4	0	3	5	0	1	0	4	2	0	0	1
Combis	2.7	0	1.35	0	0	0	1.35	0	3	1.35	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	17.5	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0
TOTAL	34.2	8	19	22	2	39	4.35	9	39	11.35	1	2

Fuente: Propia

Tabla 61. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (8:45 - 9:00 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
8:45 - 9:00												
Autos	7	6	18	10	3	35	4	5	32	2	0	2
Camioneta	3	2	5	4	1	0	0	2	5	0	1	1
Combis	0	0	0	0	1.35	0	1.35	0	0	0	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	5	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0
TOTAL	17	8	23	23	5.35	39	5.35	7	37	7	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 62. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (9:00 - 9:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
9:00 - 9:15												
Autos	7	5	17	8	2	32	2	4	30	1	0	2
Camioneta	5	1	4	0	1	1	2	2	2	3	2	0
Combis	0	1.35	1.35	5.4	0	0	1.35	0	1	0	0	1.35
Microbus	2	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	14	7.35	22	17.9	3	37	5.35	6	33	4	2	3

Fuente: Propia.

Tabla 63. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (9:15 - 9:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
9:15 - 9:30												
Autos	5	2	19	10	0	37	0	10	32	1	3	0
Camioneta	4	0	7	0	1	0	2	0	0	5	0	1
Combis	2.7	0	0	4.05	0	0	1.35	4.05	4	0	1.35	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	2	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	13.7	2	26	18.05	1	41	5.85	14.05	38	11	4.35	1

Fuente: Propia.

Tabla 64. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (9:30 - 9:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
9:30 - 9:45												
Autos	7	0	21	10	0	30	3	7	28	5	0	0
Camioneta	7	1	0	7	1	0	2	4	0	0	2	1
Combis	0	0	1.35	0	0	0	1.35	0	3	0	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	28.5	1	22	21	1	34	6.35	11	31	5	2	1

Fuente: Propia.

Tabla 65. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (9:45 – 10:00 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
9:45 - 10:00												
Autos	8	5	20	14	1	32	7	8	32	2	0	3
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2	0	1	0	1	0
Combis	2.7	0	0	0	0	0	2.7	1.35	3	0	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	7.5	0	0	0	0	0	5	0	0
TOTAL	22.2	7	22	29.5	5	38	11.7	9.35	36	7	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 66. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (10:00 – 10:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
10:00 - 10:15												
Autos	8	6	20	14	2	28	7	5	30	2	1	4
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2	0	1	0	1	0
Combis	0	0	0	0	0	0	2.7	1.35	3	2.7	0	1.35
Microbus	2	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19.5	8	22	22	6	34	11.7	6.35	34	4.7	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 67. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (10:15 – 10:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
10:15 - 10:30												
Autos	10	5	17	14	3	27	6	8	27	2	1	3
Camioneta	5	0	5	3	0	2	2	2	1	0	0	1
Combis	0	0	0	1.35	0	0	4.05	0	0	1.35	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	2.5	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	17.5	5	22	20.85	3	29	14.55	10	28	8.35	1	5

Fuente: Propia.

Tabla 68. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (10:30 – 10:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
10:30 - 11:45												
Autos	9	5	16	14	6	24	5	7	25	2	1	3
Camioneta	5	1	5	3	1	2	2	0	1	0	2	1
Combis	1.35	0	2.7	1.35	0	1	0	2.7	1	1.35	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	17.85	6	24	18.35	7	27	9.5	9.7	27	8.35	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 69. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (10:45 - 11:00 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
10:45 - 11:00												
Autos	12	6	19	15	10	26	8	8	27	3	1	4
Camioneta	5	2	5	3	1	0	2	2	0	1	2	0
Combis	2.7	1.35	2.7	0	2.7	4	1.35	2.7	4	2.7	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19.7	9.35	27	23	13.7	30	11.35	12.7	31	6.7	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 70. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (11:00 – 11:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
11:00 - 11:15												
Autos	13	6	22	14	14	27	9	11	28	0	1	3
Camioneta	0	2	7	3	5	2	2	0	1	0	2	0
Combis	2.7	1.35	0	6.75	2.7	0	4.05	2.7	5	2.7	0	1.35
Microbus	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	10	0	0	7.5	0	0	2.5	0	0	2.5	0	0
TOTAL	27.7	9.35	29	31.25	21.7	29	19.55	13.7	34	5.2	3	4

Fuente: Propia.

Tabla 71. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (11:15 – 11:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
11:15 - 11:30												
Autos	15	6	25	15	11	32	13	11	30	2	3	2
Camioneta	2	1	6	3	8	2	5	4	5	0	2	1
Combis	2.7	1.35	4.05	6.75	2.7	5	0	2.7	5	2.7	0	0
Microbus	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	2.5	0	0	0	0	0	5	0	0
TOTAL	24.2	8.35	35	27.25	21.7	39	20	17.7	40	9.7	5	3

Fuente: Propia.

Tabla 72. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (11:30 – 11:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
11:30 - 11:45												
Autos	13	8	22	14	14	27	9	11	28	1	1	3
Camioneta	2	2	7	3	6	2	2	2	1	0	2	1
Combis	2.7	1.35	0	6.75	2.7	0	4.05	2.7	5	2.7	0	1.35
Microbus	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	10	0	0	7.5	0	0	2.5	0	0	2.5	0	0
TOTAL	29.7	11.35	29	31.25	22.7	29	19.55	15.7	34	6.2	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 73. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (11:45 – 12:00 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
11:45 - 12:00												
Autos	18	8	25	14	14	28	10	11	30	1	0	3
Camioneta	2	9	7	7	1	2	2	3	5	1	2	2
Combis	5.4	2.7	2.7	6.75	4.05	5	4.05	2.7	5	2.7	1.35	1.35
Microbus	4	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	36.9	19.7	35	27.75	19.05	35	22.05	16.7	40	4.7	3.35	6

Fuente: Propia.

Tabla 74. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (12:00 – 12:15 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
12:00 - 12:15												
Autos	18	8	20	14	14	32	10	8	38	1	1	2
Camioneta	2	9	7	7	1	2	2	3	5	1	0	2
Combis	5.4	2.7	2.7	6.75	4.05	5	4.05	2.7	5	2.7	1.35	1.35
Microbus	4	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	31.9	19.7	30	27.75	19.05	39	22.05	13.7	48	4.7	2.35	5

Fuente: Propia.

Tabla 75. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (12:15 - 12:30 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
12:15 - 12:30												
Autos	18	10	20	14	14	32	10	8	38	1	1	2
Camioneta	2	9	10	7	0	2	2	0	5	1	0	2
Combis	0	4.05	0	6.75	0	0	4.05	2.7	0	0	0	1.35
Microbus	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	26.5	23.05	30	27.75	14	34	16.05	10.7	43	2	1	5

Fuente: Propia.

Tabla 76. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (12:30 - 12:45 am).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
12:30 - 12:45												
Autos	10	2	21	14	4	25	4	10	28	2	0	4
Camioneta	7	1	7	7	1	6	2	4	6	0	0	1
Combis	2.7	0	1.35	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	24.2	3	29	30.4	5	35	6	14	34	2	0	5

Fuente: Propia.

Tabla 77. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (12:45 - 01:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
12:45 - 1:00												
Autos	7	2	15	10	6	28	6	9	30	3	0	2
Camioneta	6	1	6	2	0	2	1	2	5	1	1	1
Combis	0	0	2.7	10.8	0	0	0	1.35	0	0	0	1.35
Microbus	2	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0
TOTAL	20.5	7	24	24.8	6	33	7	12.35	35	9	1	4

Fuente: Propia.

Tabla 78. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (01:00 - 01:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
1:00 - 1:15												
Autos	10	8	14	12	2	30	3	5	28	5	1	0
Camioneta	4	0	3	5	0	1	0	4	2	0	0	1
Combis	2.7	0	1.35	0	0	0	1.35	0	3	1.35	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	21.7	8	18	22	2	31	4.35	9	33	6.35	1	2

Fuente: Propia.

Tabla 79. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (01:15 - 01:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
1:15 - 1:30												
Autos	7	6	18	10	3	29	4	5	28	2	0	2
Camioneta	3	2	5	4	1	0	0	2	5	0	1	1
Combis	0	0	0	0	1.35	0	1.35	0	0	0	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	17	8	23	23	5.35	33	5.35	7	33	2	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 80. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (01:30 - 01:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
1:30 - 1:45												
Autos	7	5	17	8	2	26	2	4	28	1	0	2
Camioneta	5	1	4	0	1	1	2	2	2	3	2	0
Combis	0	1.35	1.35	5.4	0	0	1.35	0	1	0	0	1.35
Microbus	2	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	14	7.35	22	17.9	3	31	5.35	6	31	4	2	3

Fuente: Propia.

Tabla 81. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (01:45 - 02:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
1:45 - 2:00												
Autos	5	2	19	10	0	29	0	10	27	1	3	0
Camioneta	4	0	7	0	1	0	2	0	0	5	0	1
Combis	2.7	0	0	4.05	0	0	1.35	4.05	4	0	1.35	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	2	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	13.7	2	26	18.05	1	33	5.85	14.05	33	11	4.35	1

Fuente: Propia.

Tabla 82. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (02:00 - 02:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
2:00 - 2:15												
Autos	7	0	21	10	0	30	3	7	28	5	0	0
Camioneta	4	1	0	0	1	0	2	4	0	0	2	1
Combis	0	0	1.35	0	0	0	1.35	0	3	0	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	13	1	22	14	1	34	6.35	11	31	5	2	1

Fuente: Propia.

Tabla 83. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (02:15 - 02:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
2:15 - 2:30												
Autos	8	5	18	14	1	28	7	8	25	2	0	3
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2	0	1	0	1	0
Combis	2.7	0	0	0	0	0	2.7	1.35	3	0	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	7.5	0	0	0	0	0	5	0	0
TOTAL	22.2	7	20	29.5	5	34	11.7	9.35	29	7	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 84. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (02:30 - 02:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
2:30 - 2:45												
Autos	8	6	18	14	2	24	7	5	22	2	1	4
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2	0	1	0	1	0
Combis	0	0	0	0	0	0	2.7	1.35	3	2.7	0	1.35
Microbus	2	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19.5	8	20	22	6	30	11.7	6.35	26	4.7	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 85. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (02:45 - 03:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
2:45 - 3:00												
Autos	10	5	17	14	3	18	6	8	20	2	1	3
Camioneta	5	0	5	3	0	2	2	2	1	0	0	1
Combis	0	0	0	1.35	0	0	4.05	0	0	1.35	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	2.5	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	17.5	5	22	20.85	3	20	14.55	10	21	8.35	1	5

Fuente: Propia.

Tabla 86. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (3:00 - 03:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
3:00 - 3:15												
Autos	9	5	16	14	6	14	5	7	21	2	1	3
Camioneta	5	1	5	3	1	2	2	0	1	0	2	1
Combis	1.35	0	2.7	1.35	0	1	0	2.7	1	1.35	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	17.85	6	24	18.35	7	17	9.5	9.7	23	8.35	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 87. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (03:15 - 03:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
3:15 - 3:30												
Autos	12	6	19	15	10	19	8	8	22	3	1	4
Camioneta	5	2	0	0	1	0	2	0	0	1	2	0
Combis	0	1.35	2.7	0	2.7	4	1.35	2.7	4	2.7	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	17	9.35	22	20	13.7	23	11.35	10.7	26	6.7	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 88. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (03:30 - 03:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
3:30 - 3:45												
Autos	13	6	20	14	14	15	9	11	2	0	1	3
Camioneta	0	2	7	3	0	2	2	0	1	0	2	0
Combis	2.7	1.35	0	6.75	2.7	0	4.05	2.7	5	2.7	0	1.35
Microbus	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	10	0	0	7.5	0	0	2.5	0	0	2.5	0	0
TOTAL	27.7	9.35	27	31.25	16.7	17	19.55	13.7	8	5.2	3	4

Fuente: Propia.

Tabla 89. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (03:45 – 04:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
3:45 - 4:00	15	6	19	15	11	15	13	11	24	2	3	2
Autos	15	6	19	15	11	15	13	11	24	2	3	2
Camioneta	2	1	6	3	8	2	5	0	5	0	2	1
Combis	0	1.35	4.05	0	2.7	5	0	2.7	5	2.7	0	0
Microbus	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	2.5	0	0	0	0	0	5	0	0
TOTAL	21.5	8.35	29	20.5	21.7	22	20	13.7	34	9.7	5	3

Fuente: Propia.

Tabla 90. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (04:00 - 04:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
4:00 - 4:15	13	8	22	14	14	19	9	11	28	1	1	3
Autos	13	8	22	14	14	19	9	11	28	1	1	3
Camioneta	2	2	7	0	6	2	2	2	1	0	2	1
Combis	2.7	1.35	0	6.75	2.7	0	0	2.7	5	2.7	0	1.35
Microbus	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	10	0	0	7.5	0	0	2.5	0	0	2.5	0	0
TOTAL	29.7	11.35	29	28.25	22.7	21	15.5	15.7	34	6.2	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 91. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (04:15 - 04:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
4:15 - 4:30	18	8	25	14	14	20	10	11	30	1	0	3
Autos	18	8	25	14	14	20	10	11	30	1	0	3
Camioneta	2	9	7	7	1	2	2	3	5	1	2	2
Combis	5.4	2.7	2.7	6.75	4.05	0	0	0	0	0	0	0
Microbus	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0
TOTAL	36.9	19.7	35	27.75	19.05	22	12	14	35	4.5	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 92. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (04:30 – 04:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
4:30 - 4:45	18	8	20	14	14	28	10	8	25	1	1	2
Autos	18	8	20	14	14	28	10	8	25	1	1	2
Camioneta	2	9	7	7	0	2	2	3	2	1	0	2
Combis	5.4	2.7	2.7	0	4.05	5	0	0	0	0	0	0
Microbus	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	31.9	19.7	30	21	18.05	35	12	11	27	2	1	4

Fuente: Propia.

Tabla 93. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (04:45 – 05:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
4:45 - 5:00	18	10	20	14	14	32	10	8	30	1	1	2
Autos	18	10	20	14	14	32	10	8	30	1	1	2
Camioneta	2	9	10	7	0	2	0	0	5	1	0	0
Combis	0	4.05	0	0	0	0	4.05	2.7	0	0	0	1.35
Microbus	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	26.5	23.05	30	21	14	34	14.05	10.7	35	2	1	3

Fuente: Propia.

Tabla 94. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (05:00 - 05:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
5:00 - 5:15	7	5	17	8	2	32	2	4	30	1	0	2
Autos	7	5	17	8	2	32	2	4	30	1	0	2
Camioneta	5	1	4	0	1	0	2	2	0	3	0	0
Combis	0	1.35	1.35	5.4	0	0	1.35	0	1	0	0	1.35
Microbus	2	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	14	7.35	22	17.9	3	36	5.35	6	31	4	0	3

Fuente: Propia.

Tabla 95. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (05:15 – 05:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
5:15 - 5:30	5	2	19	10	5	37	0	10	32	1	3	0
Autos	5	2	19	10	5	37	0	10	32	1	3	0
Camioneta	4	0	7	0	1	5	2	0	0	5	1	1
Combis	2.7	0	0	4.05	0	0	1.35	4.05	4	0	1.35	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	2	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0
TOTAL	13.7	2	26	18.05	6	46	5.85	14.05	38	6	5.35	1

Fuente: Propia.

Tabla 96. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (05:30 – 05:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
5:30 - 5:45	7	0	21	10	0	30	3	7	28	5	1	0
Autos	7	0	21	10	0	30	3	7	28	5	1	0
Camioneta	7	1	0	7	1	0	2	4	0	0	2	1
Combis	0	0	1.35	0	0	0	1.35	0	3	1.35	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	12.5	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	28.5	1	22	23.5	1	34	6.35	11	31	6.35	3	1

Fuente: Propia.

Tabla 97. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (05:45 – 06:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
5:45 - 6:00												
Autos	8	5	20	14	1	32	7	8	32	2	0	3
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2	0	1	0	1	1
Combis	2.7	0	0	0	0	0	2.7	1.35	3	1.35	0	0
Microbus	2	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	7.5	0	0	0	0	0	5	0	0
TOTAL	22.2	7	22	29.5	5	38	11.7	9.35	36	8.35	1	4

Fuente: Propia.

Tabla 98. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (06:00 – 06:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
6:00 - 6:15												
Autos	8	6	19	14	2	21	7	5	25	2	1	4
Camioneta	7	2	2	4	4	4	2	0	1	0	1	0
Combis	0	0	0	0	0	0	2.7	1.35	3	2.7	0	1.35
Microbus	2	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19.5	8	21	22	6	27	11.7	6.35	29	4.7	2	5

Fuente: Propia.

Tabla 99. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (06:15 – 06:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
6:15 - 6:30												
Autos	10	5	17	14	3	20	6	8	21	2	1	3
Camioneta	5	0	5	3	0	2	2	2	1	0	0	1
Combis	0	0	0	1.35	0	0	4.05	0	0	1.35	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	2.5	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	17.5	5	22	20.85	3	22	14.55	10	22	8.35	1	5

Fuente: Propia.

Tabla 100. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (06:00 – 06:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
6:30 - 6:45												
Autos	9	6	18	14	6	20	5	7	19	2	1	3
Camioneta	5	1	5	3	1	2	2	0	1	0	2	1
Combis	1.35	0	2.7	1.35	0	1	0	2.7	1	1.35	1.35	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	17.85	7	26	18.35	7	23	9.5	9.7	21	8.35	4.35	5

Fuente: Propia.

Tabla 101. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (06:45 – 07:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
6:45 - 7:00												
Autos	12	6	21	15	10	20	8	9	24	3	1	4
Camioneta	5	2	5	3	1	0	2	2	0	1	2	1
Combis	2.7	1.35	2.7	0	2.7	4	1.35	2.7	4	2.7	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19.7	9.35	29	23	13.7	24	11.35	13.7	28	6.7	3	6

Fuente: Propia.

Tabla 102. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (07:00 – 07:15 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
7:00 - 7:15												
Autos	13	6	20	14	14	24	9	11	19	0	1	3
Camioneta	0	2	7	3	5	2	2	0	1	0	2	0
Combis	2.7	1.35	0	6.75	2.7	0	4.05	2.7	5	2.7	0	1.35
Microbus	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	10	0	0	7.5	0	0	2.5	0	0	2.5	0	0
TOTAL	27.7	9.35	27	31.25	21.7	26	19.55	13.7	25	5.2	3	4

Fuente: Propia.

Tabla 103. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (07:15 – 07:30 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
7:15 - 7:30												
Autos	9	5	15	14	6	19	5	7	20	2	1	3
Camioneta	5	1	5	3	1	2	2	0	1	0	2	1
Combis	1.35	0	2.7	1.35	0	1	0	2.7	1	1.35	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	2.5	0	0	0	0	0	2.5	0	0	5	0	0
TOTAL	17.85	6	23	18.35	7	22	9.5	9.7	22	8.35	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 104. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (07:30 – 07:45 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
7:30 - 7:45												
Autos	12	6	11	15	10	15	8	8	20	3	1	4
Camioneta	5	2	5	3	1	0	2	2	0	1	2	0
Combis	2.7	1.35	2.7	0	2.7	4	1.35	2.7	4	2.7	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19.7	9.35	19	23	13.7	19	11.35	12.7	24	6.7	3	5

Fuente: Propia.

Tabla 105. Volumen Vehicular Ajustado a UCP (07:45 – 08:00 pm).

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
7:45 - 8:00												
Autos	12	6	10	15	10	16	8	8	20	3	1	4
Camioneta	5	2	5	3	1	0	2	2	2	1	2	1
Combis	2.7	1.35	2.7	0	2.7	4	1.35	2.7	4	2.7	0	1.35
Microbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OmniBus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19.7	9.35	18	23	13.7	20	11.35	12.7	26	6.7	3	6

Fuente: Propia.

4.2.1. VOLUMEN VEHICULAR EN LA HORA PICO

El análisis de la intersección consiste básicamente en ajustar las cantidades de flujo a períodos pico de 15 minutos a una unidad de coche patrón y el establecimiento de la hora pico el análisis, primero se deberá establecer los sentidos de las aproximaciones, luego se ingresarán los volúmenes horarios y estos se ajustarán mediante el factor de hora pico mediante el cociente del volumen para cada movimiento entre el factor de hora pico que viene a ser el máximo volumen vehicular de una hora (la más cargada) para ambas intersecciones.

Tabla 106. Resumen del volumen vehicular Av. Próceres

HORA	VOLUMEN "t"	VEHICULOS HORARIO	VOLUMEN HORARIO MAXIMO
8:00 - 8:15	154	550.00	550
8:15 - 8:30	155	463.00	
8:30 - 8:45	128	377.00	
8:45 - 9:00	113	310.00	
9:00 - 9:15	67	262.00	262
9:15 - 9:30	69	268.00	
9:30 - 9:45	61	265.00	
9:45 - 10:00	65	266.00	
10:00 - 10:15	73	260.00	260
10:15 - 10:30	66	250.00	
10:30 - 11:45	62	241.00	
10:45 - 11:00	59	247.00	
11:00 - 11:15	63	256.00	256
11:15 - 11:30	57	262.00	
11:30 - 11:45	68	302.00	
11:45 - 12:00	68	329.00	
12:00 - 12:15	69	383.00	383
12:15 - 12:30	97	444.00	
12:30 - 12:45	95	466.00	
12:45 - 1:00	122	464.00	
1:00 - 1:15	130	417.00	417
1:15 - 1:30	119	358.00	
1:30 - 1:45	93	308.00	
1:45 - 2:00	75	280.00	

HORA	VOLUMEN "t"	VEHICULOS HORARIO	VOLUMEN HORARIO MAXIMO
2:00 - 2:15	71	278.00	278
2:15 - 2:30	69	273.00	
2:30 - 2:45	65	266.00	
2:45 - 3:00	73	263.00	
3:00 - 3:15	66	247.00	247
3:15 - 3:30	62	247.00	
3:30 - 3:45	62	254.00	
3:45 - 4:00	57	261.00	
4:00 - 4:15	66	301.00	301
4:15 - 4:30	69	348.00	
4:30 - 4:45	69	389.00	
4:45 - 5:00	97	446.00	
5:00 - 5:15	113	471.00	471
5:15 - 5:30	110	496.00	
5:30 - 5:45	126	535.00	
5:45 - 6:00	122	550.00	
6:00 - 6:15	138	550.00	550
6:15 - 6:30	149	478.00	
6:30 - 6:45	141	379.00	
6:45 - 7:00	122	295.00	
7:00 - 7:15	66	237.00	237
7:15 - 7:30	50	171.00	
7:30 - 7:45	57	121.00	
7:45 - 8:00	64	64.00	
		TOTAL	2128

Fuente: Propia.

Tabla 107. Resumen del volumen vehicular Av. Minero

HORA	VOLUMEN "t"	VEHICULOS HORARIO	VOLUMEN HORARIO MAXIMO
8:00 - 8:15	174	3.84	608
8:15 - 8:30	176	3.89	
8:30 - 8:45	146	3.22	
8:45 - 9:00	112	2.47	
9:00 - 9:15	72	1.59	287
9:15 - 9:30	76	1.68	
9:30 - 9:45	62	1.37	
9:45 - 10:00	77	1.70	
10:00 - 10:15	77	1.70	285
10:15 - 10:30	79	1.74	
10:30 - 11:45	62	1.37	
10:45 - 11:00	67	1.48	

HORA	VOLUMEN "t"	VEHICULOS HORARIO	VOLUMEN HORARIO MAXIMO
11:00 - 11:15	70	1.55	292
11:15 - 11:30	70	1.55	
11:30 - 11:45	80	1.77	
11:45 - 12:00	72	1.59	
12:00 - 12:15	76	1.68	399
12:15 - 12:30	99	2.19	
12:30 - 12:45	96	2.12	
12:45 - 1:00	128	2.83	
1:00 - 1:15	131	2.89	442
1:15 - 1:30	126	2.78	
1:30 - 1:45	103	2.27	
1:45 - 2:00	82	1.81	
2:00 - 2:15	74	1.63	291
2:15 - 2:30	72	1.59	
2:30 - 2:45	72	1.59	
2:45 - 3:00	73	1.61	
3:00 - 3:15	72	1.59	268
3:15 - 3:30	67	1.48	
3:30 - 3:45	66	1.46	
3:45 - 4:00	63	1.39	
4:00 - 4:15	69	1.52	323
4:15 - 4:30	77	1.70	
4:30 - 4:45	76	1.68	
4:45 - 5:00	101	2.23	
5:00 - 5:15	114	2.52	483
5:15 - 5:30	110	2.43	
5:30 - 5:45	131	2.89	
5:45 - 6:00	128	2.83	
6:00 - 6:15	146	3.22	581
6:15 - 6:30	155	3.42	
6:30 - 6:45	150	3.31	
6:45 - 7:00	130	2.87	
7:00 - 7:15	71	1.57	271
7:15 - 7:30	57	1.26	
7:30 - 7:45	66	1.46	
7:45 - 8:00	77	1.70	
		TOTAL	1180

Fuente: Propia.

4.2.2. DISTRIBUCIÓN VEHICULAR EN LA HORA PICO

Para el presente proyecto de tesis se realizó principalmente teniendo en cuenta los resultados del conteo durante las horas de 8:00 am. hasta las 8:00 pm. Por el cual nos da el resultado como hora pico.

Tabla 108. Volumen de la hora pico en la Intersección

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
8:00 - 9:00	34	18	82	46	15	158	17	29	144	12	1	8
Autos	34	18	82	46	15	158	17	29	144	12	1	8
Camioneta	20	4	21	18	2	7	3	12	22	1	2	4
Combis	5.4	0	6.35	19.98	1.35	0	2.7	1.82	5.4	1.35	0	2.7
Microbus	6	4	0	10	0	8	0	0	0	0	0	0
Omnibus	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion	47.5	0	0	15	0	2.5	0	0	0	20	0	0
TOTAL	116	26	109	109	18	176	23	43	171	34	3	15

Fuente: Propia.

Tabla 109. Flujo de Vehículos de la hora Pico

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda	De Frente	Derecha	Izquierda
8:00 - 9:00	116	26	109	109	18.35	176	23	43	171	34	3	15
TOTAL	116	26	109	109	18.35	176	23	43	171	34	3	15

Fuente: Propia.

Tabla 110. % del Volumen de la Hora Pico

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda
8:00 - 9:00	29%	69%	75%	42%	82%	90%	75%	68%	84%	35%	33%	54%
Autos	29%	69%	75%	42%	82%	90%	75%	68%	84%	35%	33%	54%
Camioneta	17%	15%	19%	17%	11%	4%	13%	28%	13%	3%	67%	27%
Combis	5%	0%	6%	18%	7%	0%	12%	4%	3%	4%	0%	18%
Microbus	5%	15%	0%	9%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Omnibus	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Camion	41%	0%	0%	14%	0%	1%	0%	0%	0%	58%	0%	0%
TOTAL	100%											

Fuente: Propia.

La distribución de vehículos livianos y pesados se efectúa en todas las aproximaciones con el fin de determinar el porcentaje de vehículos livianos y pesados en todas las direcciones con los diferentes giros

teniendo en cuenta los resultados que corresponde a la intersección de la Av. Próceres - la Av. Minero.

Tabla 111. Volumen de la Hora Pico - Vehículos Livianos

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
8:00 - 9:00	De Frente	Derecha	Izquierda									
UPC VEHICULOS LIVIANOS	59	22	109	84	18	165	23	43	171	14	3	15

Fuente: Propia.

Tabla 112. % Flujo de Vehículos de la hora Pico - Vehículos Livianos

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
8:00 - 9:00	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda
UPC VEHICULOS LIVIANOS	51%	85%	100%	77%	100%	94%	100%	100%	100%	42%	100%	100%

Fuente: Propia.

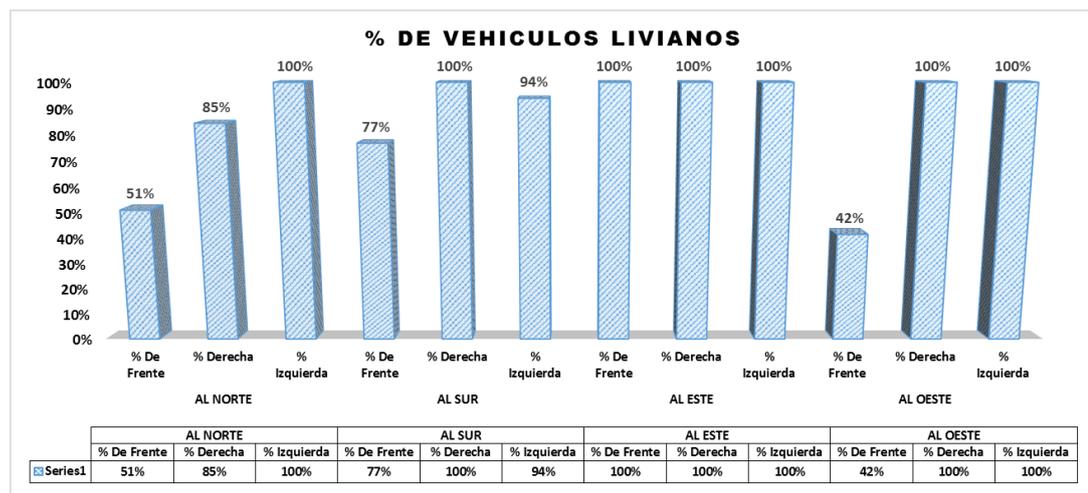


Imagen 8. % Flujo de Vehículos de la hora Pico - Vehículos Livianos

Fuente: Propia.

Tabla 113. Volumen de la Hora Pico - Vehículos Pesados

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	De Frente	Derecha	Izquierda									
8:00 - 9:00 UPC VEHICULOS PESADOS	57	4	0	25	0	11	0	0	0	20	0	0

Fuente: Propia.

Tabla 114. % Flujo de Vehículos de la hora Pico - Vehículos Pesados

HORA	AL NORTE			AL SUR			AL ESTE			AL OESTE		
	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda	% De Frente	% Derecha	% Izquierda
8:00 - 9:00 UPC VEHICULOS PESADOS	49%	15%	0%	23%	0%	6%	0%	0%	0%	58%	0%	0%

Fuente: Propia.

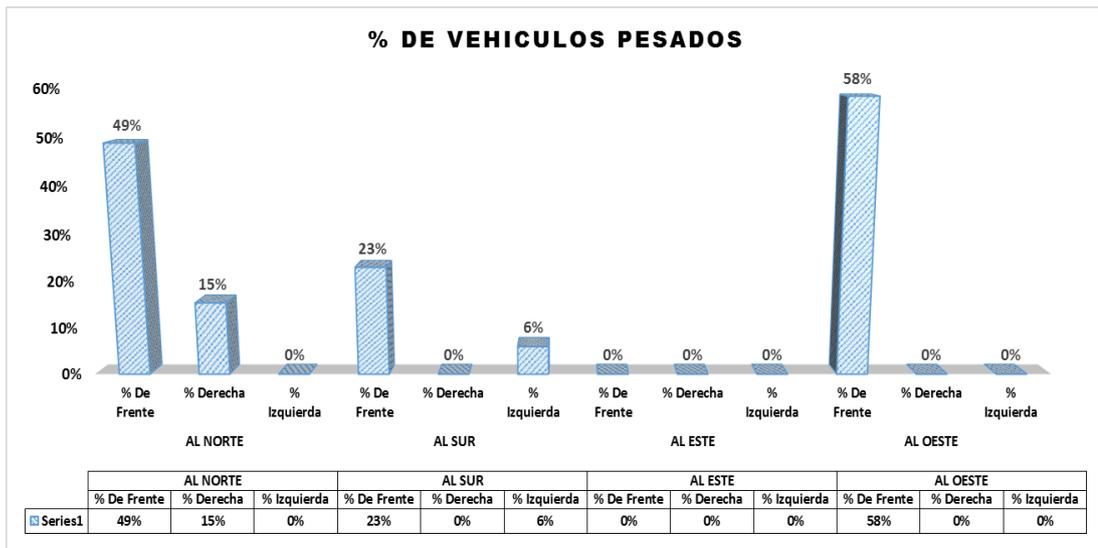


Imagen 9. % Flujo de Vehículos de la hora Pico - Vehículos Pesados

Fuente: Propia.

4.2.3. DISTRIBUCIÓN VEHICULAR EN LA HORA PICO

Para la presente tesis se considera según el estudio han determinado que el flujo de saturación ideal en intersección puede tomar valores 1800 a

1900 vphv, sin embargo, estos valores pueden variar para una determinada localidad considerando diversos factores que pueden afectar positivamente o negativamente al nivel de saturación de una intersección estudiada.

Para el presente trabajo pudiendo tomar los valores de tasa de flujo de saturación señalados anteriormente cuyos valores se consideran válidos, se consideró conveniente efectuar un estudio para determinar la Tasa de Flujo de Saturación Ideal para la intersección en análisis.

Los valores de los factores de ajuste son obtenidos de las tablas y fórmulas expresadas en el acápite de la Metodología, se debe mencionar que muchas de estas tablas tienen valores tabulados para datos de entrada fijos.

Por lo cual muchos de los valores de entrada obtenidos para la intersección en análisis no se pudieron encontrar directamente, por lo que se usaron las ecuaciones o fórmulas propuestas, lo cual es más recomendable que la interpolación o extrapolación de datos, en muchos casos estos procedimientos son restringidos de usar, debido a que muchos de los valores obtenidos por estudios previos han sido determinados mediante relaciones de regresión.

Luego de obtener todos los datos señalados se procede a efectuar los cálculos de volteos a la izquierda por ciclo, cálculo del flujo opuesto por vía por ciclo, determinación de la razón de grupo opuesta, cálculo de las sub porciones del tiempo de verde, cálculo del factor de volteo

mínimo y finalmente el factor de volteo a la izquierda el cual es llevado al cuadro de tasa de flujo de saturación ajustado en su respectivo recuadro.

Tabla 115. Factores de ajuste para la intersección

VALOR	DESCRIPCION
Sb = 1900	Flujo de saturación básico por carril (1900 veh/hora verde carril)
N = 2	Número de carriles del grupo de carriles
fw = 1	Factor de ajuste por ancho de carriles
fhv = 0.98	Factor de ajuste por vehículo pesado
fg = 1.03	Factor de ajuste por pendiente de acceso
fp = 0.73	Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles
fbv = 1.09	Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección
fa = 0.98	Factor de ajuste por tipo de área
flu = 1	Factor de ajuste por utilización de carriles
flt = 0.97	Factor de ajuste por vueltas a la izquierda
frr = 0.83	Factor de ajuste por vueltas a la derecha

Fuente: Propia.

Tabla 116. Flujo de Saturación por dirección para la intersección

FLUJO DE SATURACIÓN POR DIRECCIÓN	
DESCRIPCIÓN	VALOR NUMERICO (Veh/Hora Pico)
SATURACION DEFRENTE	282
SATURACION A LA DERECHA	90
SATURACION A LA IZQUIERDA	471

Fuente: Propia.

4.2.4. APLICACIÓN DE SYNCHRO 8.0

El primer paso, tal como se aprecia en la Imagen 10, consistió en ingresar las características de la intersección, empleando los comandos para la creación de links.

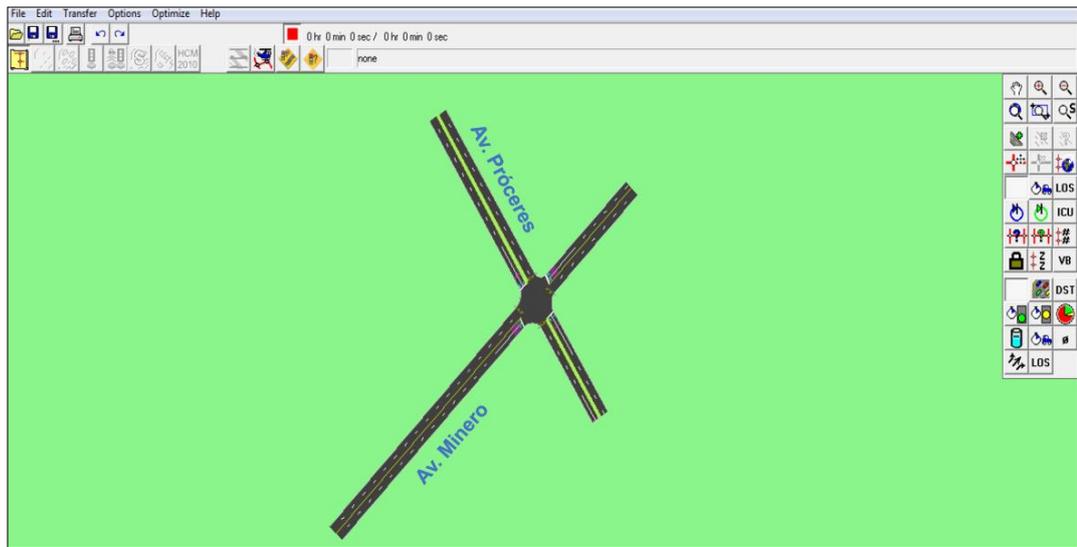


Imagen 10. Creación de la Intersección empleando Synchron 8.0
Fuente: Propia.

Una vez creada la intersección, se empleó la ventana para el ingreso de la información de la capacidad. En la Imagen 12 - 13 se presenta la ventana de Synchron 8.0, en la que se ingresan algunas características de la intersección como grupo de carriles, nombre del acceso, volúmenes de tráfico, ancho de carril, tipo de área, entre otros; pero además en la que se estiman los valores de tasa de flujo de saturación.

De modo similar, La Imagen 14 - y 15 muestra la ventana de información de la demanda, en la que son ingresados el factor de hora pico, los volúmenes peatonales y de bicicletas, los porcentajes de vehículos pesados, la cantidad de bloqueos y las maniobras de estacionamiento, entre otros.

Adicionalmente, para los casos de análisis correspondientes al segundo escenario, los valores de las tasas de flujo de saturación medidas directamente fueron ingresados en la ventana de información de la capacidad. Sin embargo, como Synchro está desarrollado para estimar la tasa de flujo de saturación; a modo de artificio se fueron variando los valores de tasa de flujo de saturación ideal y los valores de algunos de los factores de ajuste hasta obtener una estimación de la tasa de flujo de saturación con un valor equivalente al requerido.

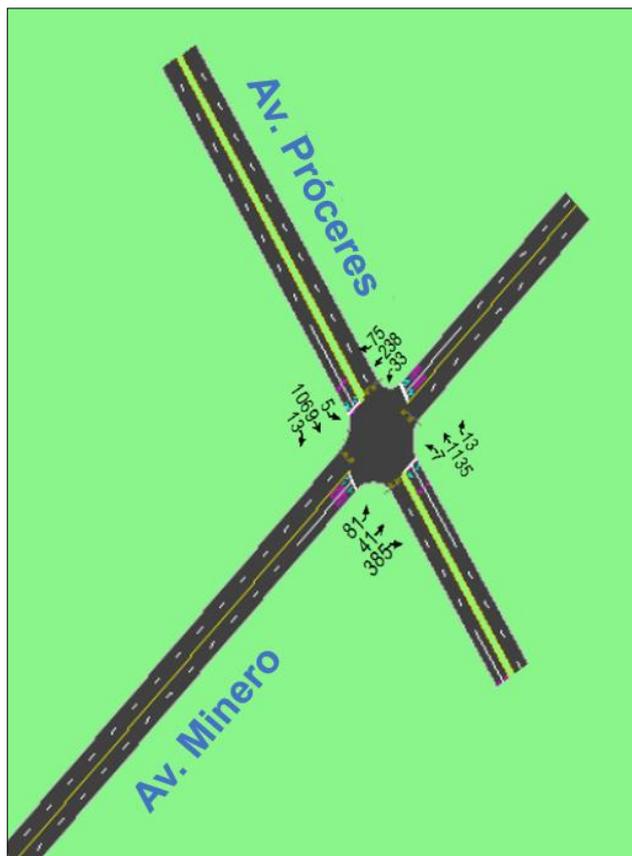


Imagen 11. Ingreso Vehicular de la Intersección empleando Synchro 8.0
Fuente: Propia.

LANE SETTINGS	  			  			  			  		
	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)	↕			↕			↕			↕		
Traffic Volume (vph)	7	1135	13	5	1069	13	81	41	385	33	238	75
Street Name												
Link Distance (m)	—	113.8	—	—	150.2	—	—	227.6	—	—	108.5	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	— NB			— SB			— NE			— SW		
Travel Time (s)	—	8.2	—	—	10.8	—	—	16.4	—	—	7.8	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Grade (%)	—	-2	—	—	4	—	—	4	—	—	-3	—
Area Type CBD	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.998	—	—	0.998	—	—	0.886	—	—	0.967	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	0.992	—	—	0.995	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2916	—	—	2856	—	—	1800	—	—	2779	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.947	—	—	0.950	—	—	0.813	—	—	0.869	—
Right Ped Bike Factor	—	0.996	—	—	0.996	—	—	0.737	—	—	0.961	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	0.969	—	—	0.994	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	2761	—	—	2714	—	—	1428	—	—	2412	—
Right Turn on Red?	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—

Imagen 12. Ingreso Vehicular de la Capacidad empleando Synchron 8.0

Fuente: Propia.

Link Distance (m)	—	76.1	113.8	—	142.7	—
Links Speed (km/h)	—	40	40	—	40	—
Set Arterial Name and Speed	—	NB	SB	—	NE	—
Travel Time (s)	—	6.8	10.2	—	12.8	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.2	3.2	3.2	3.2	2.4	2.4
Grade (%)	—	5	2	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	None	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	1.000	0.907	—	1.000	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.995	1.000	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2756	2201	—	1614	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.630	1.000	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	0.766	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	0.990	1.000	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1728	2201	—	1614	—
Right Turn on Red?	—	—	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	0	—	0	—

Imagen 13. Ingreso Vehicular de la Capacidad empleando Synchron 8.0 (2)
Fuente: Propia.

VOLUME SETTINGS												
	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)	7	1135	13	5	1069	13	81	41	385	33	238	75
Traffic Volume (vph)	400	-	400	200	-	200	300	-	300	100	-	100
Conflicting Peds. (#/hr)	-	-	25	-	-	25	-	-	25	-	-	25
Conflicting Bicycles (#/hr)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	0	7	0	0	6	0	32	7	5	0	2	16
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Adj. Parking Lane?	-	-	100	-	-	100	-	-	50	-	-	10
Parking Maneuvers (#/hr)	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	0	-
Traffic from mid-block (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Link OD Volumes	-	NB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adjusted Flow (vph)	8	1234	14	5	1162	14	88	45	418	36	259	82
Traffic in shared lane (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lane Group Flow (vph)	0	1256	0	0	1181	0	0	551	0	0	377	0

Imagen 14. Ingreso Vehicular de la Demanda empleando Synchron 8.0

Fuente: Propia.

VOLUME SETTINGS						
	NBL	NBT	SBT	SBR	NEL	NER
Lanes and Sharing (#RL)						
Traffic Volume (vph)	141	1155	408	661	0	0
Conflicting Peds. (#/hr)	500	—	—	500	300	300
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	—	25	—	25
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	7	1	12	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	30	30	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	5	5	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	SB	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	150	1229	434	703	0	0
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	1379	1137	0	0	0

Imagen 15. Ingreso Vehicular de la Demanda empleando Synchron 8.0 (2)
Fuente: Propia.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS												HOLD			
Node #	Zone	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	NEL	NET	NER	SAL	SWT	SWR	PED	HOLD		
3	# - 01	7	1135	13	5	1069	13	81	41	385	33	238	75				
K-East (mi)	2454.7	Perm			Perm			Perm			Perm						
Y North (mi)	2769.3		8		4			2				6					
Z Elevation (mi)	0.0				4			2				6					
Description	INTERSECCION T																
Control Type	Pre timed																
Cycle Length (s)	85.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0		10.0				
Lock Timings	<input type="checkbox"/>		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0				
Optimize Cycle Length:	Optimize		4.0		4.0		4.0		4.0		4.0		4.0				
Optimize Spots:	Optimize		200		200		200		200		200		200				
Actuated Cycle (s)	85.0		450		450		450		400		400		400				
Natural Cycle (s)	80.0		30		30		30		30		30		30				
Max v/c Ratio:	0.99		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0				
Intersection Delay (s)	64.5		3.0		3.0		3.0		3.0		3.0		3.0				
Intersection LOS:	E																
ICU:	0.03																
ICU LOS:	F																
Optimize Spots:	Optimize		38.0		38.0		34.0		34.0		34.0		34.0				
Actuated Cycle (s)	85.0		0.45		0.46		0.40		0.40		0.40		0.40				
Natural Cycle (s)	80.0		0.99		0.95		1.11		1.11		0.39		0.39				
Max v/c Ratio:	0.99		47.6		36.2		57.1		57.1		19.7		19.7				
Intersection Delay (s)	64.5		57.4		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0				
Intersection LOS:	E		106.0		36.2		57.1		57.1		19.7		19.7				
ICU:	0.03				D		E		E		8		8				
ICU LOS:	F		106.0		36.2		57.1		57.1		19.7		19.7				
Offset (s):	0.0		F		D		E		E		8		8				
Referenced to:	Begin of Red		107.8		57.8		47.2		47.2		23.5		23.5				
Reference Phase:	4+4 - SBT, WBTL		#139.0		#146.2		#132.7		#132.7		36.4		36.4				
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>		993		921		423		423		237		237				
Yield Point:	By Phase		77		68		43		43		14		14				
Mandatory Stop On Yellow:	<input type="checkbox"/>		0		0		0		0		0		0				

Imagen 16. Ingreso Información Sanforizada empleando Synchron 8.0

Fuente: Propia.

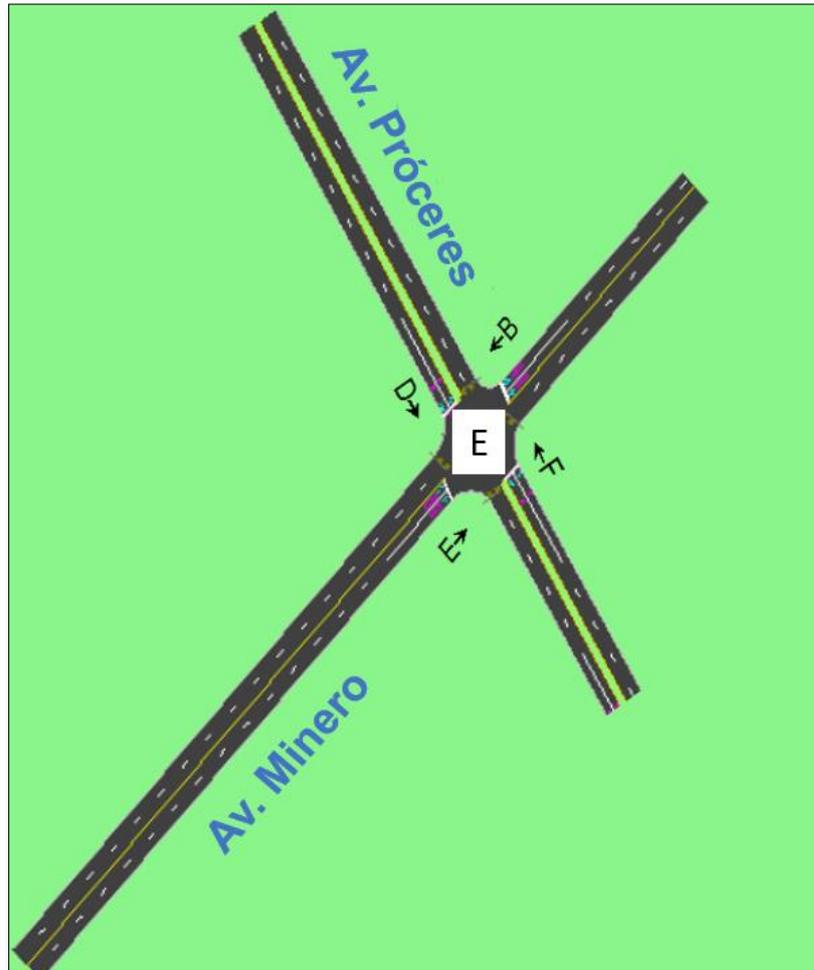


Imagen 17. Nivel de Servicio empleando Synchron 8.0
Fuente: Propia.

4.1. PRUEBA DE HIPOTESIS

4.1.1. HIPOTESIS GENERAL PLANTEADO

El análisis del flujo de tráfico, optimiza del nivel de servicio en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha, 2018.

4.1.2. ANALISIS DE LA HIPOTESIS PLANTEADO

El análisis de los cálculos y la aplicación de los datos obtenidos mediante la recolección directa, demuestra que se optimiza el nivel de servicio de la intersección semaforizada de las Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos del estudio de la intersección de la avenida Minero – la avenida Próceres demuestra que ambas se encuentran sub saturadas en sus aproximaciones, es decir que el flujo imperante tiene para soportar un crecimiento del flujo vehicular por las razones expuestas anteriormente.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que la presente metodología es una buena herramienta que ayuda en el análisis del comportamiento de las intersecciones viales urbanas y que es aplicable en el Perú, entre ellas siendo Pasco - Yanacancha una de las ciudades con mayor parque automotor de la Región, teniendo en cuenta las modificaciones desarrolladas en el presente trabajo.

Los factores encontrados y / o ajustados en el presente trabajo fueron los siguientes:

- Tasa de flujo de saturación actuante y tasa de flujo de saturación ideal.
- El factor de tiempo perdido en la partida.
- Modificación del factor de ajuste por ancho de vía, y
- Determinación del tiempo de cruce peatonal en la intersección.
- Capacidad de Utilización.

NIVEL DE SERVICIO POR TIEMPO DE DEMORA		
DIRECCION	Av. Minero	Av. Porceres
Norte	F	F
Sur	D	B
Este	E	
Oeste	B	

El resultado del análisis de una intersección bajo esta metodología producirá los siguientes indicadores:

- Relaciones volumen – capacidad para cada aproximación a la intersección.
- Brinda indicadores de operación del sistema tales como vías e intersecciones.
- Control promedio de demora para cada aproximación y para toda la intersección, así como los correspondientes Niveles de Servicio.

- Así mismo, permite evaluar el desempeño de las programaciones semafóricas, el ciclo de semáforo.

Dado que esta metodología provee un análisis total de la capacidad y nivel de servicio, puede ser usada para evaluar alternativas de demanda de tráfico, diseño geométrico, planes de semaforización, que ayuden a corregir el comportamiento de la intersección.

Respecto de las características del tránsito se debe señalar que se ha hecho evidente durante la toma de datos en campo, que existe una sobre oferta de servicio de transporte público, tanto de las unidades llamadas COLECTIVOS como TAXIS, así como en algunos casos duplicidad en las rutas brindadas por estos medios de transporte. En mi opinión se hace necesario una reorganización, regulación y racionalización del transporte público; o efectuar un cambio radical en el medio de transporte, proponiendo el uso de unidades de transporte masivo, tales como ómnibuses de alta capacidad, definiendo para ellos rutas principales y frecuencias.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que las entidades encargadas de la administración del transporte urbano consideren un programa de evaluación de la operación del sistema de tránsito y las capacidades de nuestra infraestructura vial urbana, mediante este tipo de análisis antes de que se alcance el colapso de una determinada intersección o vía.
- ✓ Se recomienda efectuar otros estudios de investigación destinados a ajustar, mejorar y/o encontrar otros factores como el factor de ajuste por tipo de área y tiempo de servicio de carga y descarga de pasajeros brindado por combis, de manera que sean concordantes con la realidad de nuestro parque automotor, características de tránsito e infraestructura vial, para lograr mayores precisiones en los análisis.
- ✓ Finalmente, es necesario recomendar que las Entidades relacionadas con el transporte en el Perú aprueben y den fuerza de Ley, a los manuales de diseño geométrico y señalización semafórica de tal modo que contemos con normas legalmente establecidas.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ✓ Daganzo C. F. (1983) Derivation of Delays Based on Input-Output Analysis, Transpn Res. 17A, 341-342.
- ✓ Fernández R. (2008) Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular, Santiago de Chile: Universidad de los Andes.
- ✓ Freeman W., Ho K. y McChesey E. (1999) An Evaluation of Signalized Intersection System analysis Techniques, E.I.T. Copyright ITE 1999 Annual Meeting CD. <http://www.trafficware.com/articles.html>.
- ✓ Petraglia K. (1999) Field Validation of MOE's for Signalized Intersection Analysis, New England Section ITE Technical Committee, Copyright ITE 1999 Annual Meeting CD. <http://www.trafficware.com/articles.html>.
- ✓ Alcaldía Mayor de Bogotá, Cal y Mayor y Asociados (2005) Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte, 2ª ed., Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- ✓ Cabrera F. (2007) Diapositivas del Curso de Ingeniería de Tráfico, Semestre 2007-2, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✓ Currin T. (2001) Introduction to Traffic Engineering: A Manual for Data Collection and Analysis, CL-Engineering.

- ✓ Powell J. L. (1998) Field Measurement of Signalized Intersection Delay for 1997 Update of the Highway Capacity Manual, Transportation Research Record 1646, 79-86.
- ✓ TRB (2000) Highway Capacity Manual 2000, Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.
- ✓ TRB (1992) Traffic Flow Theory-A State of the Art Report, update and expansion of the Special Report 165, Washington D.C.: Transportation Research Board, Federal Highway Administration.
- ✓ Tung L., Kebab W., Abdel-Rahim A. Y Dixon M.P. (2007) Comparison of Automated and HCM Delay Measurement Techniques, Presentation for the ITE district 6 Annual Meeting, Portland, Jul. 2007.
- ✓ Washburn S. y Larson N. (2002) Signalized Intersection Delay Estimation: Case Study Comparison of TRANSYT T-7F, Synchro and HCS, ITE Journal, Mar. 2002.
- ✓ Radelat G. (2003) Principios de Ingeniería de Tránsito, Washington D.C.: ITE- Institute of Transportation Engineers.
- ✓ harma A., Bullock D.M. y Bonneson J.A. (2007) Input-Output and Hybrid Techniques for Real-Time Prediction of Delay and Maximum Queue Length at Signalized Intersections, Nebraska, Civil Engineering Faculty Publications, University of Nebraska-Lincoln. <http://digitalcommons.unl.edu/civilengfacpub/17>.
- ✓ Trafficware (2006) Synchro Studio 7 User Guide, Texas: Trafficware Ltd.