



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Evaluación del tráfico y planteamiento de propuestas de  
solución a la intersección Sánchez Cerro y Chulucanas,  
Piura**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Civil

**Herbert Bedrick Madrid García**

**Asesor:  
Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas**

**Piura, agosto de 2022**

NOMBRE DEL TRABAJO

**Evaluación del tráfico y planteamiento de propuestas de solución en intersección Sanchez Cerro y Chu**

AUTOR

**Herbert Madrid**

RECUENTO DE PALABRAS

**57977 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**243936 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**196 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 10, 2022 6:34 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 10, 2022 6:48 PM GMT-5**

### ● 6% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

### **Dedicatoria**

A mi familia por el soporte brindado siempre y a Dios por darme la sabiduría y fortaleza para lograr este hito en mi vida.





## Resumen

Debido a los constantes accidentes de tránsito ocurridos en la intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas, se han tomado datos del flujo vehicular existente y analizado los datos de la hora punta para verificar los niveles de servicio existentes y a su vez se ha recogido información geométrica y de seguridad en la intersección con el objetivo de brindar propuestas de solución a la problemática actual.

Se analizó la situación actual de la intersección con la metodología HCM 2010 dando como resultado tiempos de demora excesivos, niveles de servicio deficientes y capacidades que no permiten almacenar a la demanda existente. Tanto en el Acceso 3 y 4 de la intersección los niveles de servicios son más deficientes que en los otros debido a una mayor demanda en estos accesos que en los otros y a la geometría deficiente en el acceso 4. Se desarrollaron, tres propuestas de solución: Propuesta N° 1 “Intersección Semafórica con cambios operacionales sin modificación de la geometría existente” la cual resultó inviable debido a que la geometría no permite diseñar para más de tres fases semafóricas; la Propuesta N° 2 “Intersección Semafórica con cambios operacionales y modificando la geometría existente” la cual ofreció resultados favorables y mejoras considerables en cuanto a tiempos de demora, niveles de servicio y capacidad de la intersección, gracias a que los cambios geométricos permiten diseñar con cuatro fases semafóricas; y finalmente la Propuesta N° 3 “Intersección con rotonda”, la cual resultó inviable por los tiempos de demora grandes y niveles de servicio F, a pesar del cambio total de la geometría existente.

Finalmente, se seleccionó la Propuesta N° 2 como la alternativa de solución más viable debido a las mejoras ofrecidas a nivel operacional y de servicio; asimismo, los cambios geométricos a realizar son menores a comparación de otro tipo de infraestructura vial. Por lo que se desarrolló el diseño operacional, geométrico y seguridad vial de la propuesta.



## Tabla de contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo 1 Marco teórico: Conceptos básicos para el análisis de problemas viales en intersecciones semafóricas .....</b>	<b>19</b>
1.1 Vías urbanas.....	19
1.1.1 Vías expresas.....	19
1.1.2 Vías arteriales.....	20
1.1.3 Vías colectoras.....	20
1.1.4 Vías locales.....	20
1.1.5 Vías especiales.....	20
1.2 Capacidad y niveles de servicio (NDS) en vías urbanas.....	20
1.2.1 Capacidad vial.....	20
1.2.2 Estudio del tráfico.....	21
1.2.3 Nivel de servicio.....	22
1.3 Intersecciones vías urbanas.....	23
1.3.1 Intersecciones.....	23
1.4 Highway Capacity Manual 2010 (HCM).....	24
1.4.1 Modo automóvil.....	25
1.5 Software Synchro 8.0.....	39
<b>Capítulo 2 Situación actual en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Prolongación Chulucanas, Piura.....</b>	<b>41</b>
2.1 Recopilación de datos de la intersección.....	41
2.1.1 Ubicación.....	41
2.1.2 Antecedentes.....	42
2.1.3 Estudio de tráfico.....	44
2.1.4 Cálculo del Índice Medio Diario Anual.....	64
2.1.5 Revisión de la geometría existente.....	66
2.2 Análisis de la intersección.....	74
2.2.1 Análisis del NDS y capacidad bajo metodología HCM 2010.....	74
2.2.2 Análisis del NDS y capacidad mediante software Synchro 8.0.....	86
2.2.3 Comparación de resultados de Synchro 8.0 y metodología HCM 2010.....	90
2.3 Análisis del tráfico a futuro.....	91

2.4	Caracterización del problema.....	94
-----	-----------------------------------	----

**Capítulo 3 Alternativas de solución a partir del diagnóstico de la situación actual de la intersección..... 97**

3.1	Propuesta N° 1: intersección semafórica con cambios operacionales sin modificación de la geometría existente .....	97
3.1.1	Cálculo de los tiempos semafóricos.....	98
3.2	Propuesta N° 2: intersección semafórica con cambios operacionales y modificando la geometría existente .....	102
3.3.1	Análisis de tráfico .....	103
3.3.2	Cálculo de los tiempos semafóricos.....	104
3.3.3	Cálculo del NDS y capacidad – HCM 2010 .....	109
3.3.4	Ajuste del ciclo semafórico.....	117
3.3	Propuesta N°3: intersección con rotonda.....	126
3.3.1	Capacidad para dos carriles de entrada en conflicto con dos carriles de circulación.....	127
3.3.2	Metodología: modo automóvil.....	127
3.4	Comparación de las alternativas de solución.....	129

**Capítulo 4 Diseño operacional, geométrico y seguridad vial de la alternativa a desarrollar ..... 131**

4.1	Diseño operacional .....	131
4.2	Diseño geométrico y seguridad vial.....	135
4.2.1	Seguridad vial de la intersección .....	135
4.2.2	Geometría de los accesos de la intersección .....	140

**Conclusiones ..... 149**

**Recomendaciones ..... 151**

**Referencias bibliográficas..... 153**

**Apéndices ..... 155**

Apéndice A.	Conteo y análisis de flujo vehicular del jueves 17/09/2020 en su hora punta (7:45 a 8:45hr) .....	157
Apéndice B.	Conteo y análisis de flujo vehicular del viernes 18/09/2020 en su hora punta (12:45 a 13:45hr) .....	161
Apéndice C.	Conteo y análisis de flujo vehicular del sábado 19/09/2020 en su hora punta (7:45 a 8:45hr) .....	165
Apéndice D.	Valores máximos de los tres días de conteo jueves, viernes y sábado .....	169
Apéndice E.	Data del flujo vehicular de los cuatro accesos tomados cada 0.25 horas en su hora pico del viernes 18/09/2020 .....	170

Apéndice F.	Flujo y composición vehicular por grupo de carril de la hora pico del viernes 18/09/2020.....	174
Apéndice G.	Flujo y composición vehicular por grupo de movimiento de la hora pico del viernes 18/09/2020.....	176
Apéndice H.	Reordenamiento de la data del volumen vehicular de acuerdo con los cambios operacionales de la propuesta N° 2 para la hora pico del viernes 18/09/2020 .....	178
Apéndice I.	Información detallada a nivel operacional, geométrico y de tráfico; y volúmenes vehiculares de cada grupo de carril del acceso 1 de la propuesta N° 2.....	182
Apéndice J.	Información detallada a nivel operacional, geométrico y de tráfico; y volúmenes vehiculares de cada grupo de carril del acceso 2 de la propuesta N° 2.....	183
Apéndice K.	Información detallada a nivel operacional, geométrico y de tráfico; y volúmenes vehiculares de cada grupo de carril del acceso 3 de la propuesta N° 2.....	184
Apéndice L.	Información detallada a nivel operacional, geométrico y de tráfico; y volúmenes vehiculares de cada grupo de carril del acceso 4 de la propuesta N° 2.....	185
<b>Anexos .....</b>	<b>187</b>	
Anexo 1.	Factores de corrección de vehículos por unidad de peaje de Paita. Ruta: PE – 1B.....	189
Anexo 2.	Señalización horizontal de PARE y flechas canalizadoras de tráfico en los accesos .....	190
Anexo 3.	Dimensiones de la señal de PARE de acuerdo con su límite de velocidad ....	191
Anexo 4.	Señales verticales: giro exclusivo a la izquierda, parqueo, estacionamiento de buses y aproximación de hospital .....	192
Anexo 5.	Lado izquierdo, señales preventivas orientadas al conductor y al lado derecho, señales preventivas orientadas al ciclista .....	193
<b>Planos.....</b>	<b>195</b>	
Plano 1.	Intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas, Piura .....	197



## Lista de tablas

Tabla 1.	Detalle de los niveles de servicio (NDS) para intersecciones semafóricas .....	23
Tabla 2.	Tipos de intersección según el MTC 2018 .....	23
Tabla 3.	Valores de factor de ajuste por ancho de carril .....	29
Tabla 4.	Factor de progresión para demora uniforme d1 .....	36
Tabla 5.	Detalle de los niveles de servicio para intersecciones semafóricas (NDS) .....	38
Tabla 6.	Definición de sentidos de giro en la intersección por acceso .....	45
Tabla 7.	Formato general de toma de datos en la intersección.....	47
Tabla 8.	Formato de procesamiento de data recolectada en campo según sentido de giro.....	48
Tabla 9.	Formato de procesamiento de data recolectada en campo según grupo de carril.....	50
Tabla 10.	Factores de vehículos equivalentes .....	51
Tabla 11.	Procesamiento de datos del acceso 1 en el segundo día de estudio.....	52
Tabla 12.	Procesamiento de datos del acceso 2 en el segundo día de estudio.....	53
Tabla 13.	Procesamiento de datos del acceso 3 en el segundo día de estudio.....	54
Tabla 14.	Procesamiento de datos del acceso 4 en el segundo día de estudio.....	55
Tabla 15.	Volumen vehicular por hora del viernes 18/09/2020 .....	56
Tabla 16.	Valores máximos jueves 17/09/2020.....	57
Tabla 17.	Valores máximos viernes 18/09/2020 .....	58
Tabla 18.	Valores máximos sábado 19/09/2020.....	59
Tabla 19.	VHMD equivalente por grupo de carril en Acceso 1 .....	60
Tabla 20.	VHMD equivalente por grupo de carril en Acceso 2 .....	60
Tabla 21.	VHMD equivalente por grupo de carril en Acceso 3 .....	60
Tabla 22.	VHMD equivalente por grupo de carril en Acceso 4 .....	60
Tabla 23.	Datos para tasa de flujo de saturación ajustada en HCM 2010 .....	61
Tabla 24.	Descomposición de volumen de vehículos físicos en hora pico del viernes 18/09/2020.....	62
Tabla 25.	Descomposición de volumen de vehículos físicos por grupos de carril en hora pico del viernes 18/09/2020.....	63
Tabla 26.	Descomposición de volumen de vehículos físicos por grupos de movimiento en hora pico del viernes 18/09/2020.....	63
Tabla 27.	IMD de jueves 17/09/2020 .....	65
Tabla 28.	IMD de viernes 18/09/2020.....	65

Tabla 29.	IMD de sábado 19/09/2020 .....	65
Tabla 30.	Factores de corrección estacional peaje Paita – Piura .....	66
Tabla 31.	IMDA .....	66
Tabla 32.	Información previa de acceso 1 .....	75
Tabla 33.	Volúmenes vehiculares de acceso 1 .....	75
Tabla 34.	Factor de ajuste de ancho de carril .....	75
Tabla 35.	Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas .....	76
Tabla 36.	Ciclo semafórico acceso 1 de la intersección .....	76
Tabla 37.	Flujo de saturación de acceso 1 .....	76
Tabla 38.	Relación volumen-capacidad por grupo de carril del acceso 1 .....	77
Tabla 39.	Demoras por grupo de carril de acceso 1 .....	77
Tabla 40.	Nivel de servicio por grupo de carril del acceso 1 .....	77
Tabla 41.	Información previa de acceso 2 .....	78
Tabla 42.	Volumenes vehiculares de acceso 2 .....	78
Tabla 43.	Factor de ajuste de ancho de carril .....	78
Tabla 44.	Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas .....	78
Tabla 45.	Ciclo semafórico acceso 2 de la intersección .....	79
Tabla 46.	Flujo de saturación de acceso 2 .....	79
Tabla 47.	Relación volumen-capacidad por grupo de carril del acceso 2 .....	79
Tabla 48.	Demora 3 de acceso 2 .....	79
Tabla 49.	Demora 1 de acceso 2 .....	80
Tabla 50.	Demoras por grupo de carril de acceso 2 .....	80
Tabla 51.	Nivel de servicio por grupo de carril del acceso 2 .....	80
Tabla 52.	Información previa de acceso 3 .....	80
Tabla 53.	Volumenes vehiculares de acceso 3 .....	81
Tabla 54.	Factor de ajuste de ancho de carril .....	81
Tabla 55.	Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas .....	81
Tabla 56.	Ciclo semafórico acceso 3 de la intersección .....	81
Tabla 57.	Flujo de saturación de acceso 3 .....	82
Tabla 58.	Relación volumen-capacidad por grupo de carril del acceso 3 .....	82
Tabla 59.	Demora 3 de acceso 3 .....	82
Tabla 60.	Demora 1 de acceso 3 .....	82
Tabla 61.	Demoras por grupo de carril de acceso 3 .....	83
Tabla 62.	Nivel de servicio por grupo de carril del acceso 3 .....	83
Tabla 63.	Información previa de acceso 3 .....	83
Tabla 64.	Volumenes vehiculares de acceso 3 .....	84
Tabla 65.	Factor de ajuste de ancho de carril .....	84
Tabla 66.	Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas .....	84
Tabla 67.	Ciclo semafórico acceso 4 de la intersección .....	84
Tabla 68.	Flujo de saturación de acceso 4 .....	85
Tabla 69.	Relación volumen-capacidad por grupo de carril del acceso 3 .....	85
Tabla 70.	Demora 3 de acceso 4 .....	85

Tabla 71.	Demora 1 de acceso 4.....	85
Tabla 72.	Demoras por grupo de carril de acceso 4 .....	85
Tabla 73.	Nivel de servicio por grupo de carril del acceso 4 .....	86
Tabla 74.	<i>Lane Settings</i> de los accesos.....	87
Tabla 75.	<i>Volume Settings</i> de los accesos.....	87
Tabla 76.	<i>Node Settings</i> de la intersección .....	88
Tabla 77.	<i>Timing Settings I</i> .....	88
Tabla 78.	<i>Timing Settings II</i> .....	89
Tabla 79.	Comparación de resultados entre Synchro 8.0 y metodología HCM 2010 .....	90
Tabla 80.	Proyección de tráfico normal de la intersección.....	93
Tabla 81.	Proyección de tráfico generado en la intersección .....	93
Tabla 82.	Proyección de tráfico total en la intersección.....	94
Tabla 83.	Caracterización del problema de la intersección .....	95
Tabla 84.	Factores de vehículos pesados por acceso.....	98
Tabla 85.	Flujo de automóviles directos equivalentes.....	99
Tabla 86.	Automóviles directos equivalentes al aplicar el factor ( $E_{VD}$ , $E_{VI}$ ).....	100
Tabla 87.	Nueva distribución de grupos de carril y movimiento por acceso .....	103
Tabla 88.	Valores de la hora de máxima demanda del viernes 18/09/2020 .....	104
Tabla 89.	Composición porcentual de los vehículos .....	105
Tabla 90.	Factores de vehículos pesados por grupo de carril.....	105
Tabla 91.	Factor horario de máxima demanda por grupo de carril .....	106
Tabla 92.	Automóviles directos equivalente para la propuesta N° 2 .....	106
Tabla 93.	Ciclo semafórico del acceso 1 de la intersección .....	110
Tabla 94.	Tasa de flujo de saturación, capacidad y relación v/c del acceso 1.....	111
Tabla 95.	Demoras y niveles de servicio por grupo de carril del acceso 1. ....	111
Tabla 96.	Ciclo semafórico del acceso 2 de la intersección .....	112
Tabla 97.	Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación del acceso 2.....	113
Tabla 98.	Capacidad, relación v/c, demoras y NDS por grupo de carril del acceso 2 .....	113
Tabla 99.	Ciclo semafórico del acceso 3 de la intersección .....	114
Tabla 100.	Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación....	114
Tabla 101.	Capacidad, relación v/c, demoras y NDS por grupo de carril del acceso 3 .....	115
Tabla 102.	Ciclo semafórico acceso 4 de la intersección .....	115
Tabla 103.	Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación....	116
Tabla 104.	Capacidad, relación v/c, demoras y NDS por grupo de carril del acceso 4 .....	116
Tabla 105.	Nueva distribución de intervalos de tiempo .....	117
Tabla 106.	Distribución semafórica por grupos de carril del acceso 1.....	117
Tabla 107.	Factor de ajuste de giros de peatones y ciclistas del acceso 1.....	118
Tabla 108.	Distribución semafórica por grupos de carril del acceso 2.....	119
Tabla 109.	Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación....	119
Tabla 110.	Capacidad, relación v/c, demoras y NDS por grupo de carril del acceso 2 .....	120
Tabla 111.	Análisis de la cola inicial en acceso 2 para la demora 3 .....	120

Tabla 112. Análisis previo para la demora 1 afectada por la cola inicial.....	120
Tabla 113. Demora promedio con cola inicial de grupos de carriles del acceso 2.....	121
Tabla 114. Niveles de servicio con cola inicial por cada grupo de carril en el acceso 2 .....	121
Tabla 115. Distribución semafórica por grupos de carril del acceso 3.....	121
Tabla 116. Factor de ajuste de giros de peatones y ciclistas, tasa de flujo de saturación, capacidad, relación v/c, demoras y niveles de servicio del acceso 3 .....	122
Tabla 117. Análisis de la cola inicial en acceso 3 para la demora 3 .....	123
Tabla 118. Análisis previo para la demora 1 afectada por la cola inicial.....	123
Tabla 119. Demora promedio con cola inicial de grupos de carriles de acceso 3.....	123
Tabla 120. Niveles de servicio con cola inicial por cada grupo de carril en el acceso 3 .....	123
Tabla 121. Distribución semafórica por grupos de carril del acceso 4.....	124
Tabla 122. Factor de ajuste de giros de peatones y ciclistas, tasa de flujo de saturación, capacidad, relación v/c, demoras y niveles de servicio del acceso 4 .....	124
Tabla 123. Análisis de la cola inicial en el acceso 4 para la demora 3.....	125
Tabla 124. Análisis previo para la demora 1 afectada por la cola inicial.....	125
Tabla 125. Demora promedio con cola inicial de grupos de carriles de acceso 4.....	125
Tabla 126. Niveles de servicio con cola inicial por cada grupo de carril en acceso 4 .....	126
Tabla 127. Nivel de servicio para automóviles en rotondas.....	126
Tabla 128. Análisis de metodología HCM 2010 para una rotonda en la intersección .....	128
Tabla 129. Comparación de las tres propuestas de solución .....	129
Tabla 130. Nueva distribución de intervalos de tiempo .....	134
Tabla 131. Niveles de servicio de los grupos de carril.....	135

## Lista de figuras

Figura 1.	Detalle de periodo de estudio durante 1 hora y análisis en intervalos de 0.25 horas .....	22
Figura 2.	Variedad de tipos de intersecciones a nivel.....	24
Figura 3.	Niveles de servicio de la intersección .....	25
Figura 4.	Grupos de movimiento y grupos de carril más comunes .....	27
Figura 5	Relación entre las variables que influyen en la duración de la fase .....	34
Figura 6	Ubicación de la intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas .....	41
Figura 7.	Intersección en estudio, Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas .....	42
Figura 8.	Intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Prolongación Chulucanas antes de ser remodelada.....	43
Figura 9.	Av. Prolongación Chulucanas antes de ser renovada en el 2018 .....	43
Figura 10.	Intersección actual con reducción de acceso en Av. Sánchez Cerro.....	44
Figura 11.	Sentido de giros en la intersección .....	46
Figura 12.	Asignación de grupos de movimiento y grupos de carril en la intersección .....	49
Figura 13.	Histograma de VHMD de jueves 17/09/2020 .....	57
Figura 14.	Histograma de VHMD de viernes 18/09/2020.....	58
Figura 15.	Histograma de VHMD de sábado 19/09/2020 .....	59
Figura 16.	Volúmenes máximos equivalentes en los días de estudio .....	59
Figura 17.	Composición de volumen por tipo de vehículo.....	61
Figura 18.	Geometría de la intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.....	67
Figura 19.	Geometría Acceso 1 de intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas .....	67
Figura 20.	Geometría Acceso 2 de intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas .....	69
Figura 21.	Barrera New Jersey en acceso 2 de la intersección .....	70
Figura 22.	Geometría Acceso 3 de intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas .....	71
Figura 23.	Geometría Acceso 4 de intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas .....	73
Figura 24.	Distribución de volumen por giro en los accesos de la intersección.....	86
Figura 25.	Diagrama de fases semafóricas de la intersección actual.....	89
Figura 26.	Fases semafóricas en intersección actual .....	89
Figura 27.	Tasa de crecimiento de PBI departamental .....	91

Figura 28. Tasa de crecimiento de población departamental 2020-2025 .....	92
Figura 29. Diagrama de crecimiento vehicular entre el 2020 a 2040 .....	94
Figura 30. Gráfica de intersección actual sin cambios geométricos .....	98
Figura 31. Automóviles directos equivalente para vueltas hacia la derecha ( $E_{VD}$ ) .....	99
Figura 32. Automóviles directos equivalentes para vueltas hacia la izquierda ( $E_{VI}$ ) .....	100
Figura 33. Representación de tres fases .....	101
Figura 34. Curva de frecuencia observada y acumulada de velocidades de punto .....	101
Figura 35. Gráfica de intersección con cambios operaciones y geométricos .....	103
Figura 36. Distribución geométrica de carriles propuesta N° 2 .....	104
Figura 37. Representación de cuatro fases (dos fases con giros exclusivos a la izquierda) .....	107
Figura 38. Diagrama de intervalos de fases semafóricas .....	110
Figura 39. Distribución semafórica seleccionada después de las diversas iteraciones para ajustar del ciclo semafórico .....	117
Figura 40. Representación de tasas de flujo en rotondas .....	127
Figura 41. Representación gráfica de los giros permitidos en la fase 1 .....	131
Figura 42. Representación gráfica de los giros permitidos en la fase 2 .....	132
Figura 43. Representación gráfica de los giros permitidos en la fase 3 .....	132
Figura 44. Representación gráfica de los giros permitidos en la fase 4 .....	133
Figura 45. Representación de los nuevos intervalos de las fases semafóricas .....	133
Figura 46. Representación de los nuevos intervalos de las fases semafóricas .....	134
Figura 47. Ejemplos de señalización horizontal y vertical de PARE .....	136
Figura 48. Especificaciones técnicas geométricas de señalización horizontal en carriles de estacionamiento .....	136
Figura 49. Señal horizontal de “No bloquear intersección” .....	137
Figura 50. Especificaciones técnicas geométricas de señalización horizontal en carriles de estacionamiento .....	137
Figura 51. Soporte de semáforo tipo poste y ménsula .....	138
Figura 52. Semáforo peatonal con localización de ondas sonoras .....	138
Figura 53. Semáforo peatonal con dos unidades ópticas .....	139
Figura 54. Semáforos para bicicletas .....	139
Figura 55. Modelado de la Intersección (Propuesta N° 2) en CAD .....	140
Figura 56. Geometría del acceso 1 de la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas .....	141
Figura 57. Geometría del acceso 2 de la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas .....	143
Figura 58. Geometría del acceso 3 de la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas .....	145
Figura 59. Geometría del acceso 4 de la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas .....	147

## **Introducción**

El crecimiento del flujo vehicular que atraviesa la intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas en la ciudad de Piura ha generado puntos de conflicto, manifestándose en congestión del tráfico y accidentes mortales.

Esta intersección alberga gran cantidad de vehículos motorizados debido principalmente, al crecimiento poblacional en la ciudad de Piura, sobre todo en la zona norte como Urb. Santa Margarita, y en la zona oeste de la ciudad como Urb. Enace. Cabe resaltar que en su mayoría los vehículos que atraviesan la intersección son motorizados de dos ruedas como motocicletas y de tres ruedas como mototaxis, que con el objetivo de avanzar toman decisiones individuales sin caer en cuenta que esas decisiones afectan de manera colectiva a todos los usuarios de la intersección. Por otro lado, el equipamiento semafórico trabaja con dos fases y la geometría de la avenida Sánchez Cerro en ambos accesos no es óptima para albergar toda la demanda vehicular, generando más caos, congestión y mayores tiempos de demora.

El objetivo de esta tesis es brindar una propuesta de solución a los problemas existentes en la intersección, aplicando los principios de la Ingeniería de Tránsito y aprovechando la metodología HCM en su versión 2010 para analizar los niveles de servicio existentes y presentar propuestas de solución viables en términos de eficiencia, economía y seguridad.



## Capítulo 1

### Marco teórico: Conceptos básicos para el análisis de problemas viales en intersecciones semafóricas

En este capítulo se describen los conceptos necesarios para el entendimiento de la evaluación, diseño y ejecución de proyectos viales urbanos guiados bajo estándares internacionales como el *Highway Capacity Manual 2010*, estándares nacionales como el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018 MTC. Adicionalmente, se incluyen los conocimientos necesarios para la utilización del software de modelación de sistemas de tráfico *Synchro 8.0*. Proporcionando conocimientos base para el entendimiento de la problemática existente en la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Prolongación Chulucanas y su alternativa de solución más viable.

#### 1.1 Vías urbanas

La vía urbana es un espacio público que se caracteriza por su multifuncionalidad debido a la circulación de distintos tipos de transporte, ya sea rápido o lento y al desplazamiento de peatones que tienen como objeto trasladarse de una ubicación a otra dentro de la ciudad. Por tal motivo, las vías urbanas desempeñan un rol significativo en la vida diaria de los ciudadanos. (Chávez, 2005)

La clasificación de las vías urbanas permite que tengan una función específica y esto a su vez ayuda a la movilidad de las personas y mercancías dentro de la zona urbana de una manera rápida y confortable, asimismo facilita el acceso a propiedades colindantes. Para tener movilidad eficaz en las vías es necesario que estas sean rápidas, aunque para tener facilidad de acceso a las propiedades colindantes es necesario contar con vías lentas.

Las vías urbanas se clasifican en dos categorías: la categoría principal que se subclasifica a su vez en cuatro tipos de vía: las vías expresas, las vías arteriales, las vías colectoras y las vías locales; y la categoría adicional que contiene a las vías especiales, las cuales no pueden ser parte de la categoría principal debido a sus características. (Chávez, 2005)

##### 1.1.1 Vías expresas

También denominadas autopistas, son vías que unen un sistema interurbano y un sistema vial urbano que soportan grandes volúmenes de vehículos; la velocidad máxima de los vehículos que transitan por estas vías es de 80 km/hora según el artículo 162 del Reglamento Nacional de Tránsito Vigente (SUTRAN, 2020), por lo cual no hay probabilidad de acceso a las propiedades colindantes, de tal modo que el mencionado acceso se da mediante carriles

auxiliares. El flujo vehicular en las vías expresas es continuo y sin interrupciones debido a que no existen cruces o intersecciones a nivel, aunque sí existen intercambios a desnivel especialmente diseñados.

### **1.1.2 Vías arteriales**

Denominadas muchas veces avenidas, no son equivalentes ya que, estas vías permiten una adecuada repartición del tráfico a las vías expresas y colectoras; la velocidad máxima de los vehículos que transitan por estas vías es de 60 km/hora según el artículo 162 del Reglamento Nacional de Tránsito Vigente (SUTRAN, 2020), la cual permite el paso del tránsito vehicular con mediana o alta fluidez y baja probabilidad de acceso a las propiedades colindantes por lo que se recomienda que estas vías cuenten con pistas auxiliares para mejorar la accesibilidad a las propiedades colindantes.

### **1.1.3 Vías colectoras**

Muchas denominadas jirón e inclusive avenida son vías que permiten el paso del tráfico vehicular de las vías locales a las vías arteriales y en ciertos casos a las vías expresas. La velocidad máxima de los vehículos que transitan por estas vías es de 40 km/hora según el artículo 162 del Reglamento Nacional de Tránsito Vigente (SUTRAN, 2020). El flujo de tránsito es frecuentemente interrumpido por intersecciones semaforizadas cuando empalman con vías arteriales. Estas vías cuentan con áreas adyacentes destinadas para el estacionamiento vehicular.

### **1.1.4 Vías locales**

Son las también nombradas calles o pasajes; su función principal es brindar acceso a las propiedades. A través de estas transitan vehículos livianos y repentinamente vehículos semipesados; del mismo modo, se permite sin ninguna restricción el estacionamiento y el tránsito peatonal.

### **1.1.5 Vías especiales**

Son aquellas vías que no tienen características similares a las anteriores clasificaciones, entre estas se puede mencionar: pasajes peatonales, malecones, vías peatonales, etc.

## **1.2 Capacidad y niveles de servicio (NDS) en vías urbanas**

### **1.2.1 Capacidad vial**

Un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad del servicio ofrecido por el sistema a los usuarios.

Durante la etapa de diseño de un proyecto vial, la demanda de tránsito presente o futura se considera como una cantidad conocida. La capacidad u oferta se considera como una medida de la eficiencia con la que un sistema vial brinda servicio a esta demanda.

La capacidad de un sistema vial se considera como el máximo número de vehículos que pueden pasar por una sección de una calzada o carril durante un determinado intervalo de

tiempo, bajo características prevalecientes del sistema vial, del tránsito y de los dispositivos de control. El intervalo de tiempo comúnmente usado es de 15 minutos, ya que se considera como el intervalo en el que el flujo es más estable. (Chávez, 2005)

### **1.2.2 Estudio del tráfico**

Todo tipo de infraestructura vial es diseñada y ejecutada con el objetivo de ser solicitada y cargada por volúmenes de tráfico, los cuales cuentan con características de espacio y de tiempo. Las características de espacio resultan generalmente del deseo del usuario de realizar un viaje de un punto de origen a uno final; las características de tiempo son el resultado de los estilos de vida de los usuarios que originan el seguimiento de determinados patrones de viaje basados en el tiempo, es decir realizan los viajes en determinadas épocas del año, días de la semana u horas del día.

Por tanto, volumen de tránsito se puede definir como el número de vehículo que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado (Chávez, 2005, p. 1, cap. 4).

El objetivo principal del estudio de tránsito es obtener información relacionada a los desplazamientos de vehículo motorizados, vehículos no motorizados o de peatones, sobre puntos o secciones transversales determinadas en una infraestructura vial. La data recolectada del estudio de tránsito es expresa con respecto al tiempo y permite estimar la calidad del servicio de la infraestructura vial en estudio.

Los estudios de tráfico se realizan con el objetivo de evaluar e identificar los problemas existentes a raíz de la demanda de tráfico que pasa por cierto punto o sección de un sistema vial.

Un estudio de tráfico está conformado por dos etapas: toma de datos en campo y procesamiento de data en gabinete. La calidad del estudio de tráfico dependerá de cuán bien se realicen ambas etapas. La toma de datos en campo será mejor a mayor número de días de trabajo en campo. Para ello hay algunas consideraciones que se deben tener en cuenta antes de definir los días y horas de conteo vehicular.

Para estudios de tráfico en intersecciones u otras infraestructuras viales diferentes a tramos de carreteras, la duración del conteo vehicular será de 3 días a la semana, 2 días representativos laborables (lunes, martes, miércoles, jueves o viernes) y 1 día no laborable (sábado o domingo), por 16 horas diarias (Fustamante, 2019).

#### **1.2.2.1 Parámetros del estudio de tráfico**

- Volumen horario máximo anual (VHMA). - es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado.
- Volumen horario de máxima demanda (VHMD). - es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

- Periodo de estudio. - es el intervalo de tiempo representado por la evaluación del desempeño.
- Periodo de análisis. - es el intervalo de tiempo evaluado por la metodología. Como se puede observar en la Figura 1, el periodo de análisis oscila entre 0.25 y 1 hora debido a que la metodología idealiza que las condiciones del tráfico durante el periodo de análisis son constantes. Cuando el periodo de análisis excede 1 hora las condiciones de tráfico no son constantes y porque no se observarían los picos cortos en la demanda de tráfico durante el periodo de análisis.

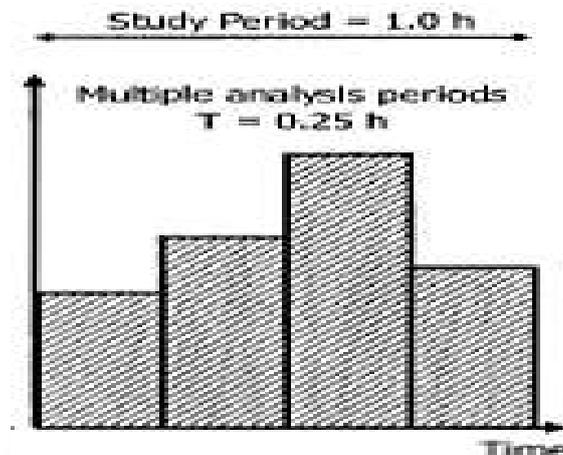


Figura 1. Detalle de periodo de estudio durante 1 hora y análisis en intervalos de 0.25 horas

Fuente: HCM (2010)

- Factor de hora de máxima demanda (FHMD).- también conocido como factor de hora pico, es la razón entre la demanda máxima de 1 hora y 4 veces la demanda de los 15 minutos más cargados.

$$FHMD = \frac{n_{60}}{4 * (n_{15})}$$

$n_{60}$ : conteo de vehículo durante un periodo de 1 hora o VHMD.

$n_{15}$ : conteo de vehículo durante un periodo pico de 15 minutos.

Los valores del factor de hora pico varían entre el rango de 0.80 a 0.95.

### 1.2.3 Nivel de servicio

Nivel de servicio o NDS está relacionado a la calidad del servicio que brinda una infraestructura vial, es una medida cualitativa que describe el desempeño del flujo vehicular en determinada infraestructura vial.

El nivel de servicio se obtiene para cada grupo de carril y está condicionado por las demoras y la relación volumen-capacidad por cada grupo de carril. Las demoras se originan debido a los tiempos de las señales de control de tráfico como los semáforos y la relación volumen-capacidad representa el grado en que la capacidad de una fase es usada por el grupo de carril.

El HCM (2010) para intersecciones semafóricas considera seis niveles de servicio definidos por letras desde la A hasta la F en orden decreciente, lo que indica que el Nivel de servicio A será el mejor en una infraestructura vial y el F el peor. En la Tabla 1 se muestra los niveles de servicio para intersecciones semafóricas según HCM.

Tabla 1. Detalle de los niveles de servicio (NDS) para intersecciones semafóricas

Demora (s/veh)	NDS debido a la razón volumen-capacidad (v/c)	
	$\leq 1.0$	$> 1.0$
$\leq 10$	A	F
$> 10 - 20$	B	F
$> 20 - 35$	C	F
$> 35 - 55$	D	F
$> 55 - 80$	E	F
$> 80$	F	F

Fuente: HCM (2010)

El nivel de servicio de los grupos de carriles será F automáticamente, cuando la razón de volumen-capacidad por grupo de carril exceda de 1.0 sin tener en cuenta la demora. Del mismo modo, cuando la tasa de volumen-capacidad por grupo de carril es menor a 1.0 se considerará NDS F a los grupos de carriles con demoras mayores a 80 s/veh.

### 1.3 Intersecciones vías urbanas

Las vías urbanas o carreteras que conforman un sistema o red vial se enlazan entre sí con el objetivo de llevar a los usuarios de un lugar a otro. Estos puntos de enlace o conexión pueden ser al mismo nivel o a desnivel. Cuando son al mismo nivel se les denomina intersecciones y cuando son a desnivel se les denomina intercambios.

#### 1.3.1 Intersecciones

Las intersecciones son elementos de discontinuidad de las vías y a su vez son puntos de enlace entre varias vías. Estas vías pueden ser de tránsito de vehículos motorizados, de peatones, de ciclistas y vías férreas. Al ser puntos de discontinuidad que no son comunes a lo largo del recorrido se espera que brinden condiciones óptimas de seguridad, visibilidad y capacidad.

**1.3.1.1 Clasificación de intersecciones.** Las intersecciones se clasifican de acuerdo con su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. (MTC, 2018) En la siguiente tabla se muestran los diversos tipos de intersección.

Tabla 2. Tipos de intersección según el MTC 2018

Tipos de intersección	Número de ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	3	Entre $60^\circ$ y $120^\circ$
En Y	3	$< 60^\circ$ y $> 120^\circ$
En X	4	$< 60^\circ$
En +	4	$> 60^\circ$
En estrella	$> 4$	-
Intersecciones rotatorias o rotondas	$> 4$	-

Fuente: MTC (2018)

Cada uno de estos tipos de intersección pueden variar de acuerdo con su grado de canalización; en la Figura 2, mostrada a continuación, se indican las variaciones que pueden tener los tipos de intersección.

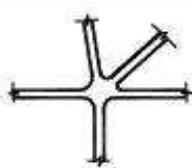
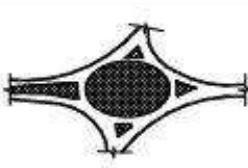
DE TRES RAMALES	EMPALME EN T	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADAS	
	EMPALME EN Y	SIMPLE	CANALIZADAS		
DE CUATRO RAMALES	INTERSECCIÓN EN +	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA	
	INTERSECCIÓN EN X	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA	
	VEASE FIGURA 501.01				
ESPECIALES	EN ESTRELLA			ROTONDA	
					

Figura 2. Variedad de tipos de intersecciones a nivel  
Fuente: MTC (2018)

#### 1.4 Highway Capacity Manual 2010 (HCM)

El *Highway Capacity Manual* es un documento cuyo principal objetivo es proporcionar una serie de metodologías para evaluar el desempeño de las infraestructuras viales en términos operacionales y de calidad de servicio; la calidad del servicio describe cuan bien una infraestructura vial puede operar desde la perspectiva del usuario (HCM 2010, tomo I).

El *Highway Capacity Manual* es una publicación del *Transportation Research Board*. Hasta el momento tiene seis ediciones, iniciando en 1956 hasta la última en 2016. Para propósitos de esta tesis se usará como referencia la quinta edición del *Highway Capacity Manual* publicada en el 2010.

Para el desarrollo de esta tesis se usará la metodología aplicada por el HCM 2010 en el capítulo 18 para Intersecciones Semafóricas. En ese capítulo existen tres metodologías aplicadas a la intersección de acuerdo con modo de viaje, entre estos se tienen: modo automóvil, modo peatón, modo ciclista. Cada metodología define su capacidad y nivel de servicio y estas no deben combinarse; por tanto, no es válido obtener un solo nivel de servicio para todos los modos en la intersección. En este caso se definirá y analizará la metodología para el modo automóvil.

#### 1.4.1 Modo automóvil

En el modo automóvil se evalúa el desempeño de la intersección semafórica desde el punto de vista del conductor con el objetivo de hallar los niveles de servicio de la intersección en análisis. En la Figura 3, mostrada a continuación, se detallará el procedimiento a seguir para realizar la metodología de modo automóvil. (HCM 2010, 2010)

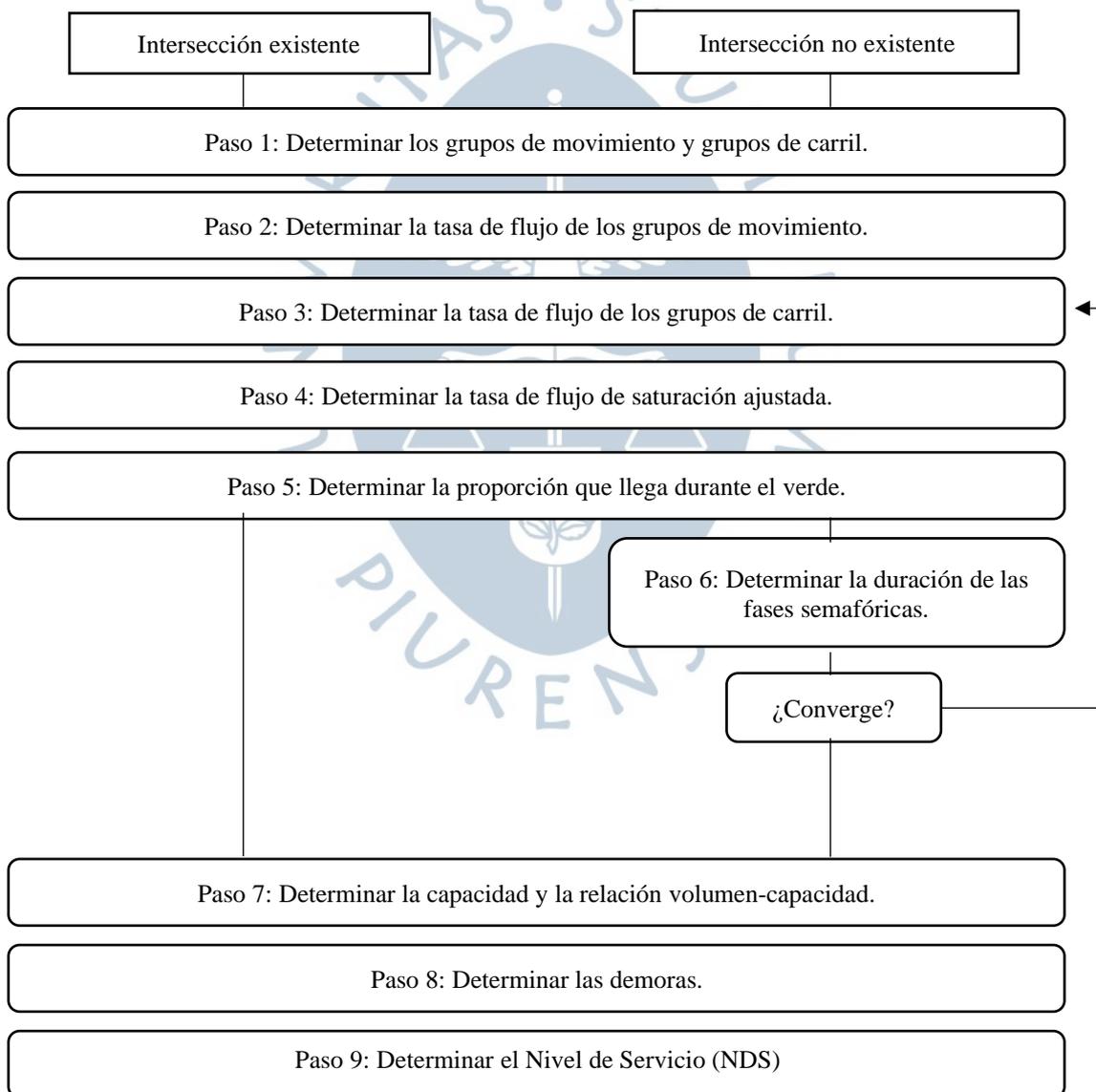


Figura 3. Niveles de servicio de la intersección

**1. Paso 1:** Determinar los grupos de movimiento y grupos de carril. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010).

La metodología para intersecciones señalizadas usa el concepto de grupos de movimiento y grupos de carril para describir y evaluar la operación de la intersección. Los grupos de movimiento son asignados principalmente para especificar datos de entrada. A diferencia de ellos, los grupos de carriles son asignados con el propósito de ser usados para los cálculos detallados en la metodología.

Las siguientes reglas son usadas para determinar los grupos de movimiento para un acceso de la intersección:

- Un movimiento de giro que es servido por uno o más carriles exclusivos y no por carriles compartidos deberán ser asignados como un grupo de movimiento.
- Cualquier carril no asignado a un grupo por la regla previa deberá ser combinado en un grupo de movimiento.

Estas reglas resultan en la asignación de uno a tres grupos de movimiento por cada acceso.

Los grupos de carril es útil cuando un carril compartido está presente en un acceso que tiene dos o más carriles. Las siguientes reglas son usadas para determinar grupos de carril para un acceso de una intersección:

- Uno o más carriles exclusivos de giro a la izquierda deberán ser designados como un grupo de carril separado. Lo mismo se aplica para un carril exclusivo de giro a la derecha.
- Cualquier carril compartido deberá ser designado como un grupo de carril separado.
- Aquellos carriles que no sean carriles de giro exclusivos o carriles compartidos deberán combinarse dentro de un grupo de carril.

Estas reglas resultan en la designación de uno o más de las siguientes posibilidades de grupos de carril para un acceso de intersección.

- Carril exclusivo de giro a la izquierda (o carriles).
- Carril exclusivo de desplazamiento de frente (o carriles).
- Carril exclusivo de giro a la derecha (o carriles).
- Carril compartido de giro a la izquierda y de frente.
- Carril compartido de giro a la izquierda y giro a la derecha.
- Carril compartido de giro a la derecha y de frente.
- Carril compartido de giro a la izquierda, de frente y de giro a la derecha.

La Figura 4 muestra los grupos de movimiento y grupos de carriles más comunes en accesos de intersecciones.

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	Left & thru.: Thru. & right:	MG 1:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2: LG 3:

Figura 4. Grupos de movimiento y grupos de carril más comunes  
Fuente: HCM 2010 (2010)

- Paso 2:** Determinar la tasa de flujo de los grupos de movimiento. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

En este paso se determina la tasa de flujo para cada grupo de movimiento. Si un movimiento de giro se da en uno o más carriles exclusivos y no compartidos, la tasa de flujo de movimiento será asignada a un grupo de movimiento. Los flujos de los accesos que aún no son asignados a algún grupo de movimiento serán asignados a un grupo de movimiento. Adicionalmente, la tasa de flujo de giros a la derecha en rojo es extraída de la tasa de giros a la derecha independientemente de si el giro a la derecha ocurre de un carril compartido o uno exclusivo. En una intersección, el número de giros a la derecha en rojo deberán ser determinados por observación.

- Paso 3:** Determinar la tasa de flujo de grupo de carril. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Si en el acceso de la intersección no hay carriles compartidos o el acceso tiene un solo carril, existe una correspondencia exacta entre los grupos de carril y grupos de movimiento. En este caso la tasa de flujo de grupo de carril es igual a la tasa de flujo de grupo de movimiento.

Si hay uno o más carriles compartidos en un acceso con dos o más carriles, la tasa de flujo del grupo de carril es calculada por el deseo asumido por los conductores al elegir el carril que minimice el tiempo de servicio en la intersección.

- Paso 4:** Determinar la tasa de flujo de saturación ajustada. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

La tasa de flujo de saturación ajustada por cada carril en cada grupo de carril es calculada en este paso. En este paso hay una variable de entrada, es conocida como tasa de flujo de saturación base.

En este paso se halla la tasa de flujo de saturación ajustada, la cual recibe la denominación de ajustada porque es el resultado de afectar la tasa de flujo de saturación base aplicando varios factores, lo cual permite que la tasa de flujo de saturación se ajuste a condiciones reales del acceso de la intersección. Este procedimiento aplica para grupos de carril con uno o más carriles exclusivos en modo protegido sin la interacción de peatones y ciclistas.

La siguiente ecuación es usada para calcular la tasa de flujo de saturación ajustada por carril para el grupo de carriles sujeto.

$$s = s_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

Donde:

- $s$  = tasa de flujo de saturación ajustada (veh/hr/carril)  
 $s_0$  = tasa de flujo de saturación base (veh/hr/carril)  
 $f_w$  = factor de ajuste por ancho de carril  
 $f_g$  = factor de ajuste por pendiente de acceso  
 $f_p$  = factor de ajuste por parqueo  
 $f_{bb}$  = factor de ajuste debido al bloqueo ejercido por parada de buses locales  
 $f_a$  = factor de ajuste por tipo de área  
 $f_{LU}$  = factor de ajuste por utilización de carril  
 $f_{LT}$  = factor de ajuste por giro a la izquierda  
 $f_{RT}$  = factor de ajuste por giro a la derecha  
 $f_{Lpb}$  = factor de ajuste por giro a la izquierda de peatones y ciclista  
 $f_{Rpb}$  = factor de ajuste por giro a la derecha de peatones y ciclista

A continuación, se describirá cada uno de los factores aplicados en el cálculo de la tasa de flujo de saturación ajustada.

- **Tasa de flujo de saturación base ( $s_0$ ).** Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Esta tasa base representa la tasa de flujo promedio esperada en un carril bajo condiciones geométricas y de tráfico que corresponden a un valor de 1.0 para cada factor de ajuste. El valor por defecto para intersecciones señalizadas es de 1900 veh/hr/carril.

- **Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ ).** Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor tiene en cuenta el ancho de los carriles para la tasa de flujo de saturación ajustada. En carriles más anchos permite un incremento de la tasa de flujo de saturación

ajustada. A continuación, se muestran los valores asignados al factor de acuerdo con el ancho del carril.

Tabla 3. Valores de factor de ajuste por ancho de carril

Ancho promedio de carril (m)	Factor de ajuste (fw)
< 3.0	0.96
≥ 3.0 – 3.9	1.00
≥ 3.9	1.04

Fuente: HCM2010 (2010)

- **Factor de ajuste por vehículos pesados ( $f_{HV}$ )**. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor se aplica teniendo en cuenta el espacio que es ocupado por los vehículos pesado y por la diferencia en sus habilidades operativas respecto a los vehículos livianos. Este factor es calculado de la siguiente forma:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

Donde:

$P_{HV}$  = porcentaje de vehículos pesados en el grupo de movimiento

$E_T$  = número de vehículo equivalentes por cada vehículo pesado = 2.0

- **Factor de ajuste por pendiente de acceso ( $f_g$ )**. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor tiene en cuenta la influencia de la pendiente en los accesos en el desempeño de los vehículos. Los valores de este factor son calculados de la siguiente forma:

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

Donde:

$P_g$  = pendiente de acceso para el grupo de movimiento correspondiente (%)

Los valores del factor deben estar entre el rango de -6.0% a +10.0%

- **Factor de ajuste por parqueo ( $f_P$ )**. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor tiene en cuenta el efecto de fricción de un carril de parqueo en el flujo de un grupo de carril adyacente al carril de parqueo. También se toma en cuenta el bloqueo que ocasionan los vehículos en la maniobra de entrada y salida del parqueo. En caso de no existir parqueo el factor sería automáticamente 1.00. En caso de existir carril de parqueo, el factor se calcularía de la siguiente manera.

$$f_P = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

$N_m$  = número de maniobras de parqueo por grupo de carril (maniobra/hr)

$N$  = número de carriles en el grupo de carril

El número de maniobras corresponde a las realizadas en el área de parqueo adyacente al grupo de carril en un máximo de 75 metros aguas arriba desde la línea de parada de la intersección. El máximo número de maniobras será de 180 maniobras/h. El factor aplica solo al grupo de carril adyacente al parqueo.

- **Factor de ajuste por bloqueo de buses ( $f_{bb}$ )**. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor toma en cuenta el impacto que generan los buses de tránsito local que paran para cargar y descargar pasajeros cerca o lejos de la parada de buses dentro de 75 metros aguas arriba y debajo de la línea de parada de la intersección. Los valores de este factor se calculan de la siguiente forma:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

$N$  = número de carriles en el grupo de carril

$N_b$  = número de buses que paran en el acceso (buses/h)

- **Factor de ajuste por área ( $f_a$ )**. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor toma en cuenta el tipo de área a la que pertenece la intersección, en área comerciales o cercanas al centro de la ciudad y las demás áreas, debido a que en cada una el desempeño del flujo cambia. En intersecciones cercanas a áreas comerciales el valor del factor es 0.90.

- **Factor de ajuste por utilización de carril ( $f_{LU}$ )**. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Se utiliza para estimar la tasa de flujo de saturación para un grupo de carril con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carril tiene un carril compartido o un carril exclusivo el factor será 1.0.

- **Factor de ajuste por giro a la derecha ( $f_{RT}$ )**. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor refleja el efecto de la geometría en la trayectoria del giro a la derecha en la tasa de flujo de saturación. Se calcula de la siguiente manera:

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R}$$

Donde:

$E_R$  = número equivalente de vehículos que giran a la derecha en modo protegido, será igual a 1.18. Sin embargo, para un carril compartido o único es igual a 0.95 y para doble carril será 0.92.

- **Factor de ajuste por giro a la izquierda ( $f_{LT}$ ).** Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor refleja el efecto de la geometría en la trayectoria del giro a la izquierda en la tasa de flujo de saturación. Se calcula de la siguiente manera:

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

Donde:

$E_L$  = número equivalente de vehículos que giran a la izquierda en modo protegido, será igual a 1.05. Sin embargo, para un carril compartido o único es igual a 0.85 y para doble carril será 0.75.

- **Factor de ajuste por peatones y ciclistas ( $f_{Lpb}, f_{Rpb}$ ).** Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Este factor se basa en el concepto de ocupación en la zona de conflicto entre los vehículos que giran, los peatones y ciclistas. La ocupación en la zona de conflicto relevante toma en cuenta si el flujo de vehículo opuesto está en conflicto con el movimiento de giro a la izquierda.

Para esto se debe tener en cuenta que:

- Si el grupo de carril no tiene conflicto con peatones o ciclistas el factor es igual a 1.0.
- Si el grupo de carril tiene giro protegido, el factor es igual a 1.0.
- En caso contrario el factor de ajuste por peatones y ciclistas se calcula de la siguiente manera.

#### a) Promedio de ocupación de peatones

El flujo de peatones durante el tiempo de servicio de estos ( $V_{pedg}$ ) se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{pedg} = V_{ped} * \left( \frac{c}{g_p} \right) \leq 5000$$

Donde:

$V_{pedg}$  = flujo de peatones durante el tiempo de servicio (p/h)

$V_{ped}$  = flujo de peatones en el cruce en ambos sentidos (p/h)

$c$  = ciclo (s)

$g_p$  = tiempo de servicio de peatones (s)

Si el flujo de peatones durante el tiempo de servicio es menor o igual a 1000 p/h, la ocupación de peatones será:

$$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$$

En caso contrario, si el flujo de peatones durante el tiempo de servicio es mayor a 1000 p/h, la ocupación de peatones será:

$$OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{10000} \leq 0.90$$

### b) Promedio de ocupación de bicicletas

El flujo de ciclistas durante la fase verde ( $V_{bicg}$ ) se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{bicg} = V_{bic} * \left(\frac{c}{g}\right) \leq 1900$$

Donde:

$V_{bicg}$  = flujo de ciclistas durante la fase verde (c/h)

$V_{bic}$  = flujo de ciclistas (c/h)

$c$  = ciclo (s)

$g$  = tiempo efectivo de verde (s)

La ocupación de ciclistas se calcula de la siguiente manera:

$$OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{V_{bicg}}{2700}$$

### c) Ocupación de zona relevante de conflicto

Si solo existe conflicto de vehículos y peatones, la ocupación relevante de conflicto se calcula de la siguiente manera:

$$OCC_r = \frac{g_{ped}}{g} * OCC_{pedg}$$

Si existe conflicto de vehículo con peatones y bicicletas, la ocupación relevante de conflicto se calcula de la siguiente manera:

$$OCC_r = \left(\frac{g_{ped}}{g} * OCC_{pedg}\right) + OCC_{bicg} - \left(\frac{g_{ped}}{g} * OCC_{pedg} * OCC_{bicg}\right)$$

### d) Tiempo de inocupación de la zona de conflicto

Si el número de carriles receptores es igual al número de carriles de giro, los vehículos que giran no serán capaces de maniobran entre los peatones y ciclistas. En este caso, el tiempo en que la zona de conflicto está desocupada se calcula de la siguiente manera:

$$A_{pbT} = 1 - OCC_r$$

Si el número de carriles receptores excede al número de carriles de giro, los vehículos que giran maniobrarán entre los peatones y ciclistas. En este caso, el efecto de peatones y ciclistas es menor y el tiempo en que la zona de conflicto está ocupada se calcula de la siguiente manera:

$$A_{pbT} = 1 - 0.6 * OCC_r$$

Por lo tanto, los factores de giros a la izquierda y derecha por peatones y ciclistas; se calculan de la siguiente manera:

$$f_{Rpb} = A_{pbT} \quad f_{Lpb} = A_{pbT}$$

**5. Paso 5:** Determinar la proporción que llega durante el verde. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

La demora de control y el tamaño de la cola en una intersección señalizada son altamente dependientes en la proporción de vehículo que llegan durante las señales de verde y rojo. La demora y el tamaño de cola son menores cuando una proporción de vehículos llegan durante la señal verde. La siguiente ecuación determina esta proporción:

$$P = R_p(g/C)$$

Donde:

$R_p$  = tiempo de rojo efectivo

$g$  = tiempo de verde efectivo

$C$  = longitud de ciclo

Esta ecuación necesita del conocimiento de las variables, las cuales deben ser previamente conocidas cuando la operación o fases semafóricas están preestablecidas. Si la intersección no está preestablecida, el tiempo de fase y la longitud de ciclo deberán ser calculados de acuerdo con lo descrito en el siguiente paso.

**6. Paso 6:** Determinar la duración de las fases semafóricas. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

La duración de una fase semafórica depende del tipo de control usado en la intersección. Si la intersección tiene controles predeterminados, la duración de la fase es un dato de entrada y este paso es saltado. Si la duración de fase es desconocida el procedimiento para determinarla se detalla en la sección 2 del capítulo 31 del *Highway Capacity Manual 2010*.

La duración de una fase accionada está compuesta de cinco periodos de tiempo. El primer periodo representa el tiempo perdido mientras la cola reacciona a la indicación de cambio de señal a verde, el segundo periodo representa el tiempo requerido para despejar la cola de vehículos, el tercer periodo representa el tiempo extendido de verde debido a la llegada repentina de vehículo, este termina cuando hay una brecha en el tráfico o el verde se extiende a su máximo límite, el cuarto periodo representa el intervalo de cambio a amarillo o ámbar y

finalmente el quinto periodo representa el intervalo de despeje de rojo. Por tanto, la duración de una fase accionada es definida de la siguiente manera:

$$D_p = l_1 + g_s + g_e + Y + R_c$$

Donde:

$D_p$  = duración de fase (s)

$l_1$  = tiempo perdido de inicio = 2.0 (s)

$g_s$  = tiempo de cola de servicio (s)

$g_e$  = tiempo de extensión de verde (s)

$Y$  = intervalo de cambio amarillo o ámbar (s)

$R_c$  = intervalo de despeje de rojo (s)

La Figura 5 muestra la relación entre la duración de la fase y el tamaño de la cola para el ciclo. Durante el intervalo de rojo los vehículos llegan con un flujo de  $q_r$  y forman una cola, la cola alcanza su máximo tamaño  $l_1$  segundos después que el intervalo de rojo termine; en ese mismo instante la cola inicia su descarga a una tasa igual al de la tasa de flujo de saturación menos la tasa de llegada durante el verde  $q_g$ . La cola se despeja  $g_s$  segundos después de haber iniciado su descarga. Luego la llegada de algunos vehículos es detectada y causa que el intervalo de verde se extienda. Eventualmente, una brecha ocurre en el tráfico (o el límite máximo de verde es alcanzado) y el intervalo de verde termina. El fin del verde coincide con el fin de la extensión del verde  $g_e$ .

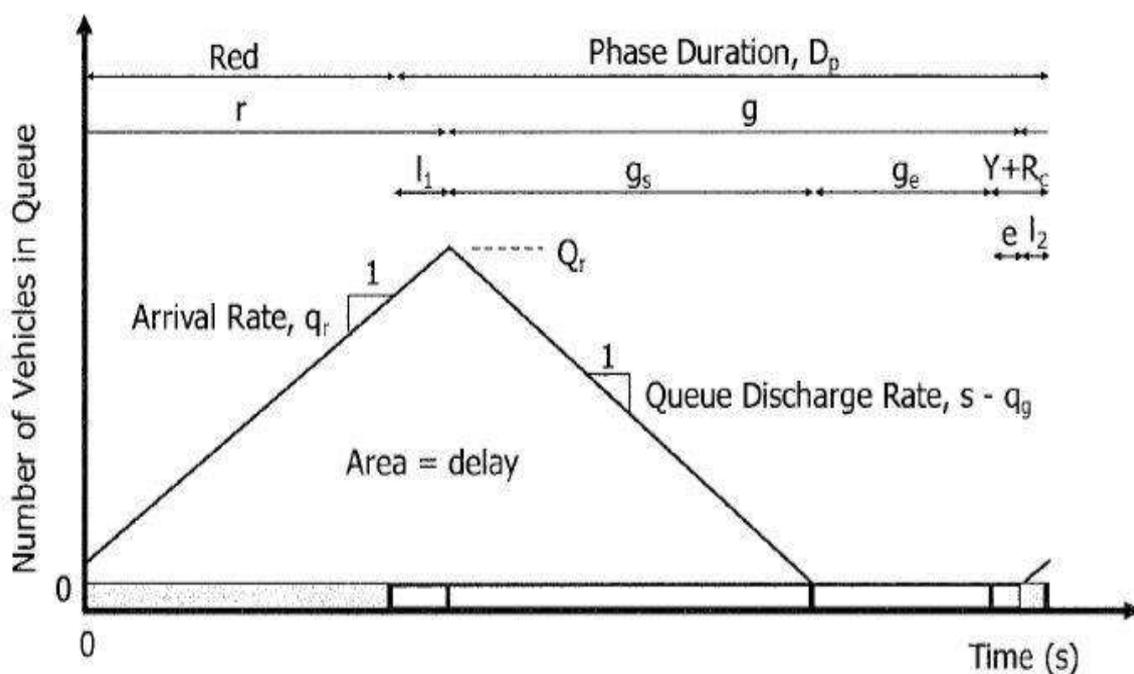


Figura 5 Relación entre las variables que influyen en la duración de la fase  
Fuente: HCM2010 (2010)

El tiempo de verde efectivo para la fase es calculado de la siguiente manera:

$$g = D_p - l_1 - l_2 = g_s + g_e + e$$

Donde:

$$l_2 = \text{tiempo perdido de despeje} = Y + R_c - e \text{ (s)}$$

$$e = \text{extensión de verde efectivo} = 2.0 \text{ (s)}$$

**7. Paso 7:** Determina la capacidad y relación volumen-capacidad. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

La capacidad de un grupo de carril determinado que aloja un movimiento de tráfico se define de la siguiente manera:

$$c = N * s * \frac{g}{C}$$

Donde:

$c$  = capacidad por grupo de carril (veh/h)

$N$  = número de carriles por grupo de carril

$s$  = tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)

$g/C$  = proporción de verde efectivo por grupo de carril

La relación volumen-capacidad de un grupo de carril está definida de la siguiente manera:

$$X = \frac{v}{C}$$

Donde:

$X$  = relación volumen - capacidad

$v$  = tasa de flujo de demanda (veh/h)

$c$  = capacidad (veh/h)

**8. Paso 8:** Determinar las demoras. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

La demora calculada representa la demora promedio experimentada por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis. Este incluye cualquier demora incurrida por estos vehículos que están aún en la cola después de haber finalizado el periodo de análisis. La demora para un grupo de carril dado se define de la siguiente manera:

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

Donde:

$d$  = demora de control (s/veh)

$d_1$  = demora uniforme (s/veh)

$PF$  = factor de ajuste de progresión

$d_2$  = demora incremental (s/veh)

$d_3$  = demora por cola inicial (s/veh)

#### a) Demora uniforme

La demora uniforme se calcula asumiendo llegadas uniformemente distribuidas durante el periodo de análisis o ciclo. Si las llegadas se dieran solo en el tiempo de verde, la demora sería nula.

El factor de progresión influye de la siguiente manera: si la progresión es buena, una gran cantidad de los vehículos llega a la intersección en verde y la demora uniforme tendrá poca incidencia en la demora total; muy por el contrario, si la progresión es mala la mayor cantidad de vehículos llegan en rojo, por tanto, la demora uniforme tendrá suma importancia en la demora de control.

El factor  $PF$  es seleccionado a partir de la siguiente tabla:

Tabla 4. Factor de progresión para demora uniforme  $d_1$

Tipo de llegada	Factor de Ajuste de Progresión en función de $g/C$					
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Descoordinado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Coordinado*	0.92	0.86	0.78	0.67	0.50	0.22

Nota:  $*PF = \frac{(1-[1.33*g/C])}{(1-g/C)}$

Este factor se hallará por cada grupo de carril de cada acceso de la intersección.

La demora uniforme  $d_1$  se hallará de la siguiente manera:

$$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) * \frac{g}{C}\right]}$$

Donde:

$d_1$  = demora uniforme (s/veh)

$C$  = duración del ciclo (s)

$g$  = tiempo de verde efectivo por grupo de carril (s)

$X$  = relación volumen – capacidad del grupo de carril

### b) Demora incremental

Esta demora se calcula teniendo en cuenta las llegadas no uniformes y los fallos temporales del ciclo, así como las causadas por periodos de sobresaturación. Esta demora incremental depende de la relación volumen-capacidad, la duración del periodo de análisis y la capacidad del grupo de carril. Se calcula de la siguiente manera:

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{4 * X}{c * T}} \right]$$

Donde:

$d_2$  = demora incremental (s/veh)

$T$  = duración del ciclo (h)

$X$  = relación volumen – capacidad del grupo de carril

$c$  = capacidad del grupo de carril (veh/s)

### c) Demora por cola inicial

Esta demora representa la demora experimentada por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis, incluyendo la demora que es experimentada en los periodos de tiempo subsecuentes. Por tanto, esta demora existirá solo cuando exista cola inicial de lo contrario la demora será cero.

La demora por cola inicial se calcula de la siguiente manera:

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u) * t}{c * T}$$

Donde:

$Q_b$  = cola inicial al inicio del periodo T (veh)

$c$  = capacidad de grupo de carril (veh/h)

$T$  = duración del periodo de análisis (h) = 0.25 h

$t$  = duración de la demanda insatisfecha en T(h)

$u$  = parámetro de demora

Los parámetros  $t$  y  $u$  son determinados de la siguiente manera:

$$t = \min \left[ T, \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} \right]; \text{ si } Q_b = 0 \rightarrow t = 0$$

$$u = 1 - \frac{c * T}{Q_b * [1 - \min(1, X)]}; \text{ si } t < T \rightarrow u = 0$$

Cuando existe cola inicial, la demora uniforme ( $d_1$ ) debe ser evaluada usando  $X=1.0$  para el periodo cuando existe una cola sobresaturada ( $t$ ) y usando la  $X$  actual para el periodo de análisis restante ( $T - t$ ). Por lo tanto, un valor ponderado de  $d_1$  se calcula de la siguiente manera:

$$d_1 = d_s * \frac{t}{T} + d_u * PF * \frac{(T - t)}{T}$$

Donde:

$d_s$  = demora saturada ( $d_1$  evaluada para  $X = 1.0$ )

$d_u$  = demora insaturada ( $d_1$  evaluada para  $X$  actual)

**9. Paso 9:** Determinar el Nivel de Servicio NDS. Adaptado del inglés del (HCM 2010, 2010)

Se determinará el nivel de servicio de acuerdo con la demora promedio por cada grupo de carril, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Detalle de los niveles de servicio para intersecciones semafóricas (NDS)

Demora (s/veh)	NDS debido a la razón volumen-capacidad (v/c)	
	$\leq 1.0$	$> 1.0$
$\leq 10$	A	F
$> 10 - 20$	B	F
$> 20 - 35$	C	F
$> 35 - 55$	D	F
$> 55 - 80$	E	F
$> 80$	F	F

- a. Nivel de servicio A.-** describe operaciones de tráfico con una demora promedio de 10 s/veh o menos y una relación volumen-capacidad no mayor de 1.0. Este nivel es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es baja y la progresión es favorable o la longitud de ciclo es muy pequeño.
- b. Nivel de servicio B.-** describe operaciones de tráfico con una demora promedio entre 10 y 20 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor de 1.0. Este nivel es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es baja y la progresión es favorable o la longitud de ciclo es corta.
- c. Nivel de servicio C.-** describe operaciones de tráfico con una demora promedio entre 20 y 35 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor de 1.0. Este nivel es típicamente asignado cuando la progresión es favorable o la longitud de ciclo es moderada. Las fallas de los ciclos individuales empiezan a aparecer en este nivel; el número de vehículos que paran es insignificante, aunque muchos vehículos aun pasan la intersección sin parar.

- d. Nivel de servicio D.-** describe operaciones de tráfico con una demora promedio entre 35 a 55 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor de 1.0. Este nivel es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es alta y la progresión no es efectiva o la longitud del ciclo es larga. Muchos vehículos paran y las fallas de los ciclos individuales son notorios.
- e. Nivel de servicio E.-** describe operaciones de tráfico con una demora promedio entre 55 a 80 s/veh y una relación volumen-capacidad no mayor de 1.0. Este nivel es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es alta, la progresión no es favorable y la longitud del ciclo es larga. Las fallas de ciclos individuales son frecuentes.
- f. Nivel de servicio F.-** describe operaciones de tráfico con una demora superior a 80 s/veh o una relación volumen-capacidad mayor de 1.0. Este nivel es típicamente asignado cuando la relación volumen-capacidad es muy alto, la progresión es muy pobre y la longitud del ciclo es larga.

### 1.5 Software Synchro 8.0

*Synchro Plus* es un software que se utiliza para el modelado, optimización, gestión y simulación de sistemas de tráfico. Este incluye:

- *Synchro* el cual realiza análisis macroscópico y programas de optimización.
- *SimTraffic*, se realiza la simulación del tráfico.
- *3D Viewer* presenta una vista tridimensional de las simulaciones *SimTraffic*.

*Synchro* implementa la utilización de la capacidad de la intersección (UCI) 2003, método usado para determinar la capacidad de la intersección en estudio. Del mismo modo el *Synchro 8.0* es también compatible con la metodología HCM 2010 en intersecciones semaforizadas y rotondas (Synchro, 2011).

Los parámetros de entrada necesarios por el software para obtener la capacidad de la intersección son: cantidad de carriles, dirección de cada uno, ancho de carriles, volumen de tráfico, pendientes, tipo de área (dentro de la ciudad o fuera). Se define la cantidad de veces de conflictos con los peatones y los ciclistas, la cantidad de buses que paran para cargar y descargar pasajeros y si existe parqueo cercano a la intersección; asimismo, el ciclo semafórico preestablecido, el intervalo de ámbar, y el intervalo total de rojo (Delgadillo, 2020).

Entre las ventajas del *Synchro 8.0* están: la generación rápida de los planes óptimos de tiempo, optimización de la duración del ciclo, tiempos parciales, compensaciones y secuencia de fases para minimizar las paradas de controladores y el retraso. Dado que es completamente interactivo, cuando se cambian los datos de entrada, se actualizan automáticamente los resultados (Mamani & Ramos, 2018).

Es fundamental tener claro que el volumen de tráfico está en función de la cantidad de vehículos por hora. Esta cantidad se define como el múltiplo del periodo de quince minutos más crítico evaluado durante el periodo de la hora definida (Delgadillo, 2020).



## Capítulo 2

### Situación actual en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Prolongación Chulucanas, Piura

#### 2.1 Recopilación de datos de la intersección

##### 2.1.1 Ubicación

La intersección en estudio se encuentra en el cruce de las avenidas Sánchez Cerro y Prolongación Chulucanas en el distrito 26 de octubre, provincia Piura, departamento Piura. En la Figura 6, extraída de Google Earth, se observa que la Prolongación Chulucanas va en la dirección norte-sur y atraviesa los accesos 1 y 3 y la avenida Sánchez Cerro va en la dirección este-oeste y atraviesa los accesos 2 y 4.



Figura 6 Ubicación de la intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas  
Fuente: Google Earth

En el año 2018 se realizó un proyecto de remodelación de la avenida Sánchez Cerro desde la intersección con avenida Country en el mercado de abastos de la ciudad de Piura hasta la ex Textil, pero que no incluyó mejoras en la intersección con la Prolongación Chulucanas. La avenida Sánchez Cerro cuenta con 2 carriles en sus accesos de la intersección, cada uno con 3.6 metros de ancho.

En el año 2019 del mismo modo fue remodelada la avenida Prolongación Chulucanas iniciando desde los asentamientos aledaños Kurt Beer y va hasta las avenidas Los Tallanes en la zona de Los Ejidos; esta remodelación incluyó una ciclo vía a lo largo de toda la avenida para facilitar el paso de los ciclistas a través de los cruces de ciclistas y adyacentes a los cruces peatonales en los accesos de la avenida Sánchez Cerro. Por tanto, los ciclistas deben asociar la fase peatonal como su fase semafórica. Como se muestra en la Figura 7, cuenta con 3 carriles en sus accesos, cada uno con 2.95 metro de ancho.

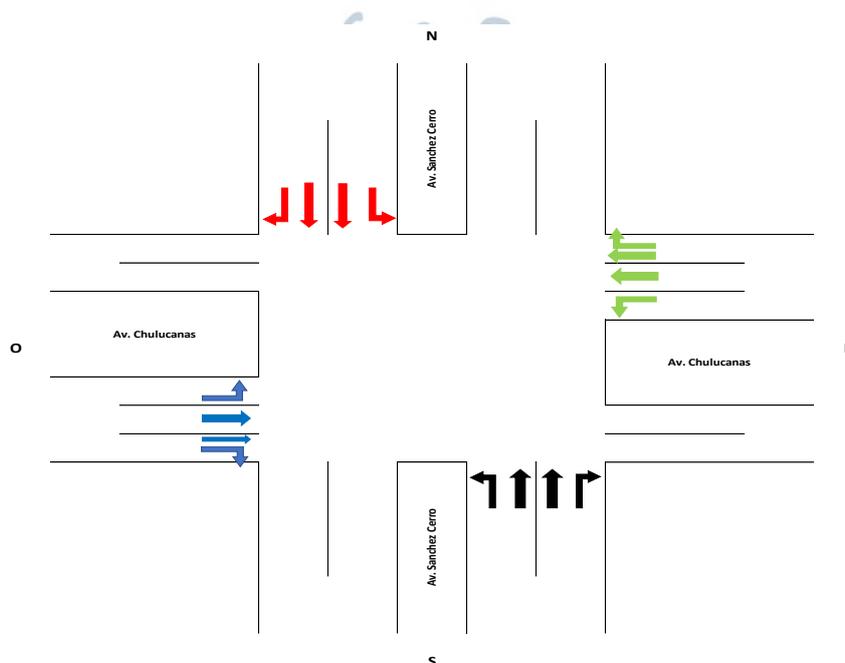


Figura 7. Intersección en estudio, Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas

### 2.1.2 Antecedentes

La intersección de la Av. Sánchez Cerro con la Av. Prolongación Chulucanas ha sido objeto de estudio frecuentemente, debido a los puntos de conflicto que se originan en los giros y los accidentes que ocurren en esta intersección.

En el año 2010 se colocaron semáforos por primera vez en la intersección de la Av. Prolongación Chulucanas con Av. Sánchez Cerro para garantizar la seguridad de los peatones y conductores que a diario transitan por la vía de gran afluencia y salida vehicular, fueron instalados a través de la Oficina de Transportes de la Municipalidad Provincial de Piura (Integración 1060, 2010). En la Figura 8 se muestra la intersección en el año 2010.



Figura 8. Intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Prolongación Chulucanas antes de ser remodelada

Fuente: Noticia de radio Cutivalú (Radio Cutivalú, 2017)

La Av. Prolongación Chulucanas fue remodelada en el año 2018 financiada por el Banco de Crédito del Perú bajo la modalidad de Obra por Impuestos. Este proyecto cubrió desde los asentamientos humanos aledaños al parque Kurt Beer hasta la Universidad Privada Antenor Orrego, en la zona Los Ejidos, permitiendo así el tránsito fluido de muchos usuarios del sector oeste hacia la zona universitaria. Anteriormente, la Av. Prolongación Chulucanas no se encontraba pavimentada, luciendo como se muestra en la Figura 9:



Figura 9. Av. Prolongación Chulucanas antes de ser renovada en el 2018

Fuente: Diario El Tiempo (2018)

La remodelación trajo consigo muchos beneficios para todas las urbanizaciones, universidades y empresas que se encuentran a sus alrededores; del mismo modo mejoró mucho las operaciones de tránsito en la intersección con la Av. Sánchez Cerro. Así mismo cuenta con la primera ciclovía de la región Piura, lo cual incentiva el uso de la bicicleta como medio de transporte eco amigable y como deporte.

Como parte del proyecto de pavimentación de la Av. Chulucanas, en la intersección con la Av. Sánchez Cerro se realizaron cambios geométricos y cambios operacionales, lo cual le permitió a la intersección tener la capacidad para albergar la demanda de tránsito en las épocas altas del año y hora punta del día.

La remodelación de la avenida Sánchez Cerro no cubrió hasta la intersección con la avenida Chulucanas ya que, como se observa en la Figura 10, los trabajos realizados como las cuatro calzadas se realizaron hasta la ex Textil, manteniendo la reducción de la vía unos metros antes de la intersección.



Figura 10. Intersección actual con reducción de acceso en Av. Sánchez Cerro

Fuente: Google Earth

La Municipalidad Distrital Veintiséis de Octubre, está en proceso de elaboración de un proyecto de ampliación de la Av. Sánchez Cerro entre la Av. Chulucanas hasta el Trébol Paita-Piura-Sullana, lo que permitirá que el tránsito sea más fluido en esta parte de la avenida y más ordenado. De acuerdo con estadísticas brindadas por la Policía Nacional del Perú, son más de 80 muertes al año que ocasiona esta peligrosa avenida (Diario El Tiempo, 2019).

### 2.1.3 Estudio de tráfico

Para la intersección de las Av. Sánchez cerro y Av. Prolongación Chulucanas se eligieron los siguientes días: jueves 17 de setiembre de 2020, viernes 18 de setiembre de 2020 y sábado 19 de setiembre de 2020. Diariamente se tomaron datos por 16 horas de 6:00 am a 9:45 pm., no se tomaron datos hasta las 10:00 pm debido al toque de queda existente en ese momento por disposición del gobierno peruano en el contexto de emergencia sanitaria por pandemia de covid-19.

**2.1.3.1 Convención de giros.** Para realizar la recolección de datos en un estudio de tráfico se tiene que evaluar y analizar todos los posibles movimientos que se puedan desarrollar por acceso de la intersección en estudio.

De acuerdo con la Figura 11, se asignó una codificación que se muestra en la Tabla 6 para cada sentido de movimiento de la intersección, tras observar los movimientos realizados por los conductores en los diversos carriles de los accesos.

Tabla 6. Definición de sentidos de giro en la intersección por acceso

Acceso	Dirección	Código
Acceso 1	Izquierda	1.1
	De frente	1.2.1
		1.2.2
	Derecha	1.3
Acceso 2	Izquierda	2.1
	De frente	2.2.1
		2.2.2
	Derecha	2.3
Acceso 3	Izquierda	3.1
	De frente	3.2.1
		3.2.2
	Derecha	3.3
Acceso 4	Izquierda	4.1
	De frente	4.2.1
		4.2.2
	Derecha	4.3

**2.1.3.2 Método de aforo.** Hay dos tipos de aforo: por dispositivos mecánicos y por conteo manual con personal en campo. Para este proyecto se usó el conteo manual con aforadores durante los tres días de toma de datos, el cual tiene como ventaja el vaciado de datos a formatos ya establecidos de acuerdo con los sentidos de giro.

A mayor cantidad de puntos de aforo, más precisos serán los datos obtenidos en el conteo por lo que el estudio de tráfico será de mejor calidad. Para esta toma de datos se establecieron seis puntos de aforo en la intersección. En el punto de aforo 1 se tomó datos de los vehículos que realizan los movimientos 1.2.1 y 1.2.2, en el punto de aforo 2 se tomó datos de los vehículos que realizan los movimientos 2.2.1 y 2.2.2, en el punto de aforo 3 se tomó datos de los vehículos que realizan los movimientos 3.2.1 y 3.2.2, en el punto de aforo 4 se tomó datos de los vehículos que realizan los movimientos 4.2.1 y 4.2.2, en el punto de aforo 5 se tomó datos de los vehículos que realizan los giros 1.1, 1.3, 4.1 y 4.3, y en el punto de aforo 6 se tomó datos de los vehículos que realizan los giros 2.1, 2.3, 3.1 y 3.3. Para un mejor entendimiento se puede observar el sentido de los giros en la Figura 11.

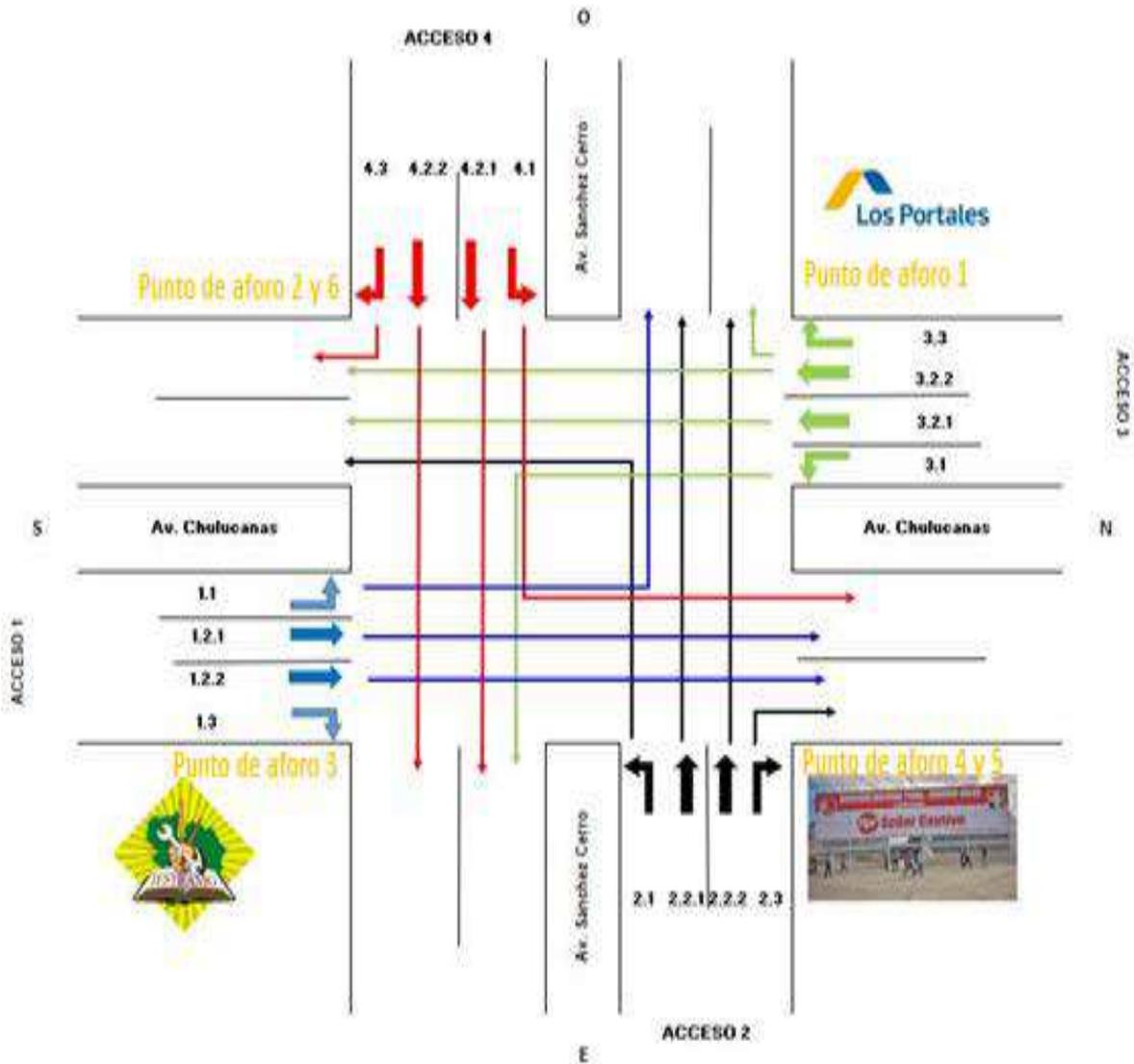


Figura 11. Sentido de giros en la intersección

Los formatos usados para almacenar la data del conteo vehicular se realizaron teniendo en cuenta los requerimientos de la metodología HCM 2010, que será aplicada en este proyecto; por tanto, se tomó en cuenta el número de bicicletas en la avenida Chulucanas, el número de veces que se estaciona un carro en la avenida Chulucanas que cuenta con parqueo y así mismo el número de paradas de buses en ambas avenidas.

La Tabla 7 muestra el formato diseñado para la toma de datos del proyecto en estudio de la intersección de la Av. Chulucanas y Av. Sánchez Cerro, el cuál fue utilizado en todos los puntos de aforo. En la tabla 7 se brinda como ejemplo el formato para el punto de Aforo 1, el cuál alberga datos de los movimientos 1.2.1 y 1.2.2.

Tabla 7. Formato general de toma de datos en la intersección

Conteo vehicular				
<i>Fecha:</i>	18/09/2020	<i>Hora inicio:</i>	<i>Hora fin:</i>	
<i>Nombre</i>				<i>Dni:</i>
<i>Ubicación</i>	Av. Sánchez Cerro – Av. Chulucanas	<i>Estación</i>	1	<i>Punto</i> 1
		<i>Oe - e (i)</i>	<i>Oe - e (d)</i>	
<i>T. Vehículo</i>	<i>Sentido:</i>	1.2.1	1.2.2	
		➔	➔	
	Moto lineal			
	Moto taxi			
	Auto			
	Pick-up			
	Combi			
	Micro			
	Bus			
	Camión			
	Semi/trailer			
	Bicicletas			
	Suben/bajan bus			
	Suben/bajan otros			

Después de la recolección de los datos en campo, se procedió a vaciar los datos a tablas de Excel para su evaluación y estudio en gabinete. La Tabla 8 muestra el formato diseñado para verter la data recolectada en campo por sentido de giro, cabe recalcar que se tomaron datos en intervalos de 15 minutos.

Tabla 8. Formato de procesamiento de data recolectada en campo según sentido de giro

Día 1	Hora	06:00															
		06:15															
18/09/2020	Acceso	1				2				3				4			
	Maniobra	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
vehículo	Suma %	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto lineal																	
Moto Taxi																	
Auto																	
Pick Up																	
Combi																	
Micro																	
Bus																	
Camión																	
Semi Tráiler / Tráiler																	
TOTAL																	

**2.1.3.3 Grupos de movimiento y grupos de carril.** La metodología HCM 2010 establece como uno de sus primeros pasos el establecimiento de los grupos de movimiento y grupos de carril para poder aplicar la metodología, de esto modo se asignaron los siguientes grupos de carril y como consecuencia grupo de movimiento. En la Figura 12 se muestra los grupos de carril y grupos de movimiento asignados para cada acceso de la intersección.

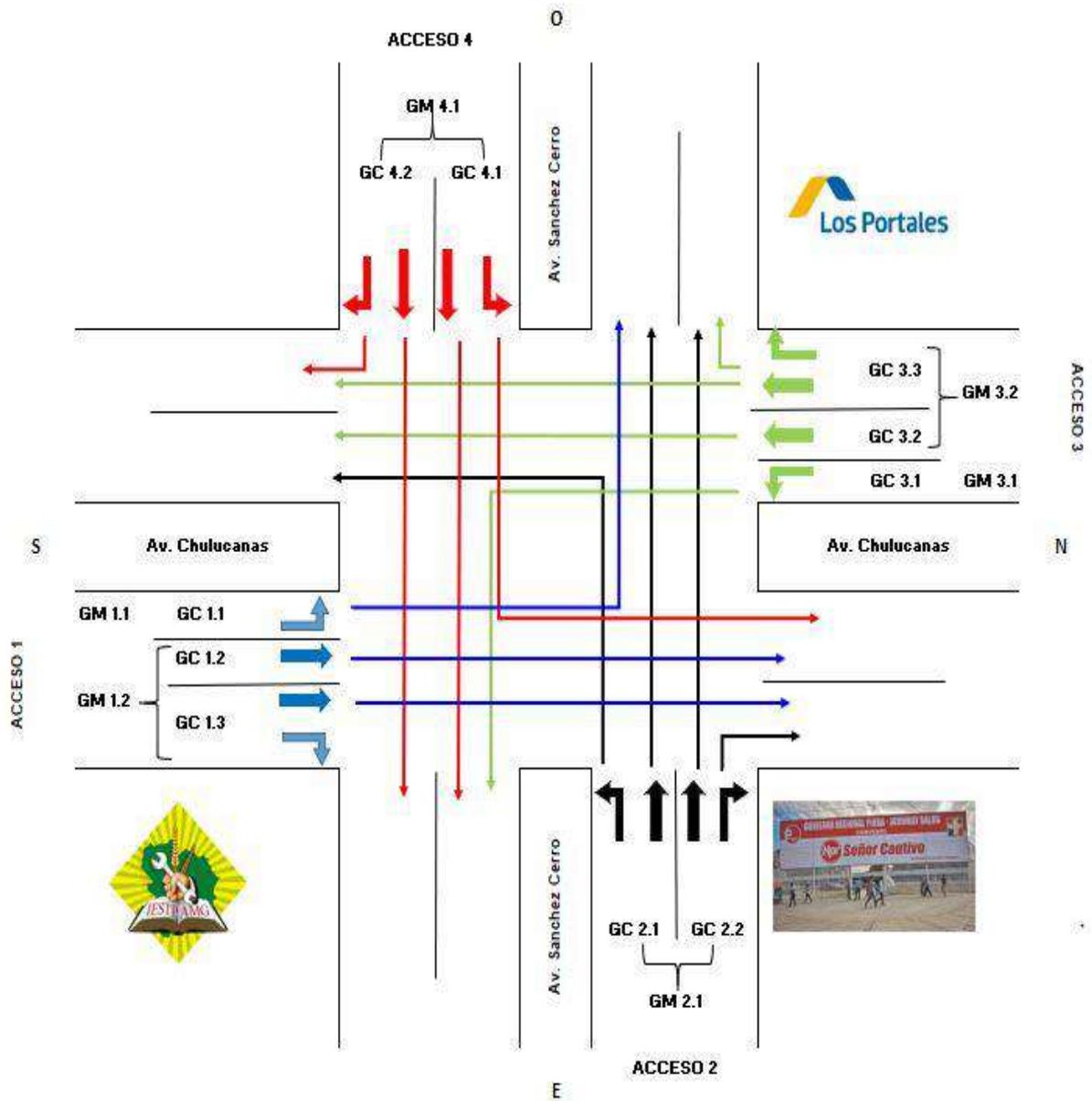


Figura 12. Asignación de grupos de movimiento y grupos de carril en la intersección

De este modo, la data recolectada será pasada a un nuevo formato, el cual se muestra en la Tabla 9, diseñado para clasificarla según grupo de carril y posteriormente ser aplicada la metodología HCM 2010.

Tabla 9. Formato de procesamiento de data recolectada en campo según grupo de carril

Día 2	Hora			06:00				06:15				06:30				06:45			
				06:15				06:30				06:45				07:00			
Viernes 18/09/2020	Acceso			1				1				1				1			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3	
	Maniobra			1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3
Vehiculo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal																			
Moto Taxi																			
Auto																			
Pick Up																			
Combi																			
Micro																			
Bus																			
Camión																			
Semi Trailer / Trailer																			
TOTAL																			

**2.1.3.4 Procesamiento de datos tomados en campo.** Como parte del desarrollo de un estudio de tráfico se tienen que establecer los factores a aplicar para la conversión a vehículos equivalentes. Estos han sido extraídos de un informe vial realizado en la ciudad de Piura. En la Tabla 10 se muestran los valores asignados a los factores de vehículos equivalentes. (Timaná, 2016)

Tabla 10. Factores de vehículos equivalentes

Factor vehículo equivalente	
Moto Lineal	0.20
Mototaxi	0.33
Auto	1.00
Pick Up	1.00
Combi	1.25
Micro	1.50
Bus	2.00
Camión	3.00
Semi Tráiler / Tráiler	5.00

De la Tabla 11 a 14; como ejemplo y parte de la explicación, se usará la data del viernes 18/09/2020 para detallar el paso a paso del estudio de tráfico; cabe resaltar que se hizo lo mismo con la data del jueves 17/09/2020 y sábado 19/09/2020. De acuerdo con los procedimientos, se presenta y analiza los datos de toda la intersección. El objetivo es hallar el flujo de vehículo equivalente por GC (60') lo cual me permitirá identificar la hora punta o pico del día.

Tabla 11. Procesamiento de datos del acceso 1 en el segundo día de estudio

Día 2	Hora			06:00				06:15				06:30				06:45			
				06:15				06:30				06:45				07:00			
Viernes 18/09/2020	Acceso			1				1				1				1			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3	
	Maniobra			1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2144	27.8%	2	3	11	4	8	3	8	3	8	8	7	8	7	13	17	7
Moto Taxi		2963	38.4%	3	8	15	7	19	4	9	6	21	8	22	5	14	10	32	7
Auto		1464	19.0%	7	2	3	2	4	0	1	2	15	2	5	3	4	8	5	6
Pick Up		786	10.2%	0	3	3	2	5	2	3	1	10	5	1	1	9	3	1	1
Combi		144	1.9%	0	1	0	1	1	0	2	0	4	0	0	0	1	0	0	0
Micro		25	0.3%	0	2	1	0	1	1	1	0	6	0	1	1	0	0	2	0
Bus		31	0.4%	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Camión		150	1.9%	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3	1	0	0
Semi Trailer / Trailer		15	0.2%	0	0	0	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		7722	100.0%	12	19	50		40	10	38		71	23	54		38	35	78	
Vehículos equivalentes por Giro				8.0	13.0	15.0	13.0	28.0	5.0	16.0	8.0	75.0	11.0	16.0	9.0	29.0	20.0	23.0	11.0
Vehículos equivalentes por Grupo de Carril GC				8.0	13.0	28.0		28.0	5.0	24.0		75.0	11.0	25.0		29.0	20.0	34.0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')				75.0	20.0	34.0		75.0	29.0	34.0		75.0	29.0	34.0		29.0	34.0	39.0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4				300	80	136		300	116	136		300	116	136		116	136	156	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')				140.0	49.0	111.0		141.0	65.0	100.0		120.0	89.0	105.0		55.0	112.0	119.0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')				0.4667	0.6125	0.8162		0.4700	0.5603	0.7353		0.4000	0.7672	0.7721		0.4741	0.8235	0.7628	

Tabla 12. Procesamiento de datos del acceso 2 en el segundo día de estudio

Día 2	Hora			06:00				06:15				06:30				06:45			
				06:15				06:30				06:45				07:00			
Viernes 18/09/2020	Acceso			2				2				2				2			
	Grupo de Carril			GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2	
	Maniobra			2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3133	20.2%	2	11	12	10	0	23	8	9	0	36	19	10	3	20	8	12
Moto Taxi		4209	27.1%	0	40	30	13	0	54	11	4	0	62	14	14	1	66	20	15
Auto		3603	23.2%	0	23	12	15	0	25	29	8	0	20	14	12	2	13	16	10
Pick Up		2819	18.2%	0	11	6	19	0	15	14	0	0	12	20	4	1	12	16	5
Combi		433	2.8%	0	7	0	0	0	9	2	0	0	4	1	0	0	0	3	1
Micro		518	3.3%	0	9	0	0	0	16	0	0	0	5	2	0	0	6	2	0
Bus		296	1.9%	0	3	2	0	0	2	3	0	1	10	4	0	0	3	3	0
Camión		453	2.9%	0	10	4	0	0	8	5	0	0	6	6	0	0	6	7	1
Semi Trailer / Trailer		56	0.4%	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		15520	100.0%	118		123		153		93		156		120		133		119	
Vehiculos equivalentes por Giro				0.0	118.0	46.0	40.0	0.0	131.0	72.0	11.0	2.0	110.0	73.0	23.0	4.0	84.0	74.0	27.0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC				118.0		86.0		131.0		83.0		112.0		96.0		88.0		101.0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')				131.0		101.0		131.0		101.0		122.0		126.0		122.0		126.0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4				524		404		524		404		488		504		488		504	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')				449.0		366.0		428.0		368.0		419.0		411.0		404.0		407.0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')				0.8569		0.9059		0.8168		0.9109		0.8586		0.8155		0.8279		0.8075	

Tabla 13. Procesamiento de datos del acceso 3 en el segundo día de estudio

Día 2	Hora			06:00				06:15				06:30				06:45			
				06:15				06:30				06:45				07:00			
Viernes 18/09/2020	Acceso			3				3				3				3			
	Grupo de Carril			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3	
	Maniobra			3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3372	27.9%	15	7	5	4	15	12	2	13	5	18	14	8	18	16	19	10
Moto Taxi		4148	34.3%	10	16	12	8	12	6	7	9	15	8	12	19	5	29	28	19
Auto		2405	19.9%	2	2	5	7	17	2	1	10	7	4	8	12	6	11	6	7
Pick Up		1505	12.4%	3	1	3	5	9	2	6	9	14	2	1	15	3	3	5	5
Combi		158	1.3%	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Micro		20	0.2%	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Bus		48	0.4%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Camión		363	3.0%	0	0	1	0	0	3	0	1	0	0	0	3	1	0	5	9
Semi Trailer / Trailer		82	0.7%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		12101	100.0%	30	26	52		53	25	58		41	32	94		33	60	117	
Vehículos equivalentes por Giro				11.0	10.0	16.0	18.0	33.0	17.0	10.0	28.0	27.0	12.0	19.0	44.0	17.0	28.0	40.0	51.0
Vehículos equivalentes por Grupo de Carril GC				11.0	10	34.0		33.0	17	38.0		27.0	12	63.0		17.0	28	91.0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')				33.0	28.0	91.0		33.0	28.0	91.0		28.0	28.0	92.0		37.0	35.0	92.0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4				132	112	364		132	112	364		112	112	368		148	140	368	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')				88.0	67	226.0		101.0	75	279.0		96.0	77	333.0		106.0	100	357.0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')				0.6667	0.5982	0.6209		0.7652	0.6696	0.7665		0.8571	0.6875	0.9049		0.7162	0.7143	0.9701	

Tabla 14. Procesamiento de datos del acceso 4 en el segundo día de estudio

Día 2	Hora			06:00				06:15				06:30				06:45			
				06:15				06:30				06:45				07:00			
Viernes 18/09/2020	Acceso			4								4							
	Grupo de Carril			GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2	
	Maniobra			4.1	4.2.1	4.2.2	4.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2080	18.8%	14	1	2	8	7	6	3	1	6	7	15	1	6	15	11	0
Moto Taxi		3007	27.2%	13	3	2	5	11	15	11	1	6	17	11	2	8	22	4	2
Auto		2382	21.5%	15	0	1	8	1	5	2	3	7	3	4	3	4	6	7	2
Pick Up		1945	17.6%	18	0	2	0	3	5	3	1	4	3	1	0	2	5	0	1
Combi		352	3.2%	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
Micro		264	2.4%	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0
Bus		276	2.5%	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
Camión		562	5.1%	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Semi Trailer / Trailer		187	1.7%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		11055	100.0%	66		30		59		25		58		39		73		27	
Vehiculos equivalentes por Giro				40.0	5.0	8.0	11.0	15.0	20.0	9.0	5.0	15.0	21.0	13.0	5.0	11.0	28.0	11.0	4.0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC				45.0		19.0		35.0		14.0		36.0		18.0		39.0		15.0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')				45.0		19.0		55.0		38.0		77.0		38.0		77.0		38.0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4				180		76		220		152		308		152		308		152	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')				155.0		66.0		165.0		85.0		207.0		106.0		238.0		107.0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')				0.8611		0.8684		0.7500		0.5592		0.6721		0.6974		0.7727		0.7039	

Se agruparán los volúmenes vehiculares de todos los accesos por cada hora de estudio con el objetivo de encontrar la hora pico de cada día de estudio. En la Tabla 15 se muestran los volúmenes del segundo día de estudio.

Tabla 15. Volumen vehicular por hora del viernes 18/09/2020

06:00															
07:00															
1				2				3				4			
1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
140.0	49.0	111.0		449.0		366.0		88.0	67.0	226.0		155.0		66.0	
1717															
06:15															
07:15															
1				2				3				4			
1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
141.0	65.0	100.0		428.0		368.0		101.0	75.0	279.0		165.0		85.0	
1807															
06:30															
07:30															
1				2				3				4			
1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
120.0	89.0	105.0		419.0		411.0		96.0	77.0	333.0		207.0		106.0	
1963															
06:45															
07:45															
1				2				3				4			
1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
55.0	112.0	119.0		404.0		407.0		106.0	100.0	357.0		238.0		107.0	
2005															

A continuación, se mostrarán las Tablas 16; 17 y 18 de procesamiento de los valores máximos de volúmenes vehiculares e histogramas en las Figuras 13; 14 y 15 de cada uno de los tres días de estudio.

El VHMD del jueves 17/09/2020 es de 2364 entre las 07:45 a 08:45 horas.

Tabla 16. Valores máximos jueves 17/09/2020

VALORES MÁXIMOS DÍA JUEVES 17/09/2020															
07:45															
08:45															
1				2				3				4			
1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
17/09/2020	18.0	114.0	131.0		453.0		436.0		178.0	117.0	419.0		367.0		131.0
2364															

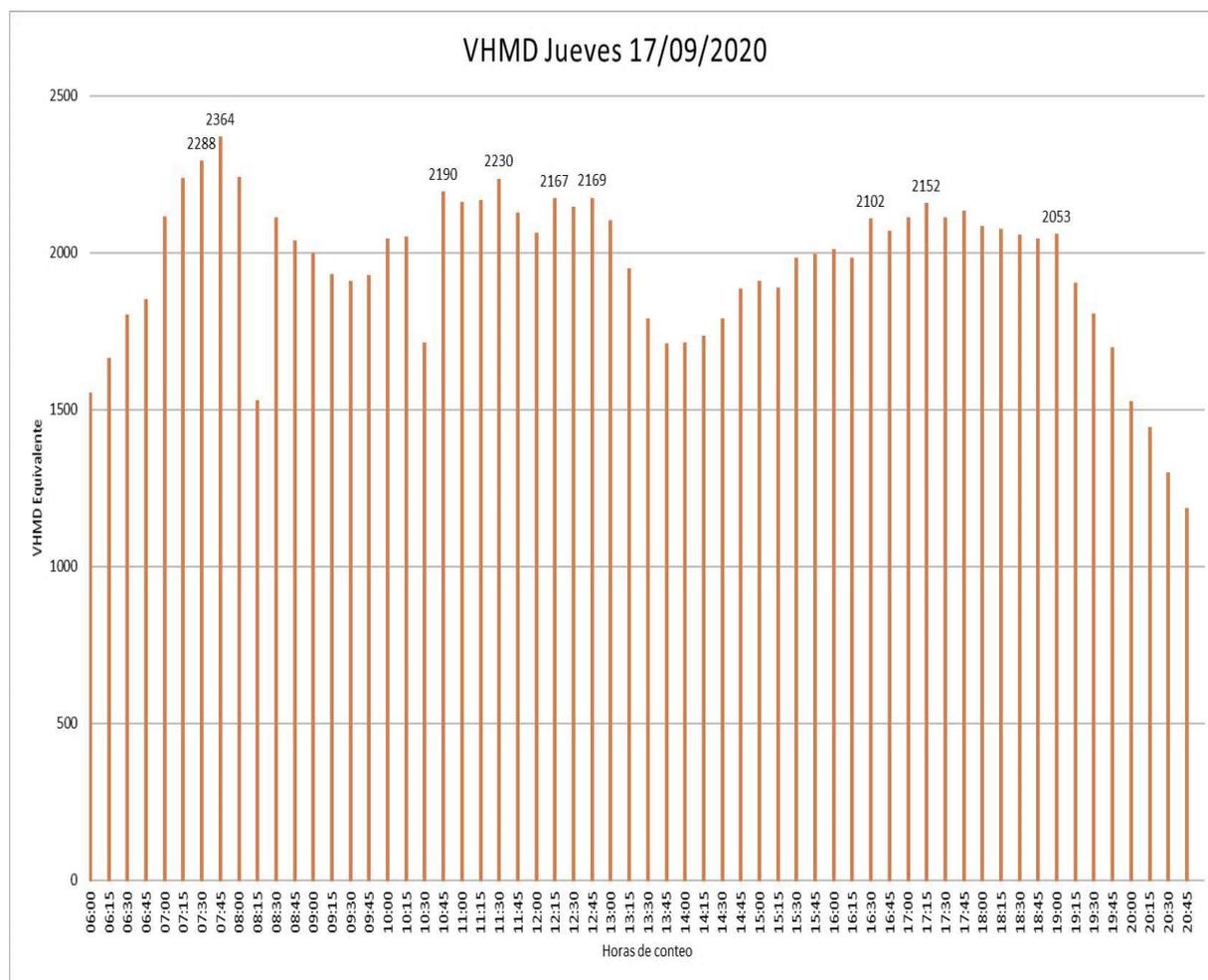


Figura 13. Histograma de VHMD de jueves 17/09/2020

El VHMD del viernes 18/09/2020 es de 2528 entre las 12:45 y 13:45 horas.

Tabla 17. Valores máximos viernes 18/09/2020

VALORES MÁXIMOS DÍA VIERNES 18/09/2020															
12:45															
13:45															
1				2				3				4			
GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1		GC 2.2		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1		GC 4.2	
1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
68.0	105.0	133.0		396.0		444.0		192.0	130.0	255.0		524.0		281.0	
2528															

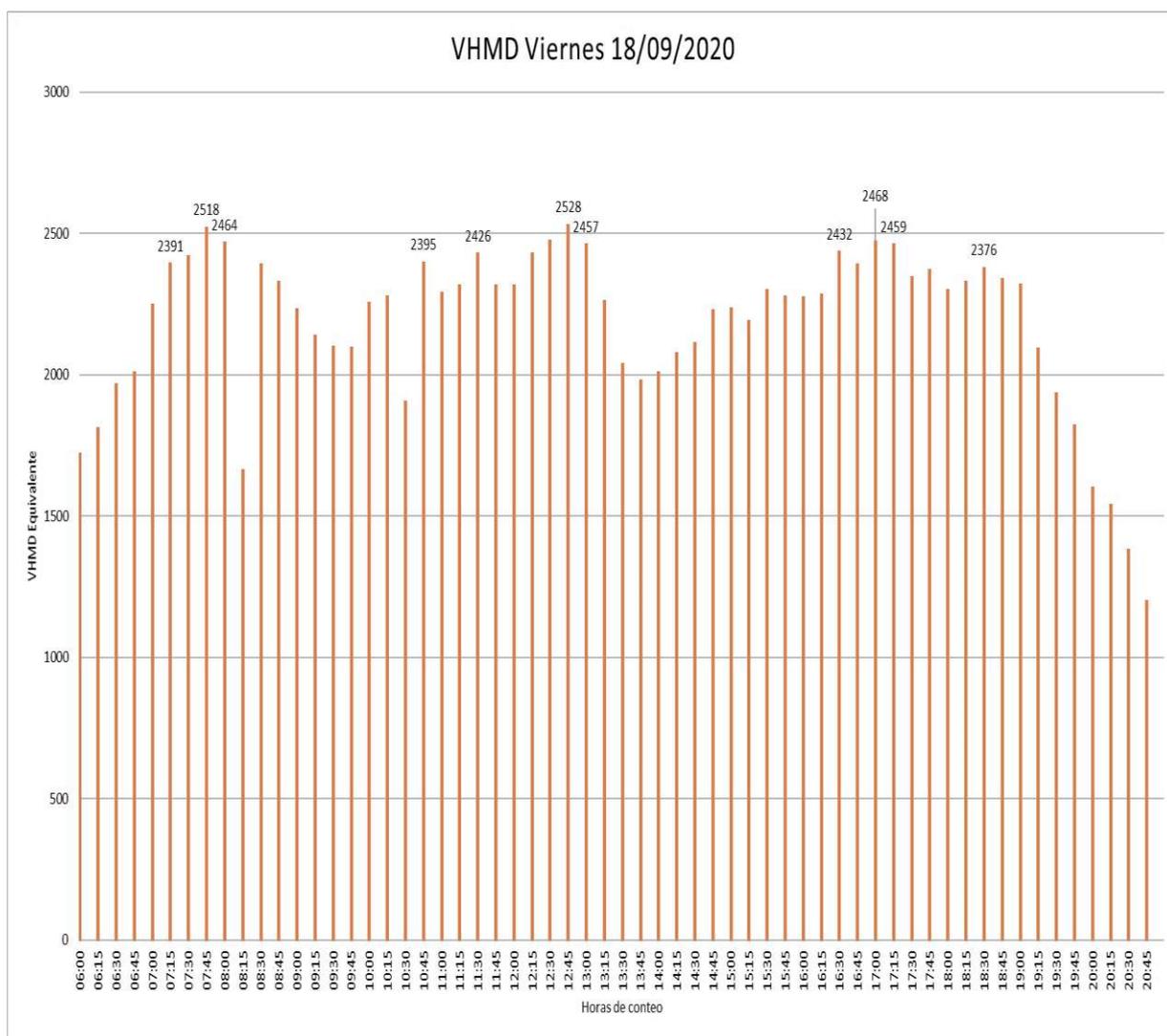


Figura 14. Histograma de VHMD de viernes 18/09/2020

El VHMD del sábado 19/09/2020 es de 2487 entre las 07:45 y 08:45 horas.

Tabla 18. Valores máximos sábado 19/09/2020

VALORES MÁXIMOS DÍA SABADO 19/09/2020															
07:45															
08:45															
1				2				3				4			
1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
19/09/2020															
62.0	122.0	206.0		374.0		370.0		174.0	118.0	506.0		384.0		171.0	
2487															

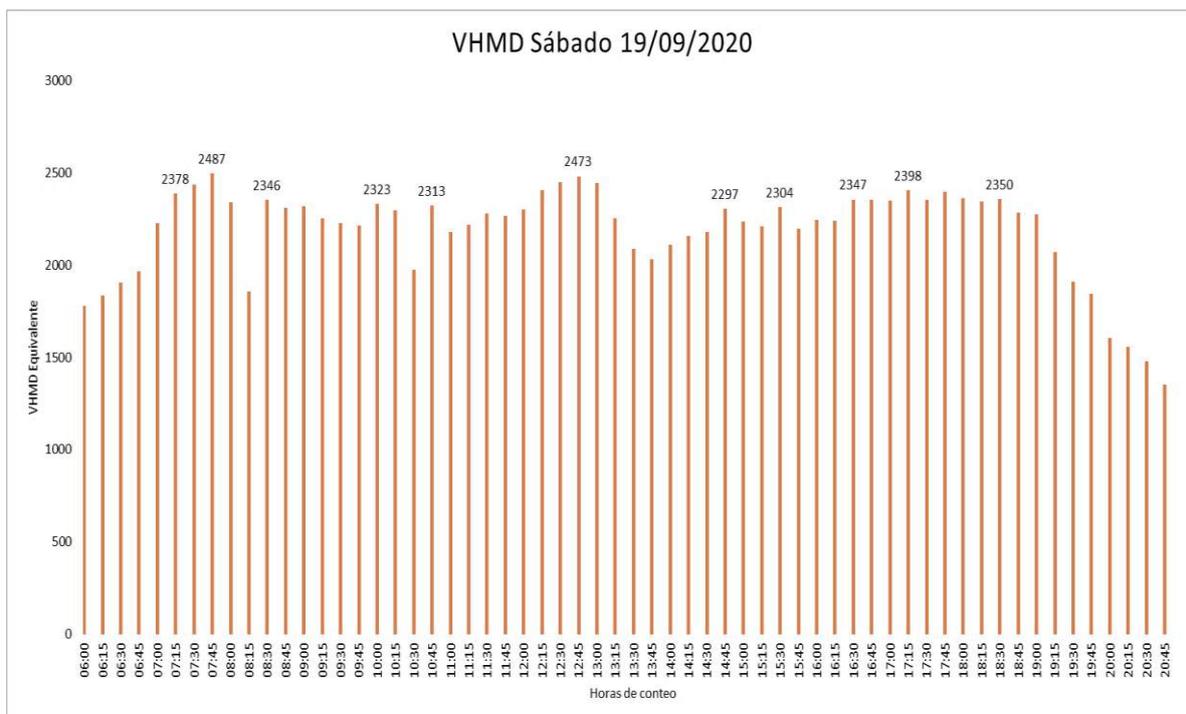


Figura 15. Histograma de VHMD de sábado 19/09/2020

La Figura 16 muestra los volúmenes máximos equivalentes de cada uno de los tres días en estudio. Dando como día de mayor demanda al viernes 18/09/2020.



Figura 16. Volúmenes máximos equivalentes en los días de estudio

Teniendo como día de mayor demanda al viernes 18/09/2020, se trabajará con la data de su hora pico identificada entre las 12:45pm a 1:45pm. A continuación, se mostrará los volúmenes máximos equivalentes hallados por grupo de carril en cada acceso en las Tablas 19, 20, 21 y 22.

Tabla 19. VHMD equivalente por grupo de carril en Acceso 1

	ACCESO 1	
	VHMD equivalente (veh/hr)	Veh. Pesados Físicos
GC 1.1	68,0	5
GC 1.2	105,0	3
GC 1.3	133,0	4

Tabla 20. VHMD equivalente por grupo de carril en Acceso 2

	ACCESO 2	
	VHMD equivalente (veh/hr)	Veh. Pesados Físicos
GC 2.1	396.0	33
GC 2.2	444.0	31

Tabla 21. VHMD equivalente por grupo de carril en Acceso 3

	ACCESO 3	
	VHMD equivalente (veh/hr)	Veh. Pesados Físicos
GC 3.1	192.0	5
GC 3.2	130.0	9
GC 3.3	255.0	23

Tabla 22. VHMD equivalente por grupo de carril en Acceso 4

	ACCESO 4	
	VHMD equivalente (veh/hr)	Veh. Pesados Físicos
GC 4.1	524.0	66
GC 4.2	281.0	49

Así mismo, es necesario la toma de datos de bicicletas, bloqueo de buses y número de maniobras de estacionamiento para hallar la tasa de flujo de saturación ajustada. En la Tabla 23 se muestran los datos de la hora de máxima demanda del viernes 18/09/20.

Tabla 23. Datos para tasa de flujo de saturación ajustada en HCM 2010

	12:45 A 13:45															
	1				2				3				4			
	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Bicicleta		2				0				3				0		
Bloqueo de Bus		0				4				0				6		
# Maniobras de estacionamiento		1				0				2				0		

En la figura 17 se muestra la composición de vehículos físicos en la hora pico del día de mayor demanda. Se observa que los mototaxis son los vehículos con mayor porcentaje del total del volumen, ocupando un 31% del total y el menor porcentaje pertenece a los Semi Tráiler y Tráiler.

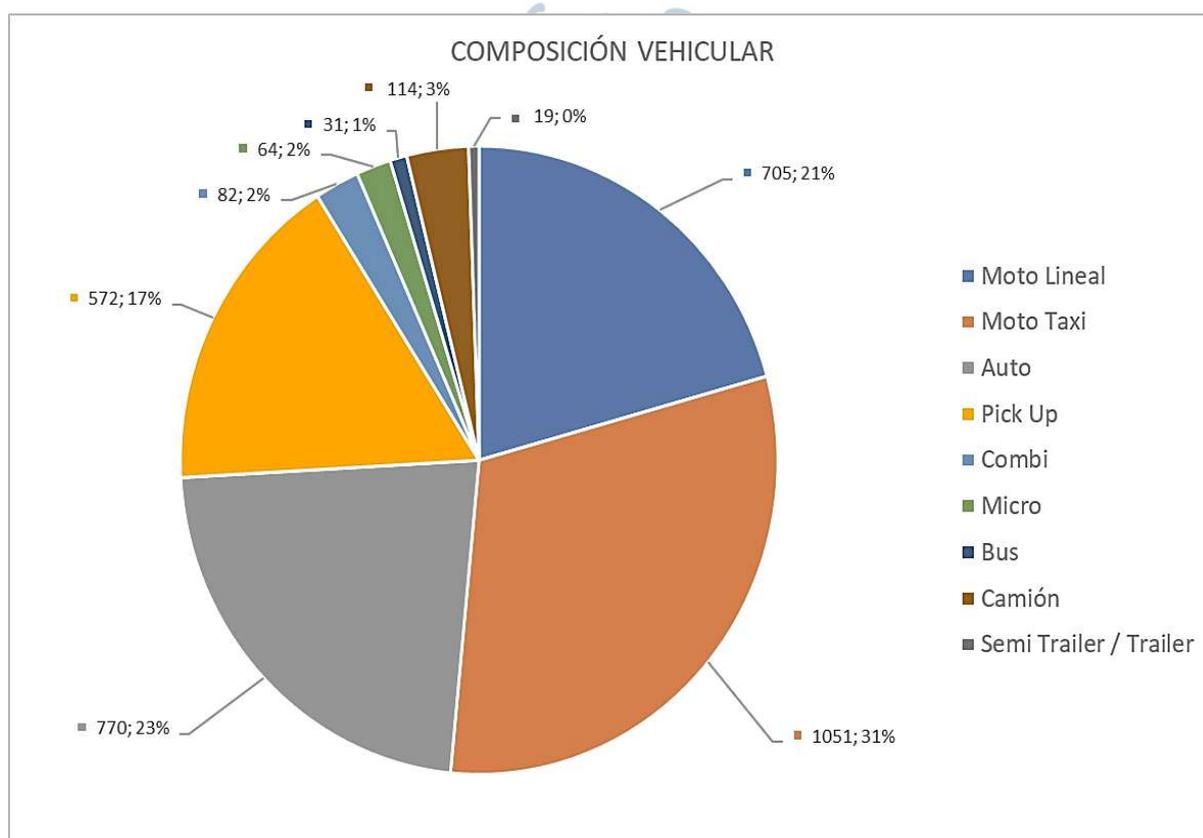


Figura 17. Composición de volumen por tipo de vehículo

Tabla 24. Descomposición de volumen de vehículos físicos en hora pico del viernes 18/09/2020

Día 2	Hora		12:45																13:00																
			13:00																13:15																
	Acceso		1				2				3				4				1				2				3				4				
			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1	GC 2.2			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1	GC 4.2			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1	GC 2.2			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1	GC 4.2			
Maniobra		1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3		
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	7	10	13	4	2	34	17	1	8	15	8	12	6	3	14	7	4	13	13	5	0	38	19	8	7	20	14	7	8	5	21	4
Moto Taxi		1051	31%	5	11	20	1	0	93	16	12	14	27	11	13	10	13	34	8	15	17	18	3	5	57	29	10	14	26	15	3	23	1	22	10
Auto		770	23%	0	10	5	5	2	26	17	11	11	9	5	9	10	20	12	6	9	14	4	10	0	30	22	10	20	9	5	9	16	28	14	9
Pick Up		572	17%	2	7	2	2	1	34	16	14	9	4	5	4	10	22	7	3	7	6	4	7	0	9	25	17	24	2	3	11	14	29	8	0
Combi		82	2%	1	3	1	0	0	4	2	0	0	1	0	0	0	2	4	1	0	2	1	1	0	1	2	0	2	0	0	2	1	6	1	0
Micro		64	2%	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	3	5	0
Bus		31	1%	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	1	0	5	2	0
Camión		114	3%	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3	6	5	2	3	3	0	1	2	0	3	1	0	0	5	0	4	3	7	2	2
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	16	42	41	12	5	199	73	38	42	57	29	44	44	70	81	28	38	52	41	28	5	146	103	45	67	62	37	37	68	84	75	25

Día 2	Hora		13:15																13:30																
			13:30																13:45																
	Acceso		1				2				3				4				1				2				3				4				
			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1	GC 2.2			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1	GC 4.2			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1	GC 2.2			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1	GC 4.2			
Maniobra		1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3		
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	2	16	14	7	0	35	32	12	12	23	8	3	3	5	9	6	3	12	20	6	2	23	16	10	14	20	11	12	7	1	4	10
Moto Taxi		1051	31%	18	11	13	3	1	45	38	12	17	22	12	15	23	2	18	11	8	15	22	9	5	43	17	15	19	14	11	14	17	2	11	12
Auto		770	23%	3	9	5	4	0	45	39	10	17	12	7	13	14	24	15	2	6	7	4	8	5	28	15	19	19	14	6	17	14	10	7	5
Pick Up		572	17%	0	3	1	1	0	9	26	13	22	0	0	20	10	13	5	3	5	4	3	2	2	15	24	12	19	3	0	12	18	11	6	2
Combi		82	2%	0	0	0	1	0	6	6	2	3	1	0	2	3	0	3	2	1	1	1	1	0	4	2	0	0	2	2	0	1	0	0	0
Micro		64	2%	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	1	4	0
Bus		31	1%	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Camión		114	3%	0	0	0	0	0	0	6	0	5	3	0	7	3	7	4	2	1	2	1	0	0	2	2	0	0	0	0	3	5	1	3	0
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	23	39	33	16	1	144	154	49	76	61	27	61	58	55	65	26	24	41	51	26	14	123	81	56	71	53	30	59	65	27	36	29

Tabla 25. Descomposición de volumen de vehículos físicos por grupos de carril en hora pico del viernes 18/09/2020

Día 2	Hora			TOTAL POR GRUPO DE CARRIL										COMPOSICIÓN VEHICULAR POR GRUPO DE CARRIL																				
				1			2			3			4			1			2			3			4									
	Acceso			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3	GC 2.1	GC 2.2	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3	GC 4.1	GC 4.2	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3	GC 4.1	GC 4.2										
	Grupo de Carril			1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2
Maniobra			←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Vehículo	Veh.	Suma	%																															
Moto Lineal		705	21%	16	51	82	134	115	41	78	75	38	75	15.84%	29.31%	33.06%	21.04%	19.20%	16.02%	33.48%	23.15%	8.07%	20.55%											
Moto Taxi		1051	31%	46	54	89	249	149	64	89	94	91	126	45.54%	31.03%	35.89%	39.09%	24.87%	25.00%	38.20%	29.01%	19.32%	34.52%											
Auto		770	23%	18	40	45	136	143	67	44	71	136	70	17.82%	22.99%	18.15%	21.35%	23.87%	26.17%	18.88%	21.91%	28.87%	19.18%											
Pick Up		572	17%	14	20	22	70	147	74	9	55	127	34	13.86%	11.49%	8.87%	10.99%	24.54%	28.91%	3.86%	16.98%	26.96%	9.32%											
Combi		82	2%	2	6	6	15	14	5	4	6	13	11	1.98%	3.45%	2.42%	2.35%	2.34%	1.95%	1.72%	1.85%	2.76%	3.01%											
Micro		64	2%	0	0	0	19	13	0	0	0	9	23	0.00%	0.00%	0.00%	2.98%	2.17%	0.00%	0.00%	0.00%	1.91%	6.30%											
Bus		31	1%	0	0	0	7	9	0	0	2	6	7	0.00%	0.00%	0.00%	1.10%	1.50%	0.00%	0.00%	0.62%	1.27%	1.92%											
Camión		114	3%	5	3	4	7	9	5	9	17	37	18	4.95%	1.72%	1.61%	1.10%	1.50%	1.95%	3.86%	5.25%	7.86%	4.93%											
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0	0	0	0	0	0	4	14	1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.23%	2.97%	0.27%											
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	101	174	248	637	599	256	233	324	471	365	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%											

Tabla 26. Descomposición de volumen de vehículos físicos por grupos de movimiento en hora pico del viernes 18/09/2020

Día 2	Hora			TOTAL POR GRUPO DE MOVIMIENTO										COMPOSICIÓN VEHICULAR POR GRUPO DE MOVIMIENTO																				
				1			2			3			4			1			2			3			4									
	Acceso			GM 1.1	GM 1.2	GM 1.3	GM 2.1	GM 3.1	GM 3.2	GM 3.3	GM 4.1	GM 4.2	GM 4.3	GM 1.1	GM 1.2	GM 1.3	GM 2.1	GM 3.1	GM 3.2	GM 3.3	GM 4.1	GM 4.2	GM 4.3											
	Grupo de Carril			1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2
Maniobra			←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Vehículo	Veh.	Suma	%																															
Moto Lineal		705	21%	16	133			249			41	153			113			16%	32%			20%			16%	27%			14%					
Moto Taxi		1051	31%	46	143			398			64	183			217			46%	34%			32%			25%	33%			26%					
Auto		770	23%	18	85			279			67	115			206			18%	20%			23%			26%	21%			25%					
Pick Up		572	17%	14	42			217			74	64			161			14%	10%			18%			29%	11%			19%					
Combi		82	2%	2	12			29			5	10			24			2%	3%			2%			2%	2%			3%					
Micro		64	2%	0	0			32			0	0			32			0%	0%			3%			0%	0%			4%					
Bus		31	1%	0	0			16			0	2			13			0%	0%			1%			0%	0%			2%					
Camión		114	3%	5	7			16			5	26			55			5%	2%			1%			2%	5%			7%					
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0			0			0	4			15			0%	0%			0%			0%	1%			2%					
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	101	422			1236			256	557			836			100%	100%			100%			100%	100%			100%					

### 2.1.4 Cálculo del Índice Medio Diario Anual

El índice medio diario anual proporciona al proyectista la información necesaria para determinar las características necesarias para el diseño de una infraestructura vial, su clasificación y desarrollo de programas de mejoras y mantenimientos (MTC, 2018, pág. 93). Para el cálculo del IMDA se deben determinar el IMD y el IMDS como cálculos previos, asimismo indicar que el IMDA calculado es el total que se aproxima a la intersección.

El IMD es el máximo número de vehículos equivalentes que pasan por la intersección durante una hora al día, a la cual se le denomina hora pico; es decir el IMD es igual al VHMD que hemos obtenido en tablas anteriores.

$$IMD = VHMD$$

Por tanto, se tendrán valores de IMD de los tres días de conteo realizados, los cuales se considerarán para el cálculo del IMDS.

Para el cálculo del IMDS en intersecciones, se toman los valores de los IMD de los tres días de conteo.

$$IMDS = \frac{5 * \left( \frac{VHMD_{L1} + VHMD_{L2}}{2} \right) + 2 * (VHMD_{NL})}{7}$$

Donde:

$VHMD_{L1}$  = volumen horario de máxima demanda de día laborable 1

$VHMD_{L2}$  = volumen horario de máxima demanda de día laborable 2

$VHMD_{NL}$  = volumen horario de máxima demanda de día no laborable

Para el cálculo del IMDA se utilizaron los IMDS afectados por un factor estacional, el cual se obtuvo de unas tablas brindadas por el MTC referidas al peaje más cercano.

$$IMDA = IMDS * FCE$$

Donde:

$IMDA$  = índice medio diario anual

$IMDS$  = índice medio diario semanal

$FCE$  = factor de corrección estacional

Los factores de corrección estacional se observan en el Anexo A.

En este caso, se consideraron como vehículos ligeros a motos lineales, mototaxi, auto, pick up y combi, y como vehículos pesados los micros, buses, camiones, semi tráiler y tráiler.

A continuación, se muestran las tablas de los IMD de los tres días de conteo.

Tabla 27. IMD de jueves 17/09/2020

Día 1	Vehículos	
Jueves 17/09/2020		
Vehículo	Veh.	Suma
Moto Lineal		166
Moto Taxi		377
Auto		700
Pick Up		472
Combi		124
Micro		56
Bus		38
Camión		318
Semi Trailer / Trailer		115
<b>IMD jueves</b>		<b>2365</b>

Tabla 28. IMD de viernes 18/09/2020

Día 2	Vehículos	
Viernes 18/09/2020		
Vehículo	Veh.	Suma
Moto Lineal		141
Moto Taxi		350
Auto		770
Pick Up		572
Combi		103
Micro		96
Bus		62
Camión		342
Semi Trailer / Trailer		95
<b>IMD viernes</b>		<b>2530</b>

Tabla 29. IMD de sábado 19/09/2020

Día 3	Vehículos	
Sábado 19/09/2020		
Vehículo	Veh.	Suma
Moto Lineal		167
Moto Taxi		374
Auto		707
Pick Up		452
Combi		144
Micro		92
Bus		116
Camión		324
Semi Trailer / Trailer		115
<b>IMD sábado</b>		<b>2490</b>

Para la obtención del IMDA se utilizó el factor de corrección estacional, los datos usados se muestran en la Tabla 30

Tabla 30. Factores de corrección estacional peaje Paita – Piura

AÑO 2017						
MES	IMD			FCE		
	LIGEROS	PESADOS	TOTAL	LIGEROS	PESADOS	PROMEDIO
ENERO	2374	834	3208	0.786363	1.013995	0.845554
FEBRERO	1934	932	2867	0.965031	0.907480	0.946317
MARZO	2628	1182	3811	0.710236	0.715340	0.711819
ABRIL	1549	697	2245	1.205184	1.214398	1.208042
MAYO	1596	675	2272	1.169335	1.252540	1.194070
JUNIO	1696	759	2454	1.100938	1.114696	1.105191
JULIO	1708	706	2413	1.093213	1.198333	1.123958
AGOSTO	1682	751	2433	1.109988	1.126516	1.115090
SEPTIEMBRE	1750	956	2706	1.067019	0.884399	1.002470
OCTUBRE	1671	904	2576	1.117037	0.935195	1.053180
NOVIEMBRE	1788	951	2739	1.044180	0.889140	0.990332
DICIEMBRE	2026	802	2828	0.921573	1.054741	0.959342
PROMEDIO	1867	846	2713	1.024175	1.025564	1.021281

Fuente: UGE-Provias Nacional.

Tabla 31. IMDA

Vehículo		IMD			IMDS	FCE	IMDA
		jueves 17/09/2020	viernes 18/09/2020	sábado 19/09/2020			
Moto Lineal		33	28	33	31	1,067019	33
Moto Taxi		126	117	125	122	1,067019	130
Auto		700	770	707	727	1,067019	776
Pick Up		472	572	452	502	1,067019	536
Combi		124	103	144	122	1,067019	130
Micro		56	96	92	80	0,884399	71
Bus		38	62	116	69	0,884399	61
Camión		318	342	324	328	0,884399	290
Semi Trailer / Trailer		115	95	115	108	0,884399	96
TOTAL		1981	2184	2107	2089		2123

### 2.1.5 Revisión de la geometría existente

La geometría de una intersección ocupa un papel muy importante en la capacidad de esta, siendo así un punto para analizar en toda intersección reduciendo o eliminando puntos de conflicto o accidentes entre vehículos, peatones y ciclistas.

En la Figura 18 se muestra la geometría existente de la intersección, a partir de la cual se detalló la geometría por cada acceso. En la intersección, la avenida Chulucanas cuenta con geometría más desarrollada que la avenida Sánchez Cerro. La avenida Chulucanas cuenta con tres carriles en sus accesos remodelados en el 2018 y la avenida Sánchez Cerro cuenta con dos carriles en ambos accesos, sin embargo, la geometría del acceso 4 se encuentra bastante deteriorada comparada con el acceso 2.



Figura 18. Geometría de la intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas  
Fuente: Google Earth.

**2.1.4.1 Geometría acceso 1.** En la Figura 19 se observa el diseño geométrico del acceso 1 (Av. Chulucanas sur) de la intersección; la geometría se detalla de acuerdo con lo existente.



Figura 19. Geometría Acceso 1 de intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas

Fuente: Planos de expediente técnico de Mejoramiento de la avenida Chulucanas.

#### a) Carriles

En este acceso se cuentan con 3 carriles de giro y 2 carriles receptores, el ancho de estos carriles es de 2.95 metros.

Entre los carriles de giro, el carril del extremo izquierdo está acondicionado para almacenar vehículos que realizarán el giro a la izquierda hacia avenida Sánchez Cerro Oeste, es un giro a la izquierda permitido – no protegido. Este carril tiene una longitud de 30 metros aguas arriba desde la línea de parada. El carril de en medio alberga vehículos que atravesarán la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Chulucanas Norte y el carril del extremo derecho es compartido, alberga vehículos que atravesarán la intersección en trayectoria recta hacia avenida Chulucanas Norte y giran a la derecha hacia avenida Sánchez Cerro Este, es un giro permitido – no protegido.

Así mismo, el pavimento de este acceso es de concreto y se construyó en el año 2019, cuando se realizó la ejecución del proyecto de pavimentación de la avenida Chulucanas.

#### **b) Carril de estacionamiento**

El acceso 1 cuenta con un carril de estacionamiento al costado de la calzada de carriles de giro y la calzada de carriles de recepción. Este carril tiene un ancho de 2.50 metros albergando vehículos que pretenden estacionarse a lo largo de la avenida Chulucanas. Están hechos de bloquetas de concreto.

#### **c) Veredas**

Alberga a los peatones que circulan a lo largo de la avenida Chulucanas. Están ubicadas entre los carriles de estacionamiento y los bordes de las propiedades colindantes; así mismo, cuenta con 2.40 metros de ancho y están hechas con concreto.

#### **d) Mediana**

Entre las dos calzadas (carriles de giro y carriles de recepción) se encuentra una mediana como separación que alberga una ciclovía existente a lo largo de toda la avenida Chulucanas. La mediana tiene un ancho de 8.30 metros entre la avenida Grau y avenida Sánchez Cerro. Sin embargo, este ancho se ve reducido a 5.30 metros en una longitud de 30 metros aguas arriba desde la línea de parada en la intersección de la avenida Sánchez Cerro con avenida Chulucanas para agregar el carril de giro a la izquierda en la calzada.

#### **e) Ciclovía**

La mediana alberga a la ciclovía que recorre toda la avenida Chulucanas, en este acceso 1 la ciclovía de ambos sentidos cuenta con un ancho de 2.40 metros, es pavimentada con concreto y se encuentra en la parte central de la mediana.

#### **f) Cruce peatonal**

El acceso 1 cuenta con un cruce para peatones de 3.70 metros de ancho; los peatones pueden circular en ambos sentidos durante su fase verde.

#### **g) Cruce de ciclistas**

El acceso 1 cuenta con un cruce de ciclistas adyacente al cruce peatonal, pintado de color verde en la Figura 19 con un ancho de 2.30 metros. Los ciclistas que vienen por la avenida Chulucanas de Sur a Norte tienen que girar a la derecha por su cruce establecido durante su

periodo verde de ciclistas que es el mismo de los peatones. Sin embargo, el semáforo existente de ciclistas tiene la misma fase semafórica de la de vehículos motorizados por lo que los ciclistas no pueden cruzar la calzada a través del pase diseñado para ellos. Tal es así que se ven obligados a cruzar de manera directa la intersección al mismo tiempo que la cruzan los vehículos motorizados y no por el cruce de ciclista instalado, haciéndolos más vulnerables.

#### h) Pendiente de acceso

La pendiente del acceso 1 para todos los carriles es de +0.34%, obtenida de *Google Earth*.

**2.1.4.2 Geometría acceso 2.** En la Figura 20 se observa el diseño geométrico del acceso 2 (Av. Sánchez Cerro Este) de la intersección, la geometría se detalla de acuerdo con lo existente. En este acceso se observan dos calzadas en desuso y un impedimento de cruce de ciclista ocasionado por una barrera.



Figura 20. Geometría Acceso 2 de intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas

Fuente: Planos de expediente técnico de mejoramiento de la Av. Chulucanas.

#### a) Carriles

En la figura 20 se pueden apreciar 3 calzadas. Actualmente solo se hace uso de la calzada principal; las dos calzadas auxiliares no están en uso, solo han quedado proyectadas para su ejecución en un futuro.

Este acceso en su calzada principal cuenta con 2 carriles de giro y 2 carriles receptores, el ancho de estos carriles es de 3.60 metros.

Entre los carriles de giro, el carril de la izquierda es compartido y está acondicionado para almacenar vehículos que realizarán el giro a la izquierda hacia avenida Chulucanas Sur, y a los que atraviesan la intersección en trayectoria recta hacia avenida Sánchez Cerro Oeste. El carril de la derecha es compartido y alberga vehículos que atraviesan la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Sánchez Cerro Oeste y vehículos que giran a la derecha hacia avenida Chulucanas Norte.

Así mismo el pavimento de este acceso es de asfalto y se construyó en el año 2019, cuando se realizó la ejecución del proyecto de pavimentación de la avenida Sánchez Cerro.

#### **b) Carril de estacionamiento**

El acceso 2 no cuenta con carriles de estacionamiento, aunque se han dejado proyectados para su ejecución en un proyecto futuro al costado de los carriles auxiliares y tendrían un ancho de 2.40 metros.

#### **c) Veredas**

Alberga a los peatones que circulan a lo largo de la avenida Sánchez Cerro. Están ubicadas entre los carriles de estacionamiento y los bordes de las propiedades colindantes, así mismo cuentan con 3.00 metros de ancho y están hechas con concreto.

#### **d) Mediana**

Existen dos medianas que separa la calzada principal de las dos calzadas auxiliares, ambas medianas cuentan con 12 metros de ancho. Asimismo, la calzada principal está dividida centralmente por un separador con barrera New Jersey de concreto. Sin embargo, esta barrera sobrepasa el cruce peatonal y de ciclistas impidiendo que los usuarios crucen por los pases oficiales, haciéndolos más vulnerables. En la Figura 21 podemos observar la barrera de New Jersey que impide el paso de peatones por el cruce oficial.



Figura 21. Barrera New Jersey en acceso 2 de la intersección

#### **e) Ciclovía**

No existe ciclovía a lo largo de toda la avenida Sánchez Cerro, solo cruza la ciclovía de la avenida Chulucanas.

#### **f) Cruce peatonal**

El acceso 2 cuenta con un cruce para peatones de 3.70 metros de ancho. Sin embargo, los peatones no pueden circular en ambos sentidos ya que lo impide el separador central de barrera New Jersey. Los peatones cruzan bastantes metros delante de la línea de parada del acceso, incrementando su vulnerabilidad ante los vehículos motorizados.

### g) Cruce de ciclistas

El acceso 2 cuenta con un cruce de ciclistas adyacente al cruce peatonal, pintado de color verde con un ancho de 2.60 metros; sin embargo, no pueden circular por este lado ya que lo impide el separador central de barrera New Jersey.

### h) Pendiente de acceso

La pendiente del acceso 2 para todos los carriles es de +4.00%, obtenida de *Google Earth*.

**2.1.4.3 Geometría acceso 3.** En la Figura 22 se observa el diseño geométrico del acceso 3 (Av. Chulucanas Norte) de la intersección, detallada de acuerdo con lo existente.

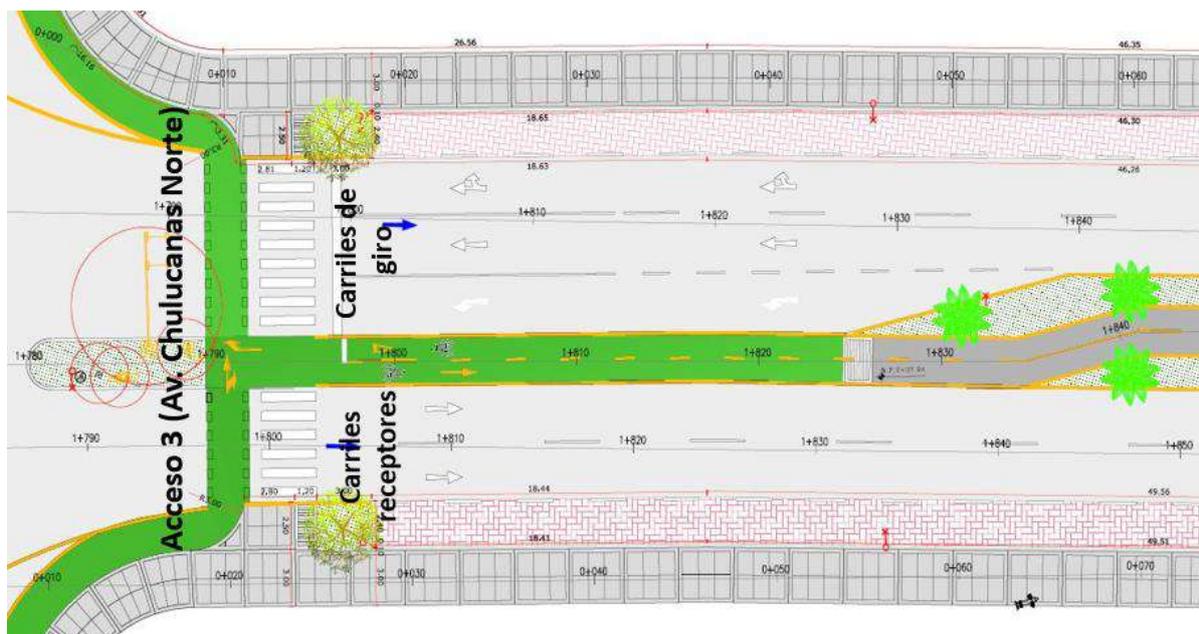


Figura 22. Geometría Acceso 3 de intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas

Fuente: Planos de expediente técnico de Mejoramiento de la avenida Chulucanas.

### a) Carriles

En este acceso se cuentan con 3 carriles de giro y 2 carriles receptores con un ancho de 2.95 metros cada uno.

Entre los carriles de giro, el carril del extremo izquierdo está acondicionado para almacenar vehículos que realizarán el giro a la izquierda hacia avenida Sánchez Cerro Este, es un giro a la izquierda permitido – no protegido; este carril tiene una longitud de 40 metros aguas arriba desde la línea de parada. El carril de en medio alberga vehículos que atravesarán la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Chulucanas Sur y el carril del extremo derecho es compartido, alberga vehículos que atravesarán la intersección en trayectoria recta hacia avenida Chulucanas Sur y giran a la derecha hacia avenida Sánchez Cerro Oeste, en un giro permitido – no protegido.

Así mismo el pavimento de este acceso es de concreto y se construyó en el año 2018, cuando se realizó la ejecución del proyecto de pavimentación de la avenida Chulucanas.

**b) Carril de estacionamiento**

El acceso 3 cuenta con un carril de estacionamiento al costado de la calzada, este carril tiene un ancho de 2.50 metros albergando vehículos que pretendan estacionarse a lo largo de la avenida Chulucanas. Están hechos de bloquetas de concreto.

**c) Veredas**

Alberga a los peatones que circulan a lo largo de la avenida Chulucanas. Están ubicadas entre los carriles de estacionamiento y los bordes de las propiedades colindantes, así mismo cuentan con 3.00 metros de ancho y están hechas con concreto.

**d) Mediana**

Entre las dos calzadas (carriles de giro y carriles de recepción) se encuentra una mediana como separación central de las dos calzadas que alberga una ciclovía existente a lo largo de toda la avenida Chulucanas. La mediana tiene un ancho de 6.00 metros entre la avenida Grau y avenida Sánchez Cerro, sin embargo este ancho se ve reducido a 2.70 metros en una longitud de 40 metros aguas arriba desde la línea de parada en la intersección de la avenida Sánchez Cerro con avenida Chulucanas para agregar el carril de giro a la izquierda en la calzada.

**e) Ciclovía**

La mediana alberga a la ciclovía que recorre toda la avenida Chulucanas, en este acceso 3 la ciclovía de ambos sentidos ocupa el mismo ancho de la mediana reducida es decir tiene un ancho de 2.70 metros y es pavimentada con concreto.

**f) Cruce peatonal**

El acceso 3 cuenta con un cruce para peatones de 3.70 metros de ancho; los peatones pueden circular en ambos sentidos durante su fase verde.

**g) Cruce de ciclistas**

El acceso 3 cuenta con un cruce de ciclistas de 2.30 metros de ancho adyacente al cruce peatonal, pintado de color verde en la Figura 22. Los ciclistas que vienen por la avenida Chulucanas de Norte a Sur tienen que girar a la derecha por su cruce establecido durante su periodo verde de ciclistas que es el mismo de los peatones. Sin embargo, el semáforo existente de ciclistas tiene la misma fase semafórica de la de vehículos motorizados por lo que los ciclistas no pueden cruzar la calzada a través del pase diseñado para ellos, obligándose a cruzar de manera directa la intersección al mismo tiempo que la cruzan los vehículos motorizados y no por el cruce de ciclista instalado, haciéndolos más vulnerables.

**h) Pendiente de acceso**

La pendiente del acceso 3 para todos los carriles es de -1.00%, obtenida de *Google Earth*.

**2.1.4.4 Geometría acceso 4.** En la Figura 23 se observa el diseño geométrico del acceso 4 (Av. Sánchez Cerro Oeste) de la intersección de acuerdo con lo existente.

Asimismo, parte del acceso 4 está siendo utilizado actualmente por las instalaciones de la Inmobiliaria Los Portales, tal cual se observa en la Figura 23.

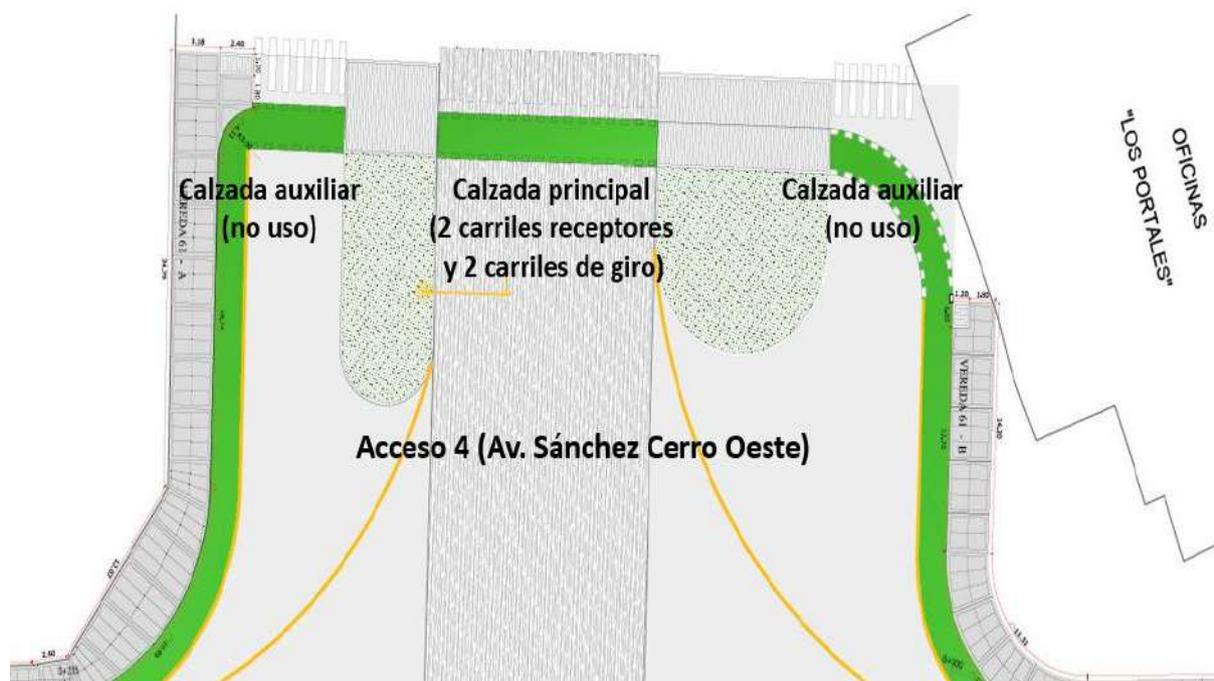


Figura 23. Geometría Acceso 4 de intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas

Fuente: Planos de expediente técnico de mejoramiento de la Av. Chulucanas

#### a) Carriles

En la Figura 23 se puede apreciar 3 calzadas; actualmente solo se hace uso de la calzada principal y las dos calzadas auxiliares han quedado proyectadas para su ejecución en un futuro.

Este acceso en su calzada principal cuenta con 2 carriles de giro y 2 carriles receptores, el ancho de estos carriles es de 3.60 metros; sin embargo, estos carriles no están bien definidos con señales en el pavimento ya que están en una calzada antigua.

Entre los carriles de giro, el carril de la izquierda es compartido y está acondicionado para almacenar vehículos que realizarán el giro a la izquierda hacia avenida Chulucanas Norte, y a los que atraviesan la intersección en trayectoria recta hacia avenida Sánchez Cerro Este. El carril de la derecha es compartido y alberga vehículos que atravesarán la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Sánchez Cerro Este y vehículos que giran a la derecha hacia avenida Chulucanas Sur.

#### b) Carril de estacionamiento

El acceso 4 no cuenta con carriles de estacionamiento, ni tampoco se han dejado proyectados.

### c) Vereda

Existen los inicios de dos veredas las cuales se construirán en su totalidad a futuro que albergarían a los peatones que circulan a lo largo de la avenida Sánchez Cerro. Tendrían un ancho de 3.18 metros.

### d) Mediana

Existen dos medianas que separan la calzada principal de las dos calzadas auxiliares: la mediana de la derecha tiene 6.65 metros de ancho y la mediana de la izquierda tiene 12.35 metros de ancho. Ambas medianas solo están construidas unos metros de longitud y se han dejado como proyección.

### e) Ciclovía

No existe ciclovía a lo largo de toda la avenida Sánchez Cerro, solo cruza la ciclovía de la avenida Chulucanas.

### f) Cruce peatonal

El acceso 4 cuenta con un cruce para peatones con un ancho de 3.70 metros.

### g) Cruce de ciclistas

El acceso 4 cuenta con un cruce de ciclistas adyacente al cruce peatonal, pintado de color verde y de 2.60 metros de ancho.

### h) Pendiente de acceso

La pendiente del acceso 4 para todos los carriles es de +0.71%, obtenida de *Google Earth*.

## 2.2 Análisis de la intersección

### 2.2.1 Análisis del NDS y capacidad bajo metodología HCM 2010

Se aplicará la metodología HCM 2010, a la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Prolongación Chulucanas. Se analizará el nivel de servicio y la capacidad de cada grupo de carril por acceso. Asimismo, por cada acceso se tiene información previa, la cuál es obtenida a través del conteo de campo, la geometría de la intersección y datos preestablecidos por la metodología HCM 2010. A continuación, a través de diversas plantillas realizadas mediante el software Microsoft Excel, se aplica la metodología.

**2.2.1.1 Acceso 1.** Para el desarrollo de la metodología HCM 2010 en el acceso 1 se recopiló información de la intersección a nivel geométrico, operacional y de tráfico. En la Tabla 32 se detallan los parámetros recopilados.

Tabla 32. Información previa de acceso 1

INFORMACIÓN PREVIA			
DATOS	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
Ancho de carril	2,95	2,95	2,95
% buses (PB)	0,00%	0,00%	0,00%
% camiones (PT)	4,95%	1,66%	1,66%
% Vehículos pesados	4,95%	1,66%	1,66%
# equivalente de vehículos ligeros para un vehículo pesado (ET)	2	2	2
Pendiente	0,34	0,34	0,34
N° de carriles (N)	1	1	1
N° maniobra en 1 hr	1	1	1
N° buses parando (Nb)	0	0	0
Equivalente de veh que giran a la izquierda (EL)	0,85	1	1
Equivalente de veh que giran a la derecha (ER)	1	1	0,95
Flujo de peatones (Vped)	58	-	26
Flujo de ciclistas (Vbic)	14	-	-

En la Tabla 33 se indica el volumen vehicular y el volumen de vehículos pesados físicos por grupo de carril del acceso 1.

Tabla 33. Volúmenes vehiculares de acceso 1

	ACCESO 1	
	veh/h	veh. Pesados
GC 1.1	68	5
GC 1.2	105	3
GC 1.3	133	4

En la Tabla 34 se detalla el factor de ajuste por ancho de carril, para la obtención del flujo de saturación.

Tabla 34. Factor de ajuste de ancho de carril

Ancho de carril	Fw
2.44	0.96
3.05	1
3.93	1.04

Fuente: HCM 2010. (2010)

A continuación, se detalla la obtención del factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas en el acceso 1, que es utilizado para hallar el flujo de saturación.

Tabla 35. Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas

<b>F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas</b>		
	<b>ACCESO 1</b>	
	<b>Giro izq GC 1.1</b>	<b>Giro der GC 1.3</b>
<b>Vped</b>	58	26
<b>Vpedg</b>	96.6667	43.3333
<b>OCCpedg</b>	0.0483	0.0217
<b>Vbic</b>	14.0000	0.0000
<b>Vbicg</b>	66.5000	-
<b>OCCbicg</b>	0.0446	-
<b>OCCr</b>	0.1762	0.1740
<b>Apbt</b>	0.8943	0.8956
<b>frpb</b>	-	0.8956
<b>flpb</b>	0.8943	-

Para la obtención de la capacidad es necesario la recopilación de los intervalos de tiempo del ciclo semafórico actual en el acceso de la intersección; a continuación se detalla lo mencionado.

Tabla 36. Ciclo semafórico acceso 1 de la intersección

<b>Grupo de carril</b>	<b>Semáforo (seg)</b>		<b>Ciclo Semafórico</b>
<b>GC 1.1</b>	<b>Verde efectivo</b>	20	95
	<b>Ambar</b>	3	
	<b>Rojo</b>	72	
<b>GC 1.2</b>	<b>Verde efectivo</b>	20	95
	<b>Ambar</b>	3	
	<b>Rojo</b>	72	
<b>GC 1.3</b>	<b>Verde efectivo</b>	20	95
	<b>Ambar</b>	3	
	<b>Rojo</b>	72	

A continuación, se detallan los factores usados para hallar el flujo de saturación y el valor obtenido.

Tabla 37. Flujo de saturación de acceso 1

<b>Flujo de Saturación</b>	<b>GC 1.1</b>	<b>GC 1.2</b>	<b>GC 1.3</b>
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	0,96	0,96	0,96
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9995	0,9998	0,9998
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,9983	0,9983	0,9983
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	0,895	0,895	0,895
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	1,1765	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	1,0526
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,8943	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,8956
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1713,718</b>	<b>1629,434</b>	<b>1536,128</b>

En la Tabla 38 se obtiene la capacidad y flujo de demanda para la obtención de la relación v/c por cada grupo de carril.

Tabla 38. Relación volumen-capacidad por grupo de carril del acceso 1

	ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
<b>N (número de carriles)</b>	1	1	1
<b>s (flujo de saturación)</b>	1713,718	1629,434	1536,128
<b>g (verde efectivo)</b>	20	20	20
<b>C (ciclo semafórico)</b>	95	95	95
<b>c (Capacidad)</b>	<b>360,783</b>	<b>343,039</b>	<b>323,395</b>
<b>Flujo de demana (Vi)</b>	124,06	124,02	188,03
<b>X</b>	<b>0,3439</b>	<b>0,3615</b>	<b>0,5814</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de las demoras de control por cada grupo de carril del acceso 1.

Tabla 39. Demoras por grupo de carril de acceso 1

	DEMORAS: ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
<b>PF</b>	0,912	0,912	0,912
<b>d1 (demora uniforme)</b>	31,9	32,0	33,7
<b>d2 (demora incremental)</b>	2,4	2,7	6,0
<b>d3 (demora cola inicial)</b>	0,0	0,0	0,0
<b>d (demora total)</b>	31,5	32,0	36,7

Finalmente, se muestra el nivel de servicio obtenido de acuerdo con las demoras por grupo de carril.

Tabla 40. Nivel de servicio por grupo de carril del acceso 1

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
<b>NDS</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

De acuerdo con la aplicación de la metodología HCM 2010, el nivel de servicio para los grupos de carriles GC 1.1 y GC 1.2 es C y para el grupo de carril GC 1.3 es D. A través de una visualización en campo es evidente que este acceso tiene grupos de carril con buen nivel de servicio comparados con los otros accesos, debido a que no existe cola inicial, por lo que todos los vehículos almacenados durante la fase en rojo atraviesan la intersección durante la fase verde.

**2.2.1.2 Acceso 2.** Para el desarrollo de la metodología HCM 2010 en el acceso 2 se recopiló información de la intersección a nivel geométrico, operacional y de tráfico. En la Tabla 41 se detallan los parámetros recopilados.

Tabla 41. Información previa de acceso 2

INFORMACIÓN PREVIA		
DATOS	GC 2.1	GC 2.2
Ancho de carril	3,6	3,6
% buses (PB)	3,88%	3,88%
% camiones (PT)	1,29%	1,29%
% Vehículos pesados	5,18%	5,18%
# equivalente de vehículos ligeros para un vehículo pesado (ET)	2	2
Pendiente	4	4
N° de carriles (N)	1	1
N° maniobra en 1 hr	-	-
N° buses parando (Nb)	4	4
Equivalente de veh que giran a la izquierda (EL)	0,85	1
Equivalente de veh que giran a la derecha (ER)	1	0,95
Flujo de peatones (Vped)	17	39
Flujo de ciclistas (Vbic)	0	-

En la Tabla 42 se indica el volumen vehicular y el volumen de vehículos pesados físicos por grupo de carril del acceso 2.

Tabla 42. Volúmenes vehiculares de acceso 2

	ACCESO 2	
	veh/h	veh. Pesados
GC 2.1	396	33
GC 2.2	444	31

En la Tabla 43 se detalla el factor de ajuste por ancho de carril, para la obtención del flujo de saturación.

Tabla 43. Factor de ajuste de ancho de carril

Ancho de carril		Fw
2.44	3.05	0.96
3.05	3.93	1
3.93		1.04

Fuente: HCM 2010 (2010)

A continuación, se detalla la obtención del factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas en el acceso 2, este factor es utilizado para hallar el flujo de saturación.

Tabla 44. Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas		
	ACCESO 2	
	Giro izq GC 2.1	Giro der GC 2.2
Vped	17	39
Vpedg	22,4306	51,4583
OCCpedg	0,0112	0,0257
Vbic	0,0000	0,0000
Vbicg	-	-
OCCbicg	-	-
OCCr	0,0183	0,0419
Apbt	0,9890	0,9749
frpb	-	0,9749
flpb	0,9890	-

Para la obtención de la capacidad es necesario la recopilación de los intervalos de tiempo del ciclo semafórico en el acceso de la intersección; a continuación se detalla lo mencionado.

Tabla 45. Ciclo semafórico acceso 2 de la intersección

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
GC 2.1	Verde efectivo	35	95
	Ambar	3	
	Rojo	57	
GC 2.2	Verde efectivo	35	95
	Ambar	3	
	Rojo	57	

A continuación, se detallan los factores usados para hallar el flujo de saturación y el valor obtenido.

Tabla 46. Flujo de saturación de acceso 2

Flujo de Saturación	GC 2.1	GC 2.2
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	1,00	1,00
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9995	0,9995
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,98	0,98
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	0,984	0,984
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	1,1765	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0526
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9890	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	0,9749
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>2130,813</b>	<b>1879,179</b>

En la Tabla 47 se obtiene la capacidad y flujo de demanda para la obtención de la relación v/c por cada grupo de carril.

Tabla 47. Relación volumen-capacidad por grupo de carril del acceso 2

	ACCESO 2	
	GC 2.1	GC 2.2
<b>N (número de carriles)</b>	1	1
<b>s (flujo de saturación)</b>	2130,813	1879,179
<b>g (verde efectivo)</b>	35	35
<b>C (ciclo semafórico)</b>	95	95
<b>c (Capacidad)</b>	<b>785,036</b>	<b>692,329</b>
<b>Flujo de demana (Vi)</b>	484,25	612,32
<b>x</b>	<b>0,6169</b>	<b>0,8844</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de las demoras de control por cada grupo de carril del acceso 2.

Tabla 48. Demora 3 de acceso 2

	DEMORA 3	
	GC 2.1	GC 2.2
<b>Qb</b>	5	4
<b>t</b>	0,016623126	0,049992395
<b>u</b>	0	0

Tabla 49. Demora 1 de acceso 2

DEMORA 1		
	GC 2.1	GC 2.2
<b>du</b>	53,1261255	60,89474537
<b>ds</b>	65	65

Tabla 50. Demoras por grupo de carril de acceso 2

	DEMORAS: ACCESO 2	
	GC 2.1	GC 2.2
<b>PF</b>	1	1
<b>d1 (demora uniforme)</b>	53,9	61,7
<b>d2 (demora incremental)</b>	3,1	8,1
<b>d3 (demora cola inicial)</b>	0,8	2,1
<b>d (demora total)</b>	57,8	71,9

Finalmente, se muestra el nivel de servicio obtenido de acuerdo con las demoras por grupo de carril.

Tabla 51. Nivel de servicio por grupo de carril del acceso 2

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 2	
	GC 2.1	GC 2.2
<b>NDS</b>	E	E

De acuerdo con la aplicación de la metodología HCM 2010, el nivel de servicio para los grupos de carriles GC 2.1 y GC 2.2 es E. Teniendo en cuenta que es una intersección no coordinada, el factor de progresión tiene un valor de 1.0, lo cual aumenta la demora uniforme d1; asimismo, se presenta una cola inicial, lo que conlleva a aumentar la demora total, evidenciándose en el nivel de servicio obtenido.

**2.2.1.3 Acceso 3.** Para el desarrollo de la metodología HCM 2010 en el acceso 3 se recopiló información de la intersección a nivel geométrico, operacional y de tráfico. En la Tabla 52 se detallan los parámetros recopilados.

Tabla 52. Información previa de acceso 3

INFORMACIÓN PREVIA			
DATOS	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
Ancho de carril	2,95	2,95	2,95
% buses (PB)	0,00%	0,36%	0,36%
% camiones (PT)	1,95%	5,39%	5,39%
% Vehículos pesados	1,95%	5,75%	5,75%
# equivalente de vehículos ligeros para un vehículo pesado (ET)	2	2	2
Pendiente	-1	-1	-1
N° de carriles (N)	1	1	1
N° maniobra en 1 hr	2	2	2
N° buses parando (Nb)	0	0	0
Equivalente de veh que giran a la izquierda (EL)	0,85	1	1
Equivalente de veh que giran a la derecha (ER)	1	1	0,95
Flujo de peatones (Vped)	26	-	58
Flujo de ciclistas (Vbic)	14	-	-

En la Tabla 53 se indica el volumen vehicular y el volumen de vehículos pesados físicos por grupo de carril del acceso 3.

Tabla 53. Volúmenes vehiculares de acceso 3

	ACCESO 3	
	veh/h	veh. Pesados
GC 3.1	192	5
GC 3.2	130	9
GC 3.3	255	23

En la Tabla 54 se detalla el factor de ajuste por ancho de carril, para la obtención del flujo de saturación.

Tabla 54. Factor de ajuste de ancho de carril

Ancho de carril		Fw
2.44	3.05	0.96
3.05	3.93	1
3.93		1.04

Fuente: HCM 2010

A continuación, se detalla la obtención del factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas en el acceso 3, utilizado para hallar el flujo de saturación.

Tabla 55. Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas		
	ACCESO 3	
	Giro izq GC 3.1	Giro der GC 3.2
Vped	26	58
Vpedg	43,3333	96,6667
OCCpedg	0,0217	0,0483
Vbic	14,0000	0,0000
Vbicg	66,5000	-
OCCbicg	0,0446	-
OCCr	0,1036	0,0780
Apbt	0,9378	0,9532
frpb	-	0,9532
flpb	0,9378	-

Para la obtención de la capacidad es necesario la recopilación de los intervalos de tiempo del ciclo semafórico en el acceso de la intersección; a continuación se detalla lo mencionado en la Tabla 56.

Tabla 56. Ciclo semafórico acceso 3 de la intersección.

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
GC 3.1	Verde efectivo	20	95
	Ambar	3	
	Rojo	72	
GC 3.2	Verde efectivo	20	95
	Ambar	3	
	Rojo	72	
GC 3.3	Verde efectivo	20	95
	Ambar	3	
	Rojo	72	

A continuación, se detallan los factores usados para hallar el flujo de saturación y el valor obtenido.

Tabla 57. Flujo de saturación de acceso 3

Flujo de Saturación	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	0,96	0,96	0,96
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9998	0,9994	0,9994
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	1,005	1,005	1,005
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	0,89	0,89	0,89
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	1,1765	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	1,0526
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9378	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9532
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1799,697</b>	<b>1630,540</b>	<b>1636,032</b>

En la Tabla 58 se obtiene la capacidad y flujo de demanda para la obtención de la relación v/c por cada grupo de carril.

Tabla 58. Relación volumen-capacidad por grupo de carril del acceso 3

	ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
<b>N (número de carriles)</b>	1	1	1
<b>s (flujo de saturación)</b>	1799,697	1630,540	1636,032
<b>g (verde efectivo)</b>	20	20	20
<b>C (ciclo semafórico)</b>	95	95	95
<b>c (Capacidad)</b>	<b>378,884</b>	<b>343,272</b>	<b>344,428</b>
<b>Flujo de demana (Vi)</b>	264,05	156,09	320,18
<b>X</b>	<b>0,6969</b>	<b>0,4547</b>	<b>0,9296</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de las demoras de control por cada grupo de carril del acceso 3.

Tabla 59. Demora 3 de acceso 3

DEMORA 3			
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
<b>Qb</b>	5	4	7
<b>t</b>	0,043541889	0,02136958	0,25
<b>u</b>	0	0	0

Tabla 60. Demora 1 de acceso 3

DEMORA 1			
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
<b>du</b>	53,20028454	50,20035611	56,44058347
<b>ds</b>	57,5	57,5	57,5

Tabla 61. Demoras por grupo de carril de acceso 3

	DEMORAS: ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
PF	1	1	1
d1 (demora uniforme)	53,9	50,8	57,5
d2 (demora incremental)	7,3	3,8	13,6
d3 (demora cola inicial)	4,1	1,8	36,6
d (demora total)	65,3	56,4	107,7

Finalmente, se muestra el nivel de servicio obtenido de acuerdo con las demoras por grupo de carril.

Tabla 62. Nivel de servicio por grupo de carril del acceso 3

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
NDS	E	E	F

De acuerdo con la aplicación de la metodología HCM 2010, el nivel de servicio para los grupos de carriles GC 3.1 y GC 3.2 es E y para el grupo de carril GC 3.3 es F. Es una intersección no coordinada, por lo que el factor de progresión tiene un valor de 1.0, lo cual aumenta la demora uniforme d1. Asimismo, se presenta una cola inicial, lo que conlleva a aumentar la demora total, evidenciándose en el nivel de servicio obtenido.

**2.2.1.4 Acceso 4.** Para el desarrollo de la metodología HCM 2010 en el acceso 4 se recopiló información de la intersección a nivel geométrico, operacional y de tráfico. En la Tabla 63 se detallan los parámetros recopilados.

Tabla 63. Información previa de acceso 3

INFORMACIÓN PREVIA		
DATOS	GC 4.1	GC 4.2
Ancho de carril	3,6	3,6
% buses (PB)	5,38%	5,38%
% camiones (PT)	8,37%	8,37%
% Vehículos pesados	13,76%	13,76%
# equivalente de vehículos ligeros para un vehículo pesado (ET)	2	2
Pendiente	0,71	0,71
N° de carriles (N)	1	1
N° maniobra en 1 hr	-	-
N° buses parando (Nb)	6	6
Equivalente de veh que giran a la izquierda (EL)	0,85	1
Equivalente de veh que giran a la derecha (ER)	1	0,95
Flujo de peatones (Vped)	39	17
Flujo de ciclistas (Vbic)	-	-

En la Tabla 64 se indica el volumen vehicular y el volumen de vehículos pesados físicos por grupo de carril del acceso 4.

Tabla 64. Volúmenes vehiculares de acceso 3

	ACCESO 4	
	veh/h	veh. Pesados
<b>GC 2.1</b>	524	66
<b>GC 2.2</b>	281	49

En la Tabla 65 se detalla el factor de ajuste por ancho de carril, para la obtención del flujo de saturación.

Tabla 65. Factor de ajuste de ancho de carril

Ancho de carril		Fw
2.44	3.05	0.96
3.05	3.93	1
3.93		1.04

Fuente: HCM 2010 (2010)

A continuación, se detalla la obtención del factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas en el acceso 4, este factor es utilizado para hallar el flujo de saturación.

Tabla 66. Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas

<b>F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas</b>		
	ACCESO 4	
	Giro izq GC 4.1	Giro der GC 4.2
<b>Vped</b>	39	17
<b>Vpedg</b>	51,4583	22,4306
<b>OCCpedg</b>	0,0257	0,0112
<b>Vbic</b>	-	0,0000
<b>Vbicg</b>	-	-
<b>OCCbicg</b>	-	-
<b>OCCr</b>	0,0419	0,0183
<b>Apbt</b>	0,9749	0,9890
<b>frpb</b>	-	0,9890
<b>flpb</b>	0,9749	-

Para la obtención de la capacidad es necesario la recopilación de los intervalos de tiempo del ciclo semafórico en el acceso de la intersección; a continuación se detalla lo mencionado.

Tabla 67. Ciclo semafórico acceso 4 de la intersección

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
<b>GC 4.1</b>	Verde efectivo	35	95
	Ambar	3	
	Rojo	57	
<b>GC 4.2</b>	Verde efectivo	35	95
	Ambar	3	
	Rojo	57	

A continuación, se detallan los factores usados para hallar el flujo de saturación y el valor obtenido.

Tabla 68. Flujo de saturación de acceso 4.

<b>Flujo de Saturación</b>	<b>GC 4.1</b>	<b>GC 4.2</b>
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	1,00	1,00
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9986	0,9986
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,99645	0,99645
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	0,976	0,976
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	1,1765	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0526
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9749	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	0,9890
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>2116,337</b>	<b>1921,112</b>

En la Tabla 69 se obtiene la capacidad y flujo de demanda para la obtención de la relación v/c por cada grupo de carril.

Tabla 69. Relación volumen-capacidad por grupo de carril del acceso 3.

	<b>ACCESO 4</b>	
	<b>GC 4.1</b>	<b>GC 4.2</b>
<b>N (número de carriles)</b>	1	1
<b>s (flujo de saturación)</b>	2116,337	1921,112
<b>g (verde efectivo)</b>	35	35
<b>C (ciclo semafórico)</b>	95	95
<b>c (Capacidad)</b>	<b>779,703</b>	<b>707,778</b>
<b>Flujo de demana (Vi)</b>	664,91	336,46
<b>x</b>	<b>0,8528</b>	<b>0,4754</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de las demoras de control por cada grupo de carril del acceso 4.

Tabla 70. Demora 3 de acceso 4

<b>DEMORA 3</b>		
	<b>GC 2.1</b>	<b>GC 2.2</b>
<b>Qb</b>	7	4
<b>t</b>	0,060981125	0,0107725
<b>u</b>	0	0

Tabla 71. Demora 1 de acceso 4

<b>DEMORA 1</b>		
	<b>GC 2.1</b>	<b>GC 2.2</b>
<b>du</b>	59,85930479	49,7691696
<b>ds</b>	65	65

Tabla 72. Demoras por grupo de carril de acceso 4

	<b>DEMORAS: ACCESO 4</b>	
	<b>GC 4.1</b>	<b>GC 4.2</b>
<b>PF</b>	1	1
<b>d1 (demora uniforme)</b>	61,1	50,4
<b>d2 (demora incremental)</b>	6,8	2,1
<b>d3 (demora cola inicial)</b>	3,9	0,4
<b>d (demora total)</b>	71,8	53,0

Finalmente, se muestra el nivel de servicio obtenido de acuerdo con las demoras por grupo de carril.

Tabla 73. Nivel de servicio por grupo de carril del acceso 4

NDS	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 4	
	GC 4.1	GC 4.2
	E	E

De acuerdo con la aplicación de la metodología HCM 2010, el nivel de servicio para los grupos de carriles GC 4.1 y GC 4.2 es E. Es una intersección no coordinada, por lo que el factor de progresión tiene un valor de 1.0, lo cual aumenta la demora uniforme  $d1$ . Asimismo, se presenta una cola inicial, lo que conlleva a aumentar la demora total, evidenciándose en el nivel de servicio obtenido.

### 2.2.2 Análisis del NDS y capacidad mediante software Synchro 8.0

El software utilizado es un Demo del Synchro 8.0, por tanto, se usó para compararlo en ciertos parámetros con los obtenidos por la metodología HCM 2010 mostrado anteriormente. Cabe resaltar que el software Synchro 8.0 también usa la metodología HCM 2010 para la obtención de sus resultados.

El software se divide en cuatro partes: *Lane Settings*, *Volume Settings*, *Nodes Settings* y *Timing Settings*. Cada parte está conformada por datos de ingreso y resultados. Los datos de ingreso como volúmenes de tráfico por cada movimiento y resultados como longitud de ciclo, demoras y niveles de servicio de la intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas se muestran a continuación, en la Figura 24:



Figura 24. Distribución de volumen por giro en los accesos de la intersección

Fuente: Elaboración propia en Synchro 8.0.

En *Lane Settings* se detalla la data de la intersección, obtenida de trabajo de campo. Entre ellos está la asignación de giros por carril, volumen vehicular por giros en el acceso, geometría de accesos y los factores de ajuste para la obtención del flujo de saturación. En la Tabla 74, mostrada a continuación, se indican los datos ingresados en *Lane Settings*.

Tabla 74. *Lane Settings* de los accesos

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕			↕↕			↕	↕↕		↕	↕↕	
Traffic Volume (vph)	243	489	73	14	695	131	68	180	58	192	188	197
Street Name	Acceso 4			Acceso 2			Acceso 1			Acceso 3		
Link Distance (m)	— 271.3 —			— 167.7 —			— 128.8 —			— 160.4 —		
Links Speed (km/h)	— 50 —			— 50 —			— 50 —			— 50 —		
Set Arterial Name and Speed	— EB —			— WB —			— NB —			— SB —		
Travel Time (s)	— 19.5 —			— 12.1 —			— 9.3 —			— 11.5 —		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Grade (%)	— 1 —			— 4 —			— 0 —			— -1 —		
Area Type CBD	— <input type="checkbox"/> —											
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	30.0	—	0.0	40.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—			—			1			1		
Right Turn Channelized	— — None											
Curb Radius (m)	— — —			— — —			— — —			— — —		
Add Lanes (#)	—			—			—			—		
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95
Right Turn Factor	— 0.994 —			— 0.991 —			1.000 0.958 —			1.000 0.922 —		
Left Turn Factor (prot)	— 0.993 —			— 1.000 —			0.950 1.000 —			0.950 1.000 —		
Saturated Flow Rate (prot)	— 3418 —			— 3450 —			1436 2950 —			1477 2630 —		
Left Turn Factor (perm)	— 0.518 —			— 0.485 —			0.264 1.000 —			0.456 1.000 —		
Right Ped Bike Factor	— 0.998 —			— 0.995 —			1.000 0.984 —			1.000 0.941 —		
Left Ped Factor	— 1.000 —			— 1.000 —			0.962 1.000 —			0.973 1.000 —		
Saturated Flow Rate (perm)	— 1783 —			— 1673 —			384 2950 —			690 2630 —		
Right Turn on Red?	— — <input type="checkbox"/>											
Saturated Flow Rate (RTDR)	— 0 —			— 0 —			0 0 —			0 0 —		
Link Is Hidden	— <input type="checkbox"/> —											
Hide Name in Node Title	— <input type="checkbox"/> —											

Fuente: Elaboración propia en Synchro 8.0

En la Tabla 75 se observa el ingreso de la data de volúmenes de tránsito vehicular, peatonal y de ciclistas para la obtención del flujo por grupo de carril.

Tabla 75. *Volume Settings* de los accesos

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	↕↕			↕↕			↕	↕↕		↕	↕↕	
Traffic Volume (vph)	243	489	73	14	695	131	68	180	58	192	188	197
Conflicting Peds. (#/hr)	39	—	17	17	—	39	58	—	26	26	—	58
Conflicting Bicycles (#/hr)	— — 0			— — 0			— — 0			— — 0		
Peak Hour Factor	0.79	0.25	0.84	0.82	0.25	0.73	0.55	0.85	0.71	0.73	0.83	0.80
Growth 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
Heavy Vehicles (%)	14	0	13	5	0	5	5	2	2	2	4	7
Bus Blockages (#/hr)	6	6	6	4	4	4	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>										
Parking Maneuvers (#/hr)	— — —			— — —			1	1	1	2	2	2
Traffic from mid-block (%)	— 0 —			— 0 —			— 0 —			— 0 —		
Link OD Volumes	— — —			— — —			— — —			— — —		
Adjusted Flow (vph)	308	1956	87	17	2780	179	124	212	82	263	227	246
Traffic in shared lane (%)	— — —			— — —			— — —			— — —		
Lane Group Flow (vph)	0	2351	0	0	2976	0	124	294	0	263	473	0

Fuente: Elaboración propia en Synchro 8.0

En la Tabla 76, se muestra el cuadro detallando los parámetros correspondientes al *Node Settings*. Se obtiene la demora de control y nivel de servicio de la intersección.

Tabla 76. *Node Settings* de la intersección

HCM 2010 INTERSECTION	
Node #	3
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	95.0
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
HCM Equilibrium Cycle(s):	95.0
HCM Control Delay(s):	918.1
HCM Intersection LOS:	F
Analysis Time Period (h):	0.25
Saturation Flow Rate (pc/h/ln):	1900
Sneakers Per Cycle (veh):	2.0
Number of Calc. Iterations:	70
Stored Passenger Car Length (m):	8.0
Stored Heavy Vehicle Length (m):	14.4
Probability Peds. Pushing Button:	0.51
Deceleration Rate (ft/s/s):	4.00
Acceleration Rate (ft/s/s):	3.50
Distance Between Stored Cars (ft):	8.00
Queue Length Percentile	50
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05
Right-Turn Equivalency Factor:	1.15
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00
Critical Gap for Perm. Left Turn (s):	4.5

Fuente: Elaboración propia en Synchro 8.0.

En la Tabla 77 y Tabla 78 se detalla el *Timing Settings* y se obtiene la capacidad, relación volumen-capacidad, demora de control y nivel de servicio por cada movimiento de los accesos de la intersección; así mismo, se obtiene la demora de control y nivel de servicio por acceso.

Tabla 77. *Timing Settings I*

HCM 2010 SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↕↕			↕↕		↕	↕↕		↕	↕↕	
Traffic Volume (vph)	243	489	73	14	695	131	68	180	58	192	188	197
Lagging Phase?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Turn Type	Perm			Perm			Perm			Perm		
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases	4			8			2			6		
Passage Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Minimum Green (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0	
Maximum Split (s)	72.0	72.0		72.0	72.0		23.0	23.0		23.0	23.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	34.0	34.0		34.0	34.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Maximum Green (s)	35.0	35.0		35.0	35.0		20.0	20.0		20.0	20.0	
Walk Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Walk + ped. clear (s)	16.0	16.0		16.0	16.0		16.0	16.0		16.0	16.0	
Recall Mode	Max	Max										
Dual Entry?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Right Turn on Red Volume (vph)		0			0			0			0	
Percent Heavy Vehicles (%)	11	17	6	0	7	0	5	2	2	2	4	7
Lane Utilization Adj. Factor		0.95			0.95			0.95			0.95	
Peak Hour Factor	0.79	0.25	0.84	0.82	0.25	0.73	0.55	0.85	0.71	0.73	0.83	0.80
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Startup Lost Time (s)		2.0			2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	

Fuente: Elaboración propia em Synchro 8.0.

Tabla 78. *Timing Settings II*

HCM 2010 SETTINGS												
Lost Time Adjust (s)	--	0.0	--	--	0.0	--	0.0	0.0	--	0.0	0.0	--
Startup Lost Time (s)	--	2.0	--	--	2.0	--	2.0	2.0	--	2.0	2.0	--
Extension of Effect.Green Time (s)	--	2.0	--	--	2.0	--	2.0	2.0	--	2.0	2.0	--
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HCM Upstream Filtering 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
Pedestrian volume (p/h)	--	--	17	--	--	39	--	--	26	--	--	58
Bicycle volume (bicycles/h)	--	--	0	--	--	0	--	--	0	--	--	0
Initial Queue (veh)	--	11	--	--	9	--	0	0	--	5	11	--
Speed limit (km/h)	--	50	--	--	50	--	--	50	--	--	50	--
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Receiving Lanes	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Turn Bay or Segment Length (m)	256.8	256.8	256.8	153.9	153.9	153.9	30.0	116.1	116.1	40.0	148.2	148.2
Parking present?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>										
Parking Maneuvers (#/hr)	--	--	--	--	--	--	1	1	1	2	2	2
Bus Stopping Rate, (#/hr)	6	6	6	4	4	4	0	0	0	0	0	0
Stop Line Detector Length (m)	--	6	--	--	6	--	20	6	--	20	6	--
Adjusted Flow Rate (veh/h)	308	1956	87	17	2780	179	124	212	82	263	227	246
HCM 2010 Capacity (veh/h)	76	507	23	38	864	55	82	492	181	207	366	254
HCM Volume/Capacity	4.059	0.000	3.851	3.101	0.000	3.258	1.631	0.424	0.451	1.270	0.620	0.906
HCM Movement Delay (s/veh)	1715.9	0.0	1354.3	1028.1	0.0	1078.9	383.5	36.0	37.6	284.6	46.5	103.4
HCM Movement LOS	F	F	F	F	F	F	F	D	D	F	D	F
HCM Approach Delay (s/veh)	--	999.9	--	--	999.9	--	--	139.5	--	--	150.7	--
HCM Approach LOS	--	F	--	--	F	--	--	F	--	--	F	--

Fuente: Elaboración propia en Synchro 8.0.

A continuación, en la Figura 25 se detalla el diagrama de fases operacionales obtenido del software Synchro 8.0. Así mismo en la Figura 26 se observan los giros subordinados a las dos fases operacionales de la intersección.



Figura 25. Diagrama de fases semafóricas de la intersección actual



Figura 26. Fases semafóricas en intersección actual

### 2.2.3 Comparación de resultados de Synchro 8.0 y metodología HCM 2010

Se describirá las diferencias de los parámetros al aplicar la metodología HCM 2010 por plantillas de Excel y usando el software Synchro 8.0. Se debe tener en cuenta que el software se basa en principios de la metodología HCM 2010, sin embargo, la simplificación que el software realiza podría generar las diferencias encontradas. La Tabla 79 muestra la comparación.

Tabla 79. Comparación de resultados entre Synchro 8.0 y metodología HCM 2010

Parámetro	HCM 2010	Synchro 8.0
Volumen de bicicletas	De acuerdo con la geometría de la intersección, la ciclovía de la avenida Chulucanas, se encuentra entre los carriles receptores y los carriles de giro de los accesos 1 y 3; por lo que el factor de ajuste de giro hacia la derecha por peatones y ciclistas, no se ve afectado por ciclistas, solo por peatones. Sin embargo, el factor de ajuste por giro a la izquierda sí se ve afectado por peatones y ciclistas, considerando este detalle en la obtención del factor.	El software Synchro 8.0, idealiza muchas condiciones, por lo que no se ajusta a la realidad; tal es así que el volumen de ciclistas solo se considera en el factor de ajuste por giro a la derecha de peatones y ciclistas y el volumen de ciclistas en el factor de ajuste por giro a la izquierda haciendo que el factor sea más cercano al valor 1 y, por lo tanto, la tasa de saturación de flujo ajustada no se vea más reducida.
Capacidad	La capacidad deriva del flujo de saturación ajustado y ésta, a su vez, de los factores de ajuste. Por cual, usando la metodología HCM 2010, se puede llegar a una capacidad realista. La metodología HCM 2010, menciona que el análisis de capacidad y nivel de servicio se hace por grupos de carril.	A pesar de que la capacidad deriva del flujo de saturación ajustada y ésta a su vez de los factores de ajuste, en Synchro 8.0 existen factores de ajuste que no se consideran, lo cual hace que la capacidad brindada varíe respecto a la obtenida por las plantillas de HCM 2010. Asimismo, el Synchro 8.0 brinda un valor de capacidad por cada movimiento de giro, sin embargo, el HCM 2010 menciona que el análisis es por grupo de carril.
Relación v/c	La relación v/c obtenida de la metodología HCM 2010 es por cada grupo de carril y el valor es menor a 1. Por tanto, se puede deducir que el nivel de servicio no es F.	La relación v/c obtenida por el software Synchro 8.0 es por movimiento de giro y es superior a 1. Por tanto, el nivel de servicio por movimiento es F. Asimismo, el valor de v/c depende del valor de la capacidad hallada por Synchro 8.0.
Demora de control	La demora de control obtenida de HCM 2010 aumenta debido a la existencia de cola inicial, con tiempos de demora razonables de acuerdo con lo observado en campo.	La demora de control obtenida del software Synchro 8.0, también considera la existencia de cola inicial, sin embargo, el tiempo de demora hallado no es razonable comparado a lo observado en campo.
Nivel de servicio (LOS)	El nivel de servicio hallado por la metodología HCM 2010 es por grupo de carril y los resultados son nivel de servicio C para los grupos de carril del acceso 1 y nivel de servicio E para los accesos 2, 3 y 4.	El nivel de servicio hallado por el software Synchro 8.0 es por movimiento de giro y los resultados son nivel de servicio F para todos los movimientos de los accesos 2 y 4, y nivel de servicio F y D para los movimientos de los accesos 1 y 3.

Por todo lo expuesto en la Tabla 79, se decidió analizar las alternativas de solución a la problemática de la intersección en el capítulo 3 con la metodología HCM 2010 debido a que refleja las condiciones observadas en campo; otra de las razones es la gran variabilidad en los valores de los parámetros como capacidad, tiempo de demora y nivel de servicio.

### 2.3 Análisis del tráfico a futuro.

El crecimiento vehicular es determinado por diversos factores difíciles de obtener, por lo que para simplificar el estudio se usa como factores a la tasa de crecimiento poblacional por departamento para la proyección de vehículos ligeros y a la tasa de crecimiento del PBI por departamento para la proyección de vehículos pesados.

La tasa de crecimiento de PBI de Piura para el año 2018 es de 4.2%; a continuación, se muestra la tasa de crecimiento del PBI departamental en la Figura 27.

#### PRODUCTO BRUTO INTERNO, SEGÚN DEPARTAMENTO: 2007 - 2018 (Tasa de crecimiento promedio<sup>1/</sup> anual)

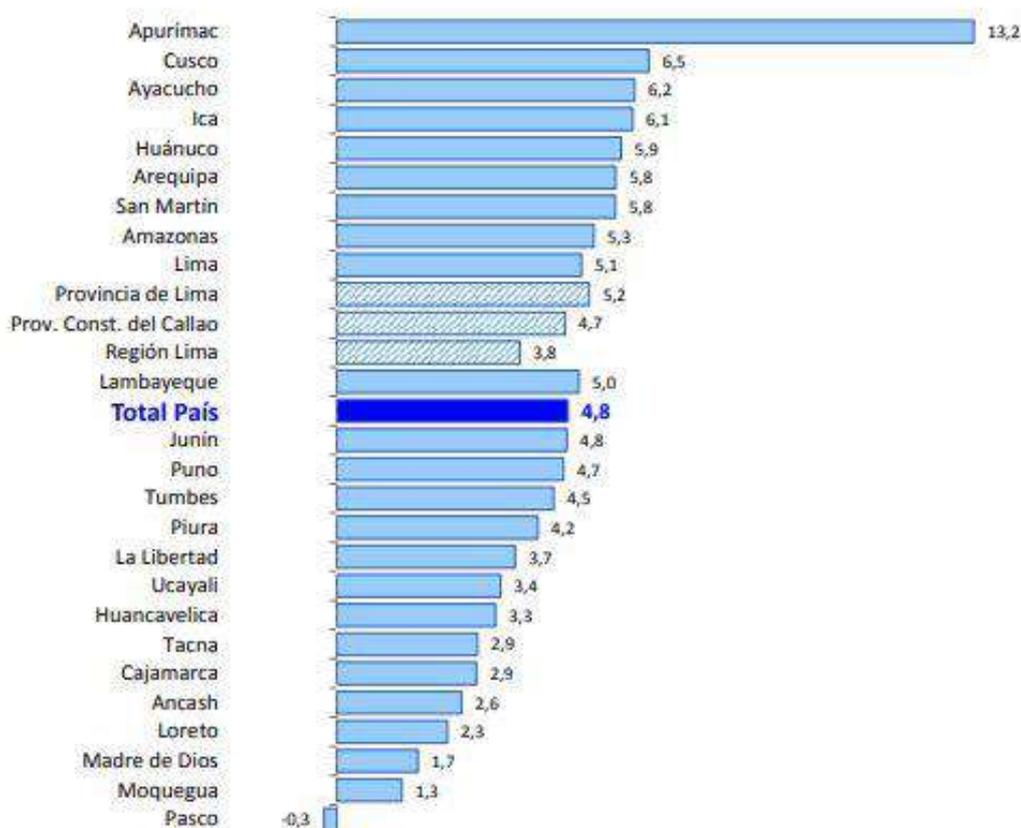


Figura 27. Tasa de crecimiento de PBI departamental  
Fuente: INEI (2019)

Asimismo, en la Figura 28 se muestra la tasa de crecimiento poblacional para el departamento de Piura entre el lustro de 2020 a 2025 es de 0.62%.

**PERÚ: POBLACIÓN ESTIMADA Y PROYECTADA Y TASA DE CECIMIENTO MEDIO ANUAL,  
SEGÚN DEPARTAMENTO, 1995-2025**

Departamento	Población			Tasa de Crec. Medio Anual (Por cien)		
	1995	2010	2025	1995-2000	2005-2010	2020-2025
<b>Perú</b>	<b>23 926 300</b>	<b>29 461 933</b>	<b>34 412 393</b>	<b>1,66</b>	<b>1,16</b>	<b>0,95</b>
<b>Costa 1/</b>						
Ica	607 707	747 338	859 784	1,58	1,18	0,83
La Libertad	1 385 811	1 746 913	2 082 737	1,87	1,29	1,08
Lambayeque	995 240	1 207 589	1 354 261	1,73	0,96	0,67
Moquegua	139 375	171 155	198 646	1,77	1,08	0,93
Piura	1 496 436	1 769 555	1 974 262	1,46	0,87	0,62
Tacna	237 762	320 021	383 370	2,50	1,52	1,14
Tumbes	166 138	221 498	264 519	2,16	1,71	1,03
<b>Sierra</b>						
Áncash	1 012 624	1 116 265	1 201 465	0,72	0,59	0,41
Apurímac	405 285	446 813	472 737	0,70	0,62	0,21
Arequipa	996 389	1 218 168	1 427 001	1,71	1,07	0,99
Ayacucho	551 374	650 718	760 414	0,73	1,25	0,94
Cajamarca	1 334 659	1 500 584	1 547 694	1,03	0,57	0,04
Cusco	1 108 235	1 274 742	1 382 372	1,16	0,75	0,44
Huancavelica	416 976	475 693	524 187	0,87	0,87	0,48
Huánuco	696 505	826 932	911 280	1,42	0,96	0,50
Junín	1 136 690	1 301 844	1 438 414	1,06	0,75	0,57
Pasco	255 005	292 955	324 137	0,95	0,90	0,59
Puno	1 151 214	1 352 523	1 556 885	1,23	0,89	0,95
<b>Selva</b>						
Amazonas	364 367	413 314	428 603	1,12	0,62	0,07
Loreto	765 047	983 371	1 121 953	2,06	1,39	0,67
Madre de Dios	73 984	121 183	168 768	3,77	2,87	1,96
San Martín	585 402	782 932	943 582	2,49	1,62	1,07
Ucayali	339 182	464 875	548 330	2,85	1,59	0,95
<b>Lima y Callao</b>						
Prov. Constitucional del Callao	697 345	941 268	1 151 132	2,50	1,66	1,26
Lima	7 007 548	9 113 684	11 385 860	2,08	1,47	1,42

1/ Excluye la Provincia Constitucional del Callao y el departamento de Lima.

Figura 28. Tasa de crecimiento de población departamental 2020-2025

Fuente: INEI (2009)

Para el cálculo de la proyección de tráfico a futuro se utilizará la siguiente ecuación aplicada al volumen base de cada tipo de vehículo.

$$T_n = T_0 * (1 + i)^{(n-1)}$$

Donde:

$n$  = número de año proyectado

$T_n$  = volumen de tráfico proyectado

$T_0$  = volumen de tráfico base

$i$  = tasa anual de crecimiento de tránsito

Los volúmenes de tránsito del año base para cada tipo de vehículo se obtiene del IMDA en la Tabla 31.

El tráfico normal es el volumen de tráfico esperado en la intersección, sin realizar ningún mejoramiento. A continuación, se muestra una tabla con la proyección de tráfico normal durante 20 años desde el año de conteo 2020 (base), se muestra en la Tabla 80.

Tabla 80. Proyección de tráfico normal de la intersección

IMDA	Tasa de crecimiento	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
33	0,62%	33	33	33	34	34	34	34	34	35	35	35	35	36	36	36	36	36	37	37	37
130	0,62%	130	131	132	132	133	134	135	136	137	137	138	139	140	141	142	143	144	144	145	146
776	0,62%	776	781	786	791	795	800	805	810	815	820	825	831	836	841	846	851	857	862	867	873
536	0,62%	536	539	543	546	549	553	556	560	563	567	570	574	577	581	584	588	592	595	599	603
130	0,62%	130	131	132	132	133	134	135	136	137	137	138	139	140	141	142	143	144	144	145	146
71	4,2%	71	74	77	80	84	87	91	95	99	103	107	112	116	121	126	132	137	143	149	155
61	4,2%	61	64	66	69	72	75	78	81	85	88	92	96	100	104	109	113	118	123	128	133
290	4,2%	290	302	315	328	342	356	371	387	403	420	438	456	475	495	516	538	560	584	608	634
96	4,2%	96	100	104	109	113	118	123	128	133	139	145	151	157	164	171	178	185	193	201	210
<b>2123</b>		2123	2155	2187	2221	2256	2292	2329	2367	2406	2447	2489	2532	2577	2624	2672	2721	2772	2825	2880	2937

El volumen de tráfico generado es el obtenido gracias a los cambios realizados en la intersección, que de no haberse hecho no se hubiesen realizado estos viajes a través de la intersección.

El estudio de tráfico, tránsito y transporte realizado por el Instituto Metropolitano de Planificación en el año 2010 usó como incremento de tráfico generado el 10% del volumen registrado en dicho año. De tal manera, que como base para la proyección de tráfico generado se tomará el 10% del IMDA por cada tipo de vehículo del año 2020 tal como se muestra en la Tabla 81.

Tabla 81. Proyección de tráfico generado en la intersección

Año Base	Tasa de crecimiento	PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
3	0,0062	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	0,0062	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15
78	0,0062	78	78	79	79	80	80	81	81	82	82	83	83	84	84	85	85	86	86	87	87
54	0,0062	54	54	54	55	55	55	56	56	56	57	57	57	58	58	58	59	59	60	60	60
13	0,0062	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15
7	0,042	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16
6	0,042	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13
29	0,042	29	30	31	33	34	36	37	39	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	61	63
10	0,042	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16	16	17	18	19	19	20	21
212		212	215	219	222	226	229	233	237	241	245	249	253	258	262	267	272	277	283	288	294

La proyección del tráfico total es la suma del tráfico normal y tráfico generado, a continuación, se visualiza la Tabla 82 detallando la proyección total por cada año proyectado.

Tabla 82. Proyección de tráfico total en la intersección

IMDA	Tasa de crecimiento	PROYECCIÓN DE TRÁFICO TOTAL																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
33	0,62%	36	37	37	37	37	37	38	38	38	38	39	39	39	39	40	40	40	40	41	41
130	0,62%	143	144	145	146	147	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161
776	0,62%	854	859	864	870	875	880	886	891	897	902	908	914	919	925	931	937	942	948	954	960
536	0,62%	590	593	597	601	604	608	612	616	619	623	627	631	635	639	643	647	651	655	659	663
130	0,62%	143	144	145	146	147	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161
71	4,2%	78	81	85	88	92	96	100	104	109	113	118	123	128	133	139	145	151	157	164	171
61	4,2%	67	70	73	76	79	82	86	89	93	97	101	106	110	115	119	124	130	135	141	147
290	4,2%	319	332	346	361	376	392	408	425	443	462	481	502	523	545	567	591	616	642	669	697
96	4,2%	106	110	115	119	124	130	135	141	147	153	159	166	173	180	188	196	204	213	221	231
2123		2335	2370	2406	2443	2481	2521	2562	2604	2647	2692	2738	2786	2835	2886	2939	2993	3050	3108	3168	3231

En la siguiente figura se aprecia el crecimiento del volumen vehicular durante 20 años, desde el conteo vehicular en el 2020.

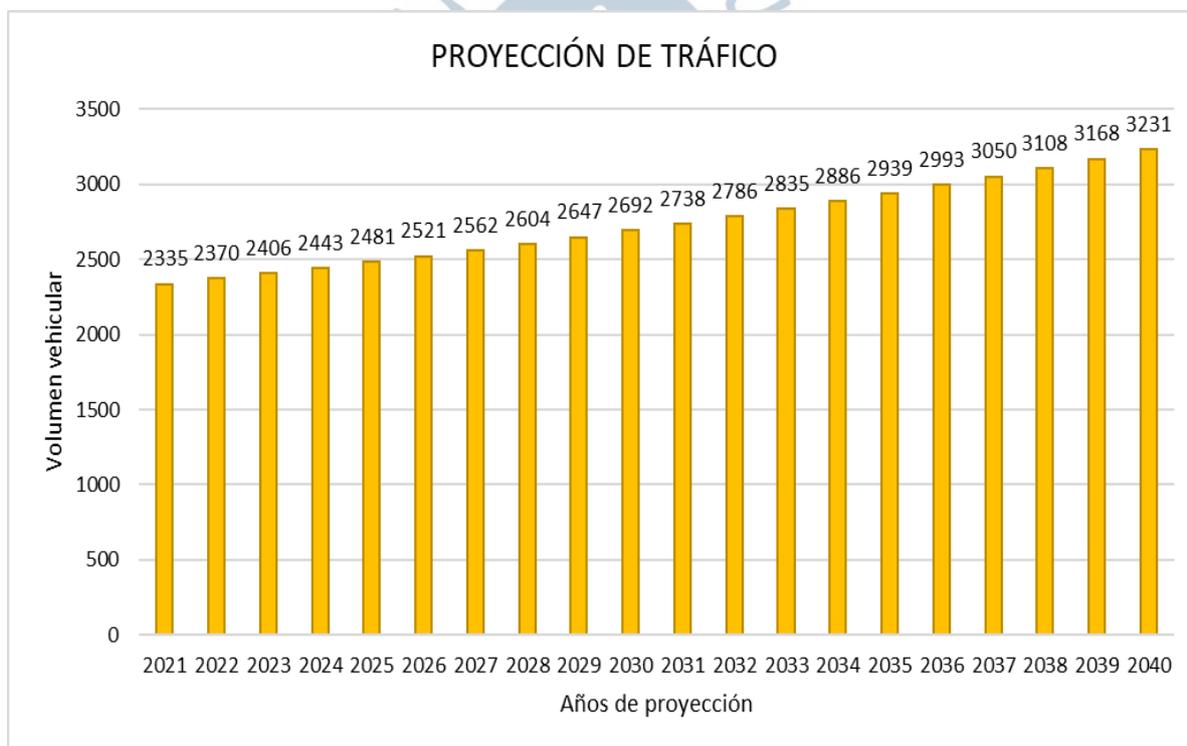


Figura 29. Diagrama de crecimiento vehicular entre el 2020 a 2040

## 2.4 Caracterización del problema.

La intersección tiene problemas a nivel geométrico, de tráfico y de equipamiento; por tanto, se detallará la problemática de acuerdo con cada nivel en la siguiente tabla.

Tabla 83. Caracterización del problema de la intersección

Nivel	Caracterización
<b>Tráfico</b>	<p>En el acceso 1 los niveles de servicio son de tipo C y los accesos 2, 3 y 4 son de tipo E. Por lo cual se deberá mejorar la serviciabilidad para reducir demoras e incrementar la capacidad de la intersección, generando confianza en los usuarios que transitan a través de esta intersección.</p> <p>La intersección recibe a través del acceso 4 a todos los vehículos que entran a la ciudad de Piura procedentes de las ciudades norteñas de Paita y Sullana, lo que la hace muy congestionada.</p>
<b>Geométrico</b>	<p>El diseño geométrico del acceso 1 y 3 es excepcional, pues fue diseñado en el año 2018 en la ejecución del proyecto “Mejoramiento de la avenida Chulucanas”</p> <p>El diseño geométrico del acceso 2 no es el óptimo, iniciando por la falta de los carriles auxiliares. Si se incluyeran se descongestionaría bastante la calzada principal. Asimismo, el separador central con barrera New Jersey impide el paso de peatones y ciclistas por el lugar correcto, incrementando su vulnerabilidad.</p> <p>El diseño geométrico del acceso 4 es un diseño antiguo sin ninguna modificación, carece de separador central entre los carriles receptores y de giro, y a su vez, no existen carriles de estacionamiento.</p>
<b>Equipamiento</b>	<p>Solo hay existencia de dos fases semafóricas en la intersección, una fase para los carriles de los accesos 1 y 3 y la otra para los carriles de los accesos 2 y 4, por lo tanto, los carriles de giro a la izquierda no tienen fase exclusiva lo que conlleva a la existencia de puntos de conflicto en los giros.</p> <p>El ciclo semafórico existente es de 95 segundos, sin embargo, el tiempo de todo rojo para la Fase I es de 34 segundos, por lo que el intervalo de tiempo de verde efectivo es poco para la demanda de vehículos en los accesos, lo que se puede corroborar <i>in situ</i>.</p> <p>El ciclo semafórico para los ciclistas no tiene relación con el ciclo semafórico vehicular; es decir, para que los ciclistas crucen a través de su pase, el semáforo de ciclistas debe estar en verde mientras el semáforo vehicular se encuentra en rojo; sin embargo, esta relación no se cumple.</p>



## Capítulo 3

### **Alternativas de solución a partir del diagnóstico de la situación actual de la intersección**

En el presente capítulo se analizan alternativas de solución a los problemas existentes en la situación actual de la intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas. En estas propuestas se incluyen cambios operacionales, cambios geométricos y cambios en el análisis del tráfico.

El principal objetivo es analizarlas y de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de cada alternativa se elegirá la mejor a desarrollar e implementar en la intersección en estudio en términos de niveles de servicio, capacidad y tiempo de demora.

Se seleccionaron tres propuestas de solución, la primera es una intersección semafórica con cambios operaciones sin modificación de la geometría existente, la segunda es una intersección semafórica con cambios operacionales con modificación de la geometría existente y la tercera es una intersección con rotonda. La selección se hizo teniendo en cuenta los siguientes puntos: infraestructura vial conocida por los usuarios, infraestructura relacionada al Manual de Diseño Geométrico MTC-2018, no implicancia del cambio total de la geometría existente y sencilla de ser usada por todos los usuarios. Por lo que, infraestructura vial moderna como: *Continuous Flow Intersections (CFI)* o *Double Crossover Diamond Interchange (DDI)*; no son seleccionadas porque implicaría el cambio total de la geometría existente implicando un mayor presupuesto económico y porque son complejas para todos los usuarios que la atravesarían. A continuación, se detalla las tres propuestas de solución mencionadas:

#### **3.1 Propuesta N° 1: intersección semafórica con cambios operacionales sin modificación de la geometría existente**

Esta alternativa propone hacer cambios operacionales sin hacer cambios en la infraestructura existente, es decir sin cambios geométricos. Dentro de los cambios operacionales, se tienen cambios en el intervalo de ciclo semafórico, fases, intervalo de verde, etc.

En la Figura 30 se muestra la gráfica de la distribución de carriles en la intersección actual.

Para el estudio de semaforización de esta alternativa de solución se usó el análisis de estudio de tráfico y aplicación de HCM 2010 realizados en capítulo 2 ya que para este caso no se harán cambios geométricos, por tanto, se usará el FHMD y los VHMD del estudio

geométrico y el factor de ajuste por vehículos pesados de cada grupo de carril de acuerdo con la metodología HCM 2010.

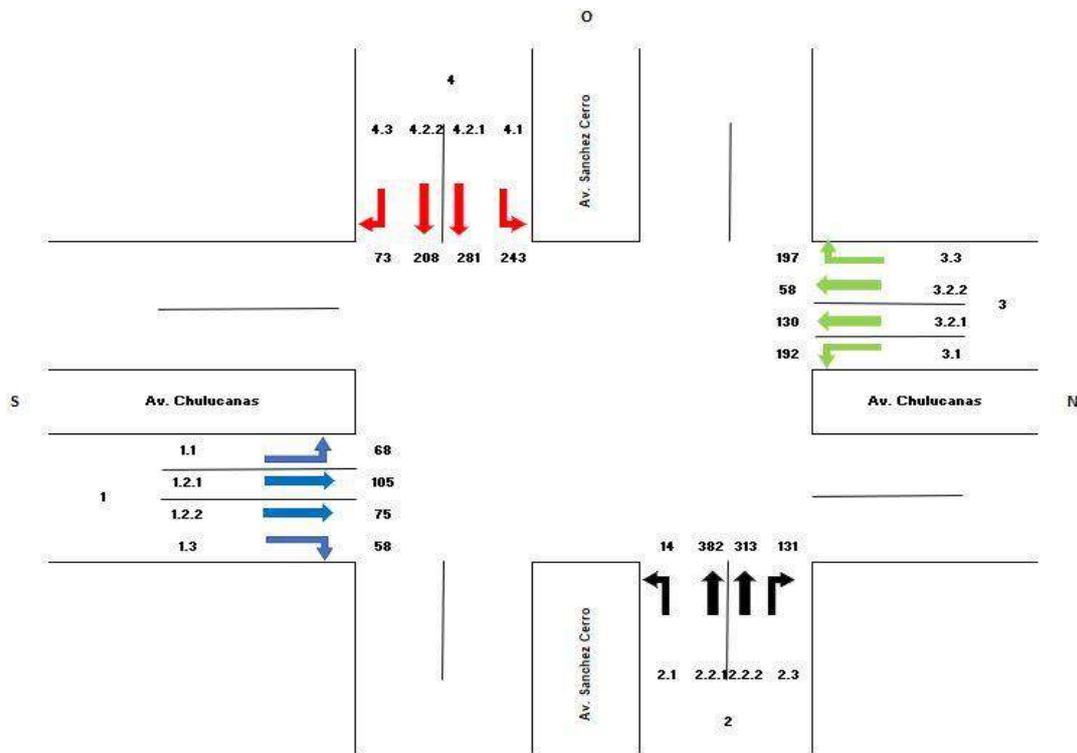


Figura 30. Gráfica de intersección actual sin cambios geométricos

### 3.1.1 Cálculo de los tiempos semafóricos

Debido a la infraestructura actual de la intersección, el aumento de fases semafóricas es poco posible, ya que el número de carriles de los accesos 2 y 4 no permiten dar exclusividad a movimientos de giro; sin embargo, el número de carriles de los accesos 1 y 3 permiten dar exclusividad a los movimientos de giro a la izquierda; por tanto, se analizará el semáforo con tres fases.

**3.1.1.1 Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.** Estos factores son obtenidos de la aplicación de la metodología HCM 2010 en el capítulo 2. Dentro de los vehículos pesados se consideran a las combi, micro, bus y camión.

Tabla 84. Factores de vehículos pesados por acceso

ACCESO 1		ACCESO 2	
GC 1.1	0.9995	GC 2.1	0.9995
GC 1.2	0.9998	GC 2.2	1.0000
GC 1.3	1.0000		
ACCESO 3		ACCESO 4	
GC 3.1	0.9998	GC 4.1	0.9986
GC 3.2	0.9994	GC 4.2	1.0000
GC 3.3	1.0000		

**3.1.1.2 Flujo de automóviles directos equivalentes.** De la misma manera los volúmenes horarios de máxima demanda y los factores horarios de máxima demanda son obtenidos del estudio de tráfico aplicado a la intersección en condiciones actuales de geometría.

Tabla 85. Flujo de automóviles directos equivalentes

ACCESO 1			ACCESO 1		
Grupo Carril	Mov.	VHMD	Grupo Carril	Mov.	FHMD
GC 1.1	—↑	68	GC 1.1	—↑	0.54839
GC 1.2	→	105	GC 1.2	→	0.84677
GC 1.3	→	75	GC 1.3	→	0.70745
	—↓	58			
ACCESO 2			ACCESO 2		
Grupo Carril	Mov.	VHMD	Grupo Carril	Mov.	FHMD
GC 2.1	—↑	14	GC 2.1	—↑	0.81818
	→	382			
GC 2.2	→	313	GC 2.2	→	0.72549
	—↓	131			
ACCESO 3			ACCESO 3		
Grupo Carril	Mov.	VHMD	Grupo Carril	Mov.	FHMD
GC 3.1	—↑	192	GC 3.1	—↑	0.72727
GC 3.2	→	130	GC 3.2	→	0.83333
GC 3.3	→	58	GC 3.3	→	0.79688
	—↓	197			
ACCESO 4			ACCESO 4		
Grupo Carril	Mov.	VHMD	Grupo Carril	Mov.	FHMD
GC 4.1	—↑	243	GC 4.1	—↑	0.7892
	→	281			
GC 4.2	→	208	GC 4.2	→	0.8363
	—↓	73			

Para obtener el flujo de automóviles directos Equivalentes es necesario utilizar las siguientes tablas cuyos valores son factores para los automóviles con giro hacia la izquierda y hacia la derecha.

Volumen peatonal en el cruce peatonal en conflicto (peatones/h)	Equivalente
Ninguno (0)	1.18
Bajo (50)	1.21
Moderado (200)	1.32
Alto (400)	1.52
Extremo (800)	2.14

Figura 31. Automóviles directos equivalente para vueltas hacia la derecha ( $E_{VD}$ )

Fuente: *Roess, Prassas and Mcshane (2011)*.

Flujo opuesto (veh/h)	Número de carriles opuestos		
	1	2	3
0	1.1	1.1	1.1
200	2.5	2.0	1.8
400	5.0	3.0	2.5
600	10.0	5.0	4.0
800	13.0	8.0	6.0
1,000	15.0	13.0	10.0
≥1,200	15.0	15.0	15.0

Para vueltas a la izquierda protegidas:  $E_{VI} = 1.05$

Figura 32. Automóviles directos equivalentes para vueltas hacia la izquierda ( $E_{VI}$ )

Fuente: *Roess, Prassas and Mcshane* (2011).

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por acceso de la intersección al aplicar los factores a los volúmenes horarios de máxima demanda.

Tabla 86. Automóviles directos equivalentes al aplicar el factor ( $E_{VD}$ ,  $E_{VI}$ )

ACCESO 1			ACCESO 2		
Grupo Carril	Mov.	$q_T$	Grupo Carril	Mov.	$q_T$
GC 1.1	—↑	360	GC 2.1	—↑	119
GC 1.2	—→	124		—→	467
GC 1.3	—→	106	GC 2.2	—→	431
	—↓	99		—↓	218
AED		689	AED		1237
ACCESO 3			ACCESO 4		
Grupo Carril	Mov.	$q_T$	Grupo Carril	Mov.	$q_T$
GC 3.1	—↑	591	GC 4.1	—↑	1704
GC 3.2	—→	156		—→	357
GC 3.3	—→	73	GC 4.2	—→	249
	—↓	326		—↓	106
AED		1147	AED		2415

**3.1.1.3 Magnitud de intervalos de cambio.** De acuerdo con el plan de fases brindado por la metodología HCM 2010, se ha optado por analizar la intersección con tres fases semafóricas y verificar el tiempo predeterminado.

Como se muestra en la Figura 33, la primera fase permite el cruce de los vehículos que giran a la izquierda de manera exclusiva tanto en el acceso 1 como en el acceso 3 de la avenida Chulucanas, la segunda fase permite que los vehículos atraviesen la intersección con movimientos de frente y giro a la derecha del acceso 1 y acceso 3 de la avenida Chulucanas y la tercera fase permite que los vehículos atraviesen de frente la intersección, giren a la derecha y giren a la izquierda tanto del acceso 2 y acceso 4 de la avenida Sánchez Cerro.

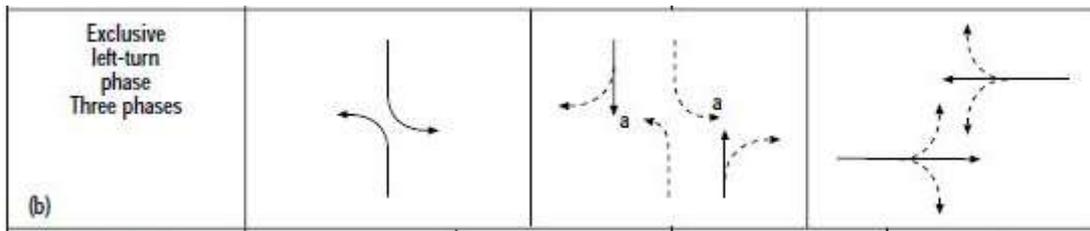


Figura 33. Representación de tres fases  
Fuente: Highway Capacity Manual (2010).

En este paso se obtiene el intervalo de tiempo de amarillo y todo rojo por cada fase existente analizada; estos dependerán de la longitud que debe atravesar el vehículo para salir de la intersección y de la velocidad con la que atraviesan la intersección obtenida de la Figura 34.

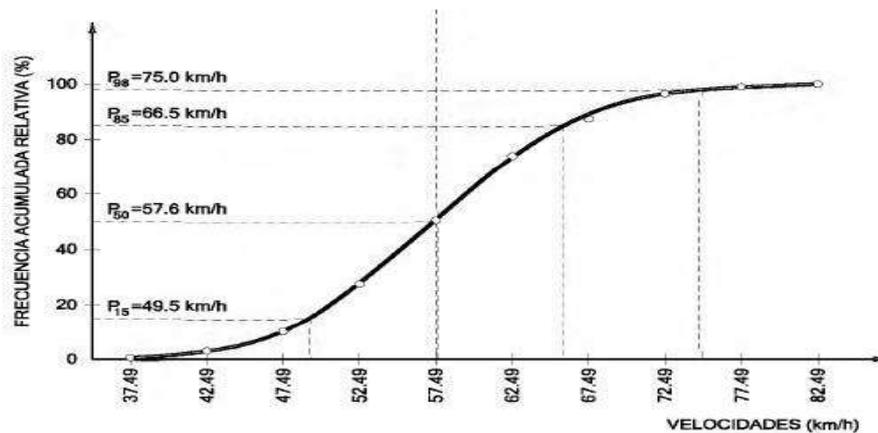


Figura 9.8 Curva de frecuencias observada y acumulada de velocidades de punto

Figura 34. Curva de frecuencia observada y acumulada de velocidades de punto  
Fuente: Highway Capacity Manual (2010)

FASES

$$y = \text{Amarillo} + \text{Todo Rojo}$$

$$y1 = 4 + 4$$

$$y2 = 4 + 4$$

$$y3 = 4 + 4$$

A1	=	4
TR3	=	4

A2	=	4
TR1	=	4

A3	=	4
TR2	=	4

Para la primera fase, se obtuvo un tiempo de 4 segundos para el intervalo amarillo y un todo rojo de 4 segundos, para la segunda fase se obtuvo un tiempo de 4 segundos para el intervalo amarillo y un todo rojo de 4 segundos y del mismo modo para la tercera fase se obtuvo un intervalo amarillo de 4 segundos y un todo rojo de 4 segundos.

3.1.1.4 Tiempo perdido por fases

$$l1 = 4 + 4 = 8$$

$$l2 = 4 + 4 = 8$$

$$l3 = 4 + 4 = 8$$

El tiempo perdido para la primera fase es de 8 segundos, para la segunda fase es de 8 segundos el tiempo perdido y del mismo modo 8 segundos para la tercera fase.

### 3.1.1.5 Tiempo total perdido

$$L = 8 + 8 + 8 = 24$$

El tiempo total perdido del ciclo semafórico será de 24 segundos. Teniendo en cuenta estos tiempos se analizarán los tiempos de verde para cada fase.

### 3.1.1.6 Máximas relaciones de flujo:

$$Y1 = 0,3286$$

$$Y2 = 0,1814$$

$$Y3 = 1,1445$$

Estos valores son obtenidos de la relación entre los Flujos de Automóviles Equivalentes Directos y el Flujo de Saturación Base del HCM 2010. Cabe resaltar que por fase se escoge su máximo valor AED para la relación.

### 3.1.1.7 Cálculo de la longitud del ciclo óptimo:

$$Co = -63$$

El ciclo óptimo resulta un valor negativo porque los automóviles directos equivalentes AED de giro a la izquierda del acceso 4 están en modo permitido y no protegido o exclusivo es decir no tienen una fase exclusiva.

Por lo tanto, el ciclo negativo es el resultado de no tener fase exclusiva para los giros a la izquierda de los accesos 2 y 4. Sin embargo, por la gran cantidad de vehículos y la pobre geometría existente en ambos accesos no es viable agregar más fases; por lo cual se verifica que la mejora únicamente con la semaforización no es suficiente y se requiere un cambio geométrico y operacional.

## 3.2 Propuesta N° 2: intersección semafórica con cambios operacionales y modificando la geometría existente

Esta alternativa propone hacer cambios operacionales y cambios en la infraestructura existente, es decir se realizarán cambios geométricos. Dentro de los cambios operacionales a realizar serían cambios en el intervalo de ciclo semafórico, fases, intervalo de verde, etc. Y como parte de los cambios geométricos se adicionarán dos carriles en los accesos 2 y 4 de la avenida Sánchez Cerro; la avenida Chulucanas mantendrá su infraestructura.

Para que el nivel de servicio de la intersección mejore, se tendría que realizar cambios operacionales y geométricos anteriormente descritos, por ello antes de la aplicación de la

metodología HCM 2010 y del estudio semafórico, se analizará nuevamente el estudio de tráfico considerando la adición de carriles en los accesos mencionados; a continuación, se muestra la gráfica de la distribución de carriles de esta propuesta.

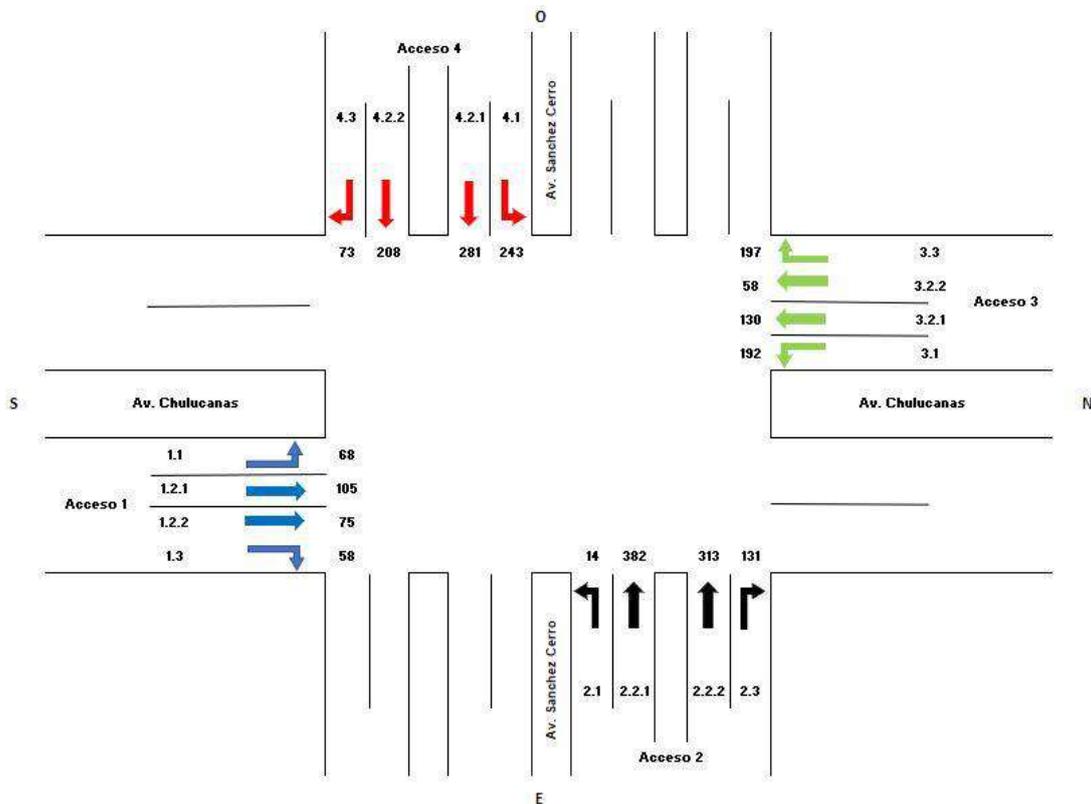


Figura 35. Gráfica de intersección con cambios operaciones y geométricos

### 3.3.1 Análisis de tráfico

Según la nueva distribución geométrica, los grupos de movimiento y de carril por acceso serían los mostrados en la Tabla 87:

Tabla 87. Nueva distribución de grupos de carril y movimiento por acceso

ACCESO	GRUPO DE MOVIMIENTO	GRUPO DE CARRIL	Código de giro
ACCESO 1	GM 1.1	GC 1.1	1.1
		GC 1.2	1.2.1
	GM 1.2	GC 1.3	1.2.2
			1.3
ACCESO 2	GM 2.1	GC 2.1	2.1
	GM 2.2	GC 2.2	2.2.1
			2.2.2
	GM 2.3	GC 2.3	2.3
ACCESO 3	GM 3.1	GC 3.1	3.1
	GM 3.2	GC 3.2	3.2.1
		GC 3.3	3.2.2
			3.3
ACCESO 4	GM 4.1	GC 4.1	4.1
	GM 4.2	GC 4.2	4.2.1
			4.2.2
	GM 4.3	GC 4.3	4.3

Como parte del estudio de tráfico se analizó por cada grupo de carril y en la hora de máxima demanda los valores del Factor Horario de Máxima Demanda o Factor de Hora Pico,

necesario para el análisis semafórico de la intersección. Este estudio de tráfico tuvo en cuenta la distribución detallada en la tabla anterior. Se puede visualizar el estudio de tráfico de los cuatro accesos para el viernes 18/09/2020 en el Apéndice H.

Asimismo, se muestran los valores de máxima demanda del viernes 18/09/2020. La hora de máxima demanda se dio entre las 12:45pm a 1:45pm del día, obteniendo los siguientes Volúmenes Horarios de Máxima Demanda:

Tabla 88. Valores de la hora de máxima demanda del viernes 18/09/2020

	12:45															
	13:45															
	1				2				3				4			
	1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	
18/09/2020	68.0	105.0	133.0	14.0	695.0	131.0	192.0	130.0	255.0	243.0	489.0	73.0				
	2528															

### 3.3.2 Cálculo de los tiempos semafóricos

Con los valores de VHMD obtenidos para la nueva distribución geométrica de carriles en la intersección, en la siguiente figura se pueden apreciar para un mejor entendimiento de la distribución.

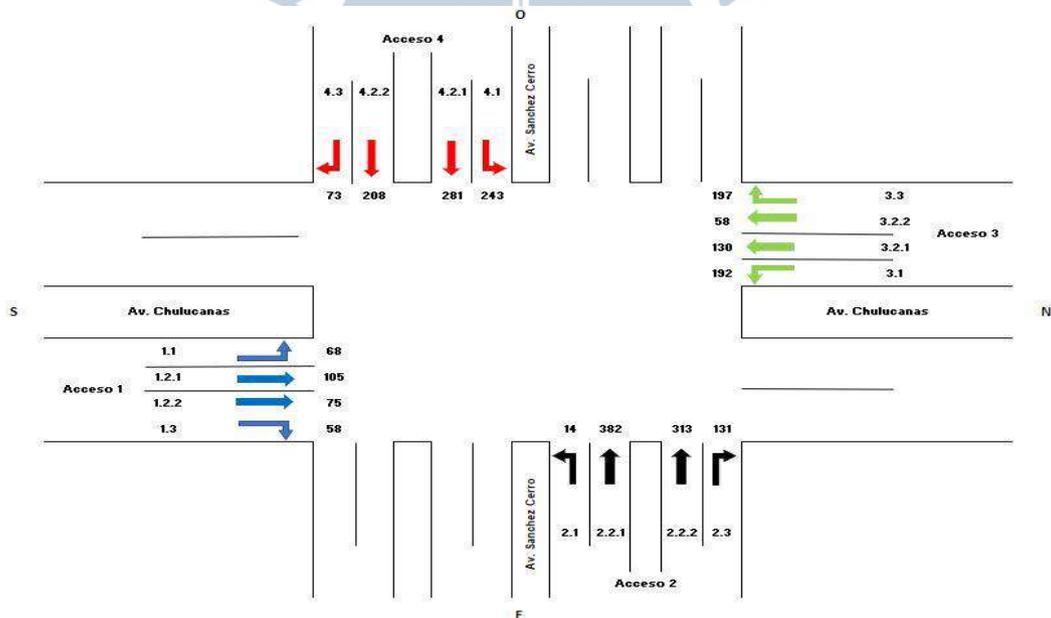


Figura 36. Distribución geométrica de carriles propuesta N° 2

**3.2.2.1 Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.** Estos valores se obtienen según la ecuación usada en la metodología HCM 2010 para obtener los valores de los factores por presencia de vehículos pesados. A continuación, se muestran, los valores porcentuales obtenidos de cada tipo de vehículo por grupo de carril en cada acceso de la intersección. Dentro de los vehículos pesados se consideran a las combi, micro, bus y camión.

Tabla 89. Composición porcentual de los vehículos

Día 2	Hora			COMPOSICIÓN TOTAL POR GRUPO DE CARRIL															
				1				2			3			4					
18/09/2020	Acceso			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1	GC 2.2		GC 2.3	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1	GC 4.2		GC 4.3
	Grupo de Carril			1.1	1.2.1	1.2.2	1.3	2.1	2.2.1	2.2.2	2.3	3.1	3.2.1	3.2.2	3.3	4.1	4.2.1	4.2.2	4.3
Maniobra			←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	15.84%	29.31%	33.06%		16.00%	20.92%		16.49%	16.02%	33.48%	23.15%		10.21%	12.58%		25.00%
Moto Taxi		1051	31%	45.54%	31.03%	35.89%		44.00%	33.04%		26.06%	25.00%	38.20%	29.01%		31.06%	20.89%		37.96%
Auto		770	23%	17.82%	22.99%	18.15%		28.00%	21.70%		26.60%	26.17%	18.88%	21.91%		22.98%	26.37%		20.37%
Pick Up		572	17%	13.86%	11.49%	8.87%		12.00%	15.44%		29.79%	28.91%	3.86%	16.98%		22.13%	20.49%		7.41%
Combi		82	2%	1.98%	3.45%	2.42%		0.00%	2.64%		1.06%	1.95%	1.72%	1.85%		2.13%	3.25%		2.78%
Micro		64	2%	0.00%	0.00%	0.00%		0.00%	3.13%		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		0.00%	6.49%		0.00%
Bus		31	1%	0.00%	0.00%	0.00%		0.00%	1.56%		0.00%	0.00%	0.00%	0.62%		0.00%	2.64%		0.00%
Camión		114	3%	4.95%	1.72%	1.61%		0.00%	1.56%		0.00%	1.95%	3.86%	5.25%		7.23%	6.29%		6.48%
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0.00%	0.00%	0.00%		0.00%	0.00%		0.00%	0.00%	0.00%	1.23%		4.26%	1.01%		0.00%
TOTAL		3408	100%	100.00%	100.00%	100.00%		100.00%	100.00%		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		100.00%	100.00%		100.00%

Con los porcentajes de vehículos pesados por cada grupo de carril, se obtienen los factores por presencia de vehículos pesados para cada grupo de carril de los cuatro accesos de la intersección. A continuación, se muestran los valores obtenidos:

Tabla 90. Factores de vehículos pesados por grupo de carril

ACCESO 1		ACCESO 2		ACCESO 3		ACCESO 4	
GC 1.1	0.9995	GC 2.1	1.0000	GC 3.1	0.9998	GC 4.1	0.9989
GC 1.2	0.9998	GC 2.2	0.9994	GC 3.2	0.9994	GC 4.2	0.9984
GC 1.3	0.9998	GC 2.3	1.0000	GC 3.3	0.9994	GC 4.3	0.9994

**3.2.2.2 Flujo de automóviles directos equivalentes.** De la misma manera los volúmenes horarios de máxima demanda y los factores horarios de máxima demanda son obtenidos del estudio de tráfico aplicado a la intersección según la nueva distribución de carriles de esta alternativa.

Tabla 91. Factor horario de máxima demanda por grupo de carril

ACCESO 1			ACCESO 1		
Grupo Carril	Mov.	VHMD	Grupo Carril	Mov.	FHMD
GC 1.1	↖	68	GC 1.1	↖	0.548387
GC 1.2	→	105	GC 1.2	→	0.846774
GC 1.3	→	75	GC 1.3	→	0.707447
	↘	58		↘	
ACCESO 2			ACCESO 2		
Grupo Carril	Mov.	VHMD	Grupo Carril	Mov.	FHMD
GC 2.1	↖	14	GC 2.1	↖	0.38889
GC 2.2	→	382	GC 2.2	→	0.82738
	→	313		→	
GC 2.3	↘	131	GC 2.3	↘	0.86184
ACCESO 3			ACCESO 3		
Grupo Carril	Mov.	VHMD	Grupo Carril	Mov.	FHMD
GC 3.1	↖	192	GC 3.1	↖	0.72727
GC 3.2	→	130	GC 3.2	→	0.83333
GC 3.3	→	58	GC 3.3	→	0.79688
	↘	197		↘	
ACCESO 4			ACCESO 4		
Grupo Carril	Mov.	VHMD	Grupo Carril	Mov.	FHMD
GC 4.1	↖	243	GC 4.1	↖	0.86786
GC 4.2	→	281	GC 4.2	→	0.79902
	→	208		→	
GC 4.3	↘	73	GC 4.3	↘	0.79348

Para obtener el flujo de automóviles directos equivalentes es necesario utilizar los factores para los automóviles con giro hacia la izquierda y hacia la derecha (Ver figura 31 y Figura 32).

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por acceso de la intersección al aplicar los factores a los volúmenes horarios de máxima demanda.

Tabla 92. Automóviles directos equivalente para la propuesta N° 2

ACCESO 1			ACCESO 2		
Grupo Carril	Mov.	$q_T$	Grupo Carril	Mov.	$q_T$
GC 1.1	↖	130	GC 2.1	↖	38
GC 1.2	→	124	GC 2.2	→	462
GC 1.3	→	106		→	379
	↘	99	GC 2.3	↘	184
AED		460	AED		1062
ACCESO 3			ACCESO 4		
Grupo Carril	Mov.	$q_T$	Grupo Carril	Mov.	$q_T$
GC 3.1	↖	277	GC 4.1	↖	294
GC 3.2	→	156	GC 4.2	→	352
GC 3.3	→	73		→	261
	↘	327	GC 4.3	↘	111
AED		833	AED		1019

**3.2.2.3 Magnitud de intervalo de cambios.** De acuerdo con el plan de fases brindado por la metodología HCM 2010, se ha optado por analizar la intersección con cuatro fases semafóricas, dos de ellas con giros a la izquierda.

La primera fase permite el paso de los vehículos que giran exclusivamente hacia la izquierda en los accesos 1 y 3 de la avenida Chulucanas. La segunda fase permite el paso de los vehículos del acceso 1 y 3 que atraviesan la intersección de forma directa o que giran hacia la derecha en la avenida Chulucanas. Asimismo, la tercera fase permite el paso de los vehículos que giran exclusivamente hacia la izquierda en los accesos 2 y 4 de la avenida Sánchez Cerro. Por último, la cuarta fase permite el paso de los vehículos del acceso 2 y 4 que atraviesan la intersección de forma directa o que giran hacia la derecha en la avenida Sánchez Cerro.

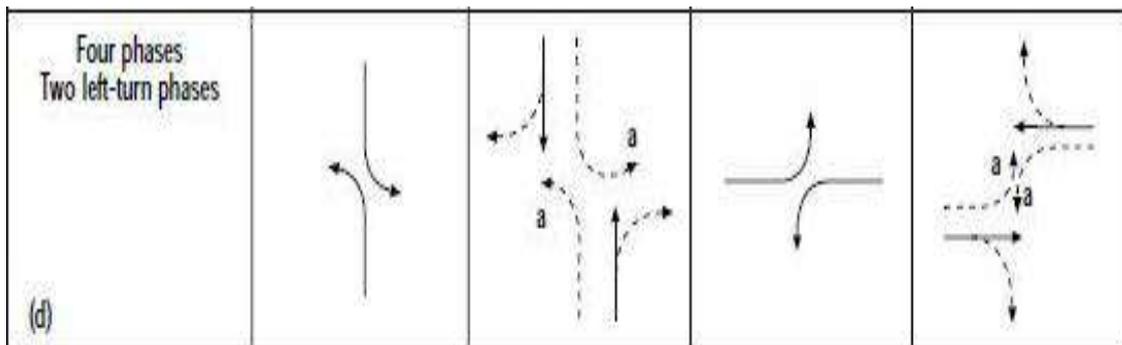


Figura 37. Representación de cuatro fases (dos fases con giros exclusivos a la izquierda)

En este paso se obtiene el intervalo de tiempo de amarillo y todo rojo por cada fase existente analizada, estos dependerán de la longitud que tiene que atravesar el vehículo para salir de la intersección y de la velocidad con la que atraviesan la intersección.

FASES

$$y = \text{Amarillo} + \text{Todo Rojo}$$

$$y_1 = 4 + 5$$

$$y_2 = 4 + 5$$

$$y_3 = 4 + 4$$

$$y_4 = 4 + 4$$

A1	=	4
TR2	=	5

A2	=	4
TR3	=	5

A3	=	4
TR4	=	4

A4	=	4
TR1	=	4

Para la primera fase, se obtuvo un tiempo de 4 segundos para el intervalo amarillo y un todo rojo de 4 segundos; para la segunda fase se obtuvo un tiempo de 4 segundos para el

intervalo amarillo y un todo rojo de 5 segundos; asimismo, para la tercera fase se obtuvo un tiempo de 4 segundos para el intervalo amarillo y un todo rojo de 5 segundos; por último, para la cuarta fase se obtuvo un tiempo de 4 segundos para el intervalo amarillo y un todo rojo de 4 segundos.

#### 3.2.2.4 Tiempo de pérdida por fases

$$l_1 = 4 + 4 = 8$$

$$l_2 = 4 + 5 = 9$$

$$l_3 = 4 + 5 = 9$$

$$l_4 = 4 + 4 = 8$$

El tiempo perdido para la primera fase es de 8 segundos, para la segunda fase es de 9 segundos, para la tercera es de 9 segundos y para la última fase es de 8 segundos.

#### 3.2.2.5 Tiempo total perdido por fases

$$L = 8 + 9 + 9 + 8 = 34$$

El tiempo total perdido del ciclo semafórico será de 34 segundos. Teniendo en cuenta estos tiempos se analizarán los tiempos de verde para cada fase.

#### 3.2.2.6 Máximas relaciones de flujo

$$Y_1 = 0.15403$$

$$Y_2 = 0.1814$$

$$Y_3 = 0.16352$$

$$Y_4 = 0.25666$$

Estos valores son obtenidos de la relación entre los flujos de automóviles equivalentes directos y el flujo de saturación base del HCM 2010. Cabe resaltar que por fase se escoge su máximo valor AED para la relación.

#### 3.2.2.7 Cálculo de longitud del ciclo óptimo

$$C_o = 229$$

La longitud de ciclo será de 229 segundos, este intervalo de tiempo albergará el desarrollo de las cuatro fases semafóricas en todos los accesos de la intersección.

**3.2.2.8 Tiempo efectivo de verde total.** El tiempo total de verde efectivo es el resultado de la diferencia entre la longitud del ciclo óptimo y el tiempo total perdido por fases.

$$g_T = 229 - 34 = 195$$

Asimismo, se obtiene el tiempo de verde efectivo por cada fase; a continuación, se muestran los valores obtenidos:

$$g_1 = 39.7507$$

$$g_2 = 46.813$$

$$g_3 = 42.2$$

$$g_4 = 66.2363$$

**3.2.2.9 Determinación de los tiempos verde real.** Los valores de tiempo real por cada fase se obtienen de la adición del tiempo efectivo real por fase más el tiempo perdido por fase menos el amarillo y todo rojo de la fase.

$$G1 = 40$$

$$G2 = 47$$

$$G3 = 42$$

$$G4 = 66$$

Por tanto, se obtiene que para la primera fase el tiempo de verde real será de 40 segundos, en la segunda fase será de 47 segundos, en la tercera fase será de 42 segundos y en la última fase será de 66 segundos.

**3.2.2.10 Diagrama de fases.** A continuación, en la Figura 38, se muestra el diagrama de fases obtenido a partir del análisis de la Alternativa 2.

### 3.3.3 Cálculo del NDS y capacidad – HCM 2010

Se aplicó la metodología HCM 2010 a la propuesta N° 2 en la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Prolongación Chulucanas. Se analizó el nivel de servicio y la capacidad de cada grupo de carril por acceso. Asimismo, por cada acceso se tiene información previa, la cual fue obtenida a través del conteo de campo, la geometría de la intersección y datos preestablecidos por la metodología HCM 2010. A continuación, a través de diversas plantillas realizadas mediante el software Excel, se aplica la metodología.

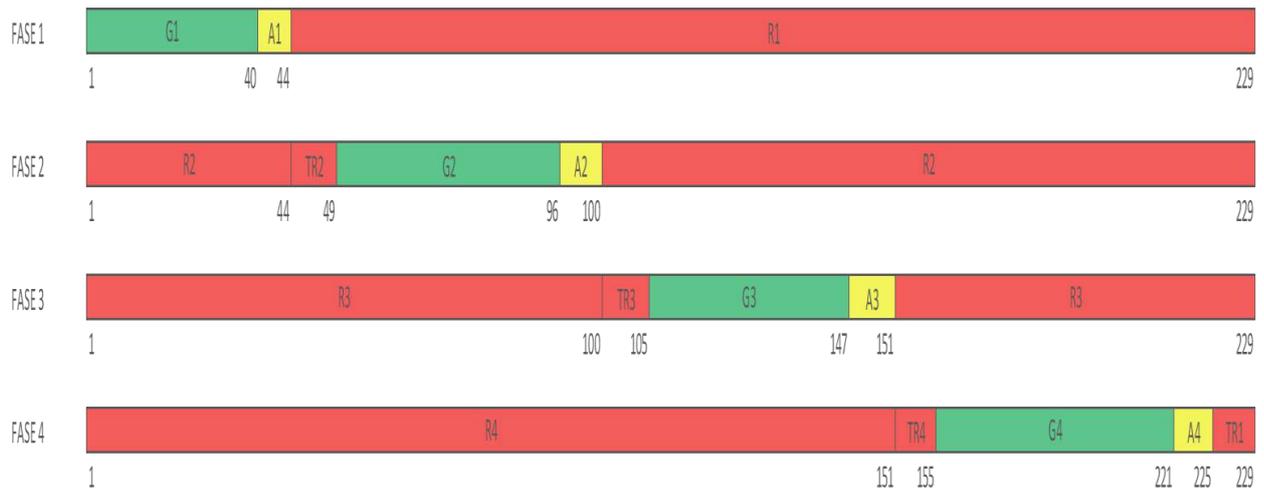


Figura 38. Diagrama de intervalos de fases semafóricas

**3.2.3.1 Acceso 1.** Para el desarrollo de la metodología HCM 2010 en el acceso 1 se recopiló información de la intersección a nivel geométrico, operacional y de tráfico, y el volumen vehicular de cada grupo de carril del acceso. En la Apéndice I se detallan los parámetros recopilados.

Para la obtención de la capacidad es necesario la recopilación de los intervalos de tiempo del ciclo semafórico en el acceso de la intersección; a continuación se detalla lo mencionado en la Tabla 93 y Tabla 94.

Tabla 93. Ciclo semafórico del acceso 1 de la intersección

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
GC 1.1	Verde efectivo	40	100
	Ambar	4	
	Rojo	56	
GC 1.2	Verde efectivo	47	100
	Ambar	4	
	Rojo	49	
GC 1.3	Verde efectivo	47	100
	Ambar	4	
	Rojo	49	

A continuación, se presenta el desarrollo de la metodología mediante la obtención de factores de ajuste por giro de peatones y ciclistas, tasa de flujo de saturación, capacidad, relación v/c.

Tabla 94. Tasa de flujo de saturación, capacidad y relación v/c del acceso 1

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas	ACCESO 1		
	Giro izq GC 1.1		Giro der GC 1.3
Vped	58		26
Vpedg	101,7544		45,6140
OCCpedg	0,0509		0,0228
Vbic	14,0000		0,0000
Vbicg	35,0000	-	-
OCCbicg	0,0330		-
OCCr	0,1031		0,0712
Apbt	0,9382		0,9573
frpb	-		0,9573
flpb	0,9382		-

Flujo de Saturación	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	0,96	0,96	0,96
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9995	0,9998	0,9998
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,9983	0,9983	0,9983
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	0,895	0,895	0,895
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	0,9524	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	0,8475
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9382	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9573
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1455,391</b>	<b>1629,434</b>	<b>1321,862</b>

	ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
N (número de carriles)	1	1	1
s (flujo de saturación)	1455,391	1629,434	1321,862
g (verde efectivo)	40	47	47
C (ciclo semafórico)	100	100	100
c (Capacidad)	<b>582,157</b>	<b>765,834</b>	<b>621,275</b>
Flujo de demana (Vi)	124,06	124,02	188,03
X	<b>0,2131</b>	<b>0,1619</b>	<b>0,3027</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de las demoras de control por cada grupo de carril del acceso 1, Tabla 95.

Tabla 95. Demoras y niveles de servicio por grupo de carril del acceso 1.

	DEMORAS: ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
PF	0,780	0,707	0,707
d1 (demora uniforme)	19,7	15,2	16,4
d2 (demora incremental)	0,8	0,4	1,2
d3 (demora cola inicial)	0,0	0,0	0,0
d (demora total)	16,2	11,2	12,8

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
NDS	B	B	B

De acuerdo con la aplicación de la metodología HCM 2010, el nivel de servicio para los grupos de carriles GC 1.1, GC 1.2 y GC 1.3 es B. Se evidencia que los cambios operacionales

realizados en este acceso como el aumento del ciclo semafórico y la adición de fases, han permitido que la capacidad pueda albergar la demanda existente y, en consecuencia, disminuir los tiempos de demora y mejorar el nivel de servicio respecto al nivel de servicio de la intersección en condiciones actuales; es decir se pasaron de grupos de carril con niveles de servicio C y D a grupos de carril con niveles de servicio de B en todo el acceso.

**3.2.3.2 Acceso 2.** Para el desarrollo de la metodología HCM 2010 en el acceso 2 se recopiló información de la intersección a nivel geométrico, operacional y de tráfico, y el volumen vehicular de cada grupo de carril del acceso. En la Apéndice J se detallan los parámetros recopilados.

Para la obtención de la capacidad es necesaria la recopilación de los intervalos de tiempo del ciclo semafórico en el acceso de la intersección; a continuación se detalla lo mencionado en la Tabla 96.

Tabla 96. Ciclo semafórico del acceso 2 de la intersección

<b>Grupo de carril</b>	<b>Semáforo (seg)</b>		<b>Ciclo Semafórico</b>
<b>GC 2.1</b>	<b>Verde efectivo</b>	42	129
	<b>Ambar</b>	4	
	<b>Rojo</b>	83	
<b>GC 2.2</b>	<b>Verde efectivo</b>	66	129
	<b>Ambar</b>	4	
	<b>Rojo</b>	59	
<b>GC 2.3</b>	<b>Verde efectivo</b>	66	129
	<b>Ambar</b>	4	
	<b>Rojo</b>	59	

A continuación, se desarrolla la metodología mediante la obtención de factores de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación, Tabla 97.

Tabla 97. Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación del acceso 2

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas	ACCESO 2		
	Giro izq GC 2.1		Giro der GC 2.3
Vped	17		39
Vpedg	30,4583		69,8750
OCCpedg	0,0152		0,0349
Vbic	0,0000		0,0000
Vbicg	-		-
OCCbicg	-		-
OCCr	0,0301		0,0690
Apbt	0,9819		0,9586
frpb	-		0,9586
flpb	0,9819		-

Flujo de Saturación	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	1,0000	0,9994	1,0000
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,98	0,98	0,98
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	1,0000	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	0,984	0,992	0,984
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	0,9524	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	0,8475
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9819	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9586
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1713,450</b>	<b>1845,949</b>	<b>1488,396</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de la capacidad, relación v/c, demoras de control y niveles de servicio por cada grupo de carril del acceso, Tabla 98.

Tabla 98. Capacidad, relación v/c, demoras y NDS por grupo de carril del acceso 2

	ACCESO 2		
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
N (número de carriles)	1	2	1
s (flujo de saturación)	1713,450	1845,949	1488,396
g (verde efectivo)	42	66	66
C (ciclo semafórico)	129	129	129
<b>c (Capacidad)</b>	<b>557,868</b>	<b>1888,878</b>	<b>761,505</b>
Flujo de demana (Vi)	36,00	840,53	152,00
<b>X</b>	<b>0,0645</b>	<b>0,4450</b>	<b>0,1996</b>

	DEMORAS: ACCESO 2		
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
PF	1	1	1
d1 (demora uniforme)	30,0	19,9	17,1
d2 (demora incremental)	0,2	0,7	0,6
d3 (demora cola inicial)	0,0	0,0	0,0
<b>d (demora total)</b>	<b>30,2</b>	<b>20,7</b>	<b>17,7</b>

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 2		
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
<b>NDS</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>

De acuerdo con la aplicación de la metodología HCM 2010, el nivel de servicio para los grupos de carriles GC 2.1, GC 2.2 es C y el nivel de servicio para el grupo de carril GC 2.3 es B. Se evidencia que los cambios operacionales realizados en este acceso como el aumento del

ciclo semafórico y la adición de fases, han permitido que la capacidad puede albergar la demanda existente, disminuyendo los tiempos de demora y mejorando el nivel de servicio respecto a las condiciones actuales; es decir se pasaron de grupos de carril con niveles de servicio E a grupos de carril con niveles de servicio C y B en el acceso.

**3.2.3.3 Acceso 3.** Para el desarrollo de la metodología HCM 2010 en el acceso 3 se recopiló información de la intersección a nivel geométrico, operacional y de tráfico, y el volumen vehicular de cada grupo de carril del acceso. En la Apéndice K se detallan los parámetros recopilados.

Para la obtención de la capacidad es necesario la recopilación de los intervalos de tiempo del ciclo semafórico en el acceso de la intersección; a continuación se detalla lo mencionado en la Tabla 99.

Tabla 99. Ciclo semafórico del acceso 3 de la intersección

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
GC 3.1	Verde efectivo	40	100
	Ambar	4	
	Rojo	56	
GC 3.2	Verde efectivo	47	100
	Ambar	4	
	Rojo	49	
GC 3.3	Verde efectivo	47	100
	Ambar	4	
	Rojo	49	

A continuación, se desarrolla la metodología mediante la obtención de factores de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación, Tabla 100.

Tabla 100. Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas	ACCESO 3		
	Giro izq GC 3.1		Giro der GC 3.2
Vped	26		58
Vpedg	45,6140		101,7544
OCCpedg	0,0228		0,0509
Vbic	14,0000		0,0000
Vbicg	35,0000		-
OCCbicg	0,0330		-
OCCr	0,0644		0,0319
Apbt	0,9614		0,9808
frpb	-		0,9808
flpb	0,9614		-

Flujo de Saturación	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	0,96	0,96	0,96
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9998	0,9994	0,9994
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	1,005	1,005	1,005
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	0,89	0,89	0,89
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	0,9524	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	0,8475
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9614	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9808
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1493,465</b>	<b>1630,540</b>	<b>1355,341</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de la capacidad, relación v/c, demoras de control y niveles de servicio por cada grupo de carril del acceso en la Tabla 101.

Tabla 101. Capacidad, relación v/c, demoras y NDS por grupo de carril del acceso 3

	ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
N (número de carriles)	1	1	1
s (flujo de saturación)	1493,465	1630,540	1355,341
g (verde efectivo)	40	47	47
C (ciclo semafórico)	100	100	100
c (Capacidad)	<b>597,386</b>	<b>766,354</b>	<b>637,010</b>
Flujo de demana (Vi)	264,05	156,09	320,18
X	<b>0,4420</b>	<b>0,2037</b>	<b>0,5026</b>

	DEMORAS: ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
PF	1	1	1
d1 (demora uniforme)	21,9	15,5	18,4
d2 (demora incremental)	2,2	0,6	2,6
d3 (demora cola inicial)	0,0	0,0	0,0
d (demora total)	24,1	16,1	21,0

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
NDS	C	B	C

De acuerdo con la aplicación de la metodología HCM 2010, el nivel de servicio para los grupos de carriles GC 3.1, GC 3.3 es C y el nivel de servicio para el grupo de carril GC 3.2 es B. Se evidencia que los cambios operacionales realizados en este acceso como el aumento del ciclo semafórico y la adición de fases, han permitido que la capacidad pueda albergar la demanda existente, disminuyendo los tiempos de demora y mejorando el nivel de servicio respecto a las condiciones actuales; es decir se pasaron de grupos de carril con niveles de servicio E y F a grupos de carril con niveles de servicio C y B en el acceso.

**3.2.3.4 Acceso 4.** Para el desarrollo de la metodología HCM 2010 en el acceso 4 se recopiló información de la intersección a nivel geométrico, operacional y de tráfico, y el volumen vehicular de cada grupo de carril del acceso. En la Apéndice L se detallan los parámetros recopilados.

Para la obtención de la capacidad es necesario la recopilación de los intervalos de tiempo del ciclo semafórico en el acceso de la intersección; a continuación se detalla lo mencionado en la Tabla 102.

Tabla 102. Ciclo semafórico acceso 4 de la intersección

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
GC 4.1	Verde efectivo	42	129
	Ambar	4	
	Rojo	83	
GC 4.2	Verde efectivo	66	129
	Ambar	4	
	Rojo	59	
GC 4.3	Verde efectivo	66	129
	Ambar	4	
	Rojo	59	

A continuación, se desarrolla la metodología mediante la obtención de factores de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación, Tabla 103.

Tabla 103. Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas	ACCESO 4		
	Giro izq GC 4.1		Giro der GC 4.3
Vped	39		17
Vpedg	69,8750		30,4583
OCCpedg	0,0349		0,0152
Vbic	-		0,0000
Vbicg	-		-
OCCbicg	-		-
OCCr	0,0690		0,0301
Apbt	0,9586		0,9819
frpb	-		0,9819
flpb	0,9586		

Flujo de Saturación	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9989	0,9984	0,9994
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,99645	0,99645	0,99645
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	1,0000	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	0,976	0,988	0,976
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	0,9524	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	0,8475
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9586	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9819
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1684,987</b>	<b>1867,468</b>	<b>1536,674</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de la capacidad, relación v/c, demoras de control y niveles de servicio por cada grupo de carril del acceso.

Tabla 104. Capacidad, relación v/c, demoras y NDS por grupo de carril del acceso 4

	ACCESO 4		
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
N (número de carriles)	1	2	1
s (flujo de saturación)	1684,987	1867,468	1536,674
g (verde efectivo)	42	66	66
C (ciclo semafórico)	129	129	129
c (Capacidad)	<b>548,601</b>	<b>1910,897</b>	<b>786,205</b>
Flujo de demana (Vi)	280,32	613,01	92,06
X	<b>0,5110</b>	<b>0,3208</b>	<b>0,1171</b>

	DEMORAS: ACCESO 4		
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
PF	1	1	1
d1 (demora uniforme)	35,2	18,4	16,4
d2 (demora incremental)	3,1	0,4	0,3
d3 (demora cola inicial)	0,0	0,0	0,0
d (demora total)	38,3	18,8	16,7

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 4		
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
NDS	D	B	B

De acuerdo con la aplicación de la metodología HCM 2010, el nivel de servicio para los grupos de carriles GC 4.1 es D y el nivel de servicio para el grupo de carril GC 4.2 y GC 4.3 es B. Se evidencia que los cambios operacionales realizados en este acceso como el aumento del ciclo semafórico y la adición de fases, han permitido que la capacidad pueda albergar la demanda existente, por ende, disminuir los tiempos de demora y mejorar el nivel de servicio respecto al nivel de servicio de la intersección en condiciones actuales; es decir se pasaron de grupos de carril con niveles de servicio E a grupos de carril con niveles de servicio B y D.

### 3.3.4 Ajuste del ciclo semafórico

La longitud del ciclo semafórico obtenido es de 229 segundos para las cuatro fases analizadas y la longitud de los intervalos de rojo para cada fase son bastante extensas, generando mucha espera a los conductores de los vehículos que atraviesan la intersección, por lo cual, se realizará un ajuste de acuerdo con los valores obtenidos anteriormente. Este ajuste se realizará con el objetivo de disminuir la longitud de ciclo sin afectar a los niveles de servicio hallados, de modo que se disminuyen los tiempos de intervalo verde de manera proporcional al volumen de tráfico que atravesará la intersección en su respectiva fase, es así como luego de realizar diversas iteraciones a las tablas establecidas con la metodología HCM 2010 se distribuirán los intervalos semafóricos de la siguiente manera:

Tabla 105. Nueva distribución de intervalos de tiempo

Fase 1	Verde	30 s.
	Ambar	4 s.
	Rojo	162 s.
Fase 2	Verde	40 s.
	Ambar	4 s.
	Rojo	152 s.
Fase 3	Verde	42 s.
	Ambar	4 s.
	Rojo	150 s.
Fase 4	Verde	50 s.
	Ambar	4 s.
	Rojo	142 s.

De acuerdo con la Figura 39, la longitud del ciclo es de 196 segundos y la distribución de intervalos por cada fase de verde, amarillo y rojo son los siguientes:



Figura 39. Distribución semafórica seleccionada después de las diversas iteraciones para ajustar del ciclo semafórico

A continuación, se muestra el análisis de los niveles de servicio de cada grupo de carril bajo la metodología de HCM 2010.

**3.2.4.1 Acceso 1.** La información previa del acceso 1 usada para este análisis es la misma del análisis anterior.

La Tabla 106 muestra la distribución de intervalos semafóricos por grupo de carril según las fases asignadas a estos.

Tabla 106. Distribución semafórica por grupos de carril del acceso 1

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
	Verde efectivo	Rojo	
GC 1.1	Verde efectivo	30	83
	Ambar	4	
	Rojo	49	
GC 1.2	Verde efectivo	40	83
	Ambar	4	
	Rojo	39	
GC 1.3	Verde efectivo	40	83
	Ambar	4	
	Rojo	39	

A continuación, se desarrolla la metodología mediante la obtención de factores de ajuste por giro de peatones y ciclistas, tasa de flujo de saturación, capacidad, relación v/c, demoras y niveles de servicio por cada grupo de carril, Tabla 107

Tabla 107. Factor de ajuste de giros de peatones y ciclistas del acceso 1.

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas	ACCESO 1		
	Giro izq GC 1.1		Giro der GC 1.3
Vped	58		26
Vpedg	84,4561		37,8596
OCCpedg	0,0422		0,0189
Vbic	14,0000		0,0000
Vbicg	38,7333	-	-
OCCbicg	0,0343		-
OCCr	0,1118		0,0690
Apbt	0,9329		0,9586
frpb	-		0,9586
flpb	0,9329		-

Flujo de Saturación	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	0,96	0,96	0,96
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9995	0,9998	0,9998
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,9983	0,9983	0,9983
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	0,895	0,895	0,895
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	0,9524	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	0,8475
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9329	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9586
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1447,247</b>	<b>1629,434</b>	<b>1323,731</b>

	ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
N (número de carriles)	1	1	1
s (flujo de saturación)	1447,247	1629,434	1323,731
g (verde efectivo)	30	40	40
C (ciclo semafórico)	83	83	83
c (Capacidad)	<b>523,101</b>	<b>785,270</b>	<b>637,943</b>
Flujo de demana (Vi)	124,06	124,02	188,03
X	<b>0,2372</b>	<b>0,1579</b>	<b>0,2947</b>

	DEMORAS: ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
PF	0,813	0,693	0,693
d1 (demora uniforme)	18,5	12,1	13,0
d2 (demora incremental)	1,0	0,4	1,1
d3 (demora cola inicial)	0,0	0,0	0,0
d (demora total)	16,1	8,8	10,1

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 1		
	GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3
NDS	B	A	B

Teniendo en cuenta que el acceso 1 no tuvo cola inicial en la situación actual analizada en el capítulo 2 y que los cambios realizados a la intersección se hacen para reducir y/o eliminar esas colas iniciales, a este análisis no se le añadió cola inicial; por tanto, no se obtuvo la demora 3 en el análisis de demoras.

El nivel de servicio obtenido para los grupos de carriles 1.1 y 1.3 es B y para el grupo de carril 1.2 es A, lo cual evidencia una mejora respecto a los niveles de servicio del acceso 1

hallados con la longitud de ciclo semafórico mayor. Cabe resaltar que los tres grupos de carril eran B y ahora los grupos de carriles 1.1 y 1.3 permanecen con nivel B sin embargo las demoras han disminuido y el grupo de carril 1.2 ha mejorado a un NDS A.

**3.2.4.2 Acceso 2.** La información previa del acceso 2 usada para este análisis es la misma del análisis anterior.

La Tabla 108 muestra la distribución de intervalos semafóricos por grupo de carril según las fases asignadas a estos.

Tabla 108. Distribución semafórica por grupos de carril del acceso 2

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
	Verde efectivo		
GC 2.1	Verde efectivo	42	113
	Ambar	4	
	Rojo	67	
GC 2.2	Verde efectivo	50	113
	Ambar	4	
	Rojo	59	
GC 2.3	Verde efectivo	50	113
	Ambar	4	
	Rojo	59	

A continuación, se desarrolla la metodología mediante la obtención de factores de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación por cada grupo de carril, Tabla 109.

Tabla 109. Factor de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación.

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas	ACCESO 2		
	Giro izq GC 2.1		Giro der GC 2.3
Vped	17		39
Vpedg	26,6806		61,2083
OCCpedg	0,0133		0,0306
Vbic	0,0000		0,0000
Vbicg	-		-
OCCbicg	-		-
OCCr	0,0213		0,0488
Apbt	0,9872		0,9707
frpb	-		0,9707
flpb	0,9872		

Flujo de Saturación	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	1,0000	0,9994	1,0000
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,98	0,98	0,98
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	1,0000	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	0,984	0,992	0,984
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	0,9524	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	0,8475
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9872	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9707
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1722,679</b>	<b>1845,949</b>	<b>1507,236</b>

A continuación, se detallan los valores obtenidos de la capacidad, relación v/c, demoras de control y niveles de servicio por cada grupo de carril del acceso, Tabla 110.

Tabla 110. Capacidad, relación v/c, demoras y NDS por grupo de carril del acceso 2

	ACCESO 2		
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
N (número de carriles)	1	2	1
s (flujo de saturación)	1722,679	1845,949	1507,236
g (verde efectivo)	42	50	50
C (ciclo semafórico)	113	113	113
c (Capacidad)	640,288	1633,583	666,918
Flujo de demana (Vi)	36,00	840,53	152,00
X	0,0562	0,5145	0,2279

	DEMORAS: ACCESO 2		
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
PF	1	1	1
d1 (demora uniforme)	22,8	22,7	19,5
d2 (demora incremental)	0,2	1,1	0,8
d3 (demora cola inicial)			
d (demora total)	22,9	23,9	20,3

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 2		
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
NDS	C	C	C

Teniendo en cuenta que el acceso 2 tuvo cola inicial en la situación actual analizada en el capítulo 2 y que los cambios realizados a la intersección se hacen para reducir y/o eliminar esas colas iniciales, en este caso se analizó primero sin cola inicial es decir sin demora 3 y posteriormente se realizó un análisis con cola inicial generando una demora 3, calculando el nivel de servicio en ambos casos.

El nivel de servicio obtenido para los grupos de carriles 2.1, 2.2 y 2.3 es C, lo cual evidencia que los grupos de carril 2.1 y 2.2 no han variado nivel de servicio, pero sí las demoras se han visto reducidas respecto a los resultados hallados con la longitud de ciclo semafórico mayor. Sin embargo, el grupo de carril 2.3 aumentó ligeramente su demora, por lo que el nivel de servicio disminuyó de B a C.

A continuación, se analizaron las demoras producidas por una cola inicial, asumiendo el mismo número de vehículos de la cola inicial de la situación actual analizado en el capítulo 2, ver Tabla 111.

Tabla 111. Análisis de la cola inicial en acceso 2 para la demora 3

DEMORA 3			
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
Qb	5	4	4
t	0.008274202	0.005043769	0.007768221
u	0	0	0

Por consiguiente, la demora 1 se vería afectada; a continuación, se presenta el análisis previo de los valores que afectan a la demora, Tabla 112.

Tabla 112. Análisis previo para la demora 1 afectada por la cola inicial

DEMORA 1			
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
du	49.73401574	58.83224798	50.53427723
ds	77.5	81.5	81.5

A continuación, se muestran las demoras halladas para obtener la demora promedio por cada grupo de carril en el acceso 2 en la Tabla 113.

Tabla 113. Demora promedio con cola inicial de grupos de carriles del acceso 2

	DEMORAS: ACCESO 2		
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
<b>PF</b>	1	1	1
<b>d1 (demora uniforme)</b>	50.7	59.3	51.5
<b>d2 (demora incremental)</b>	0.2	1.1	0.8
<b>d3 (demora cola inicial)</b>	0.5	0.1	0.3
<b>d (demora total)</b>	51.3	60.5	52.6

De acuerdo con las demoras por cada grupo de carril visualizadas en la tabla 114, se obtienen los siguientes niveles de servicio.

Tabla 114. Niveles de servicio con cola inicial por cada grupo de carril en el acceso 2

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 2		
	GC 2.1	GC 2.2	GC 2.3
<b>NDS</b>	E	E	E

El nivel de servicio obtenido para los grupos de carriles 2.1, 2.2 y 2.3 es E, lo cual evidencia una mejora en los tiempos de demora respecto a los resultados de la situación actual hallados en el capítulo 2, ya que se ven mínimamente reducidos; sin embargo, no se ven mejoras en la valoración respecto a nivel de servicio.

**3.2.4.3 Acceso 3.** La información previa del acceso 3 usada para este análisis es la misma del análisis anterior.

La Tabla 115 muestra la distribución de intervalos semafóricos por grupo de carril según las fases asignadas.

Tabla 115. Distribución semafórica por grupos de carril del acceso 3

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
<b>GC 3.1</b>	<b>Verde efectivo</b>	30	83
	<b>Ambar</b>	4	
	<b>Rojo</b>	49	
<b>GC 3.2</b>	<b>Verde efectivo</b>	40	83
	<b>Ambar</b>	4	
	<b>Rojo</b>	39	
<b>GC 3.3</b>	<b>Verde efectivo</b>	40	83
	<b>Ambar</b>	4	
	<b>Rojo</b>	39	

A continuación, se desarrolla la metodología mediante la obtención de factores de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación por cada grupo de carril, se muestra en Tabla 116.

Tabla 116. Factor de ajuste de giros de peatones y ciclistas, tasa de flujo de saturación, capacidad, relación v/c, demoras y niveles de servicio del acceso 3

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas	ACCESO 3		
	Giro izq GC 3.1		Giro der GC 3.2
Vped	26		58
Vpedg	37,8596		84,4561
OCCpedg	0,0189		0,0422
Vbic	14,0000		0,0000
Vbicg	38,7333		-
OCCbicg	0,0343		-
OCCr	0,0691		0,0309
Apbt	0,9586		0,9814
frpb	-		0,9814
flpb	0,9586		-

Flujo de Saturación	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	0,96	0,96	0,96
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9998	0,9994	0,9994
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	1,005	1,005	1,005
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	0,89	0,89	0,89
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	1	1	1
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	0,9524	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	0,8475
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9586	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9814
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1489,098</b>	<b>1630,540</b>	<b>1356,179</b>

	ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
N (número de carriles)	1	1	1
s (flujo de saturación)	1489,098	1630,540	1356,179
g (verde efectivo)	30	40	40
C (ciclo semafórico)	83	83	83
c (Capacidad)	<b>538,228</b>	<b>785,802</b>	<b>653,580</b>
Flujo de demana (Vi)	264,05	156,09	320,18
X	<b>0,4906</b>	<b>0,1986</b>	<b>0,4899</b>

	DEMORAS: ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
PF	1	1	1
d1 (demora uniforme)	20,6	12,3	14,6
d2 (demora incremental)	2,8	0,6	2,4
d3 (demora cola inicial)	0,0	0,0	0,0
d (demora total)	23,4	12,9	17,0

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 3		
	GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3
NDS	C	B	B

Teniendo en cuenta que el acceso 3 tuvo cola inicial en la situación actual analizada en el capítulo 2 y que los cambios realizados a la intersección se hacen para reducir y/o eliminar esas colas iniciales, en este caso se analizó primero sin cola inicial es decir sin demora 3 y luego hizo el análisis con cola inicial, generando una demora 3 con el objetivo de hallar el nivel de servicio en ambos casos.

El nivel de servicio obtenido para los grupos de carriles 3.1 es C y 3.2 y 3.3 es B, lo cual evidencia disminución en las demoras de los tres grupos de carril, haciendo que el grupo de carril 3.3 pasara de un NDS C a B respecto a los resultados hallados utilizando la longitud de ciclo semafórico mayor.

A continuación, se muestra el análisis de las demoras producidas por una cola inicial, asumiendo el mismo número de vehículos de la cola inicial de la situación actual analizado en el capítulo 2, en la Tabla 117.

Tabla 117. Análisis de la cola inicial en acceso 3 para la demora 3

<b>DEMORA 3</b>			
	<b>GC 3.1</b>	<b>GC 3.2</b>	<b>GC 3.3</b>
<b>Qb</b>	5	4	7
<b>t</b>	0.01823642	0.0063521	0.02099602
<b>u</b>	0	0	0

Por consiguiente, la demora 1 se vería afectada; a continuación, se presenta el análisis previo de los valores que afectan a la demora, Tabla 118.

Tabla 118. Análisis previo para la demora 1 afectada por la cola inicial

<b>DEMORA 1</b>			
	<b>GC 3.1</b>	<b>GC 3.2</b>	<b>GC 3.3</b>
<b>du</b>	43.85478196	35.2343914	41.7085165
<b>ds</b>	56.5	61.5	61.5

A continuación, se muestran las demoras halladas para obtener la demora promedio por cada grupo de carril en el acceso 3, se muestra en la Tabla 119.

Tabla 119. Demora promedio con cola inicial de grupos de carriles de acceso 3

	<b>DEMORAS: ACCESO 3</b>		
	<b>GC 3.1</b>	<b>GC 3.2</b>	<b>GC 3.3</b>
<b>PF</b>	1	1	1
<b>d1 (demora uniforme)</b>	44.8	35.9	43.4
<b>d2 (demora incremental)</b>	2.8	0.6	2.4
<b>d3 (demora cola inicial)</b>	1.2	0.2	1.6
<b>d (demora total)</b>	48.8	36.7	47.4

De acuerdo con las demoras por cada grupo de carril visualizadas en la tabla 119, se obtienen los niveles de servicio, se muestra en la Tabla 120.

Tabla 120. Niveles de servicio con cola inicial por cada grupo de carril en el acceso 3

	<b>NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 3</b>		
	<b>GC 3.1</b>	<b>GC 3.2</b>	<b>GC 3.3</b>
<b>NDS</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>

El nivel de servicio obtenido para los grupos de carriles 3.1, 3.2 y 3.3 es D, lo cual evidencia una mejora en los tiempos de demora ya que se ven reducidos y a su vez mejoras en la valoración respecto a nivel de servicio ya que se pasa de NDS E a D en el análisis de la situación actual del capítulo 2.

**3.2.4.4 Acceso 4.** La información previa del acceso 4 usada para este análisis es la misma del análisis anterior.

La Tabla 121 muestra la distribución de intervalos semafóricos por grupo de carril según las fases asignadas.

Tabla 121. Distribución semafórica por grupos de carril del acceso 4

Grupo de carril	Semáforo (seg)		Ciclo Semafórico
GC 4.1	Verde efectivo	42	113
	Ambar	4	
	Rojo	67	
GC 4.2	Verde efectivo	50	113
	Ambar	4	
	Rojo	59	
GC 4.3	Verde efectivo	50	113
	Ambar	4	
	Rojo	59	

A continuación, se desarrolla la metodología mediante la obtención de factores de ajuste por giro de peatones y ciclistas y tasa de flujo de saturación por cada grupo de carril se muestra en la Tabla 122.

Tabla 122. Factor de ajuste de giros de peatones y ciclistas, tasa de flujo de saturación, capacidad, relación v/c, demoras y niveles de servicio del acceso 4

F. de ajuste por giro de peatones y ciclistas	ACCESO 4		
	Giro izq GC 4.1		Giro der GC 4.3
Vped	39		17
Vpedg	61,2083		26,6806
OCCpedg	0,0306		0,0133
Vbic	-		0,0000
Vbicg	-		-
OCCbicg	-		-
OCCr	0,0488		0,0213
Apbt	0,9707		0,9872
frpb	-		0,9872
flpb	0,9707		-

Flujo de Saturación	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
Flujo de Saturación básico (So)	1900	1900	1900
Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vehículo pesado (Fhv)	0,9989	0,9984	0,9994
Factor de ajuste por pendiente (Fg)	0,99645	0,99645	0,99645
Factor de ajuste por estacionamiento (Fp)	1,0000	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por bloqueo de buses en la intersección (Fbb)	0,976	0,988	0,976
Factor de ajuste por tipo de área (Fa)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por utilización de carril (FLU)	1,00	1,00	1,00
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda (FLT)	0,9524	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por vuelta a la derecha (FRT)	1,0000	1,0000	0,8475
Factor de ajuste por movimiento a la izquierda de peatones (FLpb)	0,9707	1,0000	1,0000
Factor de ajuste por movimiento a la derecha de peatones (FRpb)	1,0000	1,0000	0,9872
<b>Flujo de saturación (S)</b>	<b>1706,315</b>	<b>1867,468</b>	<b>1544,950</b>

	ACCESO 4		
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
N (número de carriles)	1	2	1
s (flujo de saturación)	1706,315	1867,468	1544,950
g (verde efectivo)	42	50	50
C (ciclo semafórico)	113	113	113
c (Capacidad)	<b>634,206</b>	<b>1652,626</b>	<b>683,606</b>
Flujo de demana (Vi)	280,32	613,01	92,06
X	<b>0,4420</b>	<b>0,3709</b>	<b>0,1347</b>

	DEMORAS: ACCESO 4		
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
PF	1	1	1
d1 (demora uniforme)	26,7	21,0	18,7
d2 (demora incremental)	2,1	0,6	0,4
d3 (demora cola inicial)	0,0	0,0	0,0
d (demora total)	28,8	21,6	19,1

	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 4		
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
NDS	C	C	B

Teniendo en cuenta que el acceso 4 tuvo cola inicial en la situación actual analizada en el capítulo 2 y que los cambios realizados a la intersección se hacen para reducir y/o eliminar esas colas iniciales, en este caso se analizó primero sin cola inicial es decir sin demora 3 y luego se realizó el análisis con cola inicial generando una demora 3 con el objetivo de obtener el nivel de servicio en ambos casos.

El nivel de servicio obtenido para los grupos de carriles 4.1 y 4.2 es C y 4.3 es B, lo cual evidencia disminución de tiempo de demora en el grupo de carril 4.1, mejorando el nivel de servicio de D a C respecto al resultado usando la longitud de ciclo semafórico mayor. En el caso de los grupos de carril 4.2 y 4.3, las demoras aumentaron ligeramente, produciendo un cambio negativo en el nivel de servicio del grupo de carril 4.2 pasando de un NDS B a C respecto a los resultados hallados utilizando la longitud de ciclo semafórico mayor.

A continuación, se analizarán las demoras producidas por una cola inicial, se asumirá el mismo número de vehículos de la cola inicial de la situación actual analizado en el capítulo 2.

Tabla 123. Análisis de la cola inicial en el acceso 4 para la demora 3

DEMORA 3			
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
Qb	7	4	4
t	0.019780493	0.003847557	0.006761935
u	0	0	0

Por consiguiente, la demora 1 se vería afectada; a continuación, se presenta el análisis previo de los valores que afectan a la demora, Tabla 124.

Tabla 124. Análisis previo para la demora 1 afectada por la cola inicial

DEMORA 1			
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
du	58.26708802	54.36002717	48.31714818
ds	77.5	81.5	81.5

A continuación, se muestran las demoras halladas para obtener la demora promedio por cada grupo de carril en el acceso 4, Tabla 125.

Tabla 125. Demora promedio con cola inicial de grupos de carriles de acceso 4

	DEMORAS: ACCESO 4		
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
PF	1	1	1
d1 (demora uniforme)	59.8	54.8	49.2
d2 (demora incremental)	2.1	0.6	0.4
d3 (demora cola inicial)	1.6	0.1	0.3
d (demora total)	63.5	55.5	49.9

De acuerdo con las demoras por cada grupo de carril visualizadas en la tabla 125, se obtienen los niveles de servicio, se muestra Tabla 126.

Tabla 126. Niveles de servicio con cola inicial por cada grupo de carril en acceso 4

NDS	NIVEL DE SERVICIO: ACCESO 4		
	GC 4.1	GC 4.2	GC 4.3
	E	E	D

El nivel de servicio obtenido para los grupos de carriles 4.1 y 4.2 es E y 4.3 es D, lo cual evidencia una mejora en los tiempos de demora ya que se ven reducidos y a su vez mejoras en la valoración respecto a nivel de servicio ya que se pasa de NDS E a D respecto al análisis de la situación actual en el capítulo 2.

### 3.3 Propuesta N°3: intersección con rotonda

Se aplicó la metodología HCM 2010 para rotondas en este apartado, usando el conteo vehicular realizado, ordenado para adecuarlo a la metodología.

Según el HCM 2010, las rotondas son intersección con una forma generalmente circular, caracterizadas por ceder el paso en la entrada y la circulación en sentido antihorario alrededor de una isla central.

El criterio usado para el nivel de servicio para automóviles en rotondas se muestra en la Tabla 127, Los NDS se asignan dependiendo del tiempo de demora de control obtenido en cada carril. Sin embargo, el NDS F es asignado directamente en caso de que la relación volumen-capacidad del carril exceda el valor de 1.0 independientemente de la demora de control obtenida.

Tabla 127. Nivel de servicio para automóviles en rotondas

Demora de control (s/veh)	Nivel de Servicio	
	v/c ≤ 1,0	v/c > 1,0
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Fuente: (HCM 2010, 2010)

Para las rotondas se introducen nuevas características de capacidad de rotondas y presentan terminología específica de rotondas:

$$v_e = \text{tasa de flujo de entrada}$$

$$v_c = \text{tasa de flujo de conflicto}$$

$$v_{ex} = \text{tasa de flujo de salida}$$

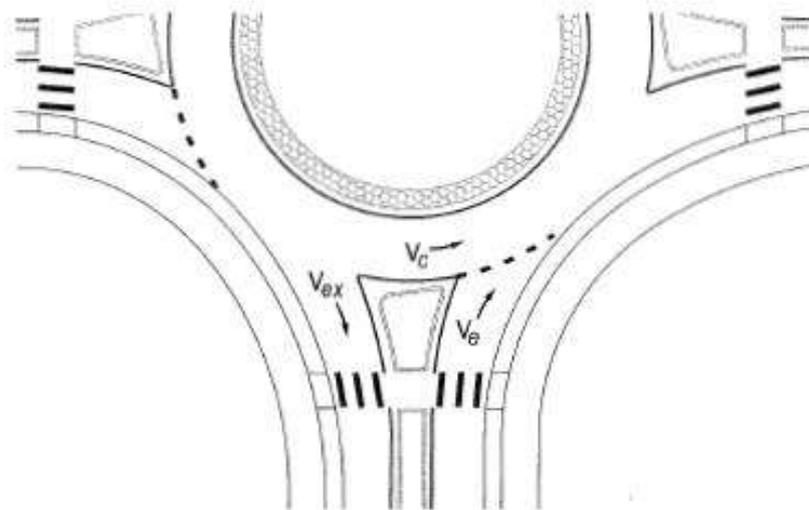


Figura 40. Representación de tasas de flujo en rotondas

### 3.3.1 Capacidad para dos carriles de entrada en conflicto con dos carriles de circulación

La capacidad del carril izquierdo y carril derecho para rotondas de dos carriles de entrada y dos carriles de circulación están dadas por las siguientes formulas.

$$C_{e,R,pce} = 1130e^{(-0.7*10^{-3})v_{c,pce}}$$

$$C_{e,L,pce} = 1130e^{(-0.75*10^{-3})v_{c,pce}}$$

### 3.3.2 Metodología: modo automóvil

Los niveles de servicio de carriles en una rotonda se hallan tras aplicar una serie de pasos mostrados a continuación:

Paso 1: Convertir el volumen de demanda de movimiento a tasas de flujo.

Paso 2: Tasa de flujo ajustada para vehículos pesados.

Paso 3: Determinar las tasas de flujo de circulación y de salida.

Paso 4: Determinar la tasa de flujo de entrada por carril.

Paso 5: Determinar la capacidad de cada carril de entrada.

Paso 6: Determinar el efecto de peatones a vehículos.

Paso 7: Convertir la tasa de flujo de carril y capacidad en vehículos por hora.

Paso 8: Calcular la relación volumen-capacidad para cada carril.

Paso 9: Calcular la demora de control por cada carril.

Paso 10: Determinar el NDS para cada carril en cada acceso.

En la Tabla 128, se muestra el desarrollo del análisis de la metodología HCM 2010 en modo automóvil para una rotonda en la intersección analizada:

Tabla 128. Análisis de metodología HCM 2010 para una rotonda en la intersección

Acceso	INFORMACION PREVIA												
	1			2				3			4		
	Carril 1.1		Carril 1.2	Carril 2.1		Carril 2.2	Carril 3.1		Carril 3.2	Carril 4.1		Carril 4.2	
	Movimiento	Izq	De frente	Dere	Izq	De frente	Dere	Izq	De frente	Dere	Izq	De frente	Dere
Sentido	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	
% Buses	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,69%	0,00%	0,00%	0,00%	1,00%	0,00%	0,00%	9,13%	0,00%
% Camiones	4,95%	1,47%	2,44%	0,00%	1,56%	0,00%	1,95%	3,28%	10,45%	11,49%	7,30%	6,48%	
% Veh. Pesados	4,95%	1,47%	2,44%	0,00%	6,26%	0,00%	1,95%	3,28%	11,44%	11,49%	16,43%	6,48%	
vi	124	208	104	36	844	172	264	216	268	280	616	76	
FHP	0,5565	0,8317	0,5096	0,5000	0,8021	0,8430	0,7917	0,8009	0,8134	0,7964	0,7159	0,8158	
FHV	0,9528	0,9855	0,9762	1,0000	0,9411	1,0000	0,9808	0,9682	0,8973	0,8969	0,8589	0,9391	
vi,pce	130,14	211,06	106,54	36,00	896,80	172,00	269,16	223,09	298,67	312,17	717,21	80,93	
vc,pce	984			676				1149			555		
vex,pce	407			831				763			1325		
vU	0			0				0			0		
vL	101			25				256			235		
vT	340			1023				274			493		
vR	82			188				201			108		
vU+vL	101			25				256			235		
vT+vR	422			1211				475			601		
vU+vL+vT	441			1048				530			728		
Assumed Lane Assignment	LT,TR			LT,TR				LT,TR			LT,TR		
%LL	52,58%			51,54%				60,15%			56,34%		
%RL	47,42%			48,46%				39,85%			43,66%		
ve	305			843				578			806		
Left Lane	160			434				348			454		
Right Lane	145			409				230			352		
Capacity Left Lane	540,22			680,60				477,34			745,25		
Capacity Right Lane	567,46			704,00				505,56			766,22		
nped	17			26				39			58		
fped	1			0,9895				1			0,9671		
FHV,e	0,8713			0,9513				0,9531			0,8800		
Ci left	470,7160			640,6628				454,9679			634,1905		
Ci right	494,4544			662,6873				481,8712			652,0358		
vi left	229			542				450			548		
vi right	207			510				298			424		
Xi left	0,49			0,85				0,99			0,86		
Xi right	0,42			0,77				0,62			0,65		
demora d left lane	17,11			32,99				69,80			35,47		
demora d left right	14,52			25,03				21,92			18,44		
LOS left lane	C			D				F			D		
LOS right lane	B			D				C			C		

Después de haber realizado el análisis de la metodología, los resultados hallados respecto a niveles de servicio para cada carril en cada acceso son: para el carril izquierdo y derecho del acceso 1, los niveles de servicio son C y B respectivamente; para el acceso 2 el nivel de servicio para ambos carriles es D; para el acceso 3 el nivel de servicio para el carril izquierdo es F y para el carril derecho es C; y para el acceso 4 el nivel de servicio es D para el carril izquierdo y C para el carril derecho. El acceso 2 y el acceso 3 son los que tienen niveles de servicio menores, incluso el acceso 3 llega a ser excesivamente deficiente con un nivel de servicio F, es decir que la capacidad del carril no puede albergar la demanda vehicular existente. Teniendo en cuenta la capacidad, niveles de servicio, tiempos de demora y cambio total de la geometría de la intersección actual, se considera la propuesta como inviable.

### 3.4 Comparación de las alternativas de solución.

Tabla 129. Comparación de las tres propuestas de solución

Propuesta	Características
Propuesta N° 1: Intersección semafórica con cambios operacionales sin modificación de la geometría existente	<p>No se realizan cambios geométricos, sin embargo, sí se realizan cambios operacionales como el cambio a tres fases semafóricas.</p> <p>Se realiza el análisis semafórico bajo un diseño de tres fases semafóricas, la primera fase para los vehículos del acceso 1 y 3 de la avenida Chulucanas que giran a la izquierda de manera exclusiva, la segunda fase para los vehículos del acceso 1 y 3 de la avenida Chulucanas que atraviesan la intersección de frente y que giran hacia la derecha y la tercera fase para los vehículos del acceso 2 y 4 de la avenida Sánchez Cerro que atraviesan la intersección de frente y giran hacia la derecha e izquierda.</p> <p>El resultado del análisis semafórico brinda una longitud de ciclo negativa, por lo que se puede deducir que las tres fases semafóricas no son suficientes para las condiciones actuales de la intersección.</p> <p>No es viable esta propuesta de solución a la problemática existente en la intersección.</p>
Propuesta N° 2: Intersección semafórica con cambios operacionales y modificando la geometría existente.	<p>Se realizan cambios geométricos: se agregan dos carriles al acceso 4 y dos carriles de recepción de vehículos, del mismo modo se agregan dos carriles de almacenamiento de vehículos del acceso 2 y dos carriles de recepción de vehículos en la avenida Sánchez Cerro; la avenida Chulucanas no tendrá cambios geométricos.</p> <p>Se realizarán cambios operacionales semafóricos: se diseñó con cuatro fases semafóricas: la primera fase permitirá el cruce de vehículos del acceso 1 y 3 que giran exclusivamente a la izquierda, la segunda fase permitirá el cruce de vehículos del acceso 1 y 3 que van de frente y giran a la derecha, la tercera fase permitirá el cruce de vehículos del acceso 2 y 4 que giran exclusivamente a la izquierda y la cuarta fase permitirá el cruce de vehículos del acceso 2 y 4 que van de frente y giran a la derecha.</p> <p>La longitud de ciclo ajustada sería de 196 segundos para las cuatro fases semafóricas planteadas, permitiendo tener demoras menores respecto a las demoras encontradas en el análisis de la intersección actual en el capítulo 2, permitiendo mejorar el nivel de servicio de los grupos de carril en la intersección.</p>
Propuesta N° 3: Intersección con rotonda.	<p>Se realizan cambios geométricos para adecuar la intersección a una rotonda, tal es así que por cada uno de los cuatro accesos se tendrán dos carriles de entrada y dos carriles de salida y alrededor de la isla de la rotonda irán dos carriles de circulación. Al ser una rotonda es no semaforizada por tanto no se realizó ningún análisis.</p> <p>Tras aplicar la metodología HCM 2010 a la rotonda, se obtuvieron niveles de servicio deficientes en los accesos 2 y 3 de la rotonda por lo que se tendrían puntos de conflicto y grandes demoras, del mismo modo al no ser semafórica que pone en peligro a los peatones y ciclistas que transitan y atraviesan la intersección, desde el punto de vista geométrico se tendrían que hacer cambios grandes en la intersección, por lo que no es viable desde el aspecto económico. Por todas las razones, mencionadas anteriormente, se considera como no viable la propuesta de rotonda.</p>





1.2 y 1.3 del acceso 1 y los G.C. 3.2 y 3.3 del acceso 3 de la avenida Chulucanas, durante el tiempo verde de la fase Figura 42.

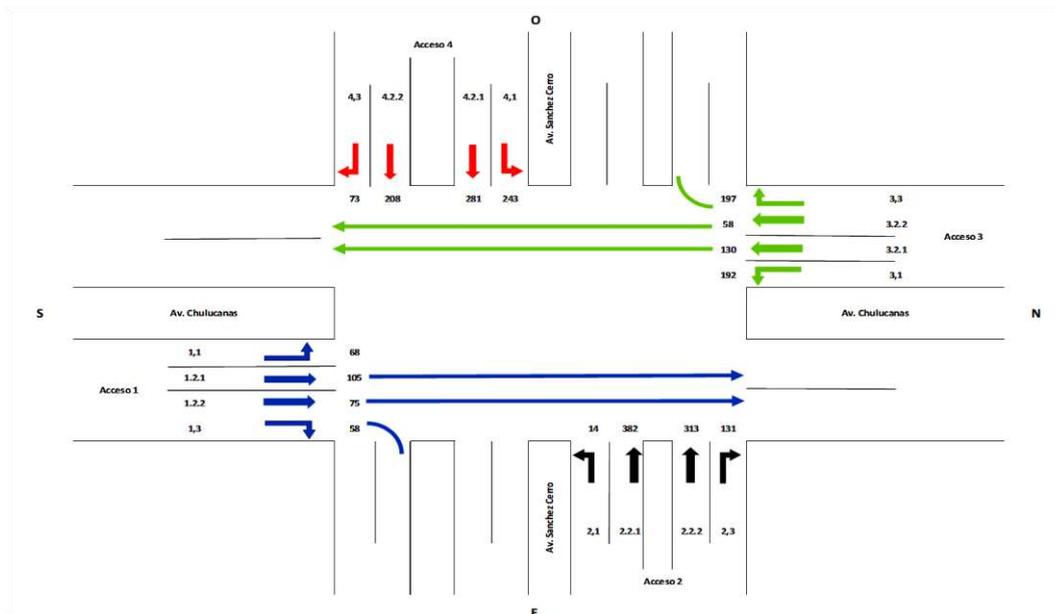


Figura 42. Representación gráfica de los giros permitidos en la fase 2

- **Fase 3:** esta fase permite el paso de los vehículos que giran exclusivamente a la izquierda, es decir los vehículos que parten de los G.C. 2.1 del acceso 2 y del G.C. 4.1 del acceso 4 de la avenida Sánchez Cerro, durante el tiempo verde de la fase Figura 43.

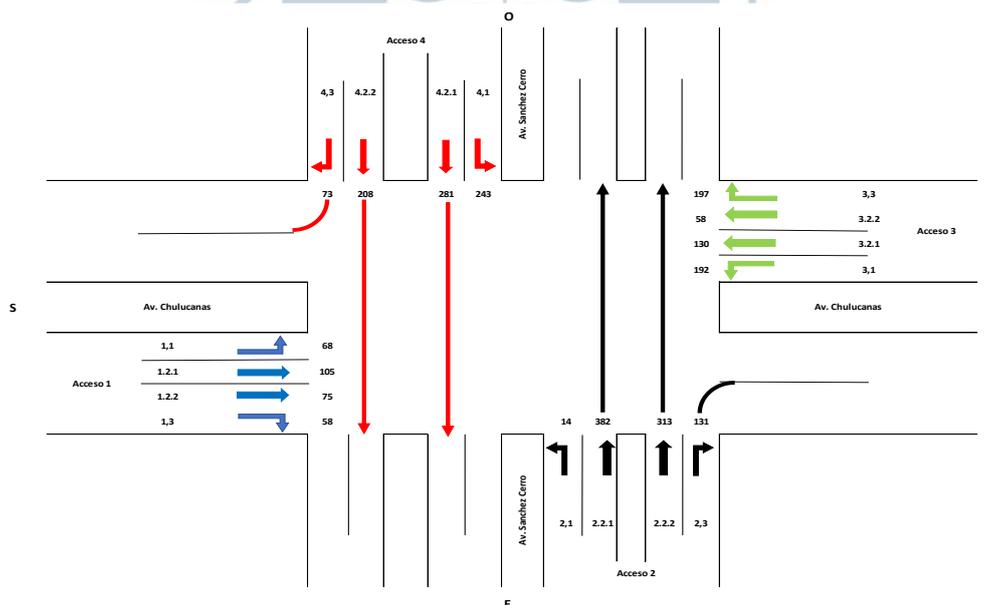


Figura 43. Representación gráfica de los giros permitidos en la fase 3

- **Fase 4:** esta fase permite el paso de los vehículos a través de la intersección que se dirigen de forma directa o que giran hacia la derecha, es decir los vehículos que parten de los G.C. 2.2 y 2.3 del acceso 2 y los G.C. 4.2 y 4.3 del acceso 4 de la avenida Sánchez Cerro, durante el tiempo verde de la fase Figura 44.

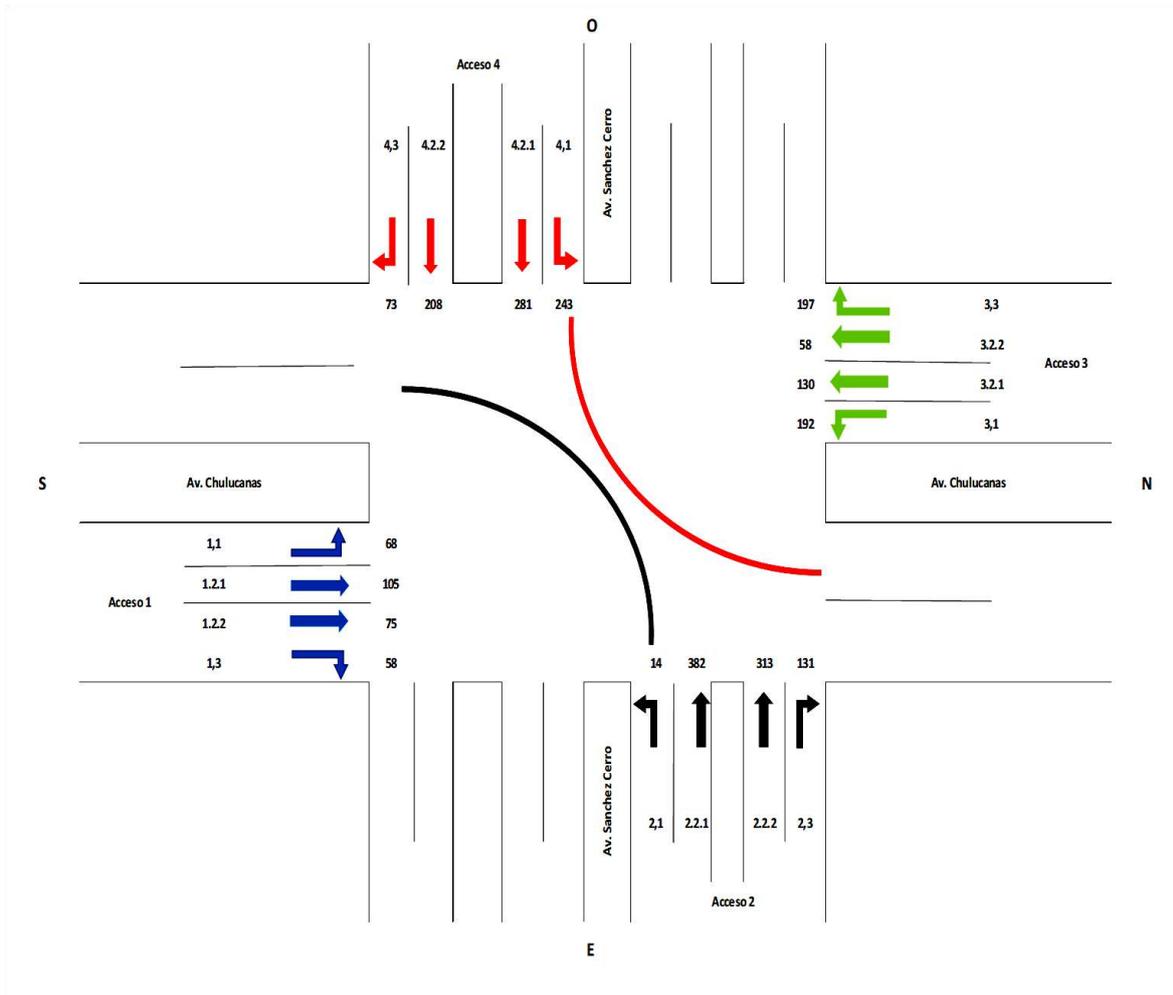


Figura 44. Representación gráfica de los giros permitidos en la fase 4

El ciclo semafórico obtenido del análisis es de 196 segundos, los cuales se pueden graficar en la Figura 45 de la siguiente manera:

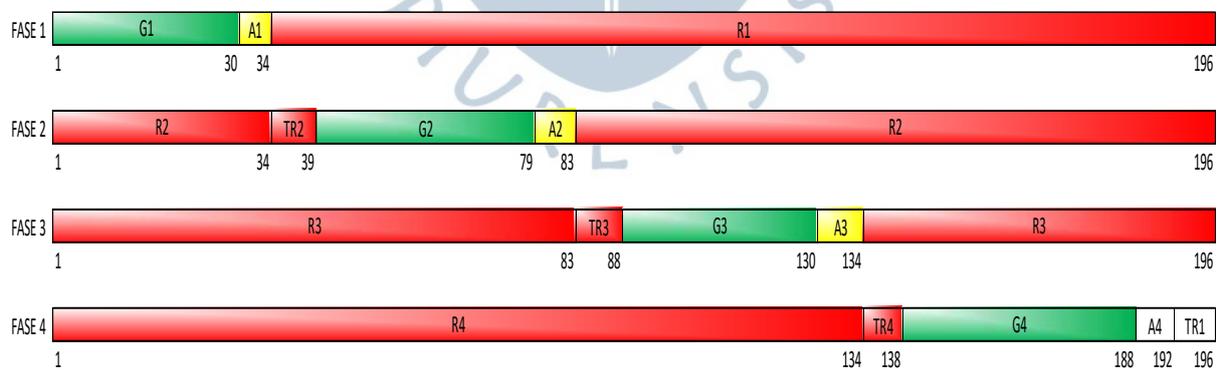


Figura 45. Representación de los nuevos intervalos de las fases semafóricas

Es así como se puede visualizar como los 196 segundos de duración del ciclo se reparte entre las cuatro fases asignadas para los diversos grupos de carriles en la intersección y en los intervalos de rojo, verde y ámbar. En la Tabla 130 se indica cómo se distribuyeron los tiempos para los intervalos de verde, ámbar y rojo para cada fase.

Tabla 130. Nueva distribución de intervalos de tiempo

Fase 1	Verde	30 s.
	Ámbar	4 s.
	Rojo	162 s.
Fase 2	Verde	40 s.
	Ámbar	4 s.
	Rojo	152 s.
Fase 3	Verde	42 s.
	Ámbar	4 s.
	Rojo	150 s.
Fase 4	Verde	50 s.
	Ámbar	4 s.
	Rojo	142 s.

Del mismo modo en la Figura 46 se grafica el momento del ciclo semafórico en que los ciclistas y peatones pueden cruzar los accesos de las intersecciones, se detalla según los accesos de la intersección y las fases semafóricas. A continuación, se puede observar los intervalos de verde y de rojo para los peatones y ciclistas.



Figura 46. Representación de los nuevos intervalos de las fases semafóricas.

Al aplicar la metodología HCM 2010 a la intersección con la nueva distribución de intervalos de tiempo se obtuvieron los niveles de servicio que se muestran en la Tabla 131.

Tabla 131. Niveles de servicio de los grupos de carril

ACCESO	GRUPO DE CARRIL	NIVEL DE SERVICIO
ACCESO 1	G.C. 1.1	B
	G.C. 1.2	A
	G.C. 1.3	B
ACCESO 2	G.C. 2.1	C
	G.C. 2.2	C
	G.C. 2.3	C
ACCESO 3	G.C. 3.1	C
	G.C. 3.2	B
	G.C. 3.3	B
ACCESO 4	G.C. 4.1	C
	G.C. 4.2	C
	G.C. 4.3	B

Por lo que se puede decir que la propuesta de solución N° 2 ha mejorado el nivel de servicio de los grupos de carril de la intersección respecto a la situación actual.

#### 4.2 Diseño geométrico y seguridad vial

En este acápite se detallará el diseño geométrico y seguridad vial de la propuesta de solución N° 2. Teniendo en cuenta la geometría existente y la normativa de seguridad vial. Se especificará cuáles serán los cambios y mejoras asociadas a la nueva propuesta.

##### 4.2.1 Seguridad vial de la intersección

Referente a la seguridad vial, se recomienda que se aplique para todos los accesos de la intersección las siguientes medidas:

En los carriles de los accesos se les dará mantenimiento a las señales horizontales existentes o se pintarán por primera vez dependiendo de si al acceso se le realizará cambios geométricos o no. Las señales horizontales se pintarán con materiales retrorreflectantes como microesferas y/o esferas de vidrio u otros materiales certificados con el objetivo que sean claramente visibles en la noche y en condiciones adversas. Estas marcas serán de color blanco para separar corrientes de tráfico en el mismo sentido y color amarillo para marcar líneas de no bloqueo de intersección (MTC, 2016).

Según el MTC (2016) la línea de pare, señal horizontal, es una línea transversal a la calzada que indica al conductor que debe detener completamente el vehículo, el cual no debe sobrepasar el inicio de la línea indicada. Es una línea continua de color blanco con las siguientes dimensiones: 0.50 metros de ancho y en los cruces peatonales esta debe ubicarse a una distancia de 1.00 metro antes del mismo, esta señal horizontal debe complementarse con la señal vertical de "PARE" ubicada como mínimo a 2 metros del inicio de la vía interceptada como se muestra en la Figura 47:

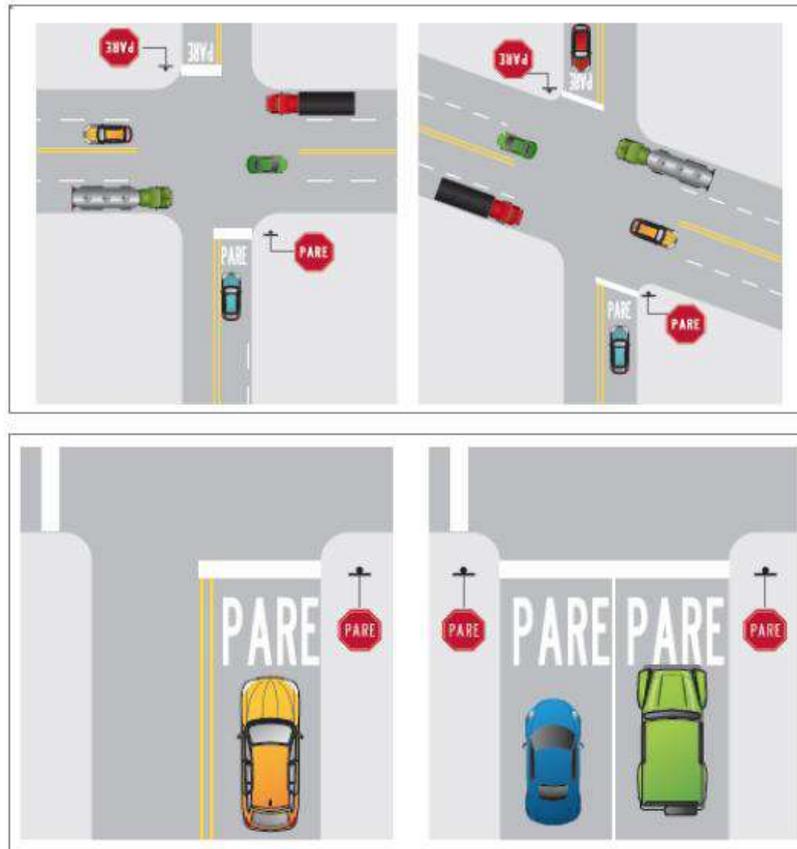


Figura 47. Ejemplos de señalización horizontal y vertical de PARE

Del mismo modo, las líneas reguladoras y responsables de canalizar el tráfico trabajan en conjunto con la línea de PARE frente a un cruce peatonal, en el Anexo 2 se puede observar cómo funcionan y se complementan.

Se deben agregar señales horizontales en los carriles de estacionamiento asignados tanto en la avenida Sánchez Cerro como en la avenida Chulucanas; estas señales deben cumplir con las reglamentaciones de geometría como las que se muestran en la Figura 48 y según el MTC.

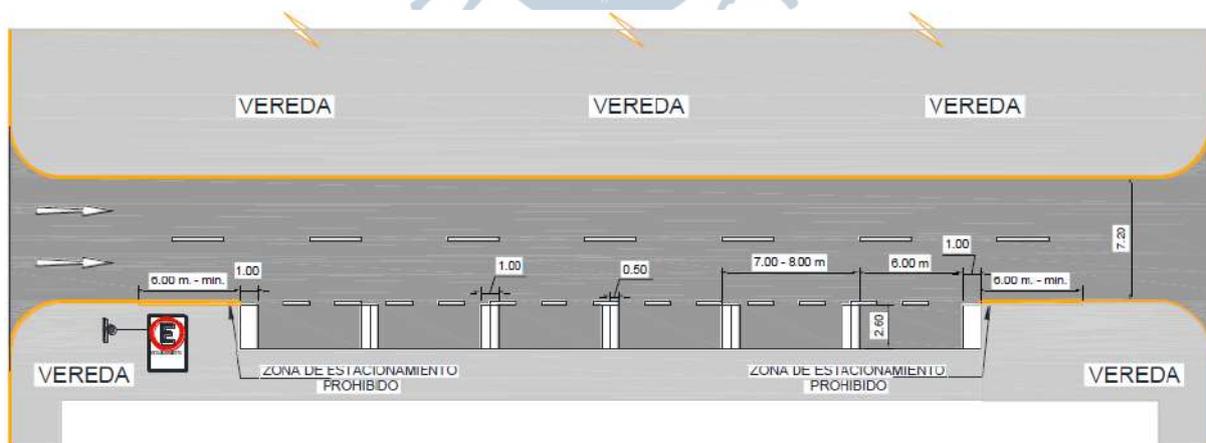


Figura 48. Especificaciones técnicas geométricas de señalización horizontal en carriles de estacionamiento

En intersecciones la demarcación horizontal de “No bloquear cruce” es un conjunto de líneas paralelas que forman una malla octogonal de color amarillo, que abarca el área de

intersección de dos vías. Esta demarcación tendrá 0.15 metros de ancho espaciadas a 1.50 metros. A continuación, se muestra el ejemplo de la señal horizontal en Figura 49 (MTC, 2016).

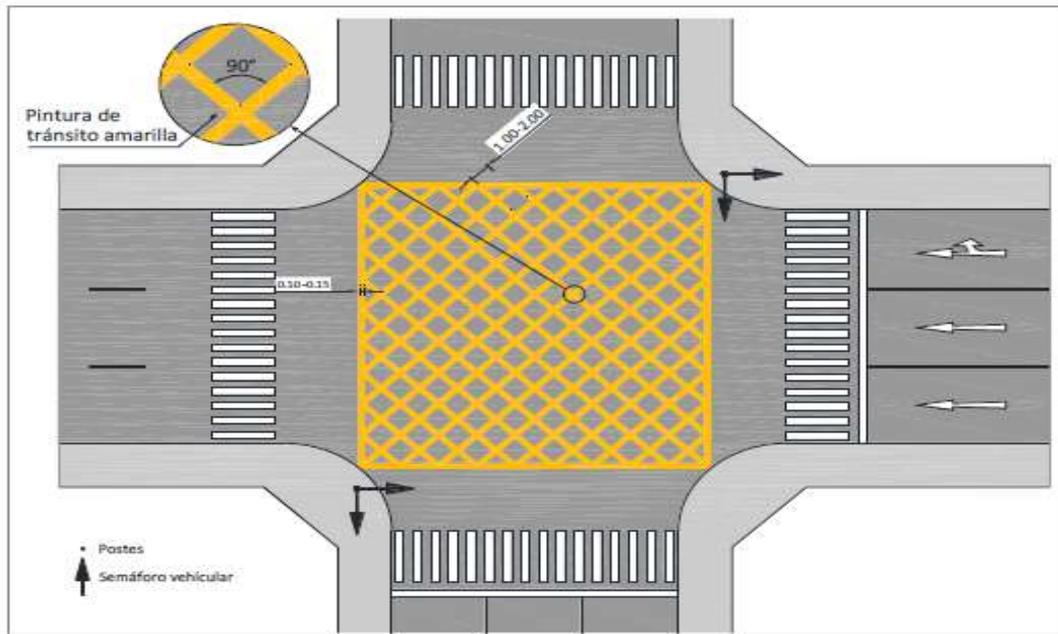


Figura 49. Señal horizontal de “No bloquear intersección”

Para la señalización vertical en zonas urbanas aplicable a todos los accesos de la intersección se deben tener en cuenta las siguientes medidas:

La distancia del borde de la calzada (sardinel) a las señales verticales debe ser como mínimo 0.60 metros y la distancia vertical desde la parte inferior de la señal hasta el nivel de la vereda, de 2.00 metros como mínimo. A continuación, se muestra en la Figura 50 una señal vertical para un mayor entendimiento (MTC, 2016).

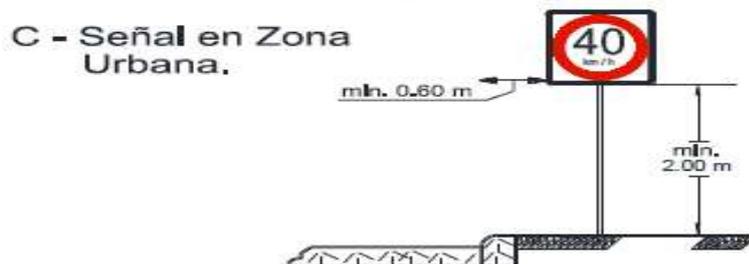


Figura 50. Especificaciones técnicas geométricas de señalización horizontal en carriles de estacionamiento.

Las dimensiones de las señales verticales se deben revisar en la sección 2.13 del Manual de dispositivos de control del tránsito del MTC. En el Anexo 3 se muestra un ejemplo de la señal de PARE con sus dimensiones de acuerdo con el límite de velocidad.

En todos los accesos hay carriles con giro exclusivo a la izquierda, por lo que se debe colocar una señal vertical de giro exclusivo a la izquierda, y debe ir acompañada de señalización horizontal con la misma indicación. Del mismo modo se debe agregar a los accesos la señal vertical de parqueo, paradero de buses y en el acceso 3 de la intersección se debe colocar la

señal vertical de indicación de hospital, ya que se encuentra próximo a la intersección el Hospital “Señor Cautivo de Ayabaca”, todas estas señales se pueden visualizar en el Anexo 4.

Respecto a los dispositivos semafóricos de control de tránsito vehicular estos se componen de dos partes: soporte y cabeza; y se deben colocar en todos los accesos de la intersección. Para el soporte de tipo poste, el nivel inferior de la cabeza del semáforo debe estar ubicada a una distancia de 3.10 metros como mínimo y 4.50 metros como máximo; para el soporte tipo ménsula, las cabezas de los semáforos deben ubicarse a una distancia de entre 5.50 a 6.00 metros desde el nivel de la superficie de rodadura, Figura 51 (MTC, 2016).

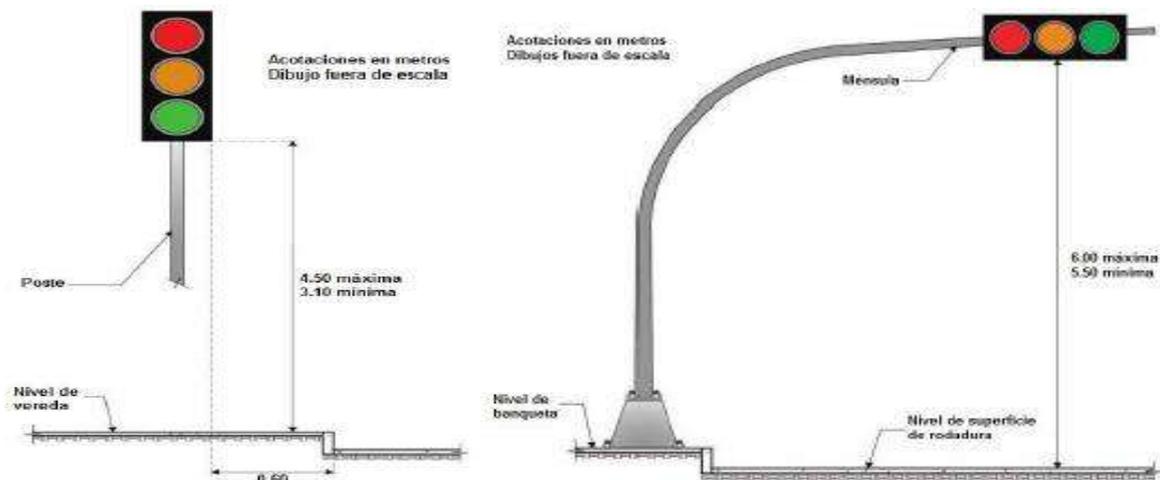


Figura 51. Soporte de semáforo tipo poste y ménsula

Se propone que los soportes usados sean de tipo ménsula, en el cual la cara de la cabeza del semáforo se coloca en posición vertical y a  $90^\circ$  con respecto al eje del acceso y debe colocarse con una inclinación de  $5^\circ$  hacia abajo (MTC, 2016). En los accesos de esta intersección se debe colocar una cabeza de semáforo frente a cada carril y estos semáforos deben tener un funcionamiento coordinado.

Respecto a los semáforos para peatones deben implementarse en todos los accesos con dispositivos sonoros, ya que facilita el uso de la infraestructura a personas con limitación visual; es una forma de comunicación no visual mediante ondas sonoras las cuales se activan solo cuando el semáforo para peatones se encuentre en verde, Figura 52.

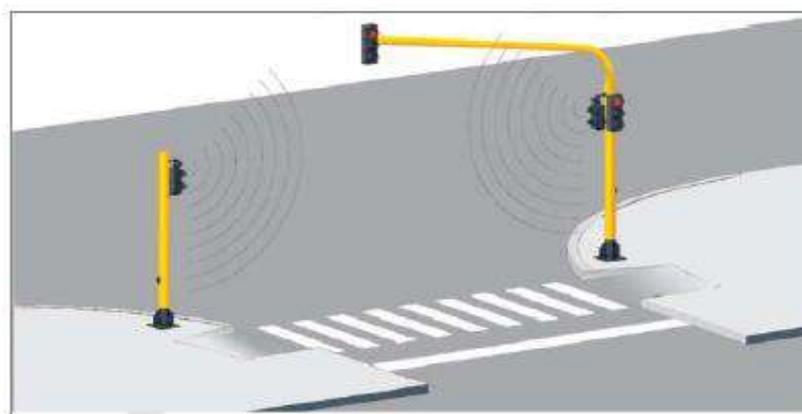


Figura 52. Semáforo peatonal con localización de ondas sonoras

Los semáforos peatonales deberán tener dos unidades ópticas: la primera unidad óptica emitirá dos señales visuales, siendo la primera señal la silueta de un hombre caminando (color verde), la segunda señal presentará la silueta de un hombre parado (color rojo) y la segunda unidad óptica tendrá las mismas características de los contadores de cuenta regresiva se muestran en la Figura 53.



Figura 53. Semáforo peatonal con dos unidades ópticas

Respecto a la seguridad de los ciclistas, la ciclovía a lo largo de la avenida Chulucanas deben contar con señales horizontales y verticales de prevención vigentes respecto a ciclovías, las cuales se pueden visualizar en el Apéndice 5.

Las señales horizontales que debe tener una ciclovía se muestran a continuación: la más importante es el símbolo de la bicicleta que se demarca en el pavimento con pintura blanca; se ubica principalmente en las esquinas, inicio y final, en el sentido de circulación de las bicicletas y se acompaña de las flechas que indican la dirección del flujo y maniobras de conexión a otra vía. Del mismo modo, en las intersecciones se demarca la zona de aproximación con una línea blanca transversal y la palabra PARE en color blanco para indicar el punto de detención de los ciclistas (MDL, 2017).

Se deben incluir semáforos para ciclistas en todos los cruces semaforizados con la fase verde de avance y la roja de detención; pueden instalarse de manera independiente o adosados a los semáforos vehiculares o peatonales existentes (MDL, 2017).

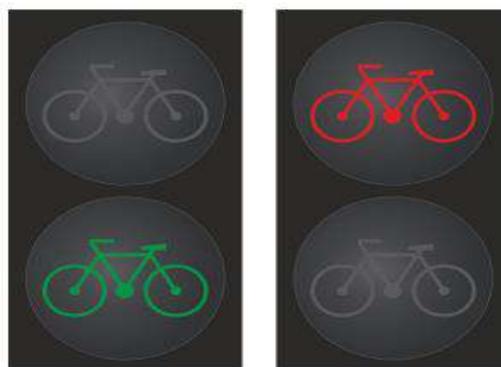


Figura 54. Semáforos para bicicletas

## 4.2.2 Geometría de los accesos de la intersección



Figura 55. Modelado de la Intersección (Propuesta N° 2) en CAD

**4.2.2.1 Geometría del acceso 1.** En la Figura 56 se observa el diseño geométrico del acceso 1 (Av. Chulucanas Sur) de la intersección, se detallan los cambios a realizar en la geometría existente de acuerdo con la propuesta de solución N° 2.

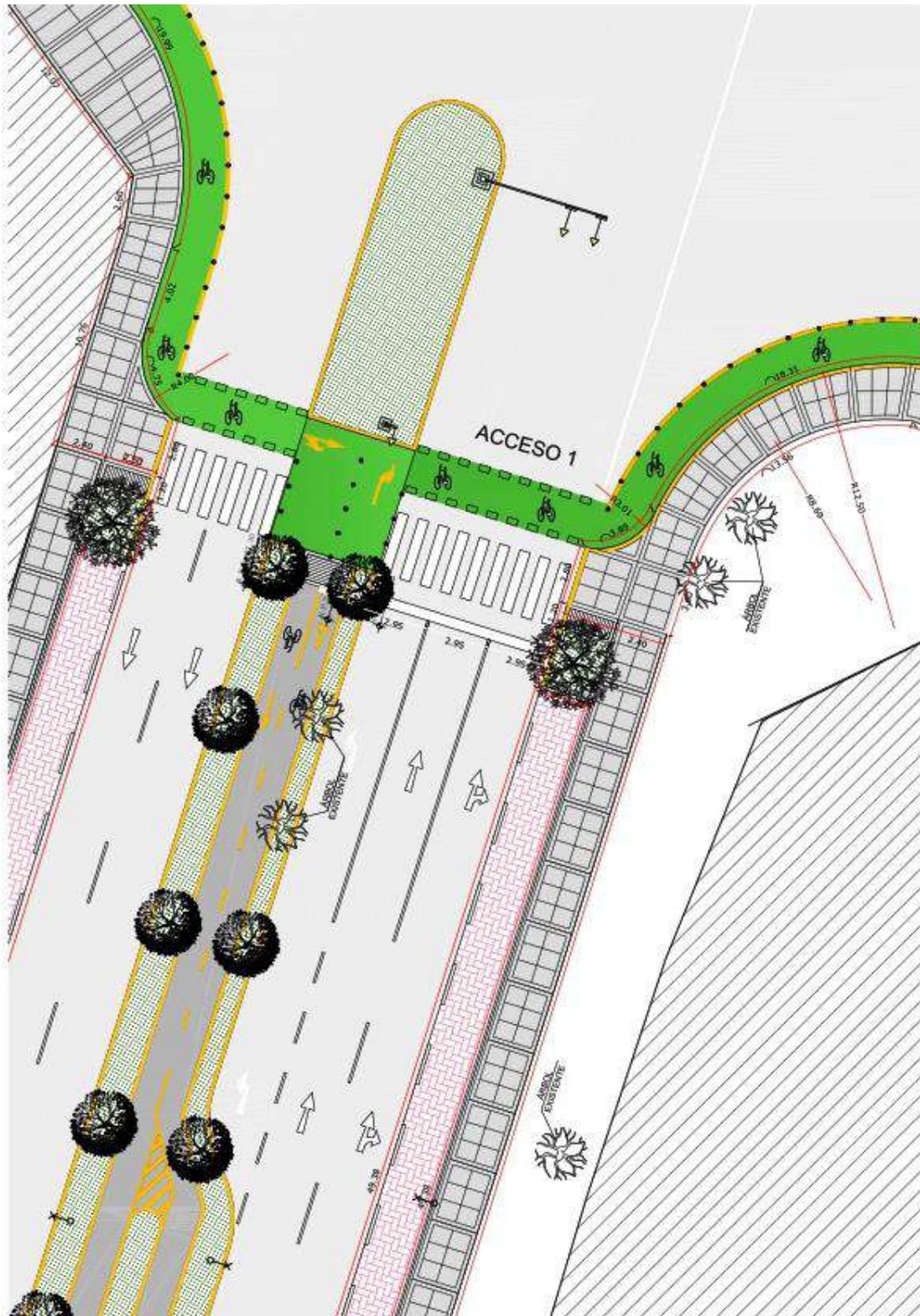


Figura 56. Geometría del acceso 1 de la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas

Los elementos del acceso 1 como: carriles de giro, carriles receptores, carril de estacionamiento, veredas, mediana, ciclovía, cruce peatonal, cruce de ciclistas y la pendiente no se verán afectados por cambios geométricos, manteniéndose las características de la situación actual.

En este acceso no se realizan cambios geométricos debido a que en la propuesta N° 2 no son necesarios estos cambios para mejorar el nivel de servicio en los grupos de carril del acceso, haciendo la propuesta más viable en términos económicos.

Respecto a los semáforos de la ciclovía, se cambiará la fase semafórica para los ciclistas, la cual adoptará la fase del peatón pudiendo así los ciclistas atravesar por el cruce asignado a la vez que cruzan los peatones, disminuyendo el riesgo de los ciclistas.

**4.2.2.2 Geometría del acceso 2.** En la Figura 57 se observa el diseño geométrico del acceso 2 (Av. Sánchez Cerro Este) de la intersección. Los cambios por realizar en este acceso de acuerdo con la propuesta N° 2 son:

**Carriles.** Se propone el uso de tres calzadas, actualmente solo se hace uso de la calzada principal, sin embargo, en este caso se indica el uso de las tres calzadas; es decir, se activarían las dos calzadas auxiliares. En la calzada principal se cuenta con 2 carriles de giro y 2 carriles receptores; una de las calzadas auxiliares cuenta con 2 carriles de giro y la otra calzada auxiliar cuenta con 2 carriles receptores; el ancho de todos los carriles será de 3.60 metros.

Entre los carriles de giro de la calzada principal, el carril de la izquierda (Giro 2.1) será exclusivo y estará acondicionado para almacenar solo vehículos que realizarán el giro a la izquierda hacia avenida Chulucanas Sur. El carril de la derecha (Giro 2.2.1) es exclusivo y alberga vehículos que atravesarán la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Sánchez Cerro Oeste. Entre los carriles de giro de la calzada auxiliar adyacente a los carriles de giro de la calzada principal, el carril de la izquierda (Giro 2.2.2) es exclusivo y alberga vehículos que atravesarán la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Sánchez Cerro Oeste; finalmente, el carril de la derecha (Giro 2.3) es compartido y alberga vehículos que atravesaran la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Sánchez Cerro Oeste y vehículos que giran a la derecha hacia avenida Chulucanas Norte.

Así mismo el pavimento de la calzada principal en este acceso es de asfalto por lo que se recomienda que el pavimento de las calzadas auxiliares sea también de asfalto.



Figura 57. Geometría del acceso 2 de la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas

**Carril de estacionamiento.** El acceso 2 contará con carriles de estacionamiento que se ubicarán al costado de las calzadas auxiliares y tendrán un ancho de 2.40 metros.

**Veredas.** Albergará a los peatones que circulen a lo largo de la avenida Sánchez Cerro. Estarán ubicadas entre los carriles de estacionamiento y los bordes de las propiedades colindantes, así mismo contarán con 3.00 metros de ancho y estarán hechas con concreto.

**Mediana.** Se continuará con el uso de las dos medianas existentes que separan la calzada principal de las dos calzadas auxiliares, ambas cuentan con 12 metros de ancho. Asimismo, la calzada principal está dividida centralmente por un separador con barrera New Jersey de concreto. En esta propuesta la barrera de New Jersey debe permitir el paso de peatones y ciclistas es decir se deben retirar ciertos bloques de concreto que conforman la barrera para facilitar a los peatones y los ciclistas que usen los cruces oficiales.

**Ciclovía.** No existe ciclovía a lo largo de toda la avenida Sánchez Cerro, solo cruza la ciclovía de la avenida Chulucanas y esta irá al costado del cruce peatonal al atravesar el acceso 2.

**Cruce peatonal.** Se mantendrá el cruce para peatones existente en el acceso 2, de 3.70 metros de ancho; sin embargo, los peatones no pueden circular en ambos sentidos ya que lo impide el separador central de barrera New Jersey, por lo cual como se mencionó anteriormente debe reacomodarse para permitir el libre paso de los peatones.

**Cruce de ciclistas.** Ubicado al costado del cruce peatonal, pintado de color verde, con un ancho de 2.60 metros. Este cruce no tendrá ninguna modificación geométrica pero sí se le hará mantenimiento a las señales horizontales que se encuentran en el cruce al igual que en el cruce peatonal.

**Pendiente de acceso.** No habrá ninguna modificación de la pendiente respecto a la existente en el acceso.

**4.2.2.3 Geometría del acceso 3.** En la Figura 58 se observa el diseño geométrico del acceso 3 (Av. Chulucanas Norte) de la intersección. Los cambios por realizar en este acceso de acuerdo con la Propuesta N° 2 son:



Figura 58. Geometría del acceso 3 de la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas.

Los elementos del acceso 3 como: carriles de giro, carriles receptores, carril de estacionamiento, veredas, mediana, ciclovía, cruce peatonal, cruce de ciclistas y la pendiente no se verán afectados por cambios geométricos, manteniéndose las características de la situación actual.

En este acceso no se realizan cambios geométricos debido a que en la propuesta N° 2 no son necesarios estos cambios para mejorar el nivel de servicio en los grupos de carril del acceso, haciendo la propuesta más viable en términos económicos.

Respecto a los semáforos de la ciclovía, se cambiará la fase semafórica para los ciclistas, la cual adoptará la fase del peatón pudiendo así los ciclistas atravesar por el cruce asignado a la vez que cruzan los peatones, disminuyendo el riesgo de los ciclistas.

**4.2.2.4 Geometría del acceso 4.** En la Figura 59 se observa el diseño geométrico del acceso 4 (Av. Sánchez Cerro Oeste) de la intersección, se detallarán los cambios a realizar en este acceso de acuerdo con la Propuesta N° 2.

**Carriles.** Se propone tres calzadas, actualmente solo se hace uso de la calzada principal, sin embargo, en este caso se indica el uso de las tres calzadas, es decir se activarían las dos calzadas auxiliares. Para la instalación de una de las calzadas auxiliares, es necesario que las instalaciones de la Inmobiliaria Los Portales sean movidas a una distancia prudente.

Este acceso en su calzada principal cuenta con 2 carriles de giro y 2 carriles receptores, una de las calzadas auxiliares cuenta con 2 carriles de giro y la otra calzada auxiliar cuenta con 2 carriles receptores; el ancho de todos estos carriles es de 3.60 metros.

Entre los carriles de giro de la calzada principal, el carril de la izquierda (Giro 4.1) será exclusivo y estará acondicionado para almacenar solo vehículos que realizarán el giro a la izquierda hacia avenida Chulucanas Norte. El carril de la derecha (Giro 4.2.1) es exclusivo y alberga vehículos que atravesaran la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Sánchez Cerro Este. Entre los carriles de giro de la calzada auxiliar adyacente a los carriles de giro de la calzada principal, el carril de la izquierda (Giro 4.2.2) es exclusivo y alberga vehículos que atravesaran la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Sánchez Cerro Este y el carril de la derecha (Giro 4.3) es compartido y alberga vehículos que atravesaran la intersección en trayectoria recta hacia la avenida Sánchez Cerro Este y vehículos que giran a la derecha hacia avenida Chulucanas Sur.

Se recomienda que el pavimento de las dos calzadas auxiliares de este acceso sea de asfalto al igual que el ya existente de la calzada principal, Figura 59.



Figura 59. Geometría del acceso 4 de la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Chulucanas.

**Carril de estacionamiento.** El acceso 4 contará con carriles de estacionamiento, se ubicarán al costado de las calzadas auxiliares y tendrán un ancho de 2.40 metros.

**Veredas.** Albergará a los peatones que circulen a lo largo de la avenida Sánchez Cerro. Estarán ubicadas entre los carriles de estacionamiento y los bordes de las propiedades colindantes, así mismo contarán con 3.18 metros de ancho y estarán hechas con concreto.

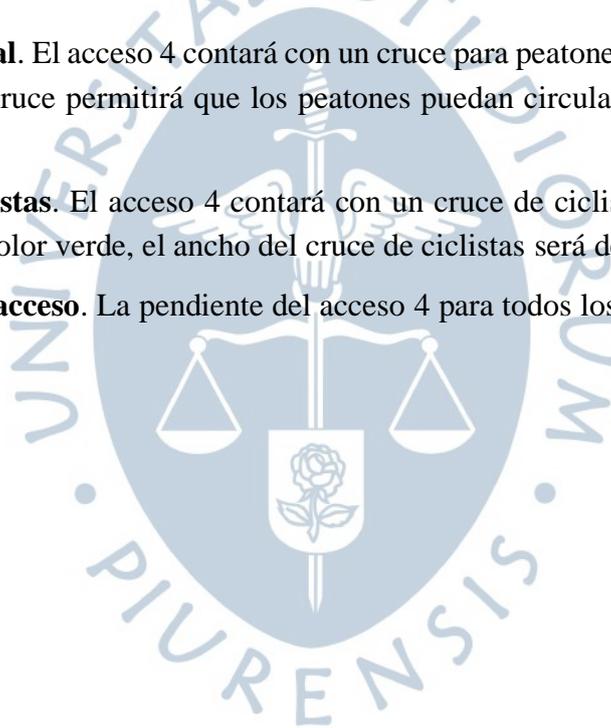
**Mediana.** El acceso 4 albergará dos medianas que separarán la calzada principal de las dos calzadas auxiliares, la mediana de la derecha tiene 6.65 metros de ancho y la mediana de la izquierda tiene 12.35 metros de ancho. Así mismo, se propone que la calzada principal sea dividida centralmente por un separador con barrera New Jersey de concreto al igual que en el acceso 2.

**Ciclovía.** No existe ciclovía a lo largo de toda la avenida Sánchez Cerro, solo cruza la ciclovía de la avenida Chulucanas y esta irá al costado del cruce peatonal al atravesar el acceso 4.

**Cruce peatonal.** El acceso 4 contará con un cruce para peatones el cual tendrá un ancho de 3.70 metros, este cruce permitirá que los peatones puedan circular de lado norte a sur del acceso 4.

**Cruce de ciclistas.** El acceso 4 contará con un cruce de ciclistas al costado del cruce peatonal, pintado de color verde, el ancho del cruce de ciclistas será de 2.60 metros.

**Pendiente de acceso.** La pendiente del acceso 4 para todos los carriles será la misma a la existente.



## Conclusiones

El análisis de la intersección a través de la metodología HCM en su versión 2010, ha permitido brindar tres propuestas de solución, de las cuales la propuesta N° 2 “Intersección Semafórica con cambios operacionales y modificando la geometría existente” ha sido la seleccionada como la más viable para solucionar los problemas existentes causantes de la congestión, demoras y deficientes niveles de servicio. Se seleccionó esta propuesta debido a que se ven notables mejoras en los niveles de servicio respecto a la existente y los cambios geométricos a realizar no serán significativos respecto a las otras propuestas.

La propuesta de solución N° 1 “Intersección semafórica con cambios operacionales sin modificación de la geometría existente” diseñada con tres fases semafóricas, no es una alternativa viable ya que el valor de la longitud de ciclo óptimo del semáforo es negativo debido a que los automóviles directos equivalentes que realizan giro a la izquierda en el acceso 4 no lo hacen a través de un grupo de carril exclusivo. Sin embargo, la pobre geometría existente impide realizar cambios operacionales en los accesos de la avenida Sánchez Cerro.

La propuesta de solución N° 3 “Intersección con rotonda” se ha considerado no viable debido a que al realizar la metodología HCM 2010 para una rotonda de dos carriles de entrada, dos carriles de salida por acceso y dos carriles de circulación alrededor de la isla de la rotonda los niveles de servicio obtenidos en los accesos 2 y 3 de la rotonda son deficientes y además porque para ejecutar esta rotonda se debe hacer cambios del 100% de la geometría ya existente.

Los vehículos motorizados de dos ruedas como motocicletas y de tres ruedas como mototaxis, son, en gran medida, los causantes de los puntos de conflicto y congestión debido a que al ser considerados de tamaño pequeño toman decisiones individuales para lograr llegar a su objetivo, sobrepasando a los vehículos mayores por carriles inapropiados, generando problemas de manera colectiva. Estos problemas tienen gran impacto especialmente porque estos vehículos menores son los predominantes de acuerdo con la composición vehicular; los mototaxis ocupan un 31% del volumen total y las motos lineales ocupan un 21%.



## **Recomendaciones**

La metodología aplicada en el presente trabajo se recomienda aplicar en las diversas intersecciones de avenidas con gran congestión debido al flujo vehicular que la atraviesa. Soluciones simples como cambios operacionales sin muchos cambios geométricos, son más viables que hacer intercambios viales a desnivel que elevarían rotundamente el presupuesto de estos proyectos.

Se recomienda realizar el diseño geométrico a detalle, debido a que el presente estudio tiene como alcance evaluar propuestas de solución a los problemas existentes en la intersección mayormente desde un punto de vista operacional.

Se debe iniciar la revolución del transporte, regulando el uso de las motocicletas y mototaxis y los espacios por cuales se les será permitido circular, ya que al ser vehículos menores son más susceptibles a los peligros existentes en vías de alto flujo vehicular como lo son la avenida Sánchez Cerro y Chulucanas. Del mismo modo, se debería regularizar el transporte público, implementando rutas de extremo a extremo de la ciudad, incentivando así el uso del transporte público.



## Referencias bibliográficas

- Chávez, V. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*. Obtenido de Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG): [www.construccion.org.pe](http://www.construccion.org.pe)
- Delgadillo, V. (2020). *Medición de parámetros fundamentales para determinar la longitud máxima de cola en intersecciones de la ciudad de Lima*. Tesis para título Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Repositorio PUCP, Lima. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16848>
- Diario El Tiempo. (23 de febrero de 2018). Avenida Chulucanas tendrá la primera ciclovía de la región. Obtenido de <https://eltiempo.pe/avenida-chulucanas-tendra-la-primera-ciclovía-la-region/>
- Diario El Tiempo. (23 de octubre de 2019). Planificación, ampliación de la avenida Sánchez Cerro. Obtenido de <https://eltiempo.pe/planifican-ampliacion-de-la-avenida-sanchez-cerro/>
- Díaz, L. (2009). *Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo terrapuerto de Piura*. Universidad de Piura. Piura: Repositorio Institucional PIRHUA. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1349>
- Fustamante, F. (2019). *Estructuración del método del cálculo del IMDA aplicado a proyecto de Av. Sánchez Cerro*. Piura: Repositorio Institucional PIRHUA. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4201>
- HCM 2010. (diciembre de 2010). *Highway Capacity Manual 2010. 5ta ed.* Obtenido de TRB, Transportation Research Board of the National Academies: [www.trb.org](http://www.trb.org)
- INEI. (junio de 2019). *Producto bruto interno por departamentos 2018*. Obtenido de [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbi\\_departamental2018.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbi_departamental2018.pdf)
- INEI, D. t. (noviembre de 2009). *Perú: Estimaciones y proyecciones de la población por departamento, sexo y grupos quincenales de edad 1995-2025*. Obtenido de Boletín de Análisis Demográfico N° 37: <http://proyectos.inei.gov.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0846/libro.pdf>
- Integración 1060. (30 de abril de 2010). Comuna piurana instala semáforo en intersección de Av. Chulucanas y Sánchez Cerro. Obtenido de <https://integracion1060.wordpress.com/2010/04/30/comuna-piurana-instala-semaforo-en-interseccion-de-av-chulucanas-y-sanchez-cerro/>

- Mamani, M., & Ramos, L. (2018). *Evaluación del sistema de transporte en el centro de Puno y alternativas de solución a la planificación vial aplicando softwares especializados, 2017*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Repositorio Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de Manual básico del software Synchro 8 - Anexo 7: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9603>
- MDL, M. d. (2017). *Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva y guía de circulación del ciclista*. Obtenido de <https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2017/04/Manual-Lima20170421.pdf>
- MTC, D. G.-M. (mayo de 2016). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_6%20DCT-2016.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_6%20DCT-2016.pdf)
- MTC, D. G.-M. (enero de 2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico 2018*. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)
- Perú Construye. (16 de noviembre de 2018). Inauguran la nueva Av. Sánchez Cerro en Piura. Obtenido de <https://peruconstruye.net/2018/11/16/inauguran-la-nueva-avenida-sanchez-cerro-en-piura/>
- Radio Cutivalú. (14 de setiembre de 2017). 20% de avance registra la obra de mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro. Piura. Obtenido de <https://www.radiocutivalu.org/20-de-avance-registra-la-obra-de-mejoramiento-de-la-av-sanchez-cerro/>
- Roess, R., Prassas, E., & McShane, W. (2011). *Traffic engineering* (4th ed.). Prentice Hall.
- Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías. (07 de 2020). *SUTRAN*. Obtenido de <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/Decreto-Supremo-N%C2%B0-016-2009-MTC-C%C3%B3digo-de-Transito.pdf>
- Synchro. (2011). *Sim traffic*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/synchrosimtraffic/>
- Timaná, J. (2016). *Informe de plan de desvíos para mejoramiento de Av. Sánchez Cerro entre Av. Chulucanas y Av. Mártires de Uchuracay*. Piura.

## Apéndices





**Apéndice A. Conteo y análisis de flujo vehicular del jueves 17/09/2020 en su hora punta (7:45 a 8:45hr)**

Día 1	Hora			7:45				8:00				8:15				8:30			
				8:00				8:15				8:30				8:45			
Jueves 17/09/2020	Acceso			1				1				1				1			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3	
	Maniobra			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		1946	28,1%	1	24	16	8	3	13	11	6	4	14	7	2	4	9	11	2
Moto Taxi		2641	38,1%	4	15	29	7	0	14	32	4	6	23	15	2	3	24	18	1
Auto		1322	19,1%	3	10	8	13	0	11	4	4	0	8	2	5	2	12	6	7
Pick Up		714	10,3%	1	4	0	1	0	4	2	1	0	3	1	2	1	7	1	2
Combi		140	2,0%	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Micro		16	0,2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus		22	0,3%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión		112	1,6%	1	2	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	2	0
Semi Trailer / Trailer		13	0,2%	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		6926	100,0%	10	55	85		3	43	66		10	50	38		10	54	50	
Vehiculos equivalentes por Giro				9,0	30,0	26,0	22,0	1,0	24,0	23,0	8,0	3,0	27,0	12,0	9,0	5,0	33,0	21,0	10,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC				9,0	30,0	48,0		1,0	24,0	31,0		3,0	27,0	21,0		5,0	33,0	31,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')				9,0	33,0	48,0		10,0	33,0	31,0		13,0	33,0	34,0		22,0	33,0	34,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4				36	132	192		40	132	124		52	132	136		88	132	136	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')				18,0	114,0	131,0		19,0	103,0	108,0		31,0	102,0	111,0		50,0	92,0	120,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')				0,5000	0,8636	0,6823		0,4750	0,7803	0,8710		0,5962	0,7727	0,8162		0,5682	0,6970	0,8824	

Día 1	Hora			7:45				8:00				8:15				8:30			
				8:00				8:15				8:30				8:45			
Jueves 17/09/2020	Acceso			2				2				2				2			
	Grupo de Carril			GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2	
	Maniobra			2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3017	20,9%	2	33	13	15	0	27	12	11	2	43	31	8	2	34	14	11
Moto Taxi		3851	26,7%	4	53	18	14	1	45	12	11	3	50	17	10	3	49	18	21
Auto		3350	23,3%	3	25	17	14	4	24	28	14	2	29	16	11	2	32	14	12
Pick Up		2629	18,3%	3	17	27	8	1	22	24	8	1	25	34	12	1	24	18	5
Combi		536	3,7%	1	15	5	2	0	10	2	1	0	2	3	2	1	2	4	0
Micro		415	2,9%	0	9	3	0	0	6	3	0	0	5	2	1	0	3	2	0
Bus		229	1,6%	0	1	3	0	1	0	3	0	0	1	2	0	0	1	2	0
Camión		331	2,3%	0	4	1	3	0	9	4	2	0	6	4	0	0	1	3	0
Semi Trailer / Trailer		45	0,3%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		14403	100,0%	170		143		150		135		169		153		155		124	

Vehículos equivalentes por Giro	9,0	112,0	72,0	41,0	7,0	115,0	83,0	35,0	4,0	109,0	85,0	32,0	6,0	91,0	62,0	26,0
Vehículos equivalentes por Grupo de Carril GC	121,0		113,0		122,0		118,0		113,0		117,0		97,0		88,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	122,0		118,0		122,0		118,0		113,0		117,0		111,0		103,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	488		472		488		472		452		468		444		412	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	453,0		436,0		440,0		426,0		429,0		406,0		388,0		368,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,9283		0,9237		0,9016		0,9025		0,9491		0,8675		0,8739		0,8932	

Día 1	Hora			7:45				8:00				8:15				8:30			
				8:00				8:15				8:30				8:45			
Jueves 17/09/2020	Acceso			3				3				3				3			
	Grupo de Carril			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3	
	Maniobra			3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3367	28,7%	14	23	29	9	18	26	34	8	16	23	25	11	10	16	39	13
Moto Taxi		3781	32,2%	10	22	33	19	21	27	45	16	20	26	39	22	12	15	41	21
Auto		2423	20,6%	13	14	18	15	16	11	20	19	17	9	23	16	20	9	16	12
Pick Up		1568	13,4%	9	3	9	9	12	6	14	10	11	5	10	9	19	4	12	10
Combi		208	1,8%	0	0	4	2	4	0	3	2	3	1	1	3	1	1	2	1
Micro		22	0,2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Bus		29	0,2%	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión		267	2,3%	3	1	2	3	2	1	1	2	1	0	1	4	0	0	4	1
Semi Trailer / Trailer		75	0,6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		11740	100,0%	49	63	152		73	71	175		68	64	165		62	45	173	

Vehiculos equivalentes por Giro	37,0	32,0	55,0	44,0	50,0	34,0	63,0	46,0	45,0	29,0	55,0	55,0	46,0	22,0	65,0	36,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	37,0	32	99,0		50,0	34	109,0		45,0	29	110,0		46,0	22	101,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	50,0	34,0	110,0		50,0	34,0	110,0		46,0	32,0	110,0		46,0	32,0	101,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	200	136	440		200	136	440		184	128	440		184	128	404	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	178,0	117	419,0		173,0	111	415,0		157,0	109	382,0		144,0	104	362,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,8900	0,8603	0,9523		0,8650	0,8162	0,9432		0,8533	0,8516	0,8682		0,7826	0,8125	0,8960	

Día 1	Hora			7:45				8:00				8:15				8:30			
				8:00				8:15				8:30				8:45			
Jueves 17/09/2020	Acceso			4				4				4				4			
	Grupo de Carril			GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2	
	Maniobra			4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2152	21,4%	11	9	8	6	5	16	9	2	4	5	9	9	4	14	7	5
Moto Taxi		2769	27,5%	13	20	20	18	4	15	20	4	9	15	18	10	12	15	14	10
Auto		2202	21,9%	12	14	6	5	4	11	5	3	3	7	5	5	15	8	5	2
Pick Up		1788	17,8%	8	7	2	3	2	7	2	0	5	9	1	1	6	7	0	0
Combi		391	3,9%	2	3	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	2	2	0	0
Micro		110	1,1%	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus		107	1,1%	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Camión		372	3,7%	5	3	1	0	2	5	0	0	2	2	2	1	4	3	1	1
Semi Trailer / Trailer		182	1,8%	4	5	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	5	0	1
<b>TOTAL</b>		10073	100,0%	55		73		18		48		25		63		43		46	

Vehículos equivalentes por Giro	64,0	69,0	21,0	20,0	16,0	41,0	18,0	6,0	24,0	54,0	22,0	16,0	40,0	59,0	14,0	14,0
Vehículos equivalentes por Grupo de Carril GC	133,0		41,0		57,0		24,0		78,0		38,0		99,0		28,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	133,0		41,0		99,0		52,0		99,0		52,0		99,0		52,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	532		164		396		208		396		208		396		208	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	367,0		131,0		303,0		142,0		337,0		154,0		332,0		146,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,6898		0,7988		0,7652		0,6827		0,8510		0,7404		0,8384		0,7019	

**Apéndice B. Conteo y análisis de flujo vehicular del viernes 18/09/2020 en su hora punta (12:45 a 13:45hr)**

Día 2	Hora			12:45				13:00				13:15				13:30			
				13:00				13:15				13:30				13:45			
Viernes 18/09/2020	Acceso			1				1				1				1			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3	
	Maniobra			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2144	27,8%	7	10	13	4	4	13	13	5	2	16	14	7	3	12	20	6
Moto Taxi		2963	38,4%	5	11	20	1	15	17	18	3	18	11	13	3	8	15	22	9
Auto		1464	19,0%	0	10	5	5	9	14	4	10	3	9	5	4	6	7	4	8
Pick Up		786	10,2%	2	7	2	2	7	6	4	7	0	3	1	1	5	4	3	2
Combi		144	1,9%	1	3	1	0	0	2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Micro		25	0,3%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus		31	0,4%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión		150	1,9%	1	1	0	0	3	0	1	2	0	0	0	0	1	2	1	0
Semi Trailer / Trailer		15	0,2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		7722	100,0%	16	42	53		38	52	69		23	39	49		24	41	77	

Vehiculos equivalentes por Giro	9,0	29,0	18,0	8,0	31,0	31,0	21,0	26,0	9,0	19,0	13,0	9,0	19,0	26,0	23,0	15,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	9,0	29,0	26,0	31,0	31,0	47,0	9,0	19,0	22,0	19,0	26,0	38,0				
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	31,0	31,0	47,0	31,0	31,0	47,0	19,0	27,0	38,0	19,0	27,0	38,0				
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	124	124	188	124	124	188	76	108	152	76	108	152				
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	68,0	105,0	133,0	69,0	103,0	124,0	48,0	98,0	107,0	50,0	105,0	108,0				
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,5484	0,8468	0,7074	0,5565	0,8306	0,6596	0,6316	0,9074	0,7039	0,6579	0,9722	0,7105				

Día 2	Hora			12:45				13:00				13:15				13:30			
				13:00				13:15				13:30				13:45			
Viernes 18/09/2020	Acceso			2				2				2				2			
	Grupo de Carril			GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2	
	Maniobra			2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3133	20,2%	2	34	17	1	0	38	19	8	0	35	32	12	2	23	16	10
Moto Taxi		4209	27,1%	0	93	16	12	5	57	29	10	1	45	38	12	5	43	17	15
Auto		3603	23,2%	2	26	17	11	0	30	22	10	0	45	39	10	5	28	15	19
Pick Up		2819	18,2%	1	34	16	14	0	9	25	17	0	9	26	13	2	15	24	12
Combi		433	2,8%	0	4	2	0	0	1	2	0	0	6	6	2	0	4	2	0
Micro		518	3,3%	0	5	3	0	0	5	3	0	0	4	5	0	0	5	2	0
Bus		296	1,9%	0	1	2	0	0	3	2	0	0	0	2	0	0	3	3	0
Camión		453	2,9%	0	2	0	0	0	3	1	0	0	0	6	0	0	2	2	0
Semi Trailer / Trailer		56	0,4%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		15520	100,0%	204		111		151		148		145		203		137		137	

Vehiculos equivalentes por Giro	3,0	118,0	53,0	29,0	2,0	89,0	74,0	32,0	0,0	89,0	121,0	32,0	9,0	86,0	65,0	38,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	121,0		82,0		91,0		106,0		89,0		153,0		95,0		103,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	121,0		153,0		101,0		153,0		102,0		153,0		104,0		103,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	484		612		404		612		408		612		416		412	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	396,0		444,0		376,0		461,0		387,0		423,0		402,0		340,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,8182		0,7255		0,9307		0,7533		0,9485		0,6912		0,9663		0,8252	

Día 2	Hora			12:45				13:00				13:15				13:30			
				13:00				13:15				13:30				13:45			
Viernes 18/09/2020	Acceso			3				3				3				3			
	Grupo de Carril			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3	
	Maniobra			3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3372	27,9%	8	15	8	12	7	20	14	7	12	23	8	3	14	20	11	12
Moto Taxi		4148	34,3%	14	27	11	13	14	26	15	3	17	22	12	15	19	14	11	14
Auto		2405	19,9%	11	9	5	9	20	9	5	9	17	12	7	13	19	14	6	17
Pick Up		1505	12,4%	9	4	5	4	24	2	3	11	22	0	0	20	19	3	0	12
Combi		158	1,3%	0	1	0	0	2	0	0	2	3	1	0	2	0	2	2	0
Micro		20	0,2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus		48	0,4%	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión		363	3,0%	0	1	0	3	0	5	0	4	5	3	0	7	0	0	0	3
Semi Trailer / Trailer		82	0,7%	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>		12101	100,0%	42	57	73		67	62	74		76	61	88		71	53	89	

Vehiculos equivalentes por Giro	26,0	29,0	15,0	41,0	53,0	39,0	16,0	39,0	66,0	34,0	13,0	67,0	47,0	28,0	14,0	50,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	26,0	29	56,0	53,0	39	55,0	66,0	34	80,0	47,0	28	64,0				
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	66,0	39,0	80,0	66,0	39,0	80,0	66,0	34,0	80,0	47,0	30,0	68,0				
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	264	156	320	264	156	320	264	136	320	188	120	272				
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	192,0	130	255,0	209,0	123	267,0	166,0	114	238,0	122,0	106	190,0				
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,7273	0,8333	0,7969	0,7917	0,7885	0,8344	0,6288	0,8382	0,7438	0,6489	0,8833	0,6985				

Día 2	Hora			12:45				13:00				13:15				13:30			
				13:00				13:15				13:30				13:45			
Viernes 18/09/2020	Acceso			4				4				4				4			
	Grupo de Carril			GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2	
	Maniobra			4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2080	18,8%	6	3	14	7	8	5	21	4	3	5	9	6	7	1	4	10
Moto Taxi		3007	27,2%	10	13	34	8	23	1	22	10	23	2	18	11	17	2	11	12
Auto		2382	21,5%	10	20	12	6	16	28	14	9	14	24	15	2	14	10	7	5
Pick Up		1945	17,6%	10	22	7	3	14	29	8	0	10	13	5	3	18	11	6	2
Combi		352	3,2%	0	2	4	1	1	6	1	0	3	0	3	2	1	0	0	0
Micro		264	2,4%	0	3	8	0	0	3	5	0	0	2	6	0	0	1	4	0
Bus		276	2,5%	0	1	0	0	0	5	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0
Camión		562	5,1%	6	5	2	3	3	7	2	2	3	7	4	2	5	1	3	0
Semi Trailer / Trailer		187	1,7%	2	1	0	0	3	0	0	0	2	2	1	0	3	1	0	0
<b>TOTAL</b>		11055	100,0%	114		109		152		100		113		91		92		65	

Vehículos equivalentes por Giro	53,0	76,0	56,0	23,0	65,0	101,0	52,0	19,0	55,0	73,0	66,0	18,0	70,0	31,0	34,0	13,0
Vehículos equivalentes por Grupo de Carril GC	129,0		79,0		166,0		71,0		128,0		84,0		101,0		47,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	166,0		84,0		166,0		84,0		128,0		84,0		121,0		68,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	664		336		664		336		512		336		484		272	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	524,0		281,0		485,0		240,0		440,0		237,0		409,0		202,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,7892		0,8363		0,7304		0,7143		0,8594		0,7054		0,8450		0,7426	

**Apéndice C. Conteo y análisis de flujo vehicular del sábado 19/09/2020 en su hora punta (7:45 a 8:45hr)**

Día 3	Hora			7:45				8:00				8:15				8:30			
				8:00				8:15				8:30				8:45			
Sábado 19/09/2020	Acceso			1				1				1				1			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3	
	Maniobra			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		1889	26,5%	2	14	21	15	7	13	16	4	5	17	11	2	4	3	12	1
Moto Taxi		2565	35,9%	4	10	24	8	3	6	26	3	8	14	20	3	2	12	24	1
Auto		1354	19,0%	7	13	9	16	2	16	3	7	0	10	2	8	2	3	7	12
Pick Up		772	10,8%	8	5	0	3	0	7	3	0	0	4	2	4	0	10	0	3
Combi		215	3,0%	4	1	6	3	1	3	1	0	1	4	0	4	2	3	0	0
Micro		52	0,7%	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Bus		76	1,1%	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Camión		187	2,6%	0	2	0	2	1	2	3	1	0	1	1	1	1	1	2	1
Semi Trailer / Trailer		28	0,4%	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		7138	100,0%	29	45	114		14	47	68		14	50	58		11	32	65	

Vehículos equivalentes por Giro	39,0	31,0	45,0	38,0	9,0	37,0	28,0	13,0	5,0	30,0	16,0	21,0	9,0	24,0	23,0	22,0
Vehículos equivalentes por Grupo de Carril GC	39,0	31,0	83,0	9,0	37,0	41,0	5,0	30,0	37,0	9,0	24,0	45,0				
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	39,0	37,0	83,0	14,0	37,0	45,0	23,0	30,0	45,0	23,0	27,0	45,0				
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	156	148	332	56	148	180	92	120	180	92	108	180				
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	62,0	122,0	206,0	37,0	117,0	157,0	51,0	107,0	153,0	68,0	101,0	150,0				
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,3974	0,8243	0,6205	0,6607	0,7905	0,8722	0,5543	0,8917	0,8500	0,7391	0,9352	0,8333				

Día 3	Hora			7:45				8:00				8:15				8:30			
				8:00				8:15				8:30				8:45			
Sábado 19/09/2020	Acceso			2				2				2				2			
	Grupo de Carril			GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2		GC 2.1		GC 2.2	
	Maniobra			2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2855	20,6%	1	30	10	15	0	31	10	9	1	45	30	8	1	37	14	10
Moto Taxi		3688	26,7%	2	45	16	13	1	42	13	10	1	44	15	13	1	43	20	19
Auto		3213	23,2%	1	20	17	10	4	25	20	13	1	28	15	12	1	31	10	13
Pick Up		2489	18,0%	0	15	28	8	1	19	24	8	2	20	27	10	3	20	15	4
Combi		376	2,7%	0	5	5	2	0	8	2	0	0	1	4	1	0	1	2	1
Micro		468	3,4%	0	10	3	0	0	6	1	0	0	5	1	1	0	4	3	0
Bus		302	2,2%	0	1	2	0	1	0	3	0	0	2	3	0	0	0	2	0
Camión		382	2,8%	0	3	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	2	2	0
Semi Trailer / Trailer		53	0,4%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		13826	100,0%	133		130		141		116		152		141		144		115	

Vehiculos equivalentes por Giro	2,0	88,0	67,0	31,0	7,0	92,0	66,0	29,0	4,0	90,0	68,0	31,0	5,0	86,0	51,0	27,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	90,0		98,0		99,0		95,0		94,0		99,0		91,0		78,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	99,0		99,0		112,0		110,0		112,0		110,0		112,0		110,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	396		396		448		440		448		440		448		440	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	374,0		370,0		396,0		382,0		379,0		372,0		322,0		324,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,9444		0,9343		0,8839		0,8682		0,8460		0,8455		0,7188		0,7364	

Día 3	Hora			7:45				8:00				8:15				8:30			
				8:00				8:15				8:30				8:45			
Sábado 19/09/2020	Acceso			3				3				3				3			
	Grupo de Carril			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3	
	Maniobra			3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3193	27,1%	18	20	32	7	22	28	36	6	16	10	9	19	16	12	43	28
Moto Taxi		3840	32,5%	9	28	30	20	32	29	44	19	20	14	42	29	12	5	47	29
Auto		2295	19,4%	11	10	28	15	8	13	20	19	15	4	13	15	40	6	15	9
Pick Up		1428	12,1%	3	3	8	10	9	1	13	10	3	0	5	9	10	4	25	9
Combi		242	2,1%	0	3	2	2	2	0	3	6	2	1	8	1	1	1	2	1
Micro		140	1,2%	0	0	0	6	3	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0
Bus		177	1,5%	0	5	1	0	0	8	0	1	1	0	0	0	0	0	4	6
Camión		364	3,1%	2	0	1	4	1	2	1	3	5	0	3	5	0	0	5	6
Semi Trailer / Trailer		122	1,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		11801	100,0%	43	69	166		77	81	183		62	29	160		79	28	230	

Vehiculos equivalentes por Giro	27,0	40,0	60,0	57,0	42,0	51,0	62,0	58,0	47,0	12,0	54,0	59,0	58,0	15,0	91,0	65,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	27,0	40	117,0		42,0	51	120,0		47,0	12	113,0		58,0	15	156,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	58,0	51,0	156,0		58,0	51,0	156,0		58,0	34,0	156,0		58,0	37,0	156,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	232	204	624		232	204	624		232	136	624		232	148	624	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	174,0	118	506,0		185,0	103	485,0		201,0	86	506,0		207,0	111	490,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,7500	0,5784	0,8109		0,7974	0,5049	0,7772		0,8664	0,6324	0,8109		0,8922	0,7500	0,7853	

Día 3	Hora			7:45				8:00				8:15				8:30			
				8:00				8:15				8:30				8:45			
Sábado 19/09/2020	Acceso			4				4				4				4			
	Grupo de Carril			GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2		GC 4.1		GC 4.2	
	Maniobra			4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2102	18,6%	10	10	5	6	5	16	6	0	2	7	7	7	4	17	4	6
Moto Taxi		2935	25,9%	15	20	20	25	5	19	24	8	10	15	17	10	16	20	13	12
Auto		2342	20,7%	16	14	6	7	4	15	5	5	4	7	5	4	17	10	4	5
Pick Up		1909	16,9%	9	10	1	3	3	7	0	0	7	11	1	1	8	15	1	0
Combi		442	3,9%	2	1	1	1	1	0	1	1	1	2	0	0	0	2	0	2
Micro		354	3,1%	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	4
Bus		347	3,1%	1	1	1	1	0	0	1	3	0	0	1	1	0	0	0	1
Camión		626	5,5%	1	2	1	0	2	7	0	0	3	5	4	1	4	2	1	1
Semi Trailer / Trailer		255	2,3%	2	4	0	0	0	1	0	1	1	2	1	0	2	3	0	0
<b>TOTAL</b>		11312	100,0%	119		80		86		56		79		60		120		55	

Vehículos equivalentes por Giro	49,0	63,0	22,0	24,0	17,0	59,0	19,0	20,0	31,0	53,0	32,0	15,0	53,0	59,0	15,0	24,0
Vehículos equivalentes por Grupo de Carril GC	112,0		46,0		76,0		39,0		84,0		47,0		112,0		39,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	112,0		47,0		112,0		47,0		112,0		48,0		112,0		63,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	448		188		448		188		448		192		448		252	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	384,0		171,0		339,0		170,0		360,0		179,0		378,0		195,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,8571		0,9096		0,7567		0,9043		0,8036		0,9323		0,8438		0,7738	

**Apéndice D. Valores máximos de los tres días de conteo jueves, viernes y sábado**

VALORES MÁXIMOS DÍA JUEVES 17/09/2020																	
7:45																	
8:45																	
1				2				3				4					
1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3		
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→		
18,0	114,0	131,0		453,0				436,0				367,0				131,0	
2364																	

VALORES MÁXIMOS DÍA VIERNES 18/09/2020																		
12:45																		
13:45																		
1				2				3				4						
GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1		GC 2.2		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1		GC 4.2				
1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3			
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→			
18/09/2020	68,0	105,0	133,0		396,0				444,0				524,0				281,0	
2528																		

VALORES MÁXIMOS DÍA SABADO 19/09/2020																		
7:45																		
8:45																		
1				2				3				4						
1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3			
←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→			
19/09/2020	62,0	122,0	206,0		374,0				370,0				384,0				171,0	
2487																		

**Apéndice E. Data del flujo vehicular de los cuatro accesos tomados cada 0.25 horas en su hora pico del viernes 18/09/2020**

Día 2	Hora			12:45															
				13:00															
18/09/2020	Acceso			1				2				3				4			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1		GC 2.2		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1		GC 4.2	
	Maniobra			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	7	10	13	4	2	34	17	1	8	15	8	12	6	3	14	7
Moto Taxi		1051	31%	5	11	20	1	0	93	16	12	14	27	11	13	10	13	34	8
Auto		770	23%	0	10	5	5	2	26	17	11	11	9	5	9	10	20	12	6
Pick Up		572	17%	2	7	2	2	1	34	16	14	9	4	5	4	10	22	7	3
Combi		82	2%	1	3	1	0	0	4	2	0	0	1	0	0	0	2	4	1
Micro		64	2%	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	3	8	0
Bus		31	1%	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Camión		114	3%	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3	6	5	2	3
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	16	42	41	12	5	199	73	38	42	57	29	44	44	70	81	28
<b>Flujo de Vehículos Físicos por GC.</b>				16	42	53		204		111		42	57	73		114		109	

Día 2	Hora			13:00															
				13:15															
18/09/2020	Acceso			1				2				3				4			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1		GC 2.2		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1		GC 4.2	
	Maniobra			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	4	13	13	5	0	38	19	8	7	20	14	7	8	5	21	4
Moto Taxi		1051	31%	15	17	18	3	5	57	29	10	14	26	15	3	23	1	22	10
Auto		770	23%	9	14	4	10	0	30	22	10	20	9	5	9	16	28	14	9
Pick Up		572	17%	7	6	4	7	0	9	25	17	24	2	3	11	14	29	8	0
Combi		82	2%	0	2	1	1	0	1	2	0	2	0	0	2	1	6	1	0
Micro		64	2%	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	3	5	0
Bus		31	1%	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	1	0	5	2	0
Camión		114	3%	3	0	1	2	0	3	1	0	0	5	0	4	3	7	2	2
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	38	52	41	28	5	146	103	45	67	62	37	37	68	84	75	25
<b>Flujo de Vehículos Físicos por GC.</b>				38	52	69		151		148		67	62	74		152		100	

Día 2	Hora			13:15															
				13:30															
18/09/2020	Acceso			1				2				3				4			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1		GC 2.2		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1		GC 4.2	
	Maniobra			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	2	16	14	7	0	35	32	12	12	23	8	3	3	5	9	6
Moto Taxi		1051	31%	18	11	13	3	1	45	38	12	17	22	12	15	23	2	18	11
Auto		770	23%	3	9	5	4	0	45	39	10	17	12	7	13	14	24	15	2
Pick Up		572	17%	0	3	1	1	0	9	26	13	22	0	0	20	10	13	5	3
Combi		82	2%	0	0	0	1	0	6	6	2	3	1	0	2	3	0	3	2
Micro		64	2%	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	2	6	0
Bus		31	1%	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Camión		114	3%	0	0	0	0	0	0	6	0	5	3	0	7	3	7	4	2
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	23	39	33	16	1	144	154	49	76	61	27	61	58	55	65	26
<b>Flujo de Vehículos Físicos por GC.</b>				23	39	49		145		203		76	61	88		113		91	

Día 2	Hora			13:30															
				13:45															
18/09/2020	Acceso			1				2				3				4			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1		GC 2.2		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1		GC 4.2	
	Maniobra			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	3	12	20	6	2	23	16	10	14	20	11	12	7	1	4	10
Moto Taxi		1051	31%	8	15	22	9	5	43	17	15	19	14	11	14	17	2	11	12
Auto		770	23%	6	7	4	8	5	28	15	19	19	14	6	17	14	10	7	5
Pick Up		572	17%	5	4	3	2	2	15	24	12	19	3	0	12	18	11	6	2
Combi		82	2%	1	1	1	1	0	4	2	0	0	2	2	0	1	0	0	0
Micro		64	2%	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	1	4	0
Bus		31	1%	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Camión		114	3%	1	2	1	0	0	2	2	0	0	0	0	3	5	1	3	0
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	24	41	51	26	14	123	81	56	71	53	30	59	65	27	36	29
<b>Flujo de Vehículos Físicos por GC.</b>				24	41	77		137		137		71	53	89		92		65	

**Apéndice F. Flujo y composición vehicular por grupo de carril de la hora pico del viernes 18/09/2020**

Día 2	Hora			TOTAL POR GRUPO DE CARRIL															
				1				2				3				4			
18/09/2020	Acceso			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1		GC 2.2		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1		GC 4.2	
	Grupo de Carril			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Maniobra			←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	16	51	82		134		115		41	78	75		38		75	
Moto Taxi		1051	31%	46	54	89		249		149		64	89	94		91		126	
Auto		770	23%	18	40	45		136		143		67	44	71		136		70	
Pick Up		572	17%	14	20	22		70		147		74	9	55		127		34	
Combi		82	2%	2	6	6		15		14		5	4	6		13		11	
Micro		64	2%	0	0	0		19		13		0	0	0		9		23	
Bus		31	1%	0	0	0		7		9		0	0	2		6		7	
Camión		114	3%	5	3	4		7		9		5	9	17		37		18	
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0	0		0		0		0	0	4		14		1	
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	101	174	248		637		599		256	233	324		471		365	
<b>Flujo de Vehículos Físicos por GC.</b>				101	174	248		637		599		256	233	324		471		365	
				523				1236				813				836			

Día 2	Hora			COMPOSICIÓN VEHICULAR POR GRUPO DE CARRIL															
				1				2				3				4			
	Acceso			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 2.1		GC 2.2		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 4.1		GC 4.2	
	Grupo de Carril			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Maniobra			←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	15,84%	29,31%	33,06%		21,04%		19,20%		16,02%	33,48%	23,15%		8,07%		20,55%	
Moto Taxi		1051	31%	45,54%	31,03%	35,89%		39,09%		24,87%		25,00%	38,20%	29,01%		19,32%		34,52%	
Auto		770	23%	17,82%	22,99%	18,15%		21,35%		23,87%		26,17%	18,88%	21,91%		28,87%		19,18%	
Pick Up		572	17%	13,86%	11,49%	8,87%		10,99%		24,54%		28,91%	3,86%	16,98%		26,96%		9,32%	
Combi		82	2%	1,98%	3,45%	2,42%		2,35%		2,34%		1,95%	1,72%	1,85%		2,76%		3,01%	
Micro		64	2%	0,00%	0,00%	0,00%		2,98%		2,17%		0,00%	0,00%	0,00%		1,91%		6,30%	
Bus		31	1%	0,00%	0,00%	0,00%		1,10%		1,50%		0,00%	0,00%	0,62%		1,27%		1,92%	
Camión		114	3%	4,95%	1,72%	1,61%		1,10%		1,50%		1,95%	3,86%	5,25%		7,86%		4,93%	
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0,00%	0,00%	0,00%		0,00%		0,00%		0,00%	0,00%	1,23%		2,97%		0,27%	
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	100,00%	100,00%	100,00%		100,00%		100,00%		100,00%	100,00%	100,00%		100,00%		100,00%	

**Apéndice G. Flujo y composición vehicular por grupo de movimiento de la hora pico del viernes 18/09/2020**

Día 2	Hora			TOTAL POR GRUPO DE MOVIMIENTO															
				1				2				3				4			
18/09/2020	Acceso			GM 1.1	GM 1.2			GM 2.1				GM 3.1	GM 3.2			GM 4.1			
	Grupo de Carril			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Maniobra			←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		705	21%	16	133			249				41	153			113			
Moto Taxi		1051	31%	46	143			398				64	183			217			
Auto		770	23%	18	85			279				67	115			206			
Pick Up		572	17%	14	42			217				74	64			161			
Combi		82	2%	2	12			29				5	10			24			
Micro		64	2%	0	0			32				0	0			32			
Bus		31	1%	0	0			16				0	2			13			
Camión		114	3%	5	7			16				5	26			55			
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0	0			0				0	4			15			
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	101	422			1236				256	557			836			

Día 2	Hora			COMPOSICIÓN VEHICULAR POR GRUPO DE MOVIMIENTO																																																														
				1				2				3				4																																																		
18/09/2020	Acceso			GM 1.1				GM 1.2				GM 2.1				GM 3.1				GM 3.2				GM 4.1																																										
	Grupo de Carril			1,1				1,2.1				1,2.2				1,3				2,1				2,2.1				2,2.2				2,3				3,1				3,2.1				3,2.2				3,3				4,1				4,2.1				4,2.2				4,3		
Maniobra			1,1				1,2.1				1,2.2				1,3				2,1				2,2.1				2,2.2				2,3				3,1				3,2.1				3,2.2				3,3				4,1				4,2.1				4,2.2				4,3			
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→																															
Moto Lineal		705	21%	16%	32%				20%				16%	27%				14%																																																
Moto Taxi		1051	31%	46%	34%				32%				25%	33%				26%																																																
Auto		770	23%	18%	20%				23%				26%	21%				25%																																																
Pick Up		572	17%	14%	10%				18%				29%	11%				19%																																																
Combi		82	2%	2%	3%				2%				2%	2%				3%																																																
Micro		64	2%	0%	0%				3%				0%	0%				4%																																																
Bus		31	1%	0%	0%				1%				0%	0%				2%																																																
Camión		114	3%	5%	2%				1%				2%	5%				7%																																																
Semi Trailer / Trailer		19	1%	0%	0%				0%				0%	1%				2%																																																
<b>TOTAL</b>		<b>3408</b>	<b>100%</b>	100%	100%				100%				100%	100%				100%																																																

**Apéndice H. Reordenamiento de la data del volumen vehicular de acuerdo con los cambios operacionales de la propuesta N° 2 para la hora pico del viernes 18/09/2020**

Día 2	Hora			12:45				13:00				13:15				13:30			
				13:00				13:15				13:30				13:45			
Viernes 18/09/2020	Acceso			1				1				1				1			
	Grupo de Carril			GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3		GC 1.1	GC 1.2	GC 1.3	
	Maniobra			1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3	1,1	1.2.1	1.2.2	1,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2144	27,8%	7	10	13	4	4	13	13	5	2	16	14	7	3	12	20	6
Moto Taxi		2963	38,4%	5	11	20	1	15	17	18	3	18	11	13	3	8	15	22	9
Auto		1464	19,0%	0	10	5	5	9	14	4	10	3	9	5	4	6	7	4	8
Pick Up		786	10,2%	2	7	2	2	7	6	4	7	0	3	1	1	5	4	3	2
Combi		144	1,9%	1	3	1	0	0	2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Micro		25	0,3%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus		31	0,4%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión		150	1,9%	1	1	0	0	3	0	1	2	0	0	0	0	1	2	1	0
Semi Trailer / Trailer		15	0,2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>7722</b>	<b>100,0%</b>	<b>16</b>	<b>42</b>	<b>53</b>		<b>38</b>	<b>52</b>	<b>69</b>		<b>23</b>	<b>39</b>	<b>49</b>		<b>24</b>	<b>41</b>	<b>77</b>	

Vehiculos equivalentes por Giro	9,0	29,0	18,0	8,0	31,0	31,0	21,0	26,0	9,0	19,0	13,0	9,0	19,0	26,0	23,0	15,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	9,0	29,0	26,0		31,0	31,0	47,0		9,0	19,0	22,0		19,0	26,0	38,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	31,0	31,0	47,0		31,0	31,0	47,0		19,0	27,0	38,0		19,0	27,0	38,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	124	124	188		124	124	188		76	108	152		76	108	152	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	68,0	105,0	133,0		69,0	103,0	124,0		48,0	98,0	107,0		50,0	105,0	108,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,5484	0,8468	0,7074		0,5565	0,8306	0,6596		0,6316	0,9074	0,7039		0,6579	0,9722	0,7105	

Día 2	Hora			12:45				13:00				13:15				13:30			
				13:00				13:15				13:30				13:45			
Viernes 18/09/2020	Acceso			2				2				2				2			
	Grupo de Carril			GC 2.1	GC 2.2		GC 2.3	GC 2.1	GC 2.2		GC 2.3	GC 2.1	GC 2.2		GC 2.3	GC 2.1	GC 2.2		GC 2.3
	Maniobra			2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3	2,1	2.2.1	2.2.2	2,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3133	20,2%	2	34	17	1	0	38	19	8	0	35	32	12	2	23	16	10
Moto Taxi		4209	27,1%	0	93	16	12	5	57	29	10	1	45	38	12	5	43	17	15
Auto		3603	23,2%	2	26	17	11	0	30	22	10	0	45	39	10	5	28	15	19
Pick Up		2819	18,2%	1	34	16	14	0	9	25	17	0	9	26	13	2	15	24	12
Combi		433	2,8%	0	4	2	0	0	1	2	0	0	6	6	2	0	4	2	0
Micro		518	3,3%	0	5	3	0	0	5	3	0	0	4	5	0	0	5	2	0
Bus		296	1,9%	0	1	2	0	0	3	2	0	0	0	2	0	0	3	3	0
Camión		453	2,9%	0	2	0	0	0	3	1	0	0	0	6	0	0	2	2	0
Semi Trailer / Trailer		56	0,4%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		15520	100,0%	5	272		38	5	249		45	1	298		49	14	204		56

Vehiculos equivalentes por Giro	3,0	118,0	53,0	29,0	2,0	89,0	74,0	32,0	0,0	89,0	121,0	32,0	9,0	86,0	65,0	38,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	3,0	171,0	29,0	2,0	163,0	32,0	0,0	210,0	32,0	9,0	151,0	38,0				
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	9,0	210,0	38,0	9,0	210,0	43,0	13,0	210,0	43,0	13,0	151,0	43,0				
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	36	840	152	36	840	172	52	840	172	52	604	172				
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	14,0	695,0	131,0	18,0	674,0	145,0	29,0	651,0	130,0	39,0	577,0	126,0				
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,3889	0,8274	0,8618	0,5000	0,8024	0,8430	0,5577	0,7750	0,7558	0,7500	0,9553	0,7326				

Día 2	Hora			12:45				13:00				13:15				13:30			
				13:00				13:15				13:30				13:45			
Viernes 18/09/2020	Acceso			3				3				3				3			
	Grupo de Carril			GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3		GC 3.1	GC 3.2	GC 3.3	
	Maniobra			3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3	3,1	3.2.1	3.2.2	3,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		3372	27,9%	8	15	8	12	7	20	14	7	12	23	8	3	14	20	11	12
Moto Taxi		4148	34,3%	14	27	11	13	14	26	15	3	17	22	12	15	19	14	11	14
Auto		2405	19,9%	11	9	5	9	20	9	5	9	17	12	7	13	19	14	6	17
Pick Up		1505	12,4%	9	4	5	4	24	2	3	11	22	0	0	20	19	3	0	12
Combi		158	1,3%	0	1	0	0	2	0	0	2	3	1	0	2	0	2	2	0
Micro		20	0,2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus		48	0,4%	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión		363	3,0%	0	1	0	3	0	5	0	4	5	3	0	7	0	0	0	3
Semi Trailer / Trailer		82	0,7%	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>		12101	100,0%	42	57	73		67	62	74		76	61	88		71	53	89	

Vehiculos equivalentes por Giro	26,0	29,0	15,0	41,0	53,0	39,0	16,0	39,0	66,0	34,0	13,0	67,0	47,0	28,0	14,0	50,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	26,0	29	56,0		53,0	39	55,0		66,0	34	80,0		47,0	28	64,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	66,0	39,0	80,0		66,0	39,0	80,0		66,0	34,0	80,0		47,0	30,0	68,0	
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	264	156	320		264	156	320		264	136	320		188	120	272	
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	192,0	130	255,0		209,0	123	267,0		166,0	114	238,0		122,0	106	190,0	
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,7273	0,8333	0,7969		0,7917	0,7885	0,8344		0,6288	0,8382	0,7438		0,6489	0,8833	0,6985	

Día 2	Hora			12:45				13:00				13:15				13:30			
				13:00				13:15				13:30				13:45			
Viernes 18/09/2020	Acceso			4				4				4				4			
	Grupo de Carril			GC 4.1	GC 4.2		GC 4.3	GC 4.1	GC 4.2		GC 4.3	GC 4.1	GC 4.2		GC 4.3	GC 4.1	GC 4.2		GC 4.3
	Maniobra			4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3	4,1	4.2.1	4.2.2	4,3
Vehículo	Veh.	Suma	%	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→	←	↑	↑	→
Moto Lineal		2080	18,8%	6	3	14	7	8	5	21	4	3	5	9	6	7	1	4	10
Moto Taxi		3007	27,2%	10	13	34	8	23	1	22	10	23	2	18	11	17	2	11	12
Auto		2382	21,5%	10	20	12	6	16	28	14	9	14	24	15	2	14	10	7	5
Pick Up		1945	17,6%	10	22	7	3	14	29	8	0	10	13	5	3	18	11	6	2
Combi		352	3,2%	0	2	4	1	1	6	1	0	3	0	3	2	1	0	0	0
Micro		264	2,4%	0	3	8	0	0	3	5	0	0	2	6	0	0	1	4	0
Bus		276	2,5%	0	1	0	0	0	5	2	0	0	0	4	0	0	0	1	0
Camión		562	5,1%	6	5	2	3	3	7	2	2	3	7	4	2	5	1	3	0
Semi Trailer / Trailer		187	1,7%	2	1	0	0	3	0	0	0	2	2	1	0	3	1	0	0
<b>TOTAL</b>		11055	100,0%	44	151		28	68	159		25	58	120		26	65	63		29

Vehiculos equivalentes por Giro	53,0	76,0	56,0	23,0	65,0	101,0	52,0	19,0	55,0	73,0	66,0	18,0	70,0	31,0	34,0	13,0
Vehiculos equivalentes por Grupo de Carril GC	53,0	132,0		23,0	65,0	153,0		19,0	55,0	139,0		18,0	70,0	65,0		13,0
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')	70,0	153,0		23,0	70,0	153,0		19,0	70,0	139,0		18,0	70,0	122,0		15,0
Máx Flujo de Veh Equiv por GC (15' por 60')x4	280	612		92	280	612		76	280	556		72	280	488		60
Flujo de Veh Equiv por GC (60')	243,0	489,0		73,0	223,0	440,0		62,0	210,0	409,0		58,0	196,0	365,0		50,0
FHP de Veh Equiv por GC (60')	0,8679	0,7990		0,7935	0,7964	0,7190		0,8158	0,7500	0,7356		0,8056	0,7000	0,7480		0,8333

**Apéndice I. Información detallada a nivel operacional, geométrico y de tráfico; y volúmenes vehiculares de cada grupo de carril del acceso 1 de la propuesta N° 2**

<b>INFORMACIÓN PREVIA</b>			
<b>DATOS</b>	<b>GC 1.1</b>	<b>GC 1.2</b>	<b>GC 1.3</b>
Ancho de carril	2.95	2.95	2.95
% buses (PB)	0.00%	0.00%	0.00%
% camiones (PT)	4.95%	1.66%	1.66%
% Vehículos pesados	4.95%	1.66%	1.66%
# equivalente de vehículos ligeros para un vehículo pesado (ET)	2	2	2
Pendiente	0.34	0.34	0.34
N° de carriles (N)	1	1	1
N° maniobra en 1 hr	1	1	1
N° buses parando (Nb)	0	0	0
Equivalente de veh que giran a la izquierda (EL)	1.05	1	1
Equivalente de veh que giran a la derecha (ER)	1	1	1.18
Flujo de peatones (Vped)	58	-	26
Flujo de ciclistas (Vbic)	14	-	-

	<b>ACCESO 1</b>	
	<b>veh/h</b>	<b>veh. Pesados</b>
<b>GC 1.1</b>	68	5
<b>GC 1.2</b>	105	3
<b>GC 1.3</b>	133	4

**Apéndice J. Información detallada a nivel operacional, geométrico y de tráfico; y volúmenes vehiculares de cada grupo de carril del acceso 2 de la propuesta N° 2**

<b>INFORMACIÓN PREVIA</b>			
<b>DATOS</b>	<b>GC 2.1</b>	<b>GC 2.2</b>	<b>GC 2.3</b>
Ancho de carril	3.6	3.6	3.6
% buses (PB)	0.00%	4.69%	0.00%
% camiones (PT)	0.00%	1.56%	0.00%
% Vehículos pesados	0.00%	6.26%	0.00%
# equivalente de vehículos ligeros para un vehículo pesado (ET)	2	2	2
Pendiente	4	4	4
N° de carriles (N)	1	2	1
N° maniobra en 1 hr	-	-	-
N° buses parando (Nb)	4	4	4
Equivalente de veh que giran a la izquierda (EL)	1.05	1	1
Equivalente de veh que giran a la derecha (ER)	1	1	1.18
Flujo de peatones (Vped)	17	-	39
Flujo de ciclistas (Vbic)	0	-	-

	<b>ACCESO 2</b>	
	<b>veh/h</b>	<b>veh. Pesados</b>
<b>GC 2.1</b>	14	0
<b>GC 2.2</b>	695	64
<b>GC 2.3</b>	131	0

**Apéndice K. Información detallada a nivel operacional, geométrico y de tráfico; y volúmenes vehiculares de cada grupo de carril del acceso 3 de la propuesta N° 2**

<b>INFORMACIÓN PREVIA</b>			
<b>DATOS</b>	<b>GC 3.1</b>	<b>GC 3.2</b>	<b>GC 3.3</b>
Ancho de carril	2.95	2.95	2.95
% buses (PB)	0.00%	0.36%	0.36%
% camiones (PT)	1.95%	5.39%	5.39%
% Vehículos pesados	1.95%	5.75%	5.75%
# equivalente de vehículos ligeros para un vehículo pesado (ET)	2	2	2
Pendiente	-1	-1	-1
N° de carriles (N)	1	1	1
N° maniobra en 1 hr	2	2	2
N° buses parando (Nb)	0	0	0
Equivalente de veh que giran a la izquierda (EL)	1.05	1	1
Equivalente de veh que giran a la derecha (ER)	1	1	1.18
Flujo de peatones (Vped)	26	-	58
Flujo de ciclistas (Vbic)	14	-	-

	<b>ACCESO 3</b>	
	<b>veh/h</b>	<b>veh. Pesados</b>
<b>GC 3.1</b>	192	5
<b>GC 3.2</b>	130	9
<b>GC 3.3</b>	255	23

**Apéndice L. Información detallada a nivel operacional, geométrico y de tráfico; y volúmenes vehiculares de cada grupo de carril del acceso 4 de la propuesta N° 2**

<b>INFORMACIÓN PREVIA</b>			
<b>DATOS</b>	<b>GC 4.1</b>	<b>GC 4.2</b>	<b>GC 4.3</b>
Ancho de carril	3.6	3.6	4.6
% buses (PB)	0.00%	9.13%	0.00%
% camiones (PT)	11.49%	7.30%	6.48%
% Vehículos pesados	11.49%	16.43%	6.48%
# equivalente de vehículos ligeros para un vehículo pesado (ET)	2	2	2
Pendiente	0.71	0.71	0.71
N° de carriles (N)	1	2	1
N° maniobra en 1 hr	-	-	-
N° buses parando (Nb)	6	6	6
Equivalente de veh que giran a la izquierda (EL)	1.05	1	1
Equivalente de veh que giran a la derecha (ER)	1	1	1.18
Flujo de peatones (Vped)	39	-	17
Flujo de ciclistas (Vbic)	-	-	-

	<b>ACCESO 4</b>	
	<b>veh/h</b>	<b>veh. Pesados</b>
<b>GC 4.1</b>	243	27
<b>GC 4.2</b>	489	81
<b>GC 4.3</b>	73	7



**Anexos**





## Anexo 1. Factores de corrección de vehículos por unidad de peaje de Paita. Ruta: PE – 1B

Factores estacionales de peaje Paita-Piura

### UNIDAD DE PEAJE DE PAITA - CONCESIONES Paita - Piura Ruta PE - 1B

AÑO 2014						
MES	IMD			FCE		
	LIGEROS	PESADOS	TOTAL	LIGEROS	PESADOS	PROMEDIO
ENERO	2074	641	2715	0.857560	1.134867	0.922996
FEBRERO	2062	757	2829	0.862597	0.947899	0.885723
MARZO	1782	717	2500	0.997830	1.013631	1.002363
ABRIL	1632	673	2304	1.089954	1.080840	1.087294
MAYO	1561	689	2250	1.139131	1.055357	1.113486
JUNIO	1533	646	2179	1.160000	1.125115	1.149658
JULIO	1596	682	2278	1.114245	1.066243	1.099879
AGOSTO	1585	770	2355	1.122114	0.943560	1.063712
SEPTIEMBRE	1625	756	2381	0.974406	0.961472	0.970616
OCTUBRE	1761	756	2528	1.009800	0.948405	0.991183
NOVIEMBRE	1803	855	2658	0.986385	0.850053	0.942527
DICIEMBRE	2127	761	2888	0.836102	0.954915	0.867416
PROMEDIO	1779	727	2505	1.012510	1.006863	1.008071

Fuente: UGE - Provias Nacional

AÑO 2015						
MES	IMD			FCE		
	LIGEROS	PESADOS	TOTAL	LIGEROS	PESADOS	PROMEDIO
ENERO	2387	679	3067	0.798982	1.581122	0.972273
FEBRERO	2407	735	3142	0.792269	1.462126	0.948905
MARZO	1988	720	2708	0.959598	1.492007	1.101178
ABRIL	1848	668	2516	1.032097	1.607830	1.184981
MAYO	1630	772	2403	1.169766	1.391044	1.240887
JUNIO	1675	798	2473	1.138788	1.346003	1.205650
JULIO	1720	653	2373	1.109156	1.644361	1.256509
AGOSTO	1665	723	2388	1.145627	1.485419	1.248531
SEPTIEMBRE	1798	1150	2949	1.060544	0.933774	1.011087
OCTUBRE	1758	1682	3441	1.084717	0.638500	0.866526
NOVIEMBRE	1852	2243	4095	1.029905	0.478854	0.728040
DICIEMBRE	2159	2066	4224	0.883433	0.520069	0.705765
PROMEDIO	1907	1074	2981	1.017072	1.215093	1.039194

Fuente: UGE - Provias Nacional

AÑO 2016						
MES	IMD			FCE		
	LIGEROS	PESADOS	TOTAL	LIGEROS	PESADOS	PROMEDIO
ENERO	2015	1435	3450	0.812532	0.884005	0.842265
FEBRERO	1877	1112	2989	0.872222	1.140416	0.972031
MARZO	1578	1004	2582	1.037173	1.263603	1.125209
ABRIL	1356	969	2324	1.207242	1.309745	1.249954
MAYO	1340	890	2230	1.221360	1.425056	1.302659
JUNIO	1272	854	2127	1.286401	1.485277	1.366278
JULIO	1415	931	2346	1.156633	1.362831	1.238446
AGOSTO	1465	980	2445	1.117335	1.294209	1.188239
SEPTIEMBRE	1555	1080	2636	1.052485	1.174317	1.102423
OCTUBRE	1758	1682	3441	0.930938	0.754004	0.844421
NOVIEMBRE	1852	2243	4095	0.883897	0.565478	0.709467
DICIEMBRE	2159	2042	4200	0.758190	0.621369	0.691691
PROMEDIO	1637	1269	2905	1.028034	1.106693	1.052757

Fuente: UGE - Provias Nacional

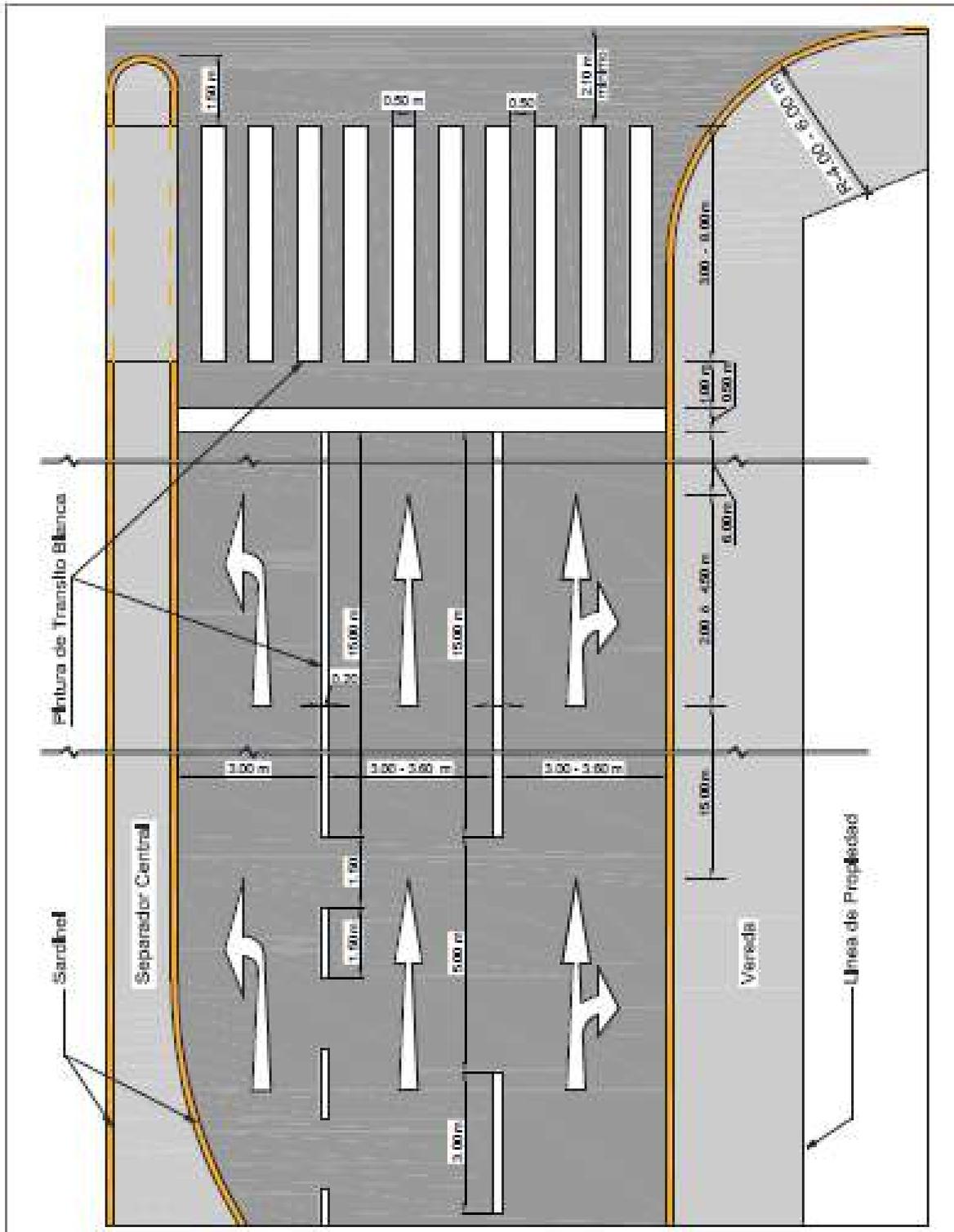
AÑO 2017						
MES	IMD			FCE		
	LIGEROS	PESADOS	TOTAL	LIGEROS	PESADOS	PROMEDIO
ENERO	2374	834	3208	0.786363	1.013995	0.845554
FEBRERO	1934	932	2867	0.965031	0.907480	0.946317
MARZO	2628	1182	3811	0.710236	0.715340	0.711819
ABRIL	1549	697	2245	1.205184	1.214398	1.208042
MAYO	1596	675	2272	1.169335	1.252540	1.194070
JUNIO	1696	759	2454	1.100938	1.114696	1.105191
JULIO	1708	706	2413	1.093213	1.198333	1.123958
AGOSTO	1682	751	2433	1.109988	1.126516	1.115090
SEPTIEMBRE	1750	956	2706	1.067019	0.884399	1.002470
OCTUBRE	1671	904	2576	1.117037	0.935195	1.053180
NOVIEMBRE	1788	951	2739	1.044180	0.889140	0.990332
DICIEMBRE	2026	802	2828	0.921573	1.054741	0.959342
PROMEDIO	1867	846	2713	1.024175	1.025564	1.021281

Fuente: UGE - Provias Nacional

Fuente: UGE – Provias Nacional



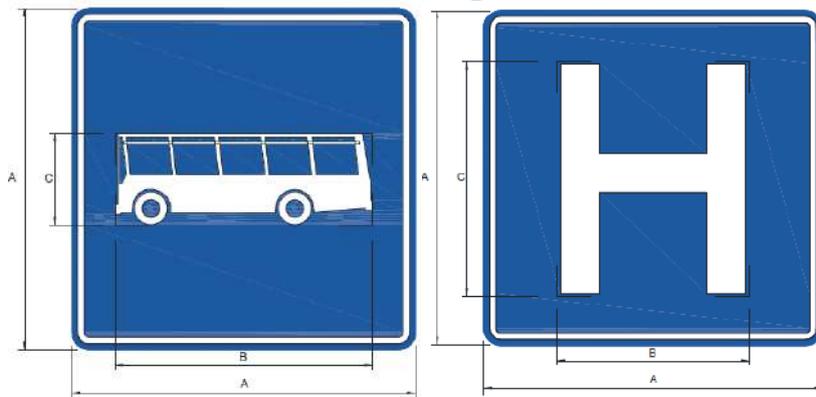
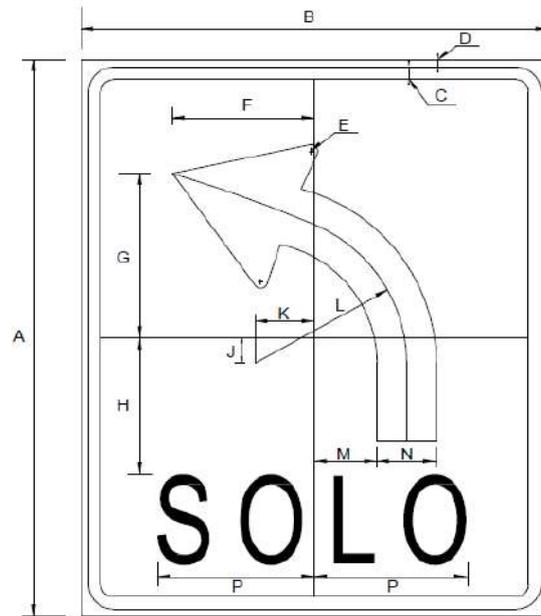
**Anexo 2. Señalización horizontal de PARE y flechas canalizadoras de tráfico en los accesos**



**Anexo 3. Dimensiones de la señal de PARE de acuerdo con su límite de velocidad**
**Pare**


R-1	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovia	450.0	186.4	93.2	7.5	187.2	150.0	75.0
600 x 600	50 o menor	600.0	248.8	124.3	10.0	249.6	200.0	100.0
800 x 800	60 - 70	800.0	331.4	165.7	13.3	332.8	266.6	133.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	414.4	207.2	16.7	416.0	333.4	166.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

**Anexo 4. Señales verticales: giro exclusivo a la izquierda, parqueo, estacionamiento de buses y aproximación de hospital**



**Anexo 5. Lado izquierdo, señales preventivas orientadas al conductor y al lado derecho, señales preventivas orientadas al ciclista**



**P-46: Ciclistas en la vía**  
Esta señal advierte al Conductor de la proximidad de una "CICLOVÍA".



**P-46C: Vehículos en la ciclovia**  
Esta señal advierte al ciclista la proximidad de un tramo donde pueden cruzar vehículos motorizados.



**P-46A Cruce de ciclistas**  
Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce de "CICLOVÍA". Debe complementarse con marcas en el pavimento.



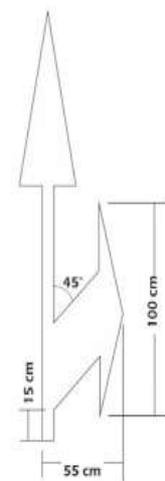
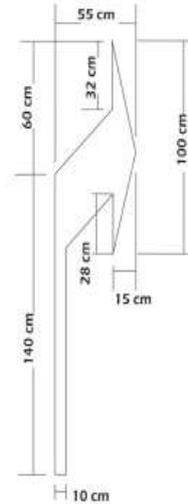
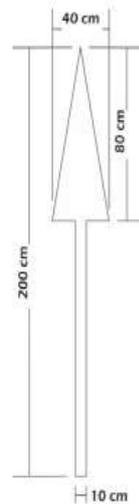
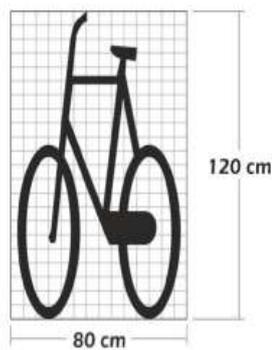
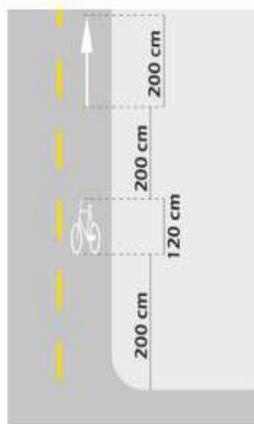
**P-46D: Tramo en descenso**  
Esta señal advierte al ciclista la proximidad de un tramo con pendiente en descenso en la "CICLOVÍA".



**P-46B Ubicación Cruce de ciclistas**  
Esta señal indica al Conductor el lugar o ubicación del cruce de "CICLOVÍA". Debe complementarse con marcas en el pavimento.



**P-46E: Tramo en ascenso**  
Advierte a los usuarios de la bicicleta. Esta señal advierte al ciclista la proximidad de un tramo con pendiente en ascenso en la "CICLOVÍA".





**Planos**





**Plano 1. Intersección de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas, Piura**

