

**PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL Y GEOMÉTRICO DE
INTERSECCIÓN CON PASO ELEVADO PARA EL FUTURO TREN LIGERO –
LRT EN LA CARRERA 7ª DE BOGOTÁ, SECTOR CALLE 79 A CALLE 86**

ANDRES FELIPE OSORIO LIZCANO

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ, D. C.
2016**

**PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL Y GEOMÉTRICO DE
INTERSECCIÓN CON PASO ELEVADO PARA EL FUTURO TREN LIGERO –
LRT EN LA CARRERA 7ª DE BOGOTÁ, SECTOR CALLE 79 A CALLE 86**

ANDRES FELIPE OSORIO LIZCANO

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**Asesor disciplinar: PhD HERNÁN CARVAJAL OSORIO
Coasesor: Ing. JULIO TORRES
Asesor metodológico: Lic. LAURA CALA CRISTANCHO**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ, D. C.
2016**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2. ANTECEDENTES.....	17
3. OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
4. JUSTIFICACIÓN.....	21
5. MARCO REFERENCIAL	23
5.1 MARCO CONCEPTUAL.....	23
5.1.1 Capacidad y Niveles de Servicio en Intersecciones Semaforizadas	23
5.1.2 Factores de equivalencia, factores de hora de máxima demanda y valores de capacidad vial	32
5.1.3 Generalidades de puentes	36
5.1.4 Sistemas modernos de transporte masivo (TREN LIGERO)	49
5.2 MARCO GEOGRAFICO.....	53
5.3 MARCO LEGAL	55
6. METODOLOGÍA.....	56
6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	56
6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	56
6.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	57
6.4 FASES DE INVESTIGACIÓN.....	58
PRIMERA FASE. Análisis de la recopilación de información topográfica de la Carrera 7ª entre Calles 72 y 100.....	58
SEGUNDA FASE. Capacidad Vial y Niveles de Servicio	58
TERCERA FASE. Predimensionamiento de la alternativa para el puente del tren ligero	59

6.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	60
7. RESULTADOS	61
7.1 RESULTADO DEL ESTUDIO DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA.....	61
7.2 CÁLCULO DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO.....	65
7.3 PREDIMENSIONAMIENTO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA PARA DEL PUENTE DEL TREN LIGERO	93
7.3.1 Predimensionamiento de la losa	94
7.3.2 Predimensionamiento de las vigas o nervios	95
7.3.3 Avalúo de cargas	95
7.3.4 Cantidad de acero en el tablero	98
7.3.5 Cantidad de acero para los nervios.....	99
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	117
9. CONCLUSIONES	122
10. RECOMENDACIONES.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de servicio en vías urbanas	25
Tabla 2. Factores de correlación para el ancho de carriles y el porcentaje de vehículos pesados	27
Tabla 3. Factores de correlación para la pendiente del terreno y el número de estacionamientos.....	27
Tabla 4. Factores para el número de paradas de autobuses	28
Tabla 5. Factores para el porcentaje de giros a la derecha.....	28
Tabla 6. Factores para el porcentaje de giros a la izquierda	29
Tabla 7. Factores para el tipo de área (urbana o periférica).....	29
Tabla 8. Posibles grupos de carriles	32
Tabla 9. Factores de equivalencia vehicular	33
Tabla 10. Factores de hora de máxima demanda	33
Tabla 11. Capacidad vial de acuerdo al tipo de vía.....	36
Tabla 12. Cargas y denominación de carga.....	44
Tabla 13. Combinaciones de carga y factores de carga	45
Tabla 14. Factores para cargas permanentes.....	46
Tabla 15. Factores para cargas permanentes a deformaciones sobreimpuestas, γ_p	46
Tabla 16. Peso unitarios de los materiales	47
Tabla 17. Factores de presencia múltiple, m.....	48
Tabla 18. Profundidades mínimas tradicionales para superestructuras de profundidad constante	48
Tabla 19. Características del tren ligero.....	50
Tabla 20. Comparación de alternativas de sistemas de transporte masivo	50
Tabla 21. Marco normativo para el predimensionamiento.....	55
Tabla 22. Intersecciones de la carrera 7ª entre calles 72 a la 100	61
Tabla 23. Movimientos en las calles de la carrera 7ª entre calles 72 a la 100.....	63
Tabla 25. Porcentajes de vehículos por giros	67

Tabla 26. Factores de hora de máxima demanda	68
Tabla 27. Porcentajes del tipo de vehículos por acceso	71
Tabla 28. Factores externos de la intersección	72
Tabla 29. Capacidad y niveles de servicio	73
Tabla 30. Porcentaje de vehículos por giros	74
Tabla 31. Factores de hora de máxima demanda	75
Tabla 32. Porcentajes del tipo de vehículos por acceso	79
Tabla 33. Factores externos de la intersección	79
Tabla 34. Capacidad y niveles de servicio	80
Tabla 35. Porcentaje de vehículos por giro	81
Tabla 36. Factores de hora de máxima demanda	82
Tabla 37. Porcentaje del tipo de vehículo por acceso	85
Tabla 38. Factores externos de la intersección	85
Tabla 39. Capacidad y niveles de servicio	86
Tabla 40. Porcentajes de vehículos por giros	87
Tabla 41. Factores de hora de máxima demanda	88
Tabla 42. Porcentaje de vehículos por acceso.....	91
Tabla 43. Factores externos de la intersección.....	92
Tabla 44. Capacidad y niveles de servicio	92
Tabla 45. Niveles de servicio de las intersecciones de la zona de estudio.....	93
Tabla 46. Sección transversal típica	94
Tabla 47. Espesor de la losa	94
Tabla 48. Predimensionamiento de los nervios.....	95
Tabla 49. Avalúo de cargas	96
Tabla 50. Cantidad de acero para el tablero	99
Tabla 51. Cantidad de acero para las vigas exteriores e interiores	101
Tabla 52. Área del acero en la viga cabezal	103
Tabla 53. Área de acero para la columna	103
Tabla 54. Cantidad de acero para los bordillos	104
Tabla 55. Algunos parámetros de entrada del modelo	105

Tabla 56. Parámetros de salida, momentos debido a las cargas que se generan en la estructura..... 108

Tabla 57. Parámetros de salida, momentos máximos y mínimos de las vigas exteriores..... 110

Tabla 58. Parámetros de salida, momentos máximos y mínimos de las vigas interiores..... 112

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Variación del volumen horario de la intersección de la calle 82	69
Gráfica 2. Composición vehicular intersección calle 82	70
Gráfica 3. Representación en porcentaje de la composición vehicular	70
Gráfica 4. Variación del volumen horario por acceso	71
Gráfica 5. Variación del volumen horario de la intersección de la calle 84	76
Gráfica 6. Composición vehicular intersección calle 84	77
Gráfica 7. Representación en porcentaje de la composición vehicular	77
Gráfica 8. Variación del volumen horario por acceso	78
Gráfica 9. Variación del volumen horario de la intersección de la calle 85	83
Gráfica 10. Composición vehicular intersección calle 85	83
Gráfica 11. Representación en porcentaje de la composición vehicular.....	84
Gráfica 12. Variación del volumen horario por acceso	84
Gráfica 13. Variación del volumen horario de la circunvalar con calle 84	89
Gráfica 14. Composición vehicular de la circunvalar con calle 84	90
Gráfica 15. Representación en porcentaje de la composición vehicular.....	90
Gráfica 16. Variación del volumen horario por acceso	91

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Zona de estudio	15
Imagen 2. Principales vías de la ciudad de bogotá	35
Imagen 3. Tipos de puente viga.....	40
Imagen 4. Tipos de vigas.....	41
Imagen 5. Puente se sistema de transporte masivo.....	41
Imagen 6. Tren ligero.....	49
Imagen 7. Diferentes tipos de construcción de vías flexibles en el pavimento	51
Imagen 8. Perfiles típico del riel	52
Imagen 9. Localización general de la zona de estudio	54
Imagen 10. Perfil longitudinal del tramo de estudio.....	54
Imagen 11. Sección transversal entre calles 32 a la 100	64
Imagen 12. Porcentaje de vehículos por movimiento.....	66
Imagen 13. Porcentaje de vehículos por movimiento.....	73
Imagen 14. Porcentaje de vehículos por movimiento.....	80
Imagen 15. Porcentaje de vehículos por movimiento.....	87
Imagen 16. Momentos carga muerta	97
Imagen 17. Momento de carga viva.....	98
Imagen 18. Parámetros principales momentos máximos de las vigas exteriores	102
Imagen 19. Parámetros principales momentos máximos de las vigas interiores.	102
Imagen 20. Modelador de puentes sap2000v14	106
Imagen 21. Modelo de la sección del puente	106
Imagen 22. Intensidad de refuerzo	107
Imagen 23. Vista frontal del puente en 3d.....	114
Imagen 24. Vista lateral del puente en 3d.....	115
Imagen 25. Circunvalar con calle 84.....	124

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Intensidad	30
Ecuación 2. Capacidad real	30
Ecuación 3. Ciclo semafórico.....	30
Ecuación 4. Demora por grupo de carril.....	31
Ecuación 5. Demora por acceso	31
Ecuación 6. Altura del tablero	38
Ecuación 7. Espesor del nervio.....	38
Ecuación 8. Altura del nervio	38
Ecuación 9. Altura de la riostra	38
Ecuación 10. Momento del factor camión	39
Ecuación 11. Momento último.....	39
Ecuación 12. Cuantía	39
Ecuación 13. Área de acero.....	40
Ecuación 14. Referencia del área de acero	40
Ecuación 15. Solicitación total mayorada.....	42

LISTA DE ANEXOS

Anexos 1. Aforos vehiculares de la intersección de la calle 82	128
Anexos 2. Equivalencia en autos de los aforos en la calle 82	129
Anexos 3. Volúmenes direccionales por movimientos en la calle 82.....	130
Anexos 4. Volúmenes direccionales por acceso en la calle 82	131
Anexos 5. Volumen vehicular mixto en la intersección de la calle 82	132
Anexos 6. Composición vehicular del acceso 1 de la calle 82	133
Anexos 7. Composición vehicular del acceso 2 de la calle 82	133
Anexos 8. Composición vehicular del acceso 3 de la calle 82	133
Anexos 9. Factores externos e internos del acceso 1	134
Anexos 10. Factores externos e internos del acceso 2	134
Anexos 11. Factores externos e internos del acceso 3	134
Anexos 12. Aforos vehiculares de la intersección de la calle 84	135
Anexos 13. Equivalencia en autos de los aforos en la calle 84	136
Anexos 14. Volúmenes direccionales por movimiento en la calle 84	137
Anexos 15. Volúmenes direccionales por acceso en la calle 84	138
Anexos 16. Volumen vehicular mixto en la intersección de la calle 84	139
Anexos 17. Composición vehicular del acceso 1	140
Anexos 18. Composición vehicular del acceso 2	140
Anexos 19. Composición vehicular del acceso 4.	140
Anexos 20. Factores externos e internos del acceso 1	141
Anexos 21. Factores externos e internos del acceso 4	141
Anexos 22. Factores externos e internos del acceso 2	141
Anexos 23. Aforos vehiculares en la circunvalar con calle 84.....	142
Anexos 24. Equivalencia en autos de los aforos en la circunvalar con calle 84 ..	143
Anexos 25. Volúmenes direccionales por movimiento circunvalar - calle 84.....	144
Anexos 26. Volúmenes direccionales por acceso circunvalar - calle 84.....	145
Anexos 27. Volumen vehicular mixto en la intersección circunvalar - calle 84	146

Anexos 28. Composición vehicular del acceso 1	147
Anexos 29. Composición vehicular del acceso 2	147
Anexos 30. Composición vehicular del acceso 3	147
Anexos 31. Factores externos e internos en el acceso 1	148
Anexos 32. Factores externos e internos en el acceso 2	148
Anexos 33. Factores externos e internos del acceso 3	148
Anexos 34. Aforos vehiculares en la carrera 7ª con calle 85.....	149
Anexos 35. Equivalencia en autos de los aforos en la calle 85	150
Anexos 36. Volúmenes direccionales por movimiento en la calle 85	151
Anexos 37. Volúmenes direccionales por acceso en la calle 85	152
Anexos 38. Volumen vehicular mixto en la intersección de la calle 85.....	153
Anexos 39. Composición vehicular del acceso 1	154
Anexos 40. Composición vehicular del acceso 2	154
Anexos 41. Composición vehicular del acceso 3	154
Anexos 42. Factores externos e internos del acceso 1	155
Anexos 43. Factores externos e internos del acceso 2	155
Anexos 44. Factores externos e internos del acceso 3	155

INTRODUCCIÓN

El grupo de investigación VITRASOS de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia adelanta estudios sobre el comportamiento del tránsito de los diferentes modos de transporte, plantea propuestas de mejoras y diseña obras de mitigación para disminuir el impacto negativo que producen los grandes sistemas de transportes masivos frente a los otros modos (bicicleta, a pie). Se plantean alternativas de posibles amortiguaciones para mejorar la calidad del flujo vehicular.

Con respecto a los sistemas de transporte masivos, Bogotá presenta un sistema de transporte ineficiente y de baja calidad, por ende se hace necesaria la implementación de un sistema de transporte de gran escala para satisfacer la demanda de pasajeros que se genera en toda la ciudad.

Para esta investigación se emplearon los lineamientos de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14 y algunas recomendaciones de las Normas AASHTO de (USA).

Se analizaron los planos topográficos de la Carrera 7ª entre Calles 32 a la 100, principalmente el perfil longitudinal, en donde se identificaron tramos que presentaron importantes ondulaciones, que aprovechándolas facilitarían el predimensionamiento de posibles pasos elevados para el futuro tren ligero, con el objetivo de causar la menor interferencia con el flujo vehicular y peatonal. La presencia de ondulaciones naturales de la Carrera 7ª favorecerán el diseño de pasos elevados con pendientes pequeñas como es requisito para trenes; aspecto que le da atenuantes a este investigación.

La presente investigación, realizó un diagnóstico de la capacidad y niveles de servicio de las intersecciones de la Carrera 7ª entre Calles 79 a la 86, a partir de información secundaria obtenida de la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Transmilenio. También se realizaron visitas a la zona de estudio para tomar y corroborar información de la infraestructura.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el análisis de tránsito, se puede inferir que todas las intersecciones presentan problemas de congestión y que se

agudizaría este fenómeno, si no se tomaban medidas cautelares frente al tránsito vehicular y peatonal, por la prioridad que se le daría al futuro tren ligero

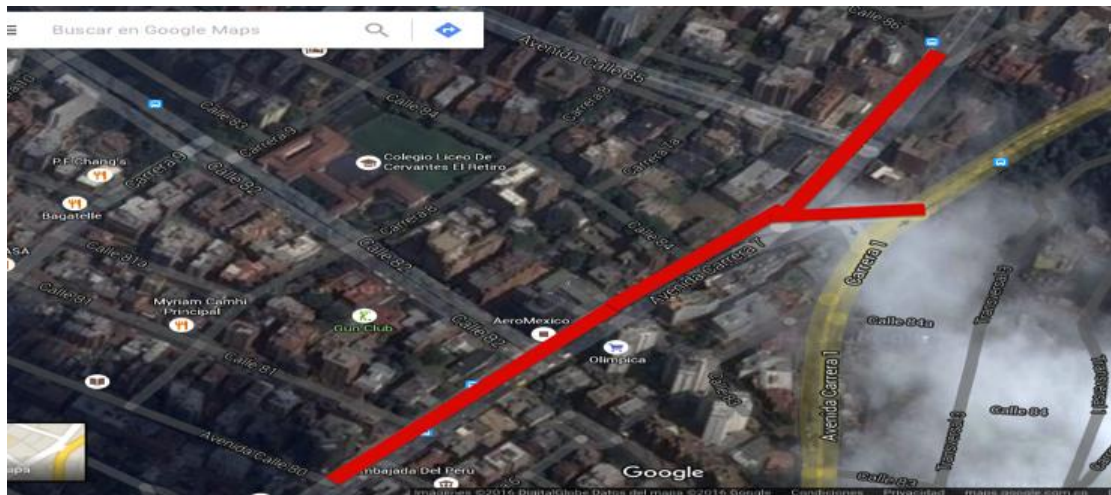
Posteriormente se realizó un predimensionamiento geométrico del puente para el futuro tren ligero con el método de la resistencia última. Con este método se determinaron las dimensiones de los elementos que forman la estructura, tales como lo son: (el tablero, los nervios, la riostra y la pila). Estas dimensiones se modelaron en SAP2000 con el objetivo de conocer el comportamiento estructura, del cual se identificó que está, tiene la capacidad de resistir las combinaciones de carga que establece la AASHTO para la cual fue prediseñada.

En esta investigación no se tuvo en cuenta el estudio de la presencia de posibles redes eléctricas o de redes del acueducto sobre la Carrera 7ª, que se deberán tener en cuenta para su reubicación si se llega a construir el paso elevado para el futuro tren ligero.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La carrera 7 es una vía caracterizada actualmente por el POT como V3, la cual cuenta con tres carriles por sentido con un separador central entre 1 y 3 metros de ancho, con andenes restrictivos para la circulación, a los cuales no se les ha realizado mejoramientos durante los últimos años. Adicionalmente el espacio público presenta múltiples accesos a predios a lo largo del corredor, creando dificultades para la circulación peatonal continua. El manejo de tráfico del corredor se realiza principalmente con intersecciones semaforizadas relativamente continuas (2 a 3 cuadras de distancia), lo que genera una circulación discontinua trayendo como consecuencia bajas velocidades de operación¹.

Imagen 1. Zona de estudio



Fuente: Google Maps

La ciudad de Bogotá no cuenta con un sistema de transporte masivo suficiente y de calidad para movilizar el alto volumen de demanda que se genera, no solo del costado nororiental de la ciudad que circula por la carrera 7^a, sino de toda Bogotá. Se estiman cerca de 11.587.750 millones de viajes diarios en todos los modos de transporte urbano, incluidos los no motorizados (bicicleta y a pie) con un (31%), y en transporte público alrededor de 5 millones que representa un (41%)².

¹Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. Tratamiento del Corredor Carrera Séptima. Documento Técnico. Febrero de 2010. Disponible en: <https://goo.gl/c1TMeA>

²BOCAREJO, Juan P. GREIFF, Mónica. et al. Observatorio de movilidad. En: Reporte anual de Movilidad. Octubre de 2014. No 8, p. 11

Según el estudio para el año 2014 se registró un total en el parque automotor de 2.026.505 vehículos privados, públicos y oficiales, de los cuales el 72% corresponde a los vehículos de transporte particular, el 21% representa las motos, mientras el 6% corresponde a los vehículos de transporte público.

En esta propuesta se busca determinara las dimensiones geométricas del paso elevado para el futuro tren ligero, que junto con las propiedades mecánicas de los materiales óptimos, tengan la capacidad de resistir las cargas a las cuales estará sometida la estructura.

Con la implementación del futuro tren ligero se deberán adoptar algunas estructuras que permitan la menor interferencia del tren ligero con el flujo vehicular. En la actualidad la Carrera 7 presenta grandes congestionamientos ya que por ella se moviliza un gran volumen de vehículos de servicio público y privado y de servicios, que se podría ver más afectado cuando se construya el futuro tren debido a que se le dará prioridad al paso de este.

En estudio anterior del Semillero VITRASOS se determinaron y verificaron con mediciones topográficas las intersecciones de interés para que en estudios como éste, y se establecieran los sitios de posible intervención para dichas estructuras elevadas del tren ligero. Las mejores condiciones para las intersecciones con opción de montaje de estructuras elevadas sin mayores excavaciones ni compra de predios, y que cuentan con una densidad de tráfico vehicular muy alta, se encuentran, según el estudio anterior en el sector de la Carrera 7ª, entre calles 79 y a la 86. Por esto, y según los estudios topográficos anteriores y por observación visual en el sitio, se definió este sector como el de interés para esta investigación, centrándose en la intersección de la calle 85 con incidencias de otros cruces desde la calle 79B y la Avenida Circunvalar, dada su importancia por los varios flujos vehiculares que allí confluyen, incluyendo acceso hacia La Calera.

Por tanto, nace la necesidad de proponer una alternativa de un predimensionamiento de una estructura elevada con mínimo dos niveles para dicha intersección, aprovechando la topografía del terreno que facilitaría el paso del tren ligero con mínima pendiente. En consecuencia, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es la alternativa de pre-diseño de paso elevado para el tren ligero de la Carrera 7ª, sector Calles 79 a 86 que, aprovechando las condiciones topográficas y geométricas de la vía y las intersecciones, permita minimizar interferencias con tráfico vehicular y peatonal?

2. ANTECEDENTES

Cárdenas y Velásquez³ en su tesis de grado en el 2015, determinaron las intersecciones de la carrea 7^a de Bogotá, entre calles 32 a 100, en condiciones topográficas favorables para pasos elevados del futuro tren ligero. Los investigadores identificaron cuatro posibles puntos donde se podría construir pasos elevados para que el futuro tren ligero para que tenga la menor interferencia con el flujo vehicular. En dicha tesis los posibles pasos elevados están ubicados en la calle 39, calle 26, calle 79B a la Av. 82 y calle 85, sugiriendo la generación de un solo paso elevado que estaría desde la calle 79 hasta la calle 86, con una longitud de aproximadamente 960m. Este trabajo sirvió de base para el desarrollo de este proyecto en provecho de los resultados más relacionados con la topografía especial de la Carrera 7a.

Bogotá debe proyectarse al futuro como una ciudad moderna, donde los sistemas de transporte van a ocupar un lugar muy importante para cumplir este objetivo, en el cual se deberán desarrollar estrategias en donde el principal beneficiado sea el usuario, en donde disponga de varias alternativas de medios de transporte para poderse movilizar y tomar el medio de transporte que más se ajuste a su destino, economía, confort, seguridad. También se debe evaluar los diferentes corredores principales donde el perfil de demanda de pasajeros es mayor. Para la Alcaldía de Bogotá el diseño, la eficiencia del funcionamiento y la calidad de vida de la ciudad se reflejan de forma visible y directa en las condiciones de la red vial y del servicio de transporte público que dan soporte a los desplazamientos cotidianos de la población⁴. En la actualidad la ciudad se paraliza en las horas pico debido al aumento exponencial que viene presentando el parque automotor privado y la sobreoferta de vehículos de transporte público. Esto conlleva a reflexionar sobre las políticas de desarrollo urbano, del transporte, el tránsito y la infraestructura vial que deben ser orientadas al beneficio del transporte público donde se generan la mayor cantidad de demanda y es por eso que se deberán implantar nuevos sistemas multimodales de transporte urbano colectivo y la articulación con sistemas de transporte masivos.

³ CÁRDENAS R., F. Y VELÁSQUEZ G., G.R., (2015) Intersecciones elevadas con aprovechamiento de condiciones topográficas en Carrera 7, Calles 32 a 100, Bogotá, para el tren ligero-LRT. Monografía Facultad de Ingeniería, Universidad La Gran Colombia, Bogotá.

⁴ Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. Formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá D. C., Consultado 5 sep. 2015. Disponible en: <http://goo.gl/zr0mZI>

El grupo de investigación CIE de la Universidad de los Andes⁵ hizo un análisis sobre tren ligero de la carrera 7ª, en donde identificaron algunas deficiencias en los estudios y diseños que podían afectar la viabilidad del proyecto del tren ligero. En el estudio se modeló la demanda de pasajeros desde el portal del 20 de Julio hasta la Calle 86, para el año 2015 se obtuvo una demanda de pasajeros de 7300 Norte-Sur y 15800 Sur-Norte y para el año 2018 se obtuvo una demanda de 15200 Norte-Sur y 23200 Sur-Norte, con estos valores de demanda se obtuvo un número de pasajeros en los mismos para la hora pico de 28800 y 4800.

La empresa Steer Daves Gleave⁶, realizó un estudio sobre el modelo de transporte de cuatro etapas de Bogotá que resultó del estudio que hizo la Secretaria Distrital de Movilidad y Transmilenio, para la primera línea del metro y el modelo unificado (vehículos privados, transporte público y carga). A este modelo se le hicieron mejoras y se ajustó a las condiciones actuales que presentaba la infraestructura y el tipo de flujo vehicular, con el objetivo de obtener un modelo más adecuado para el análisis de la movilidad en Bogotá.

El modelo evaluó 10 escenarios en los cuales se identificó que en el costado oriental, se presenta el mayor movimiento o actividad, producto de que es en este sector donde están ubicada la zona financiera, empresarial, educativas, entre otras de la ciudad, razón por la cual se generara un mayor número de pasajeros. En el sentido Norte-Sur se registrarían viajes superiores a los 60000 y 80000 usuarios por hora en el sentido Sur-Norte. Evalúan

En el documento revisión y concepto sobre los estudios del metro de Bogotá⁷, de la Universidad Nacional de Colombia hace referencia a una revisión y análisis de 8 productos del proyecto metro contratados por la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá, la cual tiene como objetivo el “diseño conceptual de la red de transporte masivo metro y diseño operacional, dimensionamiento legal y financiero de la primera línea del metro en el marco del sistema integrado de transporte público – SITP para la ciudad de Bogotá”. De estos productos cabe resaltar el

⁵ BOCAREJO, Juan Pablo, et al. El tren ligero de la Carrera 7ª. Revisión de estudios preliminares y desafíos de implementación de un sistema de transporte masivo en la carrera 7ª en Bogotá. Universidad de los Andes.

⁶ Steer Davies Gleave. Revisión, actualización y calibración del modelo de transporte de cuatro etapas de Bogotá y la región capital. Agosto de 2011.

⁷ Revisión y concepto sobre los estudios del metro de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Marzo 2010., Consultado el 15 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://goo.gl/LiGcTS>

producto 5 “Documento de caracterización del SITP para corto, mediano y largo plazo”, que habla de los componentes de transporte público existentes planteados por la Administración Distrital, Departamental y Nacional, entre los que se destaca el desarrollo de Transmilenio, SITP y el tren de cercanías., y el producto 25 “Documento de diseño operacional de la primera línea del metro (PLM), que hace referencia al diseño operacional, donde se aborda el concepto de demanda para las horas pico y horas valle en los escenarios 2008, 2018, 2028 y 2018.

Se muestra que la demanda que se generara en hora punta para el escenario 2018, es de 750.500 viajes y 320 500 viajes en hora valle en transporte público, para un total de 6.805.000 viajes en un día típico (laboral), 4.763.500 y 2.041.500 viajes en un día sábado y domingo respectivamente, en donde un 12% de estos viajes utilizarían la PLM.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar pre-diseño estructural y geométrico de paso elevado del tren ligero en la Carrera 7ª de Bogotá, entre Calles 79 y 86, minimizando interferencias con tráficos vehicular y peatonal y en provecho de las características topográficas particulares de la vía.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.2.1 Verificar las características topográficas y geométricas de la Carrera 7ª e intersecciones entre Calle 79 y Calle 86, con condiciones favorables a la construcción de paso elevado para el tren ligero, con mínima afectación del tráfico peatonal y vehicular.
- 1.2.2 Determinar la capacidad vial y niveles de servicios vehicula de la Carrera 7ª, sector Calles 79 a 86, en su condición para la fecha en que se tomaron los aforos vehiculares.
- 1.2.3 Efectuar el pre-diseño estructural y geométrico del paso elevado para el tren LRT en la intersección Carrera 7ª con Calles 79 a la 86 y aledañas, minimizando interferencias vehiculares y peatonales en las intersecciones.

4. JUSTIFICACIÓN

Con el crecimiento que viene presentando la ciudad de Bogotá, es necesario que los entes gubernamentales locales, departamentales y nacionales, analicen la implementación de un sistema de transporte masivo de mayor calidad y complementario a los servicios actuales mejorados, pudiendo considerar al tren ligero, tal como lo propuso la Alcaldía Mayor en 2011, en forma de un corredor verde en la Carrera 7^a. el cual ya es una necesidad prioritaria para la movilización de la población bogotana debido a que el actual sistema de transporte Transmilenio ya no tiene la capacidad de cubrir toda la demanda. Esta situación se ve reflejada en las horas pico donde el sistema es insuficiente e inseguro.

La ciudad de Bogotá no presenta avances en el tema de infraestructura vial para el mejoramiento del tránsito y esto se debe a que en los últimos años se ha evidenciado la falta de compromiso por parte de los entes Gubernamentales local y nacional para desarrollar la infraestructura necesaria para satisfacer la demanda de usuarios sobre el corredor nororiental de la ciudad.

El tramo de estudio, comprendido en la Carrera 7^a entre Calles 72 a la 100, adyacente a la zona financiera principal de la ciudad de Bogotá, la cual concentra un gran volumen vehicular y peatonal debido a que en esta parte de la ciudad se concentran edificaciones de patrimonio histórico y otras de gran altura, utilizadas por los principales centros administrativos financieros y empresariales nacionales e internacionales que ofrecen múltiples servicios, además de instituciones educativas, de salud y sitios turísticos y de entretenimiento.

Para la construcción del futuro tren ligero por el corredor de la carrera 7^a, en la ciudad de Bogotá, se deben tomar medidas preventivas que generen la menor interferencia con el flujo vehicular y peatonal, de lo contrario agudizaría más el fenómeno que se registra de la congestión vehicular en su mayor parte del día, también traería como consecuencia un mayor tiempo de recorrido, disminución de la economía y un bajo nivel de la calidad de vida de las personas.

⁸ Alcaldía Mayor de Bogotá (2011). Proyecto Corredor Verde – Solución Urbana Integral Carrera 7^a. Bogotá Positiva 2008-2012. Recuperado el 15 de Sep de 2015 de [www. Transmilenio.gov.co](http://www.Transmilenio.gov.co).

Para la implementación de un nuevo sistema de transporte masivo como lo es el futuro tren ligero, generara algunas consecuencias en el flujo vehicular y se debe a que al tren se le dará prioridad en sus recorridos. Las consecuencias que puede traer la construcción del tren si no se toman medidas referente al flujo vehicular son: mayores ciclos semafóricos en las intersecciones lo cual generara mayores volúmenes de congestión, aumentarán los tiempos de viaje, aumentarán los tiempos de entrega de las mercancías lo cual provocará pérdidas económicas, aumentará la emisión de gases y auditiva que tendrá un impacto directamente en la salud de los Bogotanos. Es por eso que se evaluará la construcción de obras civiles, como lo son los puentes que permitan generar la menor interferencia del tren con los vehículos y peatones en las intersecciones.

En estudios que se han hecho sobre la carrera séptima se ha demostrado que hay espacio suficiente para la construcción del futuro tren ligero, que ayudaría a movilizar una gran cantidad de pasajeros procedentes del nororiente de la ciudad de Bogotá. La construcción de dicho proyecto ayudará a descongestionar el corredor de la séptima debido a que las personas observarán un modo de transporte alternativo que los pueda movilizar más rápido a sus lugares de trabajo, estudio, centro de la ciudad y de regreso a sus hogares y también a desestimar el uso del vehículo privado.

Es importante que el futuro tren ligero tenga la menor interferencia con el flujo vehicular, con el propósito de que este pueda desarrolle velocidades considerables y así lograr el objetivo de reducir los tiempos de viaje. Para lograr esta finalidad se debe hacer un estudio de tránsito en las intersecciones donde se presente la situación más crítica del flujo vehicular, para plantear y generar obras que logren minimizar los impactos generados por la construcción del tren ligero.

Junto a este estudio de tránsito también se deberá hacer un análisis de la topografía del tramo de estudio que nos demuestre que en la zona se presenta una depresión favorable que se puede aprovechar para la construcción de un paso elevado para el futuro tren ligero, generando así en este punto de la Carrera 7ª un menor grado de interferencia con los vehículos y peatones.

Con la construcción de un paso elevado en la Carrera 7ª entre Calles 79 y 86, se evitara un mayor ciclo semafórico en las intersecciones de la Calle 82, 84, 85 y Circunvalar con Calle 84.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONCEPTUAL

5.1.1 Capacidad y Niveles de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

Para un estudio de Capacidad y Niveles de Servicio se deben tener en cuenta una serie de variables que permitan identificar mejor el comportamiento del flujo vehicular, que para este caso serán intersecciones semaforizadas y para ello se debe tener claro los conceptos de las variables y parámetros que se emplearan para la evaluación del tránsito.

Para el estudio de tránsito se tomó como referencia la definición de los conceptos de Capacidad Vial de Cal y Mayor⁹, que define la Capacidad como “la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle”. Cuando hablamos de la capacidad, necesariamente tenemos que hablar de la infraestructura disponible para satisfacer la demanda que se genera en una zona determinada, esta infraestructura está conformada por la sección transversal (número de carriles) y longitudinal de la calzada y andenes por donde transitan los usuarios durante un intervalo de tiempo. Comúnmente se utiliza para el análisis un intervalo de tiempo de 15 minutos, debido a que se considera que es el más corto donde se genera un flujo vehicular o peatonal estable.

En el Manual de Capacidad de Carreteras (en adelante HCM)¹⁰ definen la capacidad “como capacidad de una vía a la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar un perfil transversal o tramo uniforme de un carril o calzada durante un periodo definido de tiempo, bajo las condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de regulación”.

Cal y Mayor definen los Niveles de Servicio como “una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por

⁹ CAL, Rafael, MAYOR, R. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones, Octava edit. México, Enero 2007.

¹⁰ NATIONAL RESEARCH COINCIL. Manual de Capacidad de Carreteras. (Highway Capacity Manual), Washington. D. C. 1965. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/137444302/HCM-en-Espanol-2000>

los conductores y pasajero”. Para realizar este análisis se emplean unos factores de velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial que se presentan en una carretera, tramo de vía o intersección. Para describir las condiciones del nivel de servicio debemos diferenciar estos factores que pueden ser internos y externos que están presentes en la zona de estudio. Los internos corresponden a la variación de las velocidades, el volumen, la composición del tránsito (vehículos, buses, camiones y motos) y los movimientos direccionales que se presentan en las intersecciones y los externos que representan las características físicas de la infraestructura tales como lo es los anchos de carril, las pendientes que presentan los accesos de la intersección o tramo de vía, la distancia libre lateral y la anchura de acotamiento.

Para el análisis de los factores que intervienen en la determinación de la capacidad y niveles de servicio de una intersección, la toma de información de los factores externos se pueden realizar durante cualquier hora del día, pero la información de los factores internos se deberá realizar durante un lapso de tiempo donde se logre la recolección de un número de datos representativos para dicho análisis, el lapso mínimo es de una hora dividida en periodos de tiempo de 15 minutos.

Para determinar los niveles de servicio de las intersecciones se debe hacer un reconocimiento de la zona de estudio e identificar las variables que presenta y que se requieren para el análisis de dicho estudio, estas variables que se deben inventariar son: el número de carriles, el ancho que presenta cada carril, el tipo de terreno ya sea plano, montañoso o escarpado, la velocidad a flujo libre, el volumen de hora de máxima demanda, los movimientos que se presentan en cada intersección y la composición vehicular, el factor de hora de máxima demanda y la longitud del tramo de carretera o si es una intersección la zona de estudio, este inventario se debe complementarse con el número de estacionamientos que se presentan cercanos a la intersección, el factor de área que depende si es una zona urbana o rural y el factor de paradas de autobuses.

Tabla 1. Niveles de servicio en vías urbanas

T.19		NS en vías urbanas	
		NIVEL DE SERVICIO	DEMORA MEDIA (s/veh)
		A	$d \leq 5$
		B	$5 < d \leq 15$
		C	$15 < d \leq 25$
		D	$25 < d \leq 40$
		E	$40 < d \leq 60$
		F	$d < 60$

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

El (HCM) presenta seis niveles de servicio, siendo el nivel A el que presenta las mejores condiciones de circulación vehicular y peatonal, y el nivel F que es aquel que presenta un flujo inestable, es decir las condiciones que se generan son las más deficientes. El HCM define los niveles de servicio de la siguiente manera:

Nivel de servicio A: Representa una circulación libre. Los usuarios individuales están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad, tanto de selección de sus velocidades deseadas como de maniobra dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón es excelente.

Nivel de servicio B: Está aun dentro del grupo de flujo estable, aunque se empieza a percibir la presencia de otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas permanece relativamente inafectada, aunque existe una ligera disminución de la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al usuario es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

Nivel de servicio C: Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la realización

de maniobras dentro de la circulación obliga al usuario a una vigilancia importante. El nivel general de comodidad y conveniencia en este nivel desciende notablemente.

Nivel de servicio D: Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo en una circulación operando en este nivel ocasionaran generalmente problemas de funcionamiento.

Nivel de servicio E: El funcionamiento está cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se va reduciendo a un valor bajo pero bastante uniforme. La libertad de maniobra dentro de la circulación es extremadamente difícil, y se consigue generalmente forzando a un vehículo o patón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos en el flujo o ligeras perturbaciones dentro de la corriente producen colapso.

Nivel de servicio F. Esta situación se produce cuando la cantidad de tráfico que se acerca a un perfil excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, la circulación dentro de la cola se caracteriza por la existencia de ondas de paradas y arranques, y son extremadamente inestables. En general el nivel F describe las condiciones de operación de un colapso el tráfico.¹¹

Las siguientes tablas (Tablas 2-7) presentan los factores de correlación en intersecciones semaforizadas y las ecuaciones para determinar un valor más exacto de las variables (ancho de carril, porcentaje de vehículos pesados, pendiente del terreno, número de estacionamientos por hora, número de paradas de autobuses, porcentajes de giros a la derecha e izquierda) que se emplearan en la determinación de la capacidad y los niveles de servicio.

¹¹ NATIONAL RESEARCH COINCIL. Manual de Capacidad de Carreteras. (Highway Capacity Manual), Washington. D. C. 1965., p, 29. Disponible en: <https://goo.gl/sP17EZ>

Tabla 2. Factores de correlación para el ancho de carriles y el porcentaje de vehículos pesados

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

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Tabla 3. Factores de correlación para la pendiente del terreno y el número de estacionamientos

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

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Tabla 4. Factores para el número de paradas de autobuses

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

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Tabla 5. Factores para el porcentaje de giros a la derecha

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

Fuente: Manual de capacidad de Carreteras

Tabla 6. Factores para el porcentaje de giros a la izquierda

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

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras

Tabla 7. Factores para el tipo de área (urbana o periférica)

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

Fuente: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01020304.pdf

Para la determinación del nivel de servicio de una intersección semaforizada también se debe tener claro el concepto de intensidad, Bañón L., define la intensidad “como el número de vehículos que atraviesan la intersección en un periodo determinado de tiempo”¹².

¹² BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis. Determinación del Nivel de Servicio. Disponible en: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01020304.pdf

$$I = \frac{IHP}{FHP}$$

Ecuación 1. Intensidad

Dónde:

I = Intensidad

IHP = Volumen máximo de hora punta por acceso.

FHP = Factor de hora punta o factor de hora de máxima demanda.

La capacidad real de un acceso de una intersección está definida por la siguiente ecuación:

$$CR = 1900 * N * fv * fA * fp * fi * fe * fbb * fgd * fgi * far$$

Ecuación 2. Capacidad real

Dónde:

CR = Capacidad real

N = Número de carriles del grupo de carriles.

Fv = Factor verde, o la relación de la fase respecto al ciclo.

fA = Factor de corrección por anchos de carriles.

fp = Factor de ajuste por vehículos pesados.

fi = Factor de corrección por inclinación de la rasante.

fe = Factor de corrección por el efecto de estacionamientos.

fbb = Factor de ajuste por la influencia de las paradas de autobuses.

fgd = Factor de corrección por efectos de los giros a la derecha.

fgi = Factor de ajuste por efecto de los giros a la izquierda.

far = Factor de correlación en función del tipo de zona urbana.

El ciclo semafórico de una intersección de debe determinar con la siguiente ecuación:

$$C = \sum_{i=1}^n vi + n(Y + D)$$

Ecuación 3. Ciclo semafórico

Posteriormente de haberse definido los grupos de carriles se debe determinar la demora por cada grupo de carril, la demora por acceso y la demora media de toda la intersección, que están definidas por la siguiente ecuación:

$$d = 0.38 * C * \frac{(1 - Fv)^2}{\left(1 - Fv * \left(\frac{I}{C}\right)\right)} + 173(I/C)^2 * \sqrt{\left(\left(\frac{I}{C}\right) - 1\right)^2 + 16 * \left(\frac{I}{C^2}\right)}$$

Ecuación 4. Demora por grupo de carril

Dónde:

Fv = Es el factor de verde del grupo de carriles.

C = Es el ciclo semafórico en segundos.

I = Es la intensidad total del grupo de carriles.

c = Es la capacidad real del grupo de carriles.

$$d = \frac{\sum_i di * Ii}{\sum_i Ii}$$

$$d = \frac{\sum_i dacc * Iacc}{\sum_i Iacc}$$

Ecuación 5. Demora por acceso

Donde.

d = demora por acceso

Para realizar el análisis de capacidad y nivel de servicio de una intersección, se debe definir los grupos de carriles que se presentan por cada acceso de forma individual, estos grupos de carriles pueden ser exclusivos o compartidos y están condicionados por la geometría y los movimientos permitidos de la intersección. A continuación en la tabla 8 se puede observar los movimientos que se pueden generar de acuerdo al número y posibles grupos de carriles que se pueden llegar a presentar las intersecciones:

Tabla 8. Posibles grupos de carriles

Descomposiciones habituales en grupos de carriles		
Nº DE CARRILES	MOVIMIENTOS POR CARRIL	POSIBLES GRUPOS DE CARRILES
1	GI+R+GD 	ACCESO DE UN SOLO CARRIL
2	GI EXC R+GD 	
2	GI+R R+GD 	
3	GI R R+GD 	

Fuente: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01020304.pdf

5.1.2 Factores de equivalencia, factores de hora de máxima demanda y valores de capacidad vial

Los Factores de Equivalencia Vehicular¹³ se utilizan para convertir el flujo mixto a una sola unidad, por lo general este flujo se deja en unidades de automóviles que facilitaran los cálculos estadísticos en un estudio de tránsito.

¹³ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2008. P. 19. Recuperado 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/gyJTbV>

Tabla 9. Factores de equivalencia vehicular

TIPO DE VEHÍCULO	AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES (ade)	
	CARRETERAS ⁽¹⁾	GLORIETAS
Bicicletas	0,50	0,50
Motocicletas	1,00	0,75
Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos	1,00	1,00
Buses	3,00	2,80
Vehículos comerciales medianos y pesados, vehículos de tracción animal	3,00	2,80

También aplican para secciones de entrecruzamiento en intersecciones a desnivel

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

Los Factores de Hora de Máxima Demanda (FHMD), se utilizan para identificar el tipo de flujo vehicular que se presentan en una intersección o calle, es decir representa las características del flujo que se genera desde la mejor condición (EXCELENTE), hasta la condición más deficiente (MALO), que es donde se presentan congestionamientos (Ver tabla 10):

Tabla 10. Factores de hora de máxima demanda

FLUJO VEHICULAR	FACTOR HMD
EXCELENTE	1
MUY BUENO	0.99 - 0.95
BUENO	0.949 - 0.9
REGULAR	0.899 - 0.8
MALO	< 0.799

Fuente: Adaptado del Manual de Capacidad de Carreteras

Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT)¹⁴, las vías urbanas están clasificadas en cuatro mallas jerarquizadas y relacionadas funcionalmente por las intersecciones generadas entre ellas. Esta clasificación está dada para las vías principales que es donde se identifica un alto volumen vehicular, hasta las que contienen un bajo flujo, que son las que conectan los barrios, pero siendo igual de importantes que las otras.

¹⁴ Alcaldía mayor de Bogotá. Secretaria tránsito y transporte. Formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá D. C. Disponible en: <http://goo.gl/CLKxIQ>

5.1.3 Clasificación de la red vial

Se define como el conjunto de la infraestructura del sistema vial terrestre en un área determinada que puede ser: una ciudad, un departamento o un país. Esta infraestructura permite el movimiento o circulación vehicular de estos puntos entre sí, están conformados por las carreteras rurales y calles urbanas, que a su vez se pueden clasificar como: principales (arteriales), secundarias (colectoras) y locales.

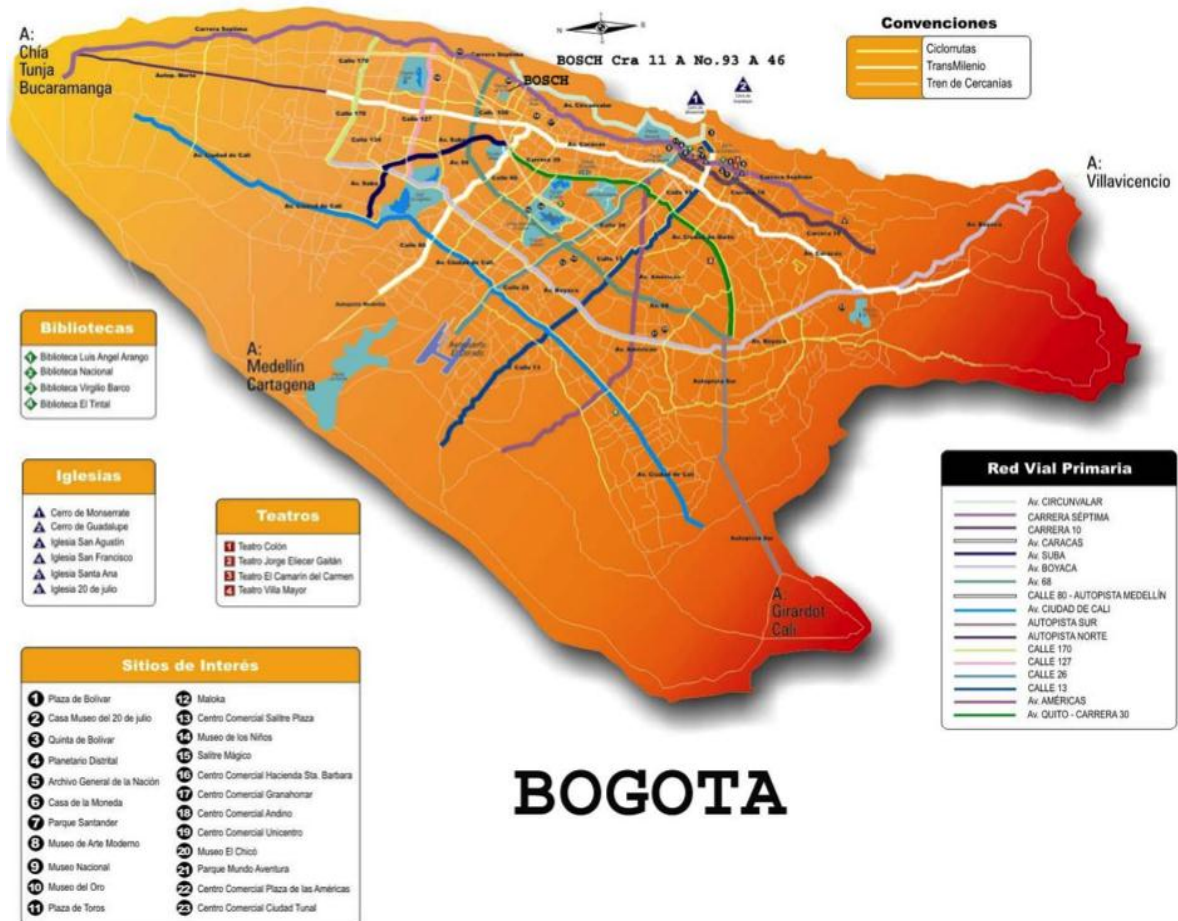
Podemos encontrar varias clasificaciones de la red vial, pero en esta investigación se centrara en la clasificación de un sistema vial urbano,

- ❖ **Autopistas y vías rápidas:** Son aquellas que facilitan el movimiento generado de grandes volúmenes de tránsito entre áreas, a través o alrededor de la ciudad o área urbana.
- ❖ **Calles principales.** Son aquellas que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito y se conecta con el sistema de autopistas y vías rápidas. Con frecuencia son divididas y pueden tener control parcial en sus accesos.
- ❖ **Calles colectoras:** Son aquellas que ligan las calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.
- ❖ **Calles locales:** Son aquellas que proporcionan acceso directo a las propiedades, sean éstas residenciales, comerciales, industriales o de algún otro uso, además de facilitar el tránsito local hacia las residencias. Se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales¹⁵.

La imagen 2, muestra algunas de las principales vías de Bogotá por donde circula el mayor volumen vehicular de transporte público y privado.

¹⁵ CAL, Rafael, MAYOR, R. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones, Octava edit. México, Enero 2007. p. 108

Imagen 2. Principales vías de la ciudad de Bogotá



Fuente. <http://www.eduteka.org/pdfdir/MapaBogota.jpg>

A continuación se presenta la clasificación de la red vial para Bogotá.

- ❖ **Arterial principal:** Es la red de vías de mayor jerarquía que actúa como soporte de la movilidad y accesibilidad metropolitana y regional.
- ❖ **Arterial complementaria:** La malla arterial complementaria articula operacionalmente a la malla vial principal y la malla vial intermedia; permite la fluidez del tráfico interior de los sectores conformados por la malla vial principal y determina la dimensión y forma de la malla vial intermedia, la cual se desarrolla a su interior. Esta malla es de soporte básico para el transporte privado y para las rutas alimentadoras de los sistemas de transporte masivo.

- ❖ **La malla vial intermedia:** Está constituida por una serie de tramos viales que permean la retícula que conforma las mallas arterial, principal y complementaria, sirviendo como alternativa de circulación a éstas. Permite el acceso y la fluidez de la ciudad a escala zonal.
- ❖ **La malla vial local:** Está conformada por los tramos viales cuya principal función es la de permitir la accesibilidad a las unidades de vivienda¹⁶.

Los valores de capacidad vial representan el número de vehículos que pueden transcurrir por carril, durante un intervalo de tiempo determinado, que generalmente suele ser 1 hora, esta medida permite determinar el diseño del número de carriles que se requieren para satisfacer la demanda.

Tabla 11. Capacidad vial de acuerdo al tipo de vía

CLASIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL	
TIPO DE VÍA	CAPACIDAD VIAL
VIAS ARTERIAS O PRINCIP	2100 Veh/Hora-Carril
VIAS SECUNDARIAS	1700 Veh/Hora-Carril
VIAS LOCALES	1300 Veh/Hora-Carril

Fuente: Adaptado del Manual de Capacidad de Carreteras, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

5.1.3 Generalidades de puentes

Desde la prehistoria al hombre se le presentó un problema para cruzar las fuente de agua y la depresión de un terreno de dimensiones cortas o medianamente largas, generando así una discontinuidad que los llevaba a tomar otra ruta para seguir su recorrido, para dar solución a este problema el hombre empezó a construir puentes tan simples como la colocación de un tronco de madera entre las orillas, hasta los puentes más sofisticados en tecnología y sistemas constructivos que se puedan observar en la actualidad. El auge de la construcción de los puentes se remonta al siglo XVII en los Estados Unidos, debido a la expansión ferroviaria que presentaba dicho país para el transporte de pasajeros y mercancías¹⁷.

¹⁶ Sistema Vial y de Transporte. Consultado el 17 de Octubre de 2015. Disponible en: <http://goo.gl/9eRpkL>

¹⁷ TRUJILLO OROZCO, José Eusebio. Diseño de Puentes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. p. 3.

Para llegar a la construcción de estas estructuras de puentes que se observan en la actualidad tanto para la circulación vehicular como para sistemas de transporte masivo, el hombre durante el tiempo tubo la necesidad de desarrollar investigaciones sobre los diferentes materiales rígidos y flexibles para identificar las propiedades mecánicas de mayor resistencia, con el fin de utilizar los más adecuados que garantizaran la seguridad de la estructura y que junto con los procesos constructivos, se llegara a unas infraestructuras más sólidas y capaces de resistir grandes esfuerzos.

El ingeniero civil Herrera J¹⁸., “define los puentes como “una obra que se construye para salvar un obstáculo, dando así continuidad a una vía, en donde este obstáculo puede ser una fuente de agua, una depreciación del terreno o una vía vehicular o férrea”.

Para Trujillo J¹⁹., el diseño de un puente se divide en dos partes principales: la superestructura y la infraestructura o subestructura, la superestructura está conformada por elementos como las vigas, las riostras, las barandas y los andenes, y uno de los elementos más importante que es el tablero, que es por donde los vehículos y peatones harán la circulación. Y la segunda parte que es la infraestructura que recibe todo el peso de la superestructura, transmitiéndola hasta el terreno, esta última está compuesta por las pilas y los estribos con sus respectivas cimentaciones.

En la etapa de diseño de un puente se deben tener en cuenta las cargas y fuerzas que se generaran en la estructura para identificar los momentos máximos que se presentan en los diferentes elementos de la infraestructura. Estas cargas que deben tenerse en cuenta son: la carga muerta, la carga viva, por impacto o efecto dinámico y vibratorio de la carga viva, cargas de viento y adicionalmente se tienen en cuenta las fuerzas longitudinales, fuerza centrífuga, fuerza térmica, presión de tierras, esfuerzo por acortamiento elástico y retracción de fraguada, fuerza del viento sobre la estructura, flotación, fuerza de viento sobre la carga viva, esfuerzo de montaje, presión de la corriente y fuerza sísmica.

Para el predimensionamiento geométrico del puente de la alternativa de esta propuesta de investigación, se modelará una sección de la estructura utilizando el Software SAP2000, que es un programa desarrollado para la modelación, análisis,

¹⁸ HERRERA, Jerónimo. Puentes, Universidad Católica de Colombia. Bogotá. 1996.

¹⁹ TRUJILLO OROZCO. Op. cit., p 8.

y dimensionamiento de estructuras tales como puentes, edificios, presas, estadios, estructuras industriales, estructuras marítima, estructuras metálicas, entre otras.

Para el predimensionamiento del puente del tren ligero, se utilizara la Norma Colombiana de Puentes – LRFD – CCP14 y la Norma Sismo Resistente (NSR-10) que nos indican mediante unas especificaciones y parámetros hacer el análisis, diseño y construcción de estas estructuras. Se utilizaran las siguientes ecuaciones para determinar las dimensiones geométricas del puente:

$$h = \frac{S+3,05}{30}$$

Ecuación 6. Altura del tablero

Dónde:

h = Espesor de la placa

S = Separación de nervios entre sus centroides

$$b = \frac{L*\sqrt{S}}{80}$$

Ecuación 7. Espesor del nervio

Dónde:

b = Espesor del nervio

S = Separación de nervios entre sus centroides

$$H = 0,075 * Ls$$

Ecuación 8. Altura del nervio

Dónde:

H = Altura del nervio

Ls = Distancia entre luces

Nota. El ancho efectivo de la aleta no debe ser mayor que 6 veces el espeso de la placa.

$$H(Riostra) = 0,7 * H$$

Ecuación 9. Altura de la riostra

H (Riostra) = Altura de la riostra

H = Altura del nervio

$$M = \frac{0,8 * (\frac{P}{2}) * (S + 0,6)}{g}$$

Ecuación 10. Momento del factor camión

Dónde:

M = Momento del factor camión

P = Peso por eje

S = Separación de nervios entre sus centroides.

g = Gravedad

$$Mu = 1,25 * MD + 1,75(ML + (Mcamión * 1.33))$$

Ecuación 11. Momento último

Dónde:

Mu = Momento ultimo

MD = Carga muerta

ML = Carga viva

Mcamión = Carga viva factor camión

$$\rho = \frac{F'c}{1,18 * Fy} - \sqrt{\frac{F'c}{1,18 * Fy} - \frac{Mu * F'c}{\phi * 0,59 * Fy^2 * b * d^2}}$$

Ecuación 12. Cuantía

Dónde:

ρ = Cuantía

F'c = Resistencia especifica del concreto

Fy = Resistencia especifica del acero

Mu = Momento máximo

ϕ = Coeficiente

b = Espesor de la sección

d = Altura especifica de la sección

$$As = \rho * b * d$$

Ecuación 13. Área de acero

Dónde:

As = Área de acero

b = Ancho o espesor del elemento

d = Altura efectiva del elemento

$$As_{ref} = \frac{121}{\sqrt{S}} < 67\%$$

Ecuación 14. Referencia del área de acero

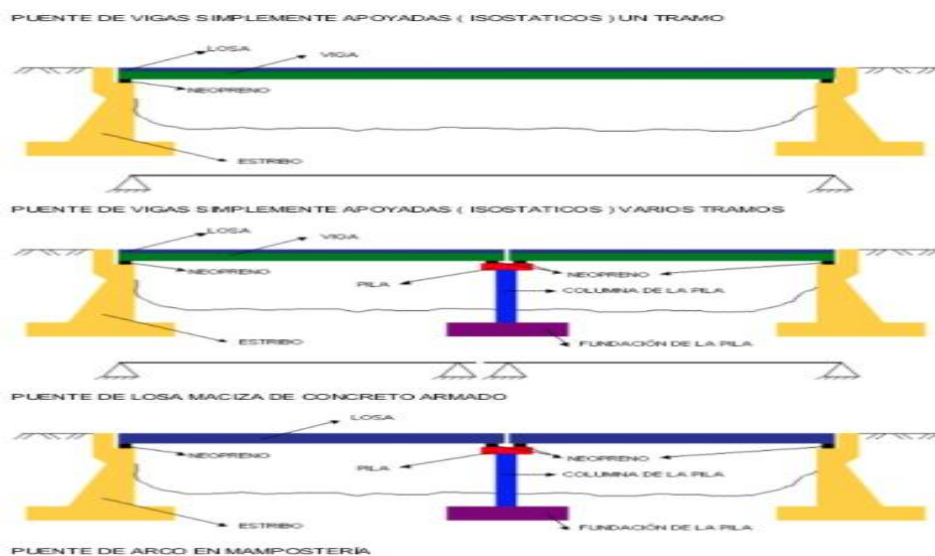
Dónde:

As ref = Referencia del área de acero torta inferior

S = Separación de nervios entre sus centroides

En esta investigación se va a trabajar una estructura de puente de viga como se presenta en la imagen 3, este está formado por la losa o tablero, vigas, pilares, cimentación, sistema de apoyos y juntas y otros elementos complementarios que son las barandas, los separadores entre otros. De los tres diseños que se muestran en la imagen, tipos de puentes se tomara la opción del puente de vigas simplemente apoyadas.

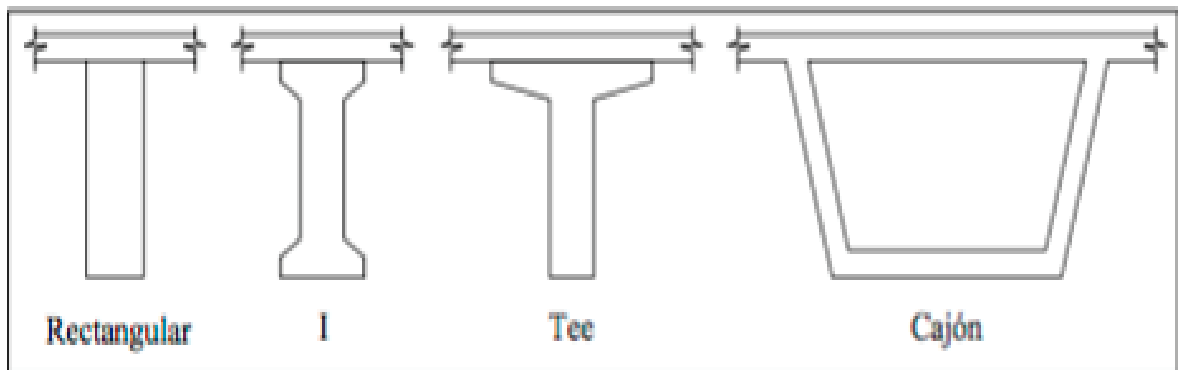
Imagen 3. Tipos de puente viga



Fuente: <http://goo.gl/NCd3je>

En la imagen 4, podemos observar la sección transversal de algunos tipos de vigas (Rectangular, I, T y cajón) que se pueden emplear en el diseño de un puente viga, estos elementos son los que van a soportar la losa o el tablero y que a su vez transmitirán las cargas a las pilas o columnas hasta las zapata y estas transmitirán la carga al suelos.

Imagen 4. Tipos de vigas



Fuente: <http://goo.gl/EYUSm6>

Imagen 5. Puente se sistema de transporte masivo



Fuente: <http://goo.gl/i7StSH>

5.1.3.1 Factores de carga y combinaciones

La sollicitación total mayorada debe tomarse como:

$$Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i$$

Ecuación 15. Sollicitación total mayorada

Dónde:

η_i = Modificador de carga

Q_i = Sollicitaciones de las cargas especificadas en esta norma

γ_i = Factores de carga

- Resistencia I - Combinación básica de cargas relacionada con el uso vehicular normal del puente sin viento.
- Resistencia II - Combinación de cargas relacionada con el uso del puente con vehículos especiales de diseño especificados por el Propietario, con vehículos de evaluación con permiso, o ambos, sin viento.
- Resistencia III - Combinación de carga relacionada con la exposición del puente a vientos con velocidades en exceso de 90 km/h.
- Resistencia IV - Combinación de carga relacionada con los efectos de relaciones muy altas de carga muerta sobre carga viva.
- Resistencia V - Combinación de carga relacionada con el uso vehicular normal del puente con vientos de 90 km/h de velocidad.
- Evento Extremo I - Combinación de carga que incluye sismo. El factor de carga para carga viva γEQ , debe determinarse para cada proyecto específico.
- Evento Extremo II - Combinación de cargas de, colisión de embarcaciones y vehículos, inundaciones de verificación, y ciertos eventos hidráulicos con una carga viva reducida diferente a aquella que hace parte de la carga de colisión vehicular, CT . Los casos de

inundaciones de verificación no deben combinarse con BL , CV , CT o IC .

- Servicio I - Combinación de carga relacionada con la operación normal de uso del puente con un viento de 90 km/h y con todas las cargas tomadas en sus valores nominales. También relacionada con control de deflexiones en estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles, y tubería termoplástica, para control del ancho de fisura en estructuras de concreto reforzado, y para análisis transversal relacionado con tracción en vigas de concreto por segmentos. Esta combinación de carga también debe utilizarse para la investigación de la estabilidad de taludes.
- Servicio II - Combinación de carga para controlar fluencia de estructuras de acero y deslizamiento de conexiones a deslizamiento crítico debido a carga viva vehicular.
- Servicio III - Combinación de carga para análisis longitudinal relacionado con tracción en superestructuras de concreto preesforzado con el objetivo de control de fisuras y de la tracción principal en las almas de vigas de concreto por segmentos.
- Servicio IV - Combinación de carga relacionada solamente con tracción en columnas de concreto preesforzado con el objetivo de control de fisuras.
- Fatiga I - Combinación de carga para fatiga y fractura relacionada con vida útil de fatiga inducida por carga infinita.
- Fatiga II - Combinación de fatiga y fractura relacionada con vida útil inducida por carga finita²⁰.

²⁰ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14. Año 2014. Disponible en: <http://goo.gl/NL15le>

Tabla 12. Cargas y denominación de carga

CARGAS PERMANENTES	
CR	Fuerzas debidas al flujo plástico
DD	Fuerzas de fricción negativas
DC	Peso propio de los componentes estructurales y de los accesorios no estructurales
DW	Peso propio carpeta de rodamiento y de las instalaciones
EH	Empuje horizontal del suelo
EL	Fuerzas misceláneas resultantes del proceso de construcción, incluyendo el izaje de voladizos en construcción por segmentos
ES	Sobre carga de suelo
EV	Presión vertical del peso propio del suelo de relleno
PS	Fuerzas secundarias debidas a pretensado
SH	Fuerzas debidas a retracción
CARGAS TRANSITORIAS	
BL	Carga de explosión
BR	Fuerza de frenado vehicular
CE	Fuerza centrífuga vehicular
CT	Fuerza de colisión vehicular
CV	Fuerza de colisión de embarcaciones
EQ	Carga sísmica
FR	Carga de fricción
IC	Carga de hielo
IM	Incremento de carga dinámica vehicular
LL	Carga viva vehicular
LS	Sobrecarga de carga viva
PL	Carga viva peatonal
SE	Fuerzas debidas a asentamiento
TG	Fuerzas debidas a gradiente de temperatura
TU	Fuerza debida a temperatura uniforme
WA	Carga de agua y presión de la corriente
WL	Carga de viento sobre la carga viva
WS	Carga de viento sobre la estructura

Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP14

En la tabla 13, podemos ver las combinaciones de carga y fuerzas la cual especifican las normas AASHTO para el diseño de puentes, claro está que no todas las cargas actúan simultáneamente por lo que se debe analizar e identificar cuáles son las posibles cargas que actual para no sobredimensionar la estructura.

Tabla 13. Combinaciones de carga y factores de carga

Estado Límite de la Combinación de carga	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.40 0	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.40 0	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30 0	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.70 0	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM & CE	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga II- Sólo LL, IM & CE	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente. Norma Colombia de Puentes CCP14 p 3-14

Para el diseño estructural del puente del futuro tren ligero, se tomarán los valores máximos de los factores de carga (Ver tabla 14), con el objetivo de simular la condición extrema de carga para la estructura y así lograr un diseño resistente para estos casos de cargas posibles que se puedan generar.

Tabla 14. Factores para cargas permanentes

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
<i>DC</i> : Componentes y Accesorios		1.25	0.90
<i>DC</i> : Sólo Resistencia IV		1.50	0.90
<i>DD</i> : Fricción negativa	Pilas, Método α Tomlinson	1.4	0.25
	Pilas, Método λ	1.05	0.30
	Pozos perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1.25	0.35
<i>DW</i> : Superficie de rodadura e instalaciones		1.50	0.65
<i>EH</i> : Presión horizontal de suelo			
• Activa		1.50	0.90
• En reposo		1.35	0.90
• <i>AEP</i> para muros anclados		1.35	N/A
<i>EL</i> : Tensiones residuales de Construcción		1.00	1.00
<i>EV</i> : Presión vertical de suelo			
• Estabilidad general		1.00	N/A
• Muros de Contención y Estribos		1.35	1.00
• Estructuras Rígidas Enterradas		1.30	0.90
• Marcos Rígidos		1.35	0.90
• Estructuras Flexibles Enterradas			
o Alcantarillas Metálicas y Alcantarillas Armadas Estructurales Corrugadas Profundas		1.5	0.9
o Alcantarillas Termoplásticas		1.3	0.9
o Todas las demás		1.95	0.9
<i>ES</i> : Sobrecarga de suelo		1.50	0.75

Fuente: Norma Colombiana de Puentes p 3-14

Tabla 15. Factores para cargas permanentes a deformaciones sobreimpuestas, γ_p

Componentes	<i>PS</i>	<i>CR, SH</i>
Superestructuras por segmentos	1.0	Ver γ_p para <i>DC</i> , Tabla 3.4.1-2
Subestructuras de concreto soportando superestructuras por segmentos (ver 3.12.4, 3.12.5)		
Superestructuras de concreto no segmentadas	1.0	1.0
Subestructuras soportando Superestructuras no segmentadas		
• Usando I_g	0.5	0.5
• Usando $I_{efectiva}$	1.0	1.0
Subestructuras de acero	1.0	1.0

Fuente: Norma Colombiana de Puentes p 3-15

En el Manual de Diseño de Carreteras²¹, en la tabla tipos de superficies de rodadura, se sugiere para la calzada un bombeo mínimo del 2% entre tangencias horizontales, con el objetivo de retirar las aguas lluvias. Como para este caso el puente está dividido por un separador central que será un andén, se planteó que el bombeo sea de este valor mínimo y se prediseñe hacia el sentido del separador.

Por otra parte en la presentación del metro de Bogotá²², hacen mención a una especificación técnica que se debe tener en cuenta para el trazado de la infraestructura del sistemas de transporte metro ligero, para el cual se determina que la pendiente de trazado debe ser menor al 10%, parámetro que se tendrá en cuenta para la posibles pendientes que pueda llegar a presentar el puente.

En el predimensionamiento de la estructura es importante identificar con qué tipo de materiales vamos a diseñar y así tener en cuenta las propiedades mecánicas de los materiales, como el peso unitario el cual utilizamos para determinar el avalúo de cargas (Ver tabla 16).

Tabla 16. Peso unitarios de los materiales

Material		Peso Unitario (kN/m ³)
Aleaciones de Aluminio		28
Pavimentos Bituminosos		22,5
Hierro fundido		72
Relleno de ceniza		9,6
Arena, Limo o Arcilla Compactadas		19,25
Concreto simple	Liviano	17,75
	De Arena Liviana	19,25
	Normal con $f'_c \leq 35$ MPa	23,2
	Normal con $35 < f'_c \leq 105$ MPa	$22,4 + 0,0229 f'_c$
Arena, Limo o Grava Sueltas		16
Arcilla Blanda		16
Grava Compactada, Macadam, o Cascajo		22,5
Acero		78,5
Mampostería de Piedra		27,25
Madera	Dura	9,6
	Blanda	8
Agua	Dulce	1
	Salada	10,25
Item		Peso por unidad de longitud (kN/m)
Sistemas de rieles, Traviesas, y fijaciones por cada Riel		3

Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP14

²¹ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2008. P. 152. Recuperado 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/gyJTbV>

²² Presentación proyecto Metro Ligero de Bogotá. Mayo de 2012. Consultado el 20 sep. 2015. Diapositiva 21. Disponible en: <http://goo.gl/ljMCKC>

Para el análisis de los carriles, se debe tener en cuenta los factores de presencia múltiple (Ver tabla 17), que los incluimos en las ecuaciones de combinación para evaluar el número de carriles cargados en la estructura.

Tabla 17. Factores de presencia múltiple, m

Número de Carriles Cargados	Factores de presencia Múltiple, <i>m</i>
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

Fuente: Norma Colombia de Puentes p 3-18

Para el predimensionamiento de los elementos del puente, utilizamos las ecuaciones de la segunda columna (Luces continuas) de la Tabla 18, porque la estructura para la cual se va a hacer el predimensionamiento está compuesta por un número de luces continuas espaciadas con cierta longitud.

Tabla 18. Profundidades mínimas tradicionales para superestructuras de profundidad constante

Superestructura		Profundidad mínima (Incluyendo el tablero) Los valores pueden ajustarse para tener en cuenta cambios en rigidez relativa de secciones de momento positivo y negativo.	
Material	Tipo	Luces simplemente apoyadas	Luces continuas
Concreto Reforzado	Losas con refuerzo principal paralelo al tráfico	$\frac{1.2(S+3000)}{30}$	$\frac{S+3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$
	Vigas T	0.070L	0.065L
	Vigas Cajón	0.060L	0.055L
	Vigas de estructuras para peatones	0.035L	0.033L
Concreto Preesforzado	Losas	0.030L > 165 mm	0.027L > 165 mm
	Vigas cajón vaciadas <i>in situ</i>	0.045L	0.040L
	Vigas I prefabricadas	0.045L	0.040L
	Vigas de estructuras para peatones	0.033L	0.030L
	Vigas cajón adyacentes	0.030L	0.025L
Acero	Profundidad total de vigas I compuestas	0.040L	0.032L
	Profundidad de porción de acero de viga I compuesta	0.033L	0.027L
	Cerchas	0.100L	0.100L

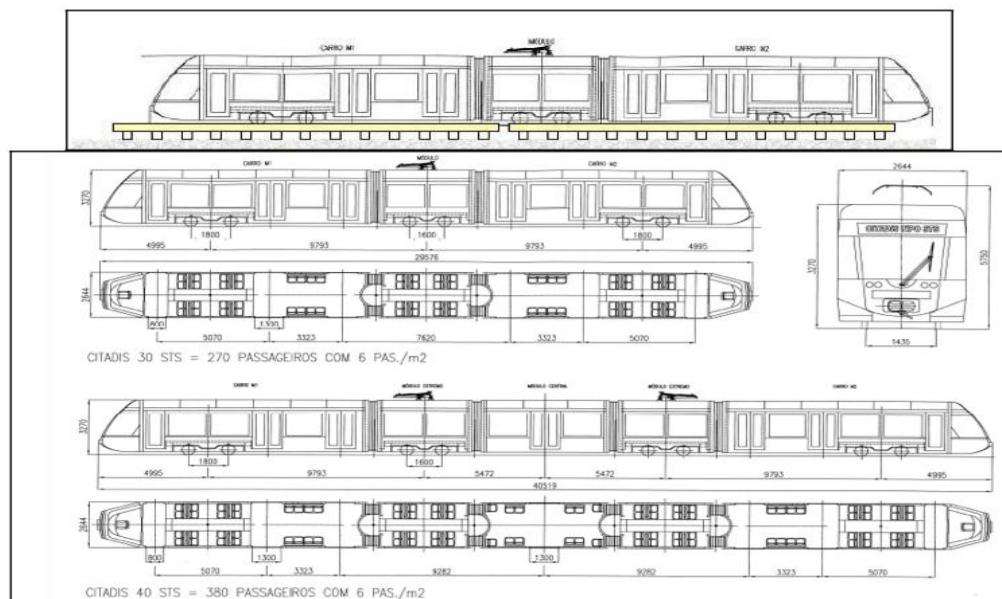
Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP14 2-13

5.1.4 Sistemas modernos de transporte masivo (TREN LIGERO)

El **Tren Ligero – LRT** (Imagen 6) : Es un sistema de transporte masivo que utiliza el mismo material rodante que el tranvía, pero incluye segmentos parcial o totalmente segregados por el tráfico, carriles reservados, vías apartadas y túneles, en algunos casos tiene prioridad en los semáforos. Es un modo de transporte que se integra perfectamente en el entorno de las ciudades, puede discurrir por superficie y posee características comunes con el metro convencional y el tranvía.

En los tramos en superficie, donde circula en vía reservada pero no exclusiva, el tren ligero comparte el tráfico con otros vehículos, teniendo el tren ligero prioridad semafórica. Tienen capacidad para más de 250 pasajeros²³. Funcionan con energía eléctrica; circulan por carriles sobre ruedas de acero; disponen de un excelente sistema de freno; son de fácil acceso, con cuatro puertas dobles, dos simples y pasillos anchos. El interior es muy luminoso, funcional y cuenta con zonas específicas para personas con movilidad reducida. Tiene una capacidad media de transporte, mayor que la de un tranvía, pero menor que la del metro o tren.

Imagen 6. Tren ligero



Fuente: Estudio Geoestadístico sobre la Carrera 7^a de la Calle 26 a la Calle 100

²³ ALSTOM TRANSPORT SA. Modelo del Tren Citadis 302.

En la tabla 19 podemos observar las características principales del tren ligero (tipo Citadis 302) en posible consideración para la Carrera 7. Los datos (en dos columnas) se diferencian por las áreas para pasajeros disponibles en el tren según la capacidad total de plazas destinadas para el transporte de los usuarios.

Tabla 19. Características del tren ligero

CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHICULOS		
Tipo de vehiculo	Tren ligero (CITADIS 302)	Tren ligero (CITADIS 302)
Longitud de los vehiculos	31883 mm	
Ancho de los vehiculos	2650 mm	
Peso por eje	11 - 13 Ton	
Peso de rieles	50 kg/m	
Area (m2)	81,42	77,14
No de sillas	118	134
Personas de pie (4 pas/m2)	324	308
Personas de pie (6 pas/m2)	488	462
Total de pasajeros por vagon (4 pas/m2)	442	442
Total de pasajeros vagon (6 pas/m2)	606	596
Peso total de personas por vagon (80kg/per)	48480	47680
Total de pasajeros por dos vagon (4 pas/m2)	884	884
Total de pasajeros por dos vagon (6 pas/m2)	1448	1192

Fuente: Propia, con base en Presentación Metro Ligero, Alcaldía de Bogotá e información de ALS TOM TRANSPORT SA., en comunicación personal. Modelo del Tren CITADIS 302

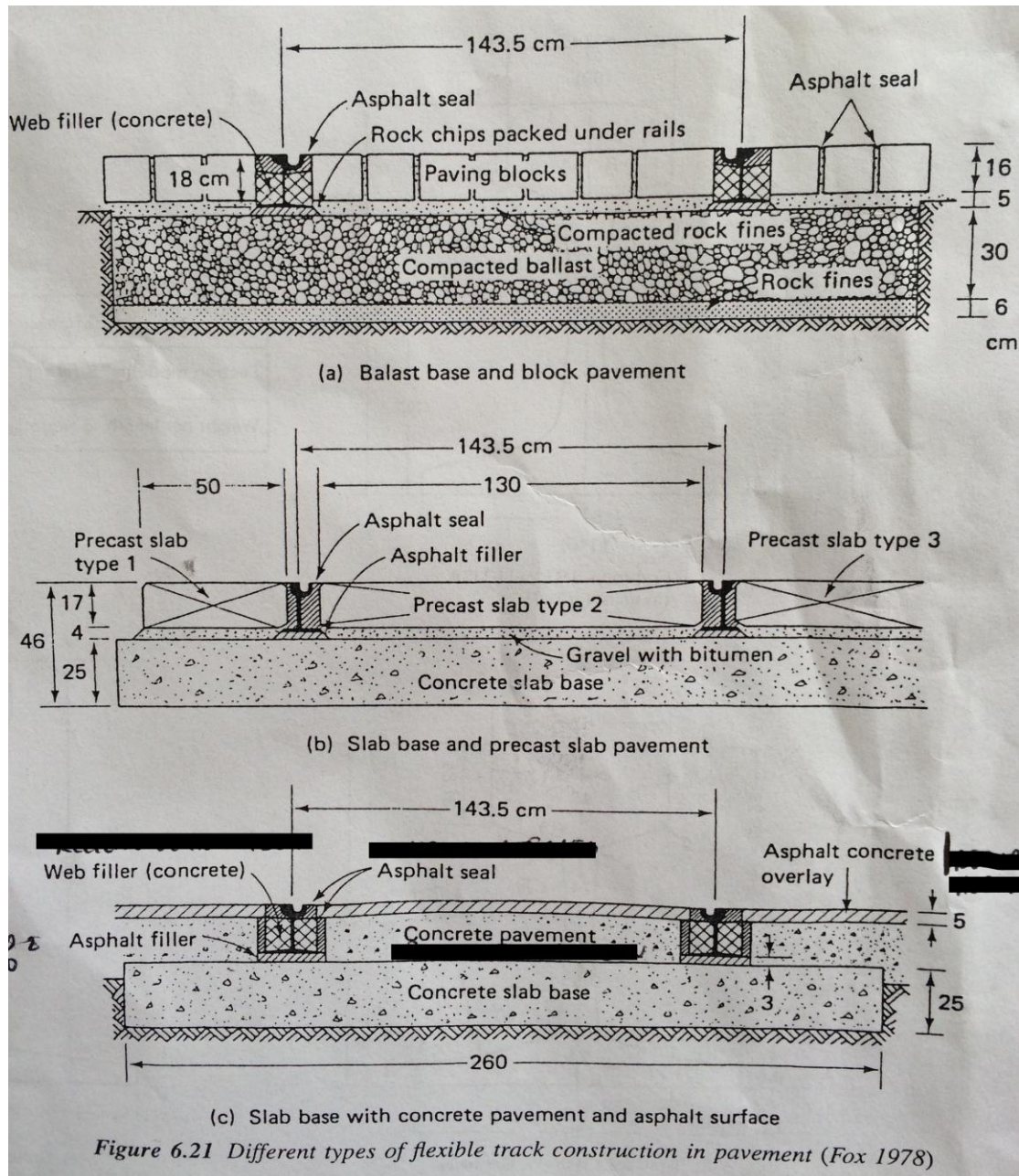
Tabla 20. Comparación de alternativas de sistemas de transporte masivo

	Tren Cercanías	Tranvía	Mixto (Metro Ligero)
Velocidad	≥ 120 km/h	≈ 70 km/h	≈ 100 km/h
Peso por eje	≈ 17 t	≈ 10 – 12 t	≈ 11 – 13 t
Resist. longit.	1.500 kN	200 ó 400 kN	> 600 kN
Capacidad	> 300 plazas	220 – 300 plazas	300 – 450 plazas
Radio curva	≈ 100 m	< 25 m	≥ 25 m
Aceler. media	≈ 0,6 m/s ²	≈ 1,1 – 1,2 m/s ²	≈ 1 – 1,1 m/s ²
Deceler. Máx.	≈ 1,3 m/s ²	≥ 2,5 m/s ²	≥ 2,5 m/s ²

Fuente: Presentación Metro Ligero Bogotá

Por otra parte, en la imagen 7 se muestran tres posibles alternativas de la estructura de bases a emplear para los rieles del tren ligero sobre la Carrera 7ª, estas estructuras están formadas por bases granulares, de concreto y/o asfalto.

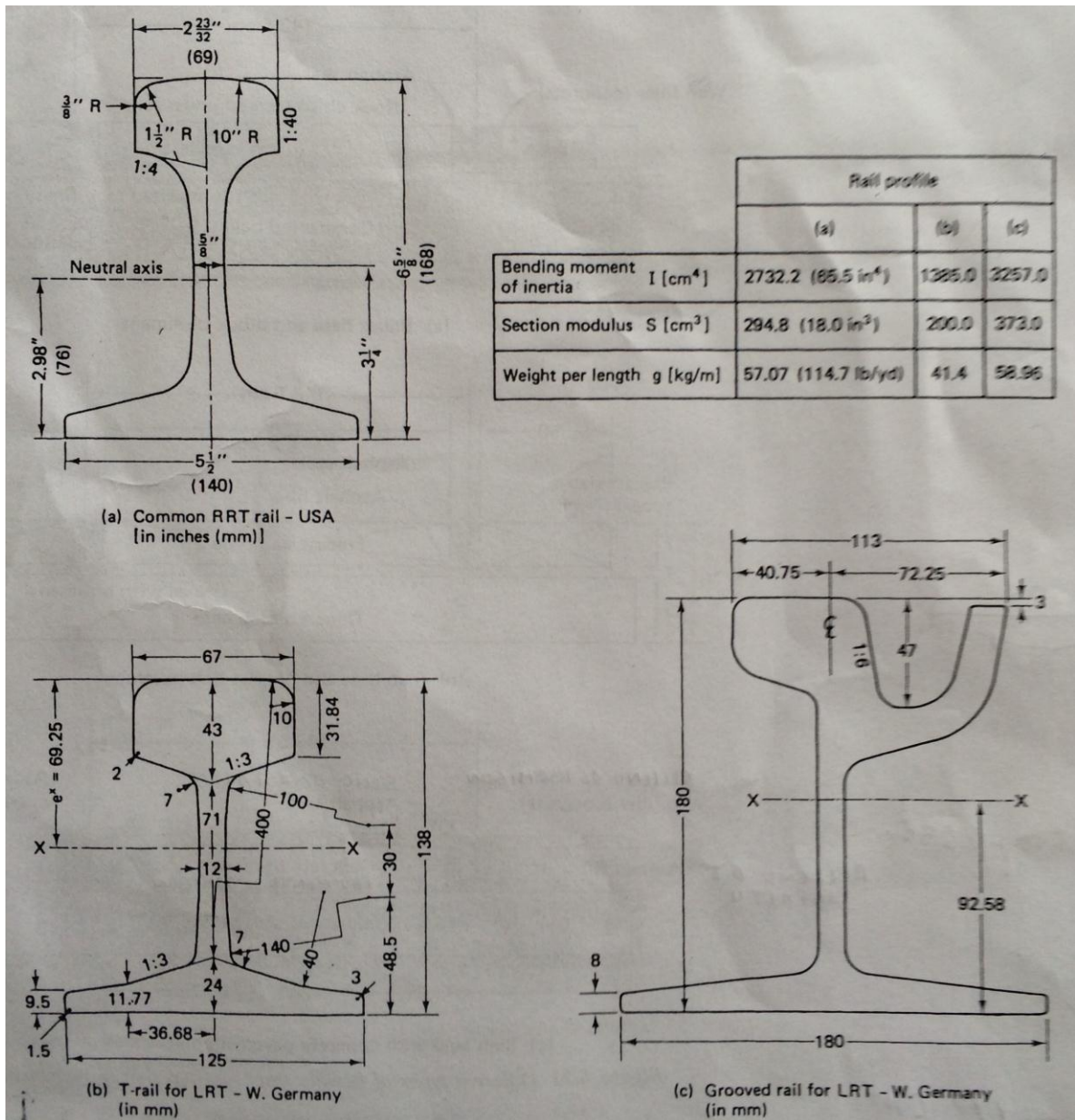
Imagen 7. Diferentes tipos de construcción de vías flexibles en el pavimento



Fuente: VUCHIC, Vukan R. Urban Transit. Systems and Technology. Ballast, Ties, and Rails. Año 2007., p., 360

Seguidamente, se analizaron algunos tipos de rieles posibles a emplear para el tren ligero en la Carrera 7ª y principalmente para la estructura del paso elevado sobre la Calle 84. En la Imagen 8, se observan tres tipos de rieles, que para esta investigación se toma la decisión de adoptar el riel que aparece en la imagen b.

Imagen 8. Perfiles típico del riel



Fuente: VUCHIC, Vukan R. Urban Transit. Systems and Technology. Ballast, Ties, and Rails. Año 2007., p., 361

El hongo o cabeza del riel se diseña considerando que va a estar en contacto con las ruedas cuyas pestañas tienen que guiar y por lo tanto la altura c (Ver plano detalle típico del riel) del hongo debe ser mayor de la necesaria para la resistencia del mismo ya que debe existir una reserva de metal para proveer el desgaste. Así, pues en la altura h total del riel hay que distinguir la parte del material correspondiente a la rodadura y la parte necesaria para resistir la acción de las cargas a las que el riel va a ser sometido como viga. La parte correspondiente a desgaste por rodadura es normalmente de 1.5 cm, por lo tanto un riel que haya experimentado un desgaste de esa magnitud debe ser retirado.

La relación que existe entre la anchura a del hongo y la altura c del mismo, debe ser tal que el desgaste de la anchura no obligue a quitar el riel antes de que haya que hacerlo por desgaste vertical. La relación a/c debe ser de 1.6 a 1.7 como máximo. El ancho de la cabeza del riel varía de 6 a 7 cm, tendiendo a acercarse al de la superficie de rodadura de la rueda, ya que así se reduce el desgaste vertical y se aumenta la superficie de apoyo de las bridas disminuyendo su desgaste y dando origen a juntas menos deformables.

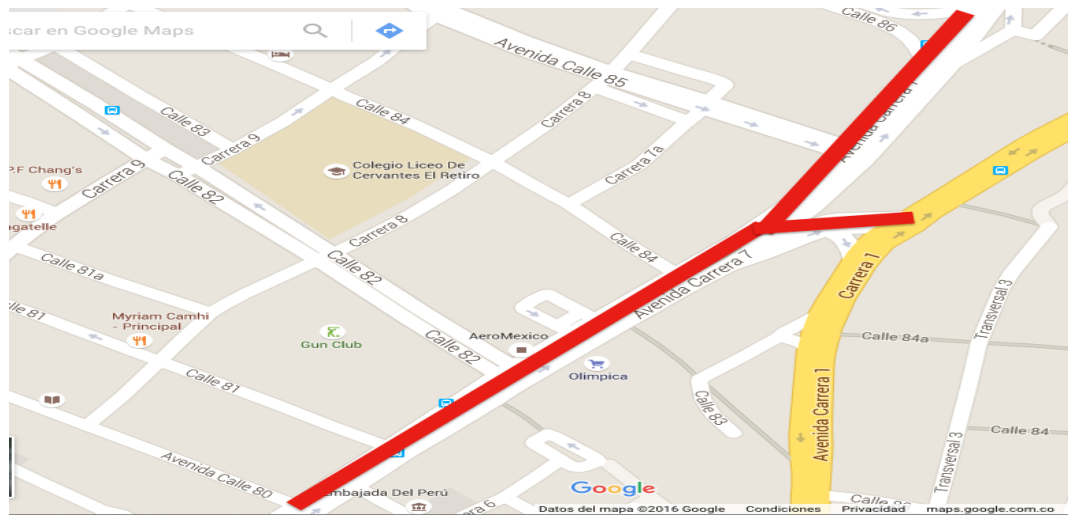
En las vías férreas se utilizan los durmientes o traviesas, piezas que se colocan transversalmente sobre la base de la vía que puede estar constituida por capas de balastro, concreto o pavimento para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado²⁴. En la actualidad se utilizan durmientes hechos en madera, metal, concreto y de concreto con piezas de metal.

5.2 MARCO GEOGRAFICO

La zona de estudio de esta investigación está ubicada en la ciudad de Bogotá, más precisamente al Nororiente en la localidad de Chapinero por la Carrera 7ª entre Calles 79 a 86. En la imagen 9 se presenta el tramo de influencia que tendrá el predimensionamiento del puente para el futuro tren ligero.

²⁴ CRESPO VILLALAZ, Carlos. Vías de Comunicación. Caminos, ferrocarriles aeropuertos, puentes y puertos. Edit. Cuarta, 2007, México. p, 566.

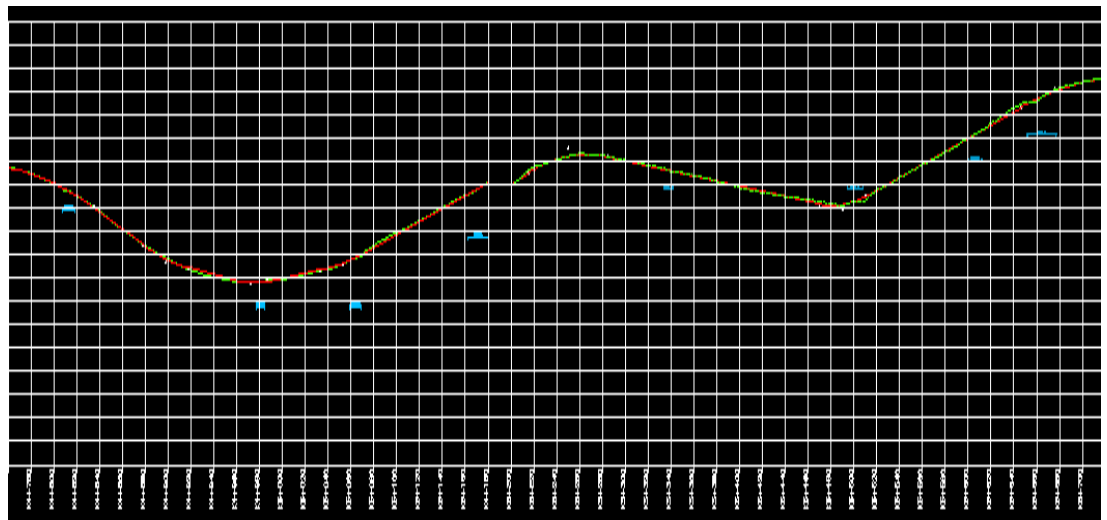
Imagen 9. Localización general de la zona de estudio



Fuente: Google Maps

En la Imagen 10, se puede observar el perfil longitudinal de la Carrera 7 entre calles 72 a la 86, donde se identifica que el terreno presenta una depresión de más de 5 m en algunas intersecciones que facilitaría la construcción de un puente y que de esta forma no afectar el tránsito vehicular y peatonal.

Imagen 10. Perfil longitudinal del tramo de estudio



Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)

5.3 MARCO LEGAL

Para el cálculo, diseño y construcción de los puentes, se conocen las especificaciones “Standard Specifications for Highway Bridges” de la American Association of State Highway and Transportation Officials, Inc. (AASHTO); las de la “American Railway Engineering Association” (AREA); el reglamento Alemán (Normas DIN) y las disposiciones del Bureau of Public Roads. El Instituto Nacional de Vías (INVIAS) ha adaptado algunas de estas normas para el diseño de puentes y tiene como reglamento la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14, que se utilizara como guía para el predimensionamiento de la estructura planteada en esta investigación.

Tabla 21. Marco normativo para el predimensionamiento

MARCO NORMATIVO		
NORMA COLOMBIANA DE PUENTES - LRFD - CCP14		
CAPITULO	TITULO	DESCRIPCIÓN
SECCIÓN 2	2.3.2 Disposición del sitio de puente	La estructura debe estar ubicada de tal forma que satisfaga las necesidades requeridas para el mejoramiento del tránsito.
	2.3.3 Gálibo	El gálibo se debe ajustar a la ubicación del puente, se necesita imponer las dimensiones si la estructura esta sobre un río navegable, una vía ferrea o vía vehicular y peatonal.
SECCIÓN 3	3.4.1 Factores de carga y combinaciones de carga	Combianciones que se deben evaluar para el predimensionamiento de un puente teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones. $0.9DC+0,65DW+1.75(LL+IM)$ $1.25DC+1.50DW+1.75(LL+IM)$
	3.4.2.1 Evaluación en el estado límite de resistencia	En las combinaciones de carga DC y DW, no debe tomarse un factor menor a 1.25
	3.5 Cargas permanentes	Se debe tener en cuenta todos los casos de carga muerta DC, DW, EV y del suelo (EH, ES y DD)
	3.6.1.1.1 Numero de carriles de diseño	En el diseño de la estructura de debe tener en cuenta la ecuación $w/3600$, para establecer el número de carriles.
	3.6.1.2.4 Carga de carril de diseño	La carga de carril de diseño debe consistir en una carga de 10.3kN/m uniformemente distribuida sobre un ancho de 3000 mm.
	3.6.1.3.4 Carga de los voladizos del tablero	Par el diseño de los voladizos del tablero, no debe exceder una longitud de 1800 mm.
	3.6.1.6 Carga peatonal	Debe aplicarse una carga peatonal de 3.6kN/m ² a los aceras con anchos mayores a 600 mm.
SECCIÓN 4	4.6.2.1. Tableros	Cuando se utilice el método de las franjas, el momento positivo extremo en cualquiera panel del tablero, se toma para el diseño del mismo.
SECCIÓN 5	5.3.2.1 Resistencia a la compresión	La resistencia a compresión especifica para concreto preesforzado y tableros no deberá ser menor que 28 Mpa.
	5.4.2.4 Módulo de elasticidad del concreto	Para concretos de densidad normal, determinamos el módulo de elasticidad con la ecuación $E_c=4800*RAIZ(F'c)$
	5.4.2.5 Relación de poisson	A menos de que se determine por medio de un ensayo fisico, la relación de Poisson puede suponerse igual a 0.2.
	5.4.3.2 Módulo de elasticidad del acero	El módulo de elasticidad, Es del acero de refuerzo puede suponerse igual a 200 Gpa.

Fuente: Adaptado de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14

6. METODOLOGÍA

6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, debido a que se realizará un análisis geométrico en función de una base de mapas topográficos de la zona de estudio, estos mapas fueron obtenidos del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), de donde se estudiara la topografía de la Carrera 7ª entre Calles 79 a la 87 para verificar si la ondulación que presenta el terreno es favorable para la construcción de un paso elevado con miras a un escenario futuro de la construcción del tren ligero LRT.

Con esta investigación se realizó un análisis estadístico de los aforos vehiculares para determinar la Capacidad y Niveles de Servicio de las intersecciones implicadas, para identificar el escenario en que se tomaron los aforos y que a su vez serviría para la conformación y estudios de escenarios futuros de tránsito.

Para el predimensionamiento geométrico del puente se complementará con un modelo de 2 luces en el Software SAP2000, para observar el comportamiento estructural ante unas combinaciones de cargas. Esto con el fin de identificar un predimensionamiento que tenga la capacidad de resistir los esfuerzos que se generaran en la estructura.

En esta trabajo no se tomaron datos de aforos en el desarrollo de la investigación, por el motivo de que no se contaba con los recursos disponibles para hacer el trabajo de campo.

6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizó el método cuantitativo, que me permite describir variables contables, que para este caso son las siguientes: volumen de vehículos, anchos de carril, porcentaje de vehículos pesados, pendiente de los accesos de cada intersección, número de estacionamiento, número de paradas de autobuses, giros a la derecha e izquierda, tipo del área donde se va a desarrollar la investigación, factor verde del grupo de carriles, ciclos semafóricos, número de carriles, capacidad real, demora por grupo de carriles, demora total en la intersección y niveles de servicio, y del cual nos apoyamos en la herramienta de la estadística descriptiva, que es la encargada de la recopilación

de datos e interpretación de los mismos, mediante tablas y gráficas. Asimismo la herramienta de documentos o informes institucionales para la recopilación, procesamiento y análisis de los datos.

Por otra parte, se empleó el tipo de investigación proyectiva, porque se explora, describe, explica y plantea un predimensionamiento estructural de un puente a partir de la identificación de las características topográficas favorables del terreno. De esta evidencia se realizó un modelo estructural a partir de los datos geométricos determinados, en busca de minimizar el problema de la interferencia del tren con el flujo vehicular en la Carrera 7^a entre calles 79 y 86 y la Circunvalar con calle 84.

6.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

En esta investigación se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos para describir paso a paso el desarrollo y su conclusión:

Análisis de información secundaria: Se analizó documentos e informes institucionales como lo son mapas topográficos del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) que nos permitieron verificar una ondulación en el terreno en la Carrera 7^a entre Calles 79 a 86 de más de 5,0 m en algunas intersecciones y datos de aforos tomados por la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá, que nos permitieron determinar la Capacidad y Niveles de Servicio de las intersecciones para las fechas en que se hicieron los conteos vehiculares.

La observación: Se hicieron unas visitas de campo a la zona de estudio para verificar de manera visual la ondulación que presenta el terreno en los planos topográficos y ver el comportamiento del tránsito en las intersecciones de las Calles 82, 84, 85 y Circunvalar con Calle 84.

La estadística descriptiva: Que nos permitió la presentación de los resultados mediante tablas y gráficas.

Seguidamente se utilizaran modelos matemáticos como el de la resistencia última para el predimensionamiento de todos los elementos que componen la estructura apoyándonos en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14.

La proyección: Se determinó la geometría de una posible alternativa de diseño del puente del tren ligero en la Carrera 7ª entre Calles 79 a la 86, con la finalidad de minimizar la interferencia de este sistema de transporte masivo con el flujo vehicular y peatonal.

En esta proyección se utilizó la herramienta SAP2000, en donde se modelo un tramo de 64 m de la longitud del puente, para observar el comportamiento de los elementos del modelo, con el objetivo de ajustar o corregir algunas dimensiones.

6.4 FASES DE INVESTIGACIÓN

PRIMERA FASE. Análisis de la recopilación de información topográfica de la Carrera 7ª entre Calles 72 y 100

En esta primera fase de investigación se analizó el perfil longitudinal de la carrera 7ª entre Calle 72 y 100, para verificar las condiciones topográficas del terreno favorables, para la construcción de un paso elevado para el futuro tren ligero, con la propósito de que exista un menor grado de interferencia con el flujo vehicular y peatonal. En investigaciones que han realizado y se adelantan en el semillero VITRASOS se ha identificado como en la tesis de CARDENA y VELAZCO²⁵, donde se identificó un posible paso elevado para el futuro tren ligero en la Carrera 7ª entre Calles 79 y 85.

SEGUNDA FASE. Capacidad Vial y Niveles de Servicio

Para el análisis de tránsito se tomó como guía el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000)²⁶, en donde seis niveles de servicio cualitativos (A, B, C, D, E y F), muestran o representan el estado de la Capacidad Vial y Niveles de Servicio que se genera en una vía, calle o intersección. Este estudio se apoyó en la información de los entes gubernamentales mencionados anteriormente, que facilitaron planos topográficos y registros de aforos para su posterior análisis de interés en esta investigación.

²⁵ CÁRDENAS R., F. Y VELÁSQUEZ G. Óp. Cit., p. 39.

²⁶ Manual de Capacidad de Carreteras. Versión española de la obra Highway Capacity Manual, Special Report N° 209 del Transportation Research Board, National Academy of Sciences, de los Estados Unidos. Disponible en: <http://goo.gl/1yL5Jn>

TERCERA FASE. Predimensionamiento de la alternativa para el puente del tren ligero

Con referencia del perfil longitudinal del terreno en la Carrera 7ª entre Calles 79 y 86, se hizo un trazado del puente donde se planteó dividirlo en tres tramos, esto con el objetivo de cumplir el requerimiento del gálibo propuesto en el Manual Geométrico de Diseño de Carreteras²⁷, donde se especifica que éste debe tener una dimensión que varía entre 4,50 y 5,0 m desde el nivel del terreno hasta la parte inferior del puente en vías urbanas donde se presente tránsito vehicular sobre el nivel del terreno. Estos tramos están comprendidos así: el primer tramo está entre los K4+740 y K5+584.

En esta última fase se modeló la alternativa del predimensionamiento geométrico del puente en el Software SAP2000, para observar el comportamiento estructural de los diferentes elementos que resultaron de la segunda fase. Para la realización de dicha modelación utilizamos el módulo “Bridge Wizard”, allí nos abre una ventana de diálogo que nos permite ingresar las características mecánicas de los materiales, propiedades de los componentes del puente (dimensiones de la sección transversal y longitudinal, los pilares, entre otros), seguidamente hacemos la definición de los elementos, los carriles, los tipos de vehículos y los casos de carga.

Seguidamente dividimos las áreas de (carriles, bordillos y barandas) y asignamos los casos de carga, que para los bordillos y barandas es una carga distribuida y una carga uniforme para los carriles del tren, finalmente corremos el programa para lograr conocer los momentos máximos generados en las vigas o nervios y la cuantía de acero en los elementos viga cabezal y columna.

En el software SAP2000 se observaron las gráficas de los momentos máximos de la resistencia última que se generaron en los nervios interiores y exteriores y que se utilizaron para determinar la cantidad de acero que deben contener para lograr una resistencia suficiente para soportar junto con los otros elementos las cargas para el cual fueron diseñados.

²⁷ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2014. p. 200. Recuperado 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/gyJTbV>

6.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de esta investigación será todo proceso de análisis, predimensionamiento y proceso constructivo de cualquier paso elevado para trenes ligeros y la muestra se tomará la proyección del puente en la Carrera 7ª, entre calles 32 y 100, en Bogotá, objetivo que enmarca esta investigación.

7. RESULTADOS

7.1 RESULTADO DEL ESTUDIO DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

El análisis de los resultados que se presentan a continuación surgieron de los objetivos y el diseño metodológico planteado en esta investigación y seguidamente apoyándonos del proyecto realizado por Cárdenas y Vásquez²⁸, en donde su investigación se centró en la identificación de los posibles pasos elevados que podría tener el futuro tren ligero en la Carrera 7ª entre las Calles 32 a 100.

Para tal efecto fue necesario la validación de información principalmente en el tramo comprendido entre las Calles 79 y 86, para tal propósito en esta primera fase, se analizaron los mapas topográficos y el perfil longitudinal de la Carrera 7ª entre Calles 72 a 100, con el objetivo de verificar la información de las intersecciones favorables para la construcción de los pasos elevados para el tren ligero (Ver plano del eje del puente). Para esta situación se identificaron las intersecciones que de acuerdo a la observación en las visitas de campo y mapas topográficos se pueden salvaguardar con esta estructura. En la Tabla 22 se puede observar las intersecciones de este tramo vial, en donde a esta investigación analizo principalmente las de la Calle 82, 84, 85 y circunvalar con Calle 84, donde se evidencia un alto flujo vehicular.

Tabla 22. Intersecciones de la carrera 7ª entre calles 72 a la 100

INTERSECCIÓN	Flujo de Norte - Sur	Flujo de Sur - Norte	Flujo de Oriente - Occidente	Flujo de Occidente - Oriente	Flujo de Norte - Oriente	Flujo de Norte - Occidente	Flujo de Sur - Oriente	Flujo de Sur - Occidente	Flujo de Oriente - Norte	Flujo de Oriente - Sur	Flujo de Occidente - Norte	Flujo de Occidente - Sur
CALLE 72	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	✓	X	X	✓
CALLE 76	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X	X
CALL 77	✓	✓	X	✓	✓	X	✓	X	X	X	✓	✓
CALLE 79B	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	✓	✓	X	X
CALLE 81	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X	X
CALLE 82	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	✓	✓
CALLE 84	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	✓	✓	X	✓
CIRCUNVALAR	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	✓	✓
CALLE 85	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	✓	✓
CALLE 92	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X	✓	X	X	✓
CALLE 94	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X	✓
CALLE 100	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	✓	✓

Fuente: Propia

²⁸ CÁRDENAS R., F. Y VELÁSQUEZ G. Óp. Cit., p. 37.

De acuerdo al estudio basado en la observación del perfil longitudinal de la Carrera 7ª, arrojó como resultado un tramo ubicado alrededor de la intersección de la Calle 84, con características favorables para la construcción de un paso a desnivel, que permitirá causar el menor impacto negativo aparentemente hacia el tráfico vehicular. Partiendo de esta hipótesis toma forma la propuesta del diseño geométrico de un paso elevado entre la Calle 79 a 86 (Ver Planos Estructurales), debido a que es en ese lugar donde se presenta dos ondulaciones en el terreno favorable para dicha construcción.

Por otra parte, se toma en cuenta dentro de esta primera fase de observación, el aspecto del análisis visual del tránsito en el tramo comprendido entre las Calles 72 a 100 y vías aledañas (Ver Tabla 23), por las razones de que en esta zona es donde tendrá influencia el paso elevado para el futuro tren ligero. En este sentido también se logra validar la hipótesis de que en este tramo se presentan problemas de congestión por el alto volumen vehicular en la mayoría de las horas del día. De otro modo si a esto se le adiciona, la prioridad que se le dará al tren sobre los otros medios de transporte como lo son: el transporte público y privado de vehículos, la bicicleta, la moto e incluso a pie, las vías aledañas a este punto se verán altamente afectadas por el fenómeno de la congestión más de lo que se presenta en la actualidad.

Tabla 23. Movimientos en las calles de la carrera 7ª entre calles 72 a la 100

MOVIMIENTOS PERMITIDOS EN LA CARRERA 7ª ENTRE LAS CALLES 72 A LA 100	Flujo de Norte - Sur	Flujo de Sur - Norte	Flujo de Oriente - Occidente	Flujo de Occidente - Oriente	Flujo de Norte - Oriente	Flujo de Norte - Occidente	Flujo de Sur - Oriente	Flujo de Sur - Occidente	Flujo de Oriente - Norte	Flujo de Oriente - Sur	Flujo de Occidente - Norte	Flujo de Occidente - Sur
CALLE 72	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	✓	X	X	✓
CALLE 73	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	X	X
CALLE 74A	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	X	X	X	X
CALLE 74 DIAGONAL	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X
CALLE 75A	✓	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓
CALLE 75B	✓	✓	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	X
CALLE 76	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X	X
CALLE 77	✓	✓	X	✓	✓	X	✓	X	X	X	✓	✓
CALLE 78	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	X	X
CALLE 79A	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	X	X
CALLE 79B	✓	✓	X	X	X	X	X	X	✓	✓	X	X
CALLE 79C	✓	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓
CALLE 80	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X
CALLE 81	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X	X
CALLE 82	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	✓	✓
CALLE 84	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	✓	✓	X	✓
CIRCUNVALAR - CALLE 84	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	✓	✓
CALLE 85	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	✓	✓
CALLE 86	✓	✓	X	X	X	✓	✓	X	✓	X	X	✓
CALLE 88	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X
CALLE 92	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X	✓	X	X	✓
CALLE 93	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X
CALLE 94	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X	✓
CALLE 100	✓	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	X	✓	✓

Fuente: Propia

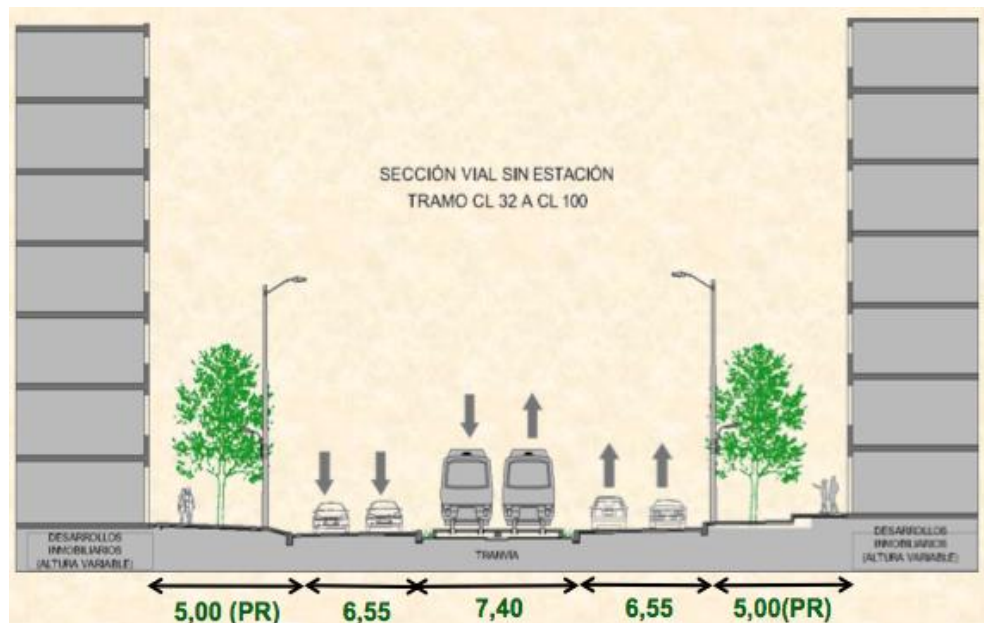
De acuerdo a los resultados obtenidos de la observación, también se pudo establecer que el punto más crítico que puede llegar a presentar el flujo vehicular en el zona, se generaría en la intersección de la Calle 84, debido a que a no más de 100 metros se encuentran dos intersecciones semaforizadas. En virtud y con el fin de tomar las medidas preventivas para no agudizar y minimizar el fenómeno de la congestión debido a que se le dará prioridad al sistema de transporte masivo tren ligero, se convalida aún más el predimensionamiento del paso elevado.

Desde la perspectiva de las visitas de campo que se realizaron a la zona de estudio Carrera 7ª con calle 84, se marcaron las intersecciones y calles con sus respectivos movimientos, y de ahí se pudo establecer que en el zona que comprende esta investigación, las Calle 82, 84, 85 y Circunvalar con Calle 84, serán las que se presenten un mayor grado de afectación con la implementación del tren ligero por la Carrera 7ª, esto sino, se adoptan unas medidas preventivas, frente al tránsito vehicular y peatonal.

Los resultados mostrados en esta parte, se obtuvieron a partir de la evaluación de dos escenarios: el primer escenario considerar la implementación de la línea del tren ligero sobre el nivel del terreno, esto aparentemente conllevaría a un impacto netamente negativo frente a los otros modos de transporte debido a que se le daría prioridad al paso de éste. El segundo escenario es el diseño y construcción de un puente para el tren salvaguardando el tramo entre las Calles 79 y 86, lo cual llevaría a que no se incrementen los tiempos semafóricos para el flujo de los vehículos y personas. Por el contrario con la implementación de un sistema de transporte masivo sea la línea del tren ligero o Transmilenio trae como consecuencia la disminución del número de carriles para los vehículos.

Por otra parte, se hizo un análisis del ancho de la sección transversal de la zona de estudio, para identificar las dimensiones de las diferentes zonas (calzada del tren ligero, calzada de vehículos, la zona de andenes y ciclo rutas), basados en un estudio previo que realizó la Alcaldía de Bogotá en el año 2012²⁹, en el cual determinó un ancho para la calzada del tren ligero de 9,0 m en la Carrera 7ª entre las Calle 32 y 100 sin estaciones (Ver Imagen 11).

Imagen 11. Sección transversal entre Calles 32 a la 100



Fuente: Presentación Metro Ligero Bogotá. Año 2012

²⁹ Secretaría Distrital de Movilidad. Proyecto Metro Ligero de Bogotá. Presentación Metro Ligero. Consultado el 17 de Octubre de 2015. Disponible en: www.movilidadbogota.gov.co/?sec=402

Lo expuesto anteriormente determinó que para esta investigación, se tomó una medida de 9,0 m, para el ancho del puente del futuro tren ligero entre las Calles 79 a la 86, en consecuencia también se identificó según este estudio, que la Carrera 7ª entre Calles 32 a la 100, dispone de un espacio promedio en la sección transversal de la vía de 30,50 metros, para el cual se destinarían una longitud para las zonas de (calzada del tren ligero, calzada vehicular, zona peatonal y otra de ciclo rutas) según la (Ver Imagen 11). La zona de estudio de esta investigación se encuentra contenida en este tramo, donde se replanteo el espacio transversal de las zonas y se definieron unas nuevas dimensiones para implementar la estructura del puente (Ver Planos Estructurales).

7.2 CÁLCULO DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Por otra parte, también se realizó el análisis de los resultados obtenidos de la capacidad y niveles de servicios a partir de los datos de la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá para las intersecciones de la Calles 82, 84, 85 y Circunvalar con Calle 84. Para esta segunda fase de resultados, se utilizó como guía el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000), que presenta seis niveles de servicio cualitativos (A, B, C, D, E y F), para representar la Capacidad y Niveles de Servicio en intersecciones, estos dos parámetros están condicionados por el tiempo de demora que se presentan para cada acceso y la intersección en general.

En consecuencia, se solicitaron los aforos vehiculares de la Carrera 7ª entre Calles 72 a 100, a la entidad pública mencionada anteriormente, de la cual dicha entidad facilitó unos aforos tomados los días Lunes 4 de Marzo, Lunes 15 de Abril y Sábado 2 de Noviembre del 2013, que los podemos encontrar en la sección de anexos de la presente investigación.

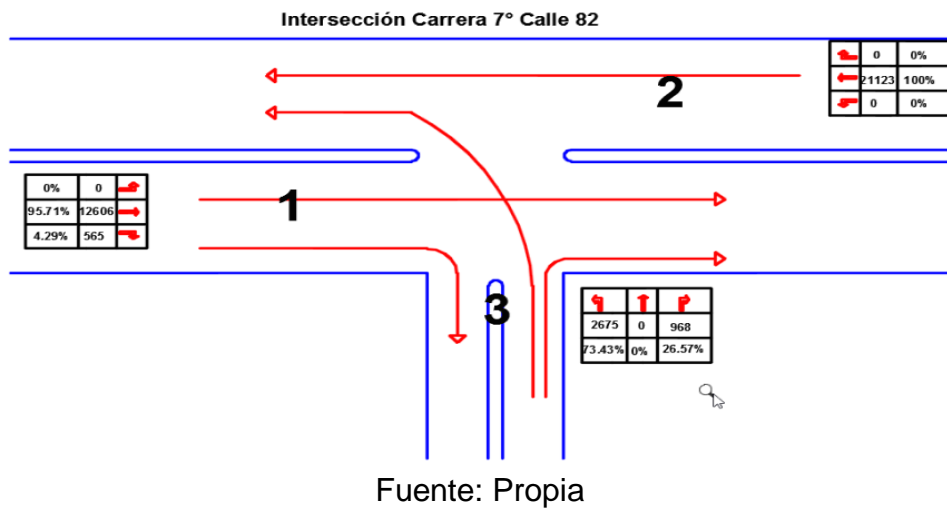
Ahora bien, para realizar el análisis de tránsito se tomó como base el escenario para las fechas mencionadas anteriormente en que fueron tomados los aforos, el cual nos servirá como guía para la conformación y desarrollar estudios de escenarios futuros caso que no es objeto de esta investigación hacer proyecciones sino hacer un análisis de tránsito para las fechas mencionadas anteriormente.

A continuación se presenta el análisis de la Capacidad y Niveles de Servicios en cada una de cuatro intersecciones antes mencionadas.

7.2.1 Intersección KR 7° con Calle 82

Iniciando con la intersección de la Carrera 7° con Calle 82 (Ver Figura 12), se puede observar los tipos de movimientos que son permitidos en la intersección de la Calle 84, correspondientes a tres accesos, y también se muestra el número de vehículos mixtos que se registraron por cada giro en un tiempo de 11 horas el día Lunes 15 de Abril de 2013. Esto muestra cómo una de las vías principales, como lo es la Carrera 7ª, siempre van a contener un alto flujo vehicular durante casi todas las horas del día.

Imagen 12. Porcentaje de vehículos por movimiento



Al mismo tiempo (Ver Tabla 25), donde se muestra el total de vehículos mixtos que se registró en los aforos por cada acceso, según los datos obtenidos de la Secretaría Distrital de Movilidad. Como resultado el acceso 2 fue el que presentó un mayor flujo vehicular, con un total de 21123 vehículos mixtos. Por el contrario el acceso 3 que conecta el Occidente con la Carrera 7ª, presentó el menor flujo con un volumen de 3643 vehículos mixtos.

Tabla 24. Porcentajes de vehículos por giros

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°82	ACCESO 1		
	←	↑	→
	0	12606	565
TOTAL ACCESO	13171		
PORCENTAJE (%)	0	95,71	4,29

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°82	ACCESO 2		
	←	↑	→
	0	21123	0
TOTAL ACCESO	21123		
PORCENTAJE (%)	0,00	100,00	0,00

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°82	ACCESO 3		
	←	↑	→
	2675	0	968
TOTAL ACCESO	3643		
PORCENTAJE (%)	73,43	0,00	26,57

Fuente: Propia

Para los resultados mostrados en la tabla anterior, se determinaron los Factores de Hora de Máxima de Demanda (en adelante FHMD), para los tres accesos que presenta la intersección de la Calle 82, como también un valor para el total de vehículos que transitaron por la intersección el día lunes 15 de Abril del 2013 (Ver Tabla 26).

Sobre este asunto, se mencionó que el acceso 2 fue el acceso donde se generó un mayor flujo de vehículos, caso que conllevaría a pronosticar anticipadamente que es en este acceso donde se presentó el FHMD con características de mejor calidad. Por otro lado se encontró que el FHMD más bajo 0,81 que se dio en el acceso 1, de lo cual se puede inferir de acuerdo a este resultado que allí se genera un flujo con características desfavorables, debido a que valores de FHMD por debajo de 0.899 considera un flujo vehicular inestable, es decir se generan bajas velocidades de recorrido, los conductores tienen poco espacio para realizar adelantamientos o cambios de carril y están expuestos constantemente a generar o sufrir un accidente.

Tabla 25. Factores de hora de máxima demanda

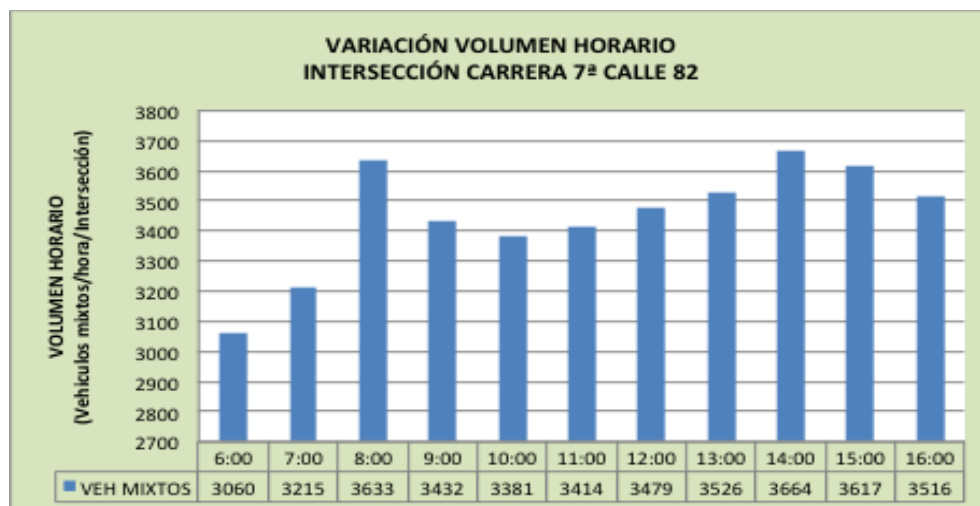
INTERSECCIÓN DE LA CARRERA 7ª CON CALLE 82	ACCESO 1	
	HMD	8:30 - 9:30
	VHMD	1441
	FHMD	0,81
	ACCESO 2	
	HMD	14:30 - 15:30
	VHMD	2169
	FHMD	0,92
	ACCESO 3	
	HMD	16:00 - 17:00
	VHMD	407
	FHMD	0,90
	TOTAL INTERSECCIÓN	
	HMD	14:30 - 15:30
VHMD	3749	
FHMD	0,93	

Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Partiendo de que el flujo vehicular es calificado de acuerdo al FHMD, vale destacar que si este es cercano a 1,0 es considerado un flujo de excelente calidad y si se aleja demasiado de la unidad es considerado como un flujo malo. El FHMD se utiliza para calificar el flujo de una calle, grupo de carriles e intersección caso de esta investigación, la clasifica el acceso 1 con un FHMD regular, que se considera un flujo inestable, es decir se evidencian problemas de congestión durante algunas horas del día. Por otro lado de acuerdo a estos resultados, se identificó que la intersección en general presentó un FHMD = 0,93, que es considerado estable.

Ahora veamos la variación del volumen horario de la intersección de la Calle 82 como se presenta en la Gráfica 1, allí se identificó que la intersección presentó su máximo volumen horario total a las 14:00, donde se registró el volumen máximo (3664) vehículos mixtos durante el aforo. Esta hora donde se observó el máximo volumen vehicular no contrasta con el intervalo horario teórico de movilización de pasajeros, el cual se presenta sobre las 7:00 de la mañana porque es cuando las personas se dirigen hacia sus puntos de trabajo, la universidad, trámites de asuntos personales, ocio y otro.

Gráfica 1. Variación del volumen horario de la intersección de la Calle 82



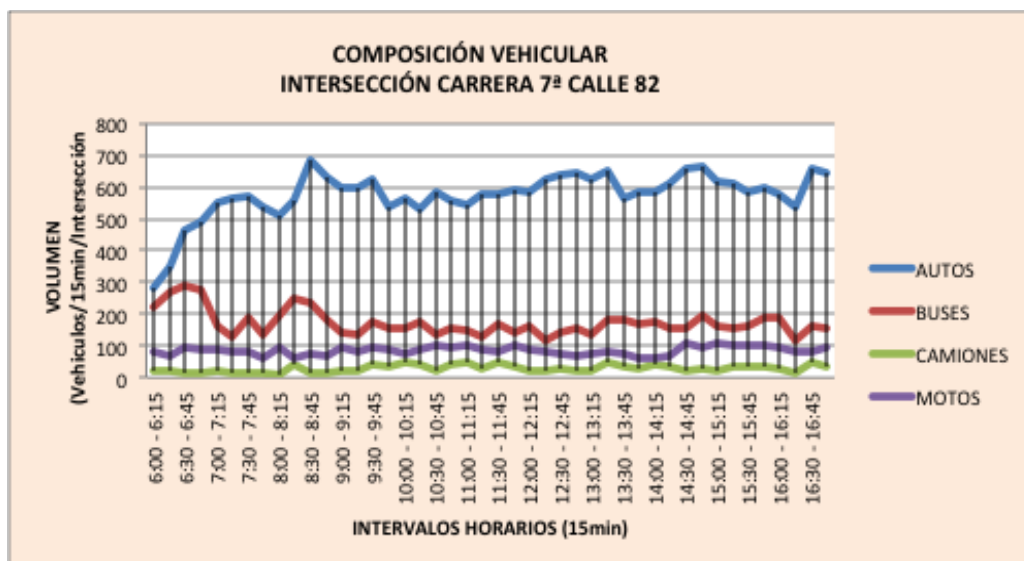
Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Según el decreto 520 de 2013³⁰, la Carrera 7ª hace parte de un conjunto de vías donde se restringe y condiciona la circulación de transporte de carga en el área urbana de Bogotá durante algunas horas del día. Para hacerlo deben contar con un Plan de Manejo de Tránsito (PMT) aprobado y vigente de acuerdo a las condiciones establecidas en este decreto. Debido a estas restricciones para el transporte de carga, se evidenció un bajo volumen en el tránsito de este tipo de vehículos.

A continuación se muestra la Gráfica 2, la cual muestra la variación de la composición vehicular en intervalos de tiempo de (15 minutos) de las 11 horas aforadas, allí se observa que el tipo de vehículo automóvil generó la mayor presencia durante todo el conteo, seguido de buses, camiones y motos. Es importante destacar que durante el aforo transitaban en algunos intervalos de tiempo un mayor número de vehículos motocicletas comparado con los buses y camiones, valor que no se ve representado en esta gráfica en virtud de que el factor de equivalencia para las motos es de 1 y los buses y camiones de 3.

³⁰ COLOMBIA. ALCALDE MAYOR DE BOGOTÁ, D. C. Decreto 520 (13, noviembre, 2013). Por el cual se establecen restricciones y condiciones para el tránsito de los vehículos de transporte de carga en el área urbana del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones. Bogotá D. C., 2013. N 5239.

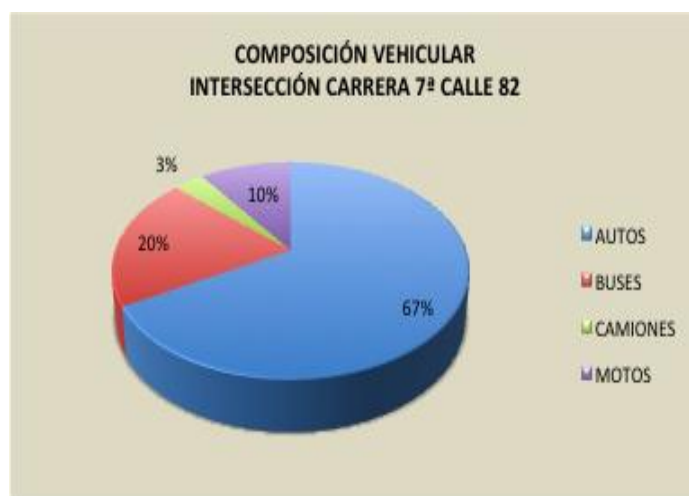
Gráfica 2. Composición vehicular intersección Calle 82



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

En relación con el volumen total de vehículos mixtos que circularon por la intersección de la Calle 82, el 67% representa la presencia de automóviles, seguido de un 20% de autobuses, un 10% de motos y un 3% de camiones (Ver Gráfica 3).

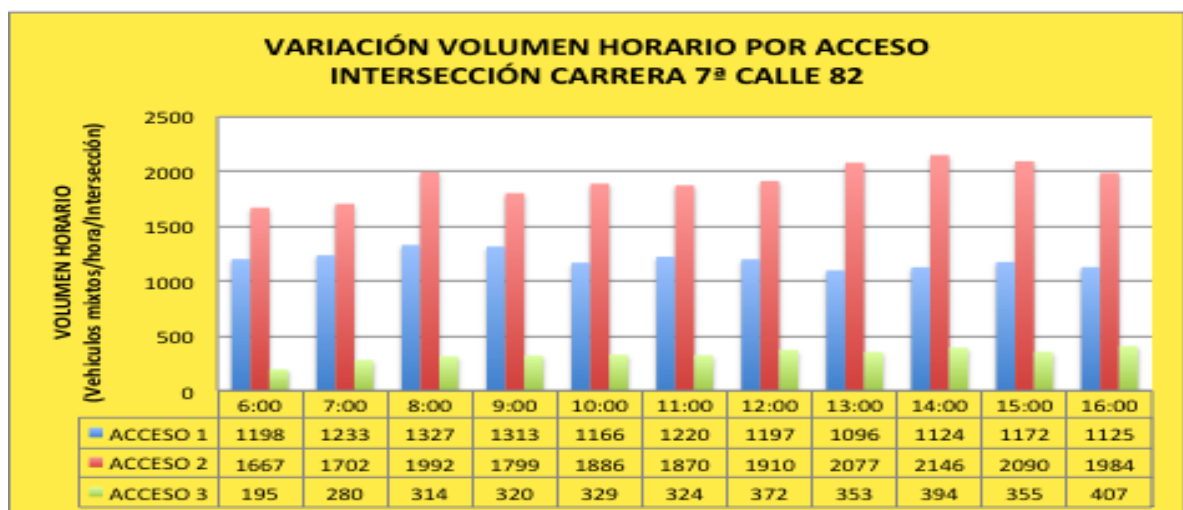
Gráfica 3. Representación en porcentaje de la composición vehicular



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Seguidamente se muestra la Gráfica 4, se puede observar el número de vehículos que transitaron por cada uno de los acceso de la Calle 82 en intervalos horarios (60 minutos). De acuerdo con los valores que se muestran en la gráfica, se deduce que el acceso 2 sentido Sur-Norte, tubo el registro de mayor volumen durante todo el periodo aforado, edemas fue el acceso donde se generó el pico más alto, con un volumen de vehículos de 2146 sobre las 2 de la tarde, coincidiendo con la hora donde se presentó también el volumen máximo horario de toda la intersección con 3749 vehículos..

Gráfica 4. Variación del volumen horario por acceso



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Otro análisis que se realizó, para llegar a determinar la Capacidad y Niveles de Servicio fue identificar el porcentaje de vehículos pesados que transitaron durante el intervalo de tiempo aforado, del cual se obtuvo un resultado para vehículos pesados en el acceso 1, del 3,30%, el acceso 2, un 2,95% y finalmente el acceso 3 un 5,35% (Ver Tabla 27).

Tabla 26. Porcentajes del tipo de vehículos por acceso

	ACCESO 1				ACCESO 2				ACCESO 4			
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS
	15839	2052	690	1832	11595	3114	636	865	1364	615	71	140
TOTAL	20413				16210				2190			
%	77,59	10,05	3,38	8,97	71,53	19,21	3,92	5,34	62,28	28,08	3,24	6,39

Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Par complementar el estudio, se realizaron las mediciones de los factores externos que representan las características físicas de la infraestructura de cada acceso, para estos se midió el ancho de cada uno de los carriles, se tomó un valor de la pendiente de forma empírica a 100 metros de longitud, tomando como punto final el semáforo que genera la discontinuidad del tráfico, se tomaron ciclos semafóricos, para posteriormente determinar un valor del factor de correlación más acertado al tipo de infraestructura con que cuenta la intersección. Por otra parte el número de estacionamientos y paradas de autobuses, se asumió con un valor de 1, debido a que en el momento en que se tomaron los aforos no se registraron estas mediciones. (Ver Tabla 28)

Tabla 27. Factores externos de la intersección

ACCESOS	ANCHO CARRIL (m)	PENDIENTE i(%)	ESTACIONAMIENTOS	ZONA URBANA	PARADAS AUTOBUSES
1	3,35	1	0	0,90	0
2	3,25	1	0	0,90	0
3	3,25	2	0	0,90	0

Fuente: Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente, se determinaron todos factores de correlación en intersecciones semaforizadas para las variables (volumen de vehículos, anchos de carril, porcentaje de vehículos pesados, pendiente de los accesos de cada, número de estacionamiento, número de paradas de autobuses, giros a la derecha e izquierda, tipo del área donde se va a desarrollar la investigación, factor verde del grupo de carriles, ciclos semafóricos, número de carriles), que intervienen en el cálculo de la capacidad y niveles de servicio. Para llegar a determinar este parámetro en cada grupo de carril, se calcularon sus demoras, la demora media ponderada de cada acceso y finalmente la demora de toda la intersección.

Finalmente se diagnosticó la demora medida cualitativa para cada grupo de carriles que nos indica el nivel de servicio para cada grupo apoyándonos en la Tabla 1. Niveles de Servicio en Vías Urbanas, que condiciona cada nivel a partir de la demora que presente cada uno de ellos. En la Tabla 26. Factores de Hora de Máxima demanda se determinó que en el acceso 2 presenta el mejor flujo vehicular con un FHMD de 0,92, que comparado con el nivel de servicio que arroja una demora de 48,81 segundos que lo califica con el NS E (Ver Tabla 29), se concluye que en este grupo de carriles se originó uno de los peores niveles en

vías urbanas, porque es donde se ocasionan congestionamientos, bajas velocidades, espacio insuficiente para realizar adelantamientos o cambio de carril. Para identificar el nombre de las siglas de las variables que se presentan en la Tabla 29, ver las Tabla (2-7) y la Ecuación 2. Capacidad Real.

Tabla 28. Capacidad y Niveles de Servicio

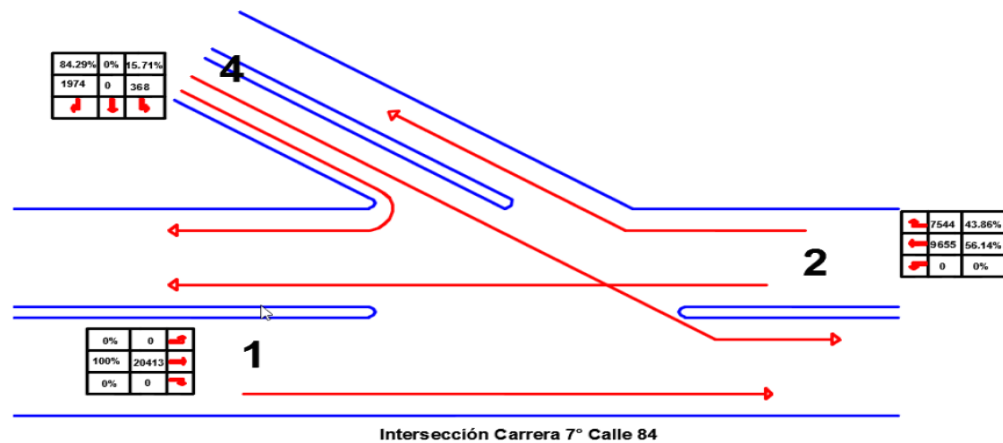
NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN DE LA CARRERA 7ª CON CALLE 82															
GRUPOS DE CARRILES	N	Fv	FA	Fp	Fi	Fe	Fbb	Fgd	Fgi	Far	CR (veh)	d (s/veh)	NS	dINT (s/veh)	NS
1	3	0,524	0,972	0,968	0,995	1,000	1,000	0,994	1,000	0,90	2501	34,43	D	41,98	D
2	4	0,403	0,961	0,971	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,90	2561	48,81	E		
3	2	0,413	0,961	0,949	0,990	1,000	1,000	0,960	0,999	0,90	1224	28,97	D		

Fuente: Propia

7.2.2 Intersección Carrera 7ª con calle 84

Pasando a la segunda intersección de análisis la de la Carrera 7° con calle 84, en esta se tomaron aforos realizados el día Sábado 2 de noviembre del 2013, de los cuales se determinaron los factores de hora de máxima demanda para los tres accesos que se presenta allí, también se muestran los volúmenes de vehículos de acuerdo al giro que realizaron en la intersección, a partir del acceso de origen o circulación por la intersección (Ver imagen 13).

Imagen 13. Porcentaje de vehículos por movimiento



Fuente: Propia

De acuerdo a los resultado obtenidos para esta intersección, en el sentido Norte-Sur (acceso 1) se presentó el mayor volumen vehicular, que registro un total de

20413 vehículos mixtos (Ver Tabla 30). En el acceso 4 aparentemente se observó en las visitas de campo a la zona de estudio un bajo volumen vehicular, que al parecer no generaría un impacto negativo en el flujo vehicular, pero se identificó que es en este acceso donde se generan problemas de congestión debido a que no a más de 100 metros se encuentra dos semáforo que regula la circulación, uno en la intersección de la Circunvalar con Calle 84 y el otro en la Carrera 7ª con Calle 85.

Tabla 29. Porcentaje de vehículos por giros

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°84	ACCESO 1		
	←	↑	→
	0	20413	0
TOTAL ACCESO	20413		
PORCENTAJE (%)	0	100,00	0,00

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°84	ACCESO 2		
	←	↑	→
	0	9655	7544
TOTAL ACCESO	17199		
PORCENTAJE (%)	0,00	56,14	43,86

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°84	ACCESO 4		
	←	↑	→
	1974	0	368
TOTAL ACCESO	2342		
PORCENTAJE (%)	84,29	0,00	15,71

Fuente: Propia

De acuerdo a los resultados del Factores de Hora de Máxima Demanda para el acceso 4, arrojo un valor de 0,82 que lo califica como un flujo regular, es decir los usuarios desarrollan bajas velocidades, la capacidad de la vía es superada en algunos intervalos de tiempo por la demanda vehicular y los tiempos de recorrido se tornan más extensos.

Analizando estos FHMD (Ver Tabla 31), encontramos que en los accesos principales presenta el mayor flujo vehicular, que para este caso son el acceso 1 y 2, a través de los cuales registraron volúmenes 20414 y 17199 vehículos mixtos. De acuerdo a estos valores obtenidos y a la percepción visual que se presentó en las visitas a la zona de estudio, nos hace pensar que la vía no es confortable para transitar en el año actual 2016.

Por otra parte fueron los accesos 1 y 2 fueron los que presentaron los mejores FHMD, 0,94 y 0,95 respectivamente, donde de acuerdo a estos datos allí se presenta un flujo estable aparentemente. Asimismo en esta intersección, se muestra un FHMD = 0,94 en general, que nos indica que allí se presenta un flujo bueno, donde la oferta de la infraestructura aparentemente cubre la demanda generada por los vehículos.

Tabla 30. Factores de hora de máxima demanda

INTERSECCIÓN DE LA CARRERA 7ª CON CALLE 84	ACCESO 1	
	HMD	12:15 - 13:15
	VHMD	1986
	FHMD	0,94
	ACCESO 2	
	HMD	13:30 - 14:30
	VHMD	1475
	FHMD	0,95
	ACCESO 4	
	HMD	17:30 - 18:30
	VHMD	212
	FHMD	0,82
	TOTAL INTERSECCIÓN	
	HMD	12:45 - 13:45
	VHMD	3559
FHMD	0,94	

Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

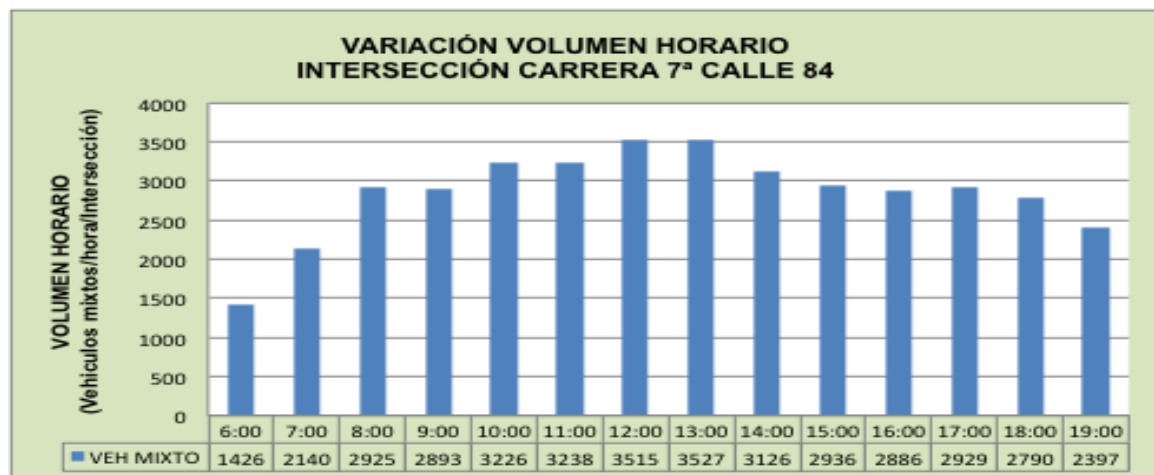
Con referencia del valor del FHMD para toda esta intersección de la Calle 84 de 0.94, que nos califica un flujo vehicular bueno, es necesario hacer un estudio más detallado para identificar los factores que generan el fenómeno de la congestión en las horas pico.

Hay que mencionar además, que este aforo al ser realizado un día Sábado, día atípico de la semana, se encontró que los volúmenes horarios de máxima demanda (VHMD), se generaron entre las horas del mediodía, intervalo de tiempo distintos a los que común o teóricamente se presentan en los días típicos de la semana. Comparado con los horarios de VHMD de los aforos tomados el día Lunes 15 de Abril del 2013 día típico, nos lleva a inferir que en los días típicos este volumen se presenta generalmente en las horas de la mañana (8:30-9:30) y en un día atípico se puede generar entre las horas (12:30-13:00) de la tarde.

En este caso se encontró que la hora de máxima demanda de toda la intersección el día Sábado 2 de Noviembre del 2013 se presentó sobre la 13:00 de la tarde registrando un VHMD = 3559 vehículos mixtos según se observa en la Gráfica 5, información sobre variación del volumen horario de la intersección de la Calle 84.

De ahí que, estos volúmenes máximos se registraron sobre las horas del mediodía, debido a que es en esta franja horaria donde las personas terminan su jornada laboral por ser un día sábado, como también son horas donde las familias salen a compartir a lugares diferentes como centros comerciales, parques de diversión, entre otros.

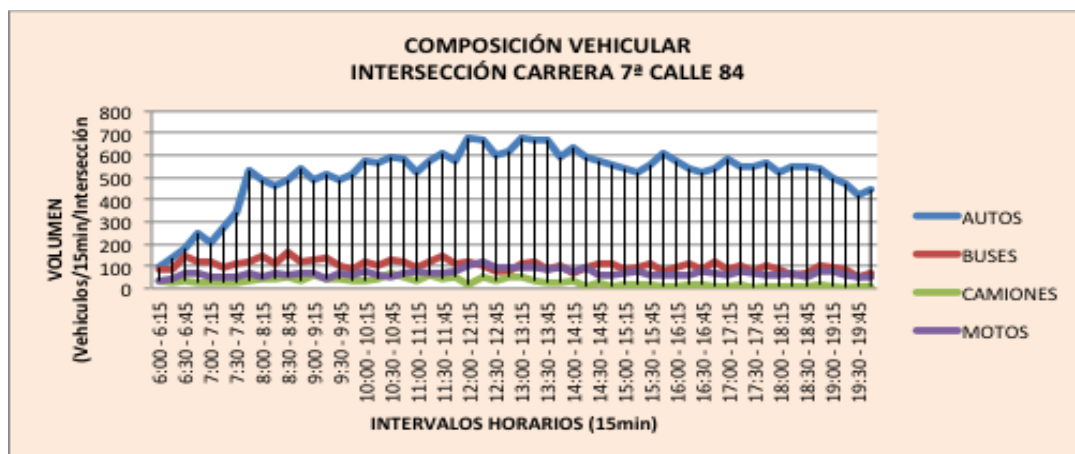
Gráfica 5. Variación del volumen horario de la intersección de la Calle 84



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

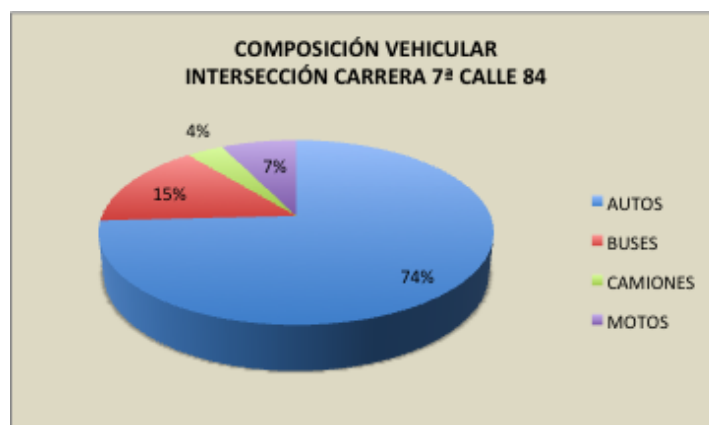
De acuerdo a los resultados de la composición vehicular que se muestran en la Gráfica 6, en periodos de tiempo de 15 minutos, podemos inferir que durante todo el aforo hubo siempre una mayor circulación del tipo de vehículo automóvil con un volumen de 28798 sobre la composición vehicular intersección Calle 84 comparado con los otros tipos de vehículos como lo son los buses, camiones y motocicletas, con volúmenes de 5781, 1536 y 3839 respectivamente y representado en unidades equivalentes en automóviles.

Gráfica 6. Composición vehicular intersección Calle 84



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Gráfica 7. Representación en porcentaje de la composición vehicular



Fuente: Propia

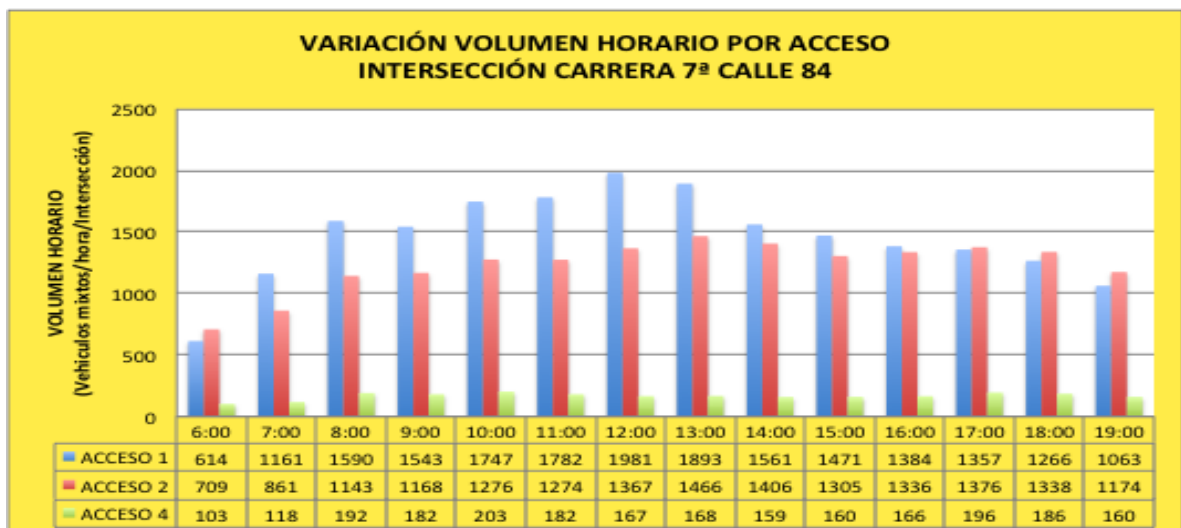
Hay que mencionar además, que a pesar de que los días sábados no hay restricciones de pico y placa³¹ medida que se empezó a implementar para los días típicos de la semana en el año de 1998 en la Ciudad de Bogotá, durante el gobierno del alcalde Enrique Peñalosa, con el propósito de mejorar las condiciones las condiciones del tráfico vehicular.

³¹ EL TIEMPO. Bogotá. 11, Mayo. 2016.

De acuerdo al análisis de los datos obtenidos para las fechas en que se tomaron los aforos, Sábado 2 de Noviembre del 2013 los volúmenes tienden a ser menores frente a los tomados el día Lunes 15 de Abril del 2013, comparación que se hace para mostrar la diferencia del volumen vehicular que presenta un día típico como lo es el Lunes y un día atípico como el Sábado. En la Gráfica 8, se muestra la variación vehicular que se presentó en la intersección de la Calle 84, en intervalos horario de 60 minutos durante las 11 horas.

Este efecto se genera debido a la disminución de la demanda de pasajeros, ya que la intensidad de viaje se ve reducida porque algunas empresas no trabajan, algunas de las universidades tienen jornada hasta el mediodía, entre otros aspectos, circunstancias que conlleva a que las empresas de transporte público dispongan de una menor cantidad de rutas para el transporte en la ciudad.

Gráfica 8. Variación del volumen horario por acceso



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Siguiendo con el análisis de tránsito de la intersección de la Calle 84, se obtuvieron los porcentaje de vehículos pesados para el acceso 1, 2 y 4, que representan un 3.38%, 3.92% y 3.24% de la composición vehicular por cada acceso respectivamente (Ver Tabla 32).

Estos valores contrastan con la realidad, ya que por la Carrera 7ª no está permitido el tránsito de vehículos pesados, debido a que está jerarquizada como vía arterial principal y por esa razón es que no se registraron altos volúmenes de este tipo vehículos y donde el mayor porcentaje está representado por

automóviles, que para este caso representan el 74% del total de vehículos mixtos que transitaron por la intersección en el intervalo de tiempo aforado.

Tabla 31. Porcentajes del tipo de vehículos por acceso

	ACCESO 1				ACCESO 2				ACCESO 4			
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS
	15839	2052	690	1832	11595	3114	636	865	1364	615	71	140
TOTAL	20413				16210				2190			
%	77,59	10,05	3,38	8,97	71,53	19,21	3,92	5,34	62,28	28,08	3,24	6,39

Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Asimismo, para esta intersección se tomaron las medidas de los factores externos (Ver Tabla 33) que representan las características físicas, como lo es el ancho de los carriles, la pendiente y las fases semafóricas. El número de estacionamientos y paradas de autobuses se asumieron con un factor de correlación de 1, teniendo en cuenta que para la fecha de la toma de los aforos no se registraron estos datos.

Tabla 32. Factores externos de la intersección

ACCESOS	ANCHO CARRIL (m)	PENDIENTE i(%)	ESTACIONAMIENTOS	ZONA URBANA	PARADAS AUTOBUSES
1	3,35	1	0	0,90	0
4	4,8	3	0	0,90	0
2	3,75	1	0	0,90	0

Fuente: Propia

En el análisis de Capacidad y Niveles de Servicio, para la intersección de la Calle 84 (Ver Tabla 34), califica de acuerdo al tiempo de demora un nivel de servicio D, lo cual evidencia problemas en el flujo vehicular, es decir los conductores no pueden realizar adelantamientos, no tienen espacio para cambiar de carril y usualmente los tiempos de recorrido se hacen más extensos.

En el acceso 4 se presentó el mayor tiempo de demora con 48,27 segundos y califica con un nivel de servicio E, uno de los más desfavorables en el tránsito, que indica que su funcionamiento es inestable y está al límite de su capacidad.

Tabla 33. Capacidad y Niveles de Servicio

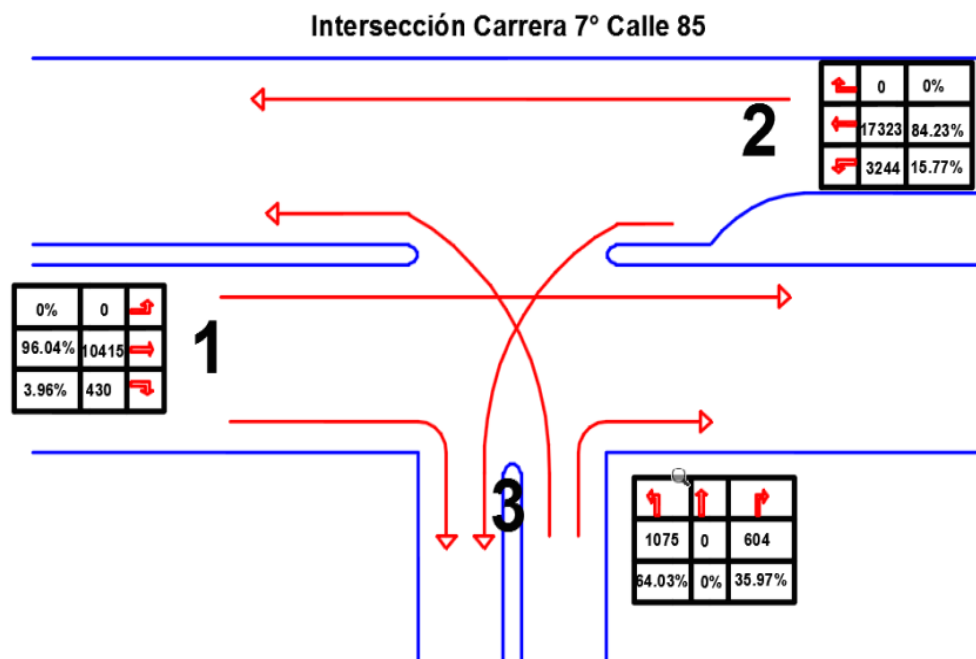
NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN DE LA CARRERA 7ª CON CALLE 84															
GRUPOS DE CARRILES	N	Fv	FA	Fp	Fi	Fe	Fbb	Fgd	Fgi	Far	CR (veh)	d (s/veh)	NS	dINT (s/veh)	NS
1	3	0,708	0,972	0,967	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,90	3400	29,89	D	31,54	D
4	1	0,228	1,133	0,962	0,985	1,000	1,000	0,934	1,000	0,90	389	48,27	E		
2	3	0,667	0,961	0,969	0,995	1,000	0,948	0,976	0,960	0,90	2553	31,65	D		

Fuente: Propia

7.2.3 Intersección Carrera 7° con Calle 85

A continuación, se presenta el análisis de la intersección con aforos tomados el día Lunes 4 de Marzo del 2013, donde las variables de los factores internos y externos, determinó la medida cualitativa para los tres grupos de carriles que se presentan en dicha intersección. En la Imagen 14 se muestran los giros permitidos en la intersección y los volúmenes que se registraron en cada uno de ellos.

Imagen 14. Porcentaje de vehículos por movimiento



Fuente: Propia

En la Tabla 35 se exponen los volúmenes que se presentaron por cada movimiento en la intersección, donde es importante destacar el acceso 2, que presentó un volumen de 20567 vehículos, superando casi el doble del volumen que se registró en el acceso 1, con 10845 vehículos.

Tabla 34. Porcentaje de vehículos por giro

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°85	ACCESO 1		
	←	↑	→
	0	10415	430
TOTAL ACCESO	10845		
PORCENTAJE (%)	0	96,04	3,96

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°85	ACCESO 2		
	←	↑	→
	3244	17323	0
TOTAL ACCESO	20567		
PORCENTAJE (%)	15,77	84,23	0,00

INTERSECCIÓN CARRERA 7 N°85	ACCESO 3		
	←	↑	→
	1075	0	604
TOTAL ACCESO	1679		
PORCENTAJE (%)	64,03	0,00	35,97

Fuente: Propia

En esta intersección se evidenciaron los dos FHMD más bajos en la zona de estudio (Ver tabla 36), el primero en el acceso 1 (Norte-Sur), del cual se puede inferir que se debe a la iniciación de un flujo discontinuo generado por el control semafórico, que conlleva a producir colas de atascamiento en la circulación y el segundo se presentó en el acceso 3, donde se identificó que a una distancia no mayor a 100 metros se encuentra la intersección de la Calle 84 controlada también por un semáforo.

Según el análisis, la causa por el cual se presentan estos FHMD bajos, se debe a un extenso ciclo semafórico en los accesos 1 y 3, que sumado a esto el alto volumen vehicular procedente del Nororiente de la ciudad y La Calera originan grandes colas de atascamiento.

En cuanto al FHMD para el acceso 2, es importante destacar que presentó el mejor valor 0,96 de todas intersecciones, que lo califica el flujo como muy bueno, es decir que está directamente relacionado con la máxima capacidad, donde a mayor volumen mejor factor.

Tabla 35. Factores de hora de máxima demanda

INTERSECCIÓN DE LA CARRERA 7ª CON CALLE 85	ACCESO 1	
	HMD	6:45 - 7:45
	VHMD	1312
	FHMD	0,85
	ACCESO 2	
	HMD	15:45 - 16:45
	VHMD	2211
	FHMD	0,96
	ACCESO 3	
	HMD	12:00 - 13:00
	VHMD	193
	FHMD	0,86
	TOTAL INTERSECCIÓN	
	HMD	12:00 - 13:00
	VHMD	3306
FHMD	0,96	

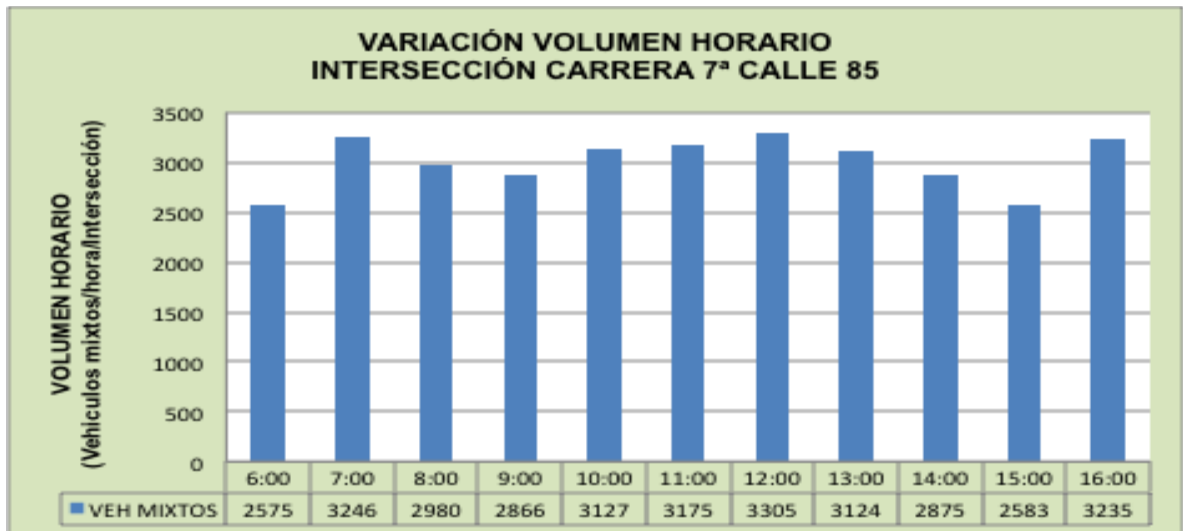
Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Otra causa de los problemas de congestión que presenta en la intersección, es la presencia de una estación de gasolina que está ubicada al costado occidental de la Carrea 7, donde la constante salida, entrada y colas para entrar a la estación, comprometen el flujo vehicular en sentido Norte-Sur generando discontinuidad.

Los bajos FHMD y la percepción visual que se tuvo en las visitas de campo nos llevan a inferir que los conductores experimentan bajas velocidades de recorrido por el alto volumen vehicular, se presenta poco espacio para realizar cambios de carril y están expuestos fácilmente a sufrir un accidente por el estrés.

Teniendo en cuenta que es este un importante corredor vial por donde circula una gran cantidad de vehículos, que se logra comprobar con los datos de los aforos, se evidencio que el pico más alto del volumen horario se registró sobre las 12:00 de la tarde. Este volumen de 3305 vehículos mixtos (Ver Gráfica 9), nos indicó que no necesariamente el mayor volumen se da en horas de la mañana cuando la intensidad de viaje es mayor debido a que inicia la jornada laboral, escolar, de trámites en entidades de servicios públicos, entre otros, o en la tarde noche cuando las personas regresan a sus hogares.

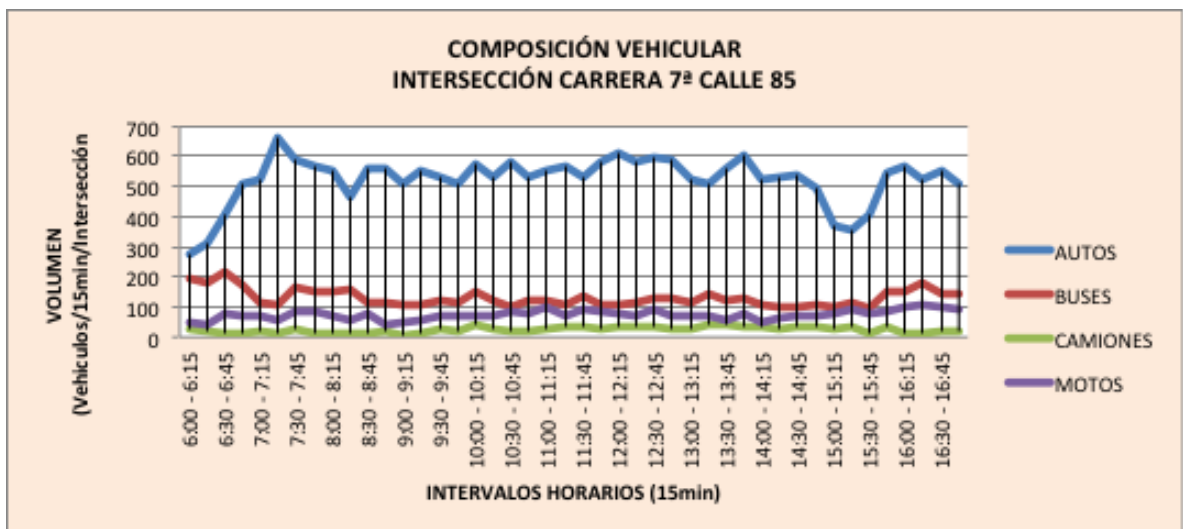
Gráfica 9. Variación del volumen horario de la intersección de la Calle 85



Fuente. Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

En el análisis estadístico de la composición vehicular, se evidencio que el volumen de vehículos pesados es bajo, en comparación con los otros modos de transporte, hecho que se da por la restricción para circulación en esta importe vía, esta representación se visualiza en la Gráfica 10, donde es importante resaltar el alto volumen de autos que en su mayoría son de transporte privado.

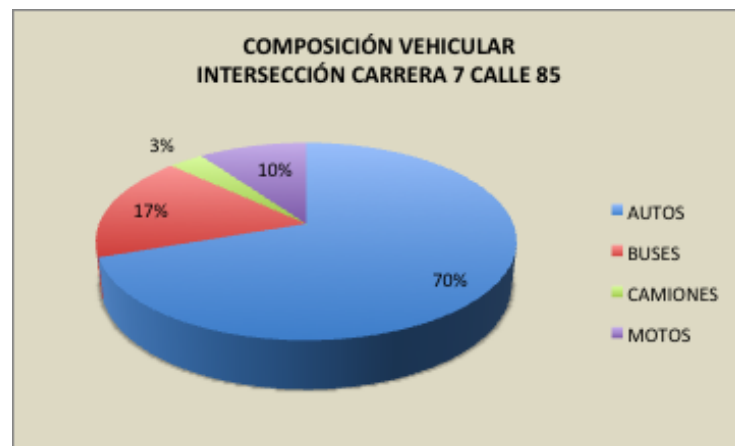
Gráfica 10. Composición vehicular intersección Calle 85



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

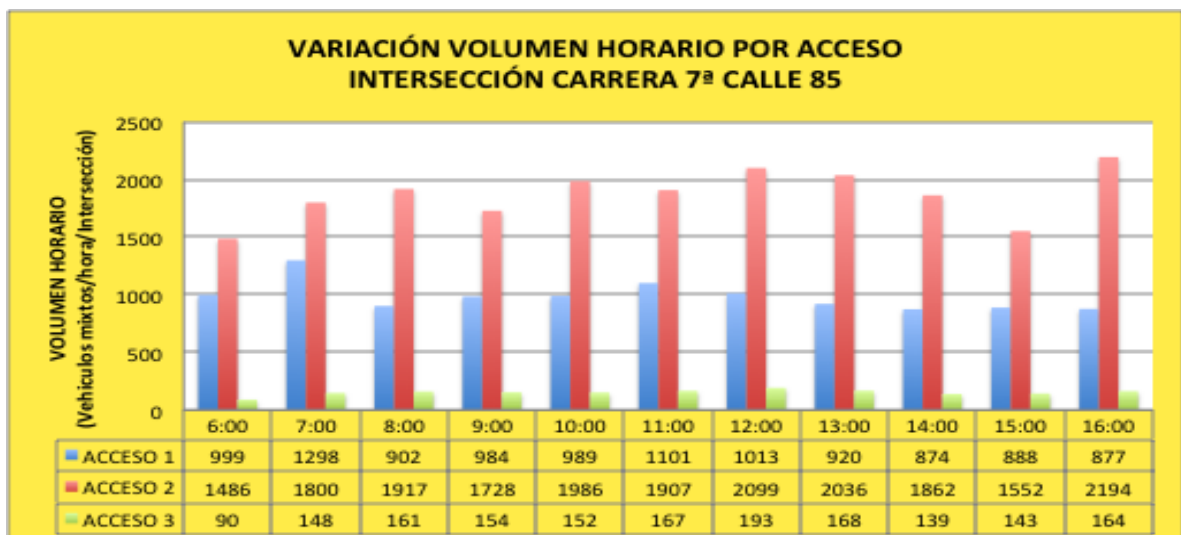
A partir de los resultados de la composición vehicular, se generó la Gráfica 11, que representa los porcentajes de los tipos de vehículos que circularon por esta intersección. Si se tiene en cuenta que durante algunos intervalos de tiempo del aforo se registró una mayor circulación del tipo de vehículos motos, en su porcentaje en la composición vehicular no se ve reflejada debido a que su factor de equivalencia es tres veces menor que el de los buses y camiones.

Gráfica 11. Representación en porcentaje de la composición vehicular



Fuente: Propia

Gráfica 12. Variación del volumen horario por acceso



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Tabla 36. Porcentaje del tipo de vehículo por acceso

	ACCESO 1				ACCESO 2				ACCESO 3			
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS
	8065	1449	231	1100	13509	4257	792	2009	1455	27	36	155
TOTAL	10845				20567				1673			
%	74,37	13,36	2,13	10,14	65,68	20,70	3,85	9,77	86,97	1,61	2,15	9,26

Fuente: Propia

Siguiendo con el análisis para determinar la capacidad y niveles de servicio en esta intersección, se tomaron las medidas de los factores externos como lo son: los anchos de carril, las pendientes medidas empíricamente en 100 metros, ciclos semafóricos, para determinar su respectivo factor de correlación. Para los factores de estacionamiento y paradas de autobuses se tomó un factor de 1, debido a que en el momento en que se tomaron los aforos no se registraron estos datos (Ver Tabla 38).

Tabla 37. Factores externos de la intersección

ACCESOS	ANCHO CARRIL (m)	PENDIENTE i(%)	ESTACIONAMIENTOS	ZONA URBANA	PARADAS AUTOBUSES
1	3,56	1	0	0,90	0
2	3,25	1	0	0,90	0
2	3,26	1	0	0,90	0
3	4,80	5	0	0,90	0

Fuente: Propia

Este análisis arrojó que a pesar de que se dieron los FHMD más bajos en los accesos 1 y 3, son estos los que presentaron los niveles de servicio de mejor calidad en la intersección, es decir que a pesar de haber generado un alto volumen en el conjunto de carriles, la vía satisface la demanda generada.

Como resultado del análisis de los datos para los tres accesos, se encontró un NS=E para el acceso 2 sentido Sur-Occidente, uno que representa las condición más críticas en el tránsito, del cual se puede inferir que la capacidad vial de la intersección esta sobre su límite, circunstancia que se debe al alto volumen vehicular y a la discontinuidad que generan los semáforos de las intersecciones adyacentes.

Por otro lado, el acceso 2 presentó el mejor FHMD, pero no obstante los niveles de servicio que se obtuvieron para los dos grupo de carriles fueron los más inestables en esta intersección, debido a que se identificó un NS=D en el sentido

Sur-Norte y un NS=E en el sentido Sur-Occidente, que refleja una condición de tránsito lento, debido a que solo dispone de un solo carril para realizar este movimiento y además el tiempo en verde del semáforo es apenas de 20 segundos dentro de su ciclo semafórico (Ver Tabla 39).

Finalmente se identificó para el acceso 1 y 2 sentido Norte-Sur y Sur-Norte un NS=D, del cual se puede afirmar que presenta una densidad alta pero estable, en donde se generan bajas velocidades de circulación con dificultades para realizar movimientos de un carril a otro.

Tabla 38. Capacidad y Niveles de Servicio

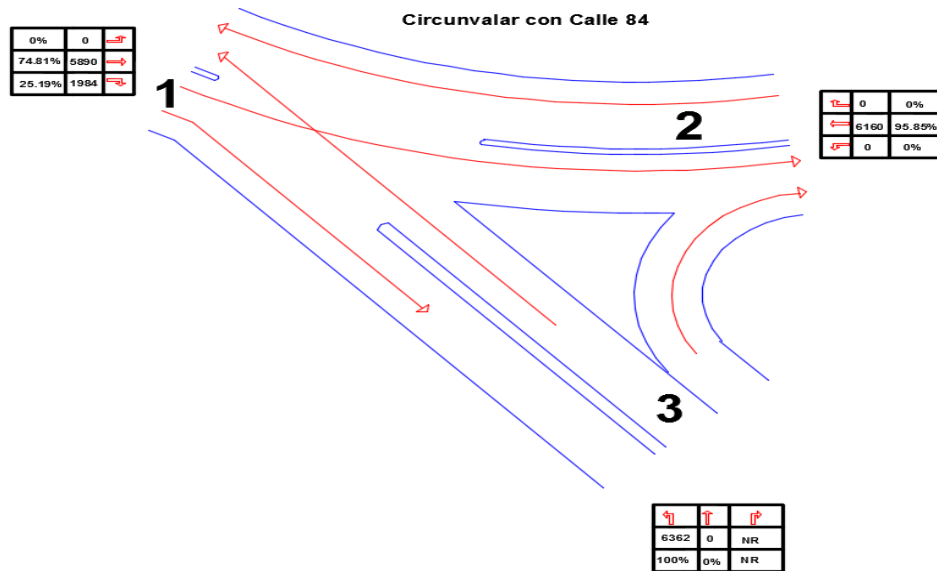
NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRERA 7ª CON CALLE 85															
GRUPOS DE CARRILES	N	Fv	FA	Fp	Fi	Fe	Fbb	Fgd	Fgi	Far	CR (veh)	d (s/veh)	NS	dINT (s/veh)	NS
1	3	0,642	0,996	0,979	0,995	1,000	1,000	0,994	1,000	0,90	3176	20,82	C	36,54	D
2	3	0,613	0,961	0,963	0,995	1,000	1,000	1,000	0,992	0,90	2874	36,38	D		
2	3	0,613	0,962	0,963	0,995	1,000	1,000	1,000	0,992	0,90	2877	45,90	E		
3	1	0,388	1,133	0,979	0,975	1,000	1,000	0,946	0,969	0,90	659	24,53	C		

Fuente: Propia

7.2.4 Intersección Circunvar con Calle 84

En este estudio también se analizó el comportamiento del tránsito en la intersección de la Circunvar con Calle 84, debido a que en este punto, es donde muchos conductores toman la vía que conduce hacia y provenientes también de la Calera desde o hacia la Carrera 7ª. Según el volumen de vehículos por movimiento (Ver Imagen 15), se determinó el porcentaje de acuerdo al giro que realizaron los conductores. De igual manera se toma esta intersección como otro de los puntos de estudio para esta investigación, de modo que se encuentra adyacente a no más de 100 metros de distancia de la intersección de la Carrera 7ª con Calle 84, donde también se genera un gran volumen vehicular en sentido Norte-Sur y Sur-Norte.

Imagen 15. Porcentaje de vehículos por movimiento



Fuente: Propia

Se debe tener claro que la Circunvalar es una vía jerarquizada como arterial complementaria, donde los volúmenes vehiculares que se registran no son muy grandes. En esta intersección los volúmenes que se presentaron en los acceso 1, 2 y 3 fueron de 8617, 6542 y 7544 según el conteo o porcentajes de vehículos por giros que realizó la Secretaría de Movilidad, sin tener en cuenta el volumen del giro 9 (Ver Tabla 40).

Tabla 39. Porcentajes de vehículos por giros

INTERSECCIÓN CIRCUNVALAR 7 N°84	ACCESO 1		
	←	↑	→
	0	6275	2342
TOTAL ACCESO	8617		
PORCENTAJE (%)	0	72,82	27,18

INTERSECCIÓN CIRCUNVALAR 7 N°84	ACCESO 2		
	←	↑	→
	0	6542	0
TOTAL ACCESO	6542		
PORCENTAJE (%)	0,00	100,00	0,00

INTERSECCIÓN CIRCUNVALAR N°84	ACCESO 3		
	←	↑	→
	7544	0	NR
TOTAL ACCESO	7544		
PORCENTAJE (%)	100,00	0,00	NR

Fuente: Propia

Para los accesos 1 y 2 muestra un FHMD de 0,86 y 0,87 (Ver tabla 41), que nos indica que el flujo es inestable, es decir presentó congestionamientos en varios de los intervalos de tiempo aforados. También se puede decir que la capacidad de los accesos se encuentra a su máxima amplitud en algunos intervalos de tiempo, provocando así un flujo vehicular de características con bajas velocidades de recorrido, espacios reducidos o nulos para realizar adelantamientos y un alto nivel de percepción por parte de los conductores de sufrir un accidente.

Por otro lado el acceso 3 presenta un FHMD de 0,95, que indica que el flujo vehicular en muy bueno. De acuerdo al volumen que se generó en este acceso, el factor está relacionado directamente con la máxima capacidad vial, por lo que a un mejor FHMD, se generara un nivel de servicio donde el flujo vehicular presente características desfavorable.

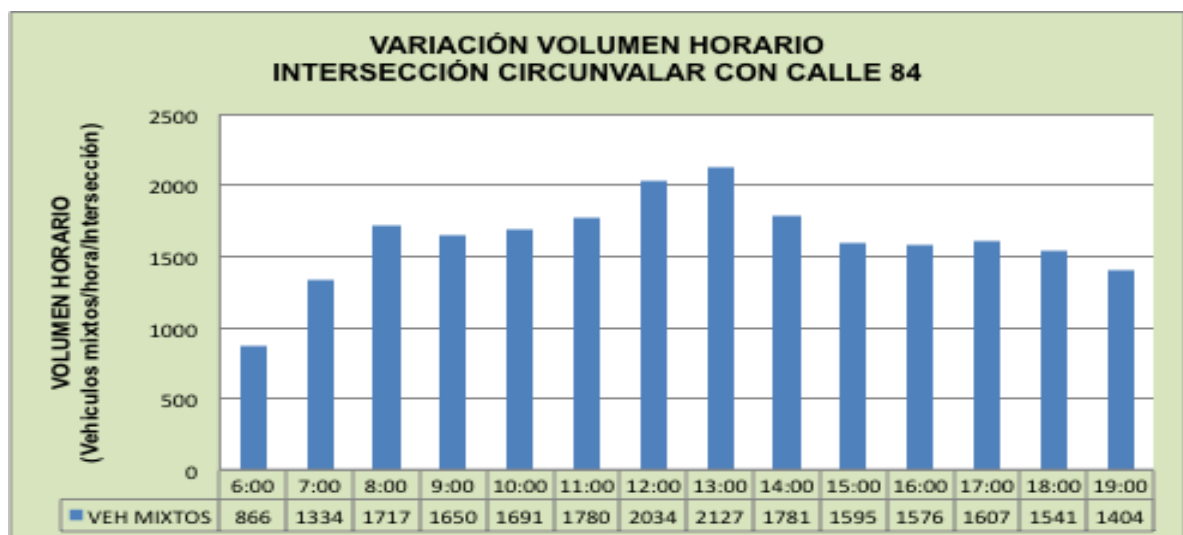
Tabla 40. Factores de hora de máxima demanda

INTERSECCIÓN DE LA CIRCUNVALAR CON CALLE 84	ACCESO 1	
	HMD	12:30 - 13:30
	VHMD	805
	FHMD	0,86
	ACCESO 2	
	HMD	12:45 - 13:45
	VHMD	755
	FHMD	0,87
	ACCESO 3	
	HMD	18:15 - 19:15
	VHMD	662
	FHMD	0,95
	TOTAL INTERSECCIÓN	
	HMD	12:45 - 13:45
VHMD	2158	
FHMD	0,94	

Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

En este orden de ideas, después de las visitas de campo que se realizaron a la zona de estudio, se observó que los conductores procedentes de La Calera en horas pico en el sentido Oriente-Norte, se ven perjudicado por la discontinuidad en el flujo que genera el semáforo de la intersección de la Carrera 7ª con Calle 85, debido a que provoca un represamiento vehicular sobre la Carrea 7ª y a su vez sobre la Circunvalar. En la variación del volumen horario de la Circunvalar con Calle 84 (Ver Gráfica 13) se muestra que el volumen máximo horario de vehículos mixtos se registró sobre 13:00pm, con un volumen de 2034.

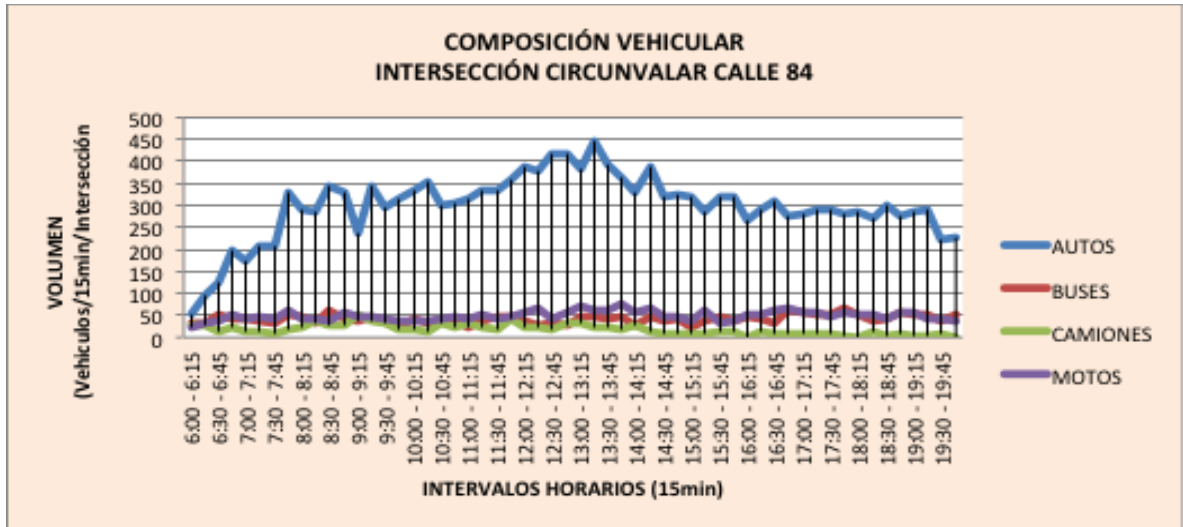
Gráfica 13. Variación del volumen horario de la Circunvalar con Calle 84



Fuente. Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

En el análisis deducido de la composición vehicular que se registró en este aforo, arrojó un mayor volumen de circulación del tipo de vehículo automóvil como se puede apreciar en la Gráfica 14. En contraste con algunos intervalos de tiempo, donde se verifica que el segundo puesto en volumen de circulación son las motos con respecto a los buses y camiones que están representados por un factor de equivalencia igual a 3.

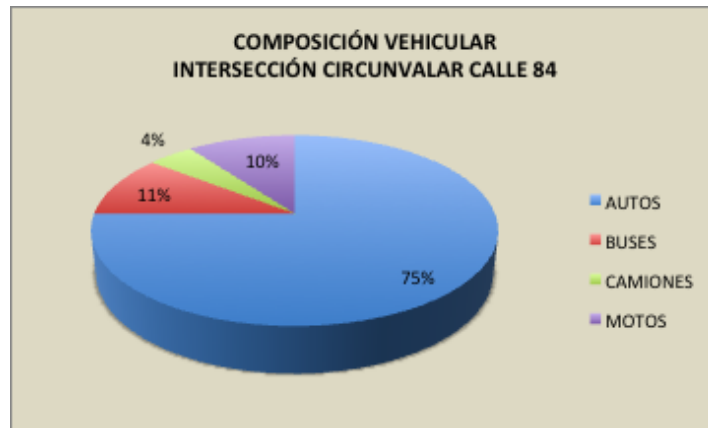
Gráfica 14. Composición vehicular de la Circunvalar con Calle 84



Fuente. Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Ahora se puede decir, que la composición vehicular de la Circunvalar con Calle 84 (Ver Gráfica 15), muestra que los porcentajes de los volúmenes totales que se dieron durante todo el periodo del aforo, diferenciados por los tipos de vehículos que tránsito por esta intersección. Una comparación que siempre se hace es la del porcentaje del volumen de la composición vehicular de las motos con el de los buses y camiones, debido a que en algunos intervalos de tiempo se presentó una mayor circulación de motocicletas, pero que es superado en otros por el porcentaje de los buses y esto se debe a que el factor de equivalencia es mayor.

Gráfica 15. Representación en porcentaje de la composición vehicular

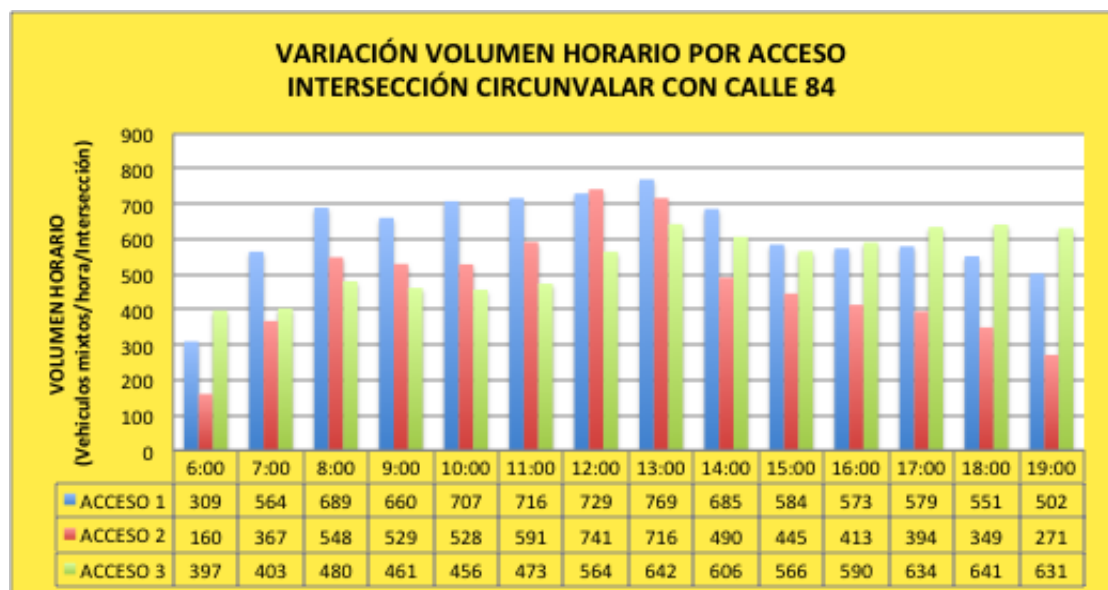


Fuente: Propia

Es importante mencionar que este aforo se tomó un día lunes, en donde los mayores volúmenes de los accesos se presentaron sobre las 12:00 y 13:00 horas del día, según la variación del volumen horario por acceso (Gráfica 16). Por ser un día típico, se puede inferir que estos volúmenes mayores no necesariamente se generan en las horas habituales del día, que son entre las 7:00 y 8:30 de la mañana y en la tarde noche cuando las personas regresan a sus lugares de residencia.

Dentro de este marco, se tiene que estos volúmenes mayores que se generan sobre el medio día, coinciden con una alta intensidad de viaje de las personas que estudian en colegios y universidades ya sean de la jornada de la mañana o tarde.

Gráfica 16. Variación del volumen horario por acceso



Fuente: Adaptado de la Secretaría Distrital de Movilidad

Tabla 41. Porcentaje de vehículos por acceso

	ACCESO 1				ACCESO 2				ACCESO 3			
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS
	6717	657	291	477	5660	24	165	693	4290	1656	507	1091
TOTAL	8142				6542				7544			
%	82,50	8,07	3,57	5,86	86,52	0,37	2,52	10,59	56,87	21,95	6,72	14,46

Fuente: Propia

Dicho lo anterior, se tiene que en la intersección de la Circunvalar con Calle 84, haciendo un análisis de los factores externos de la intersección (Ver Tabla 43) en relación con los anchos de los carriles, pendientes del terreno, en donde se tomaron las más altas pendientes empíricas debido a que el terreno empieza a ser un poco escarpado. Se observa que los valores de las pendientes más fuertes se dan en los accesos 2 y 3. También cabe aclarar que se asume un valor para el factor de correlación de 1 para los factores de estacionamiento y paradas de autobuses debido a que el día del aforo no se tomaron estos registros.

Tabla 42. Factores externos de la intersección

ACCESOS	ANCHO CARRIL (m)	% GIROS		PENDIENTE i(%)	ESTACIONAMIENTOS	ZONA URBANA	PARADAS AUTOBUSES
		DER	IZQ				
1	3,60	100,00	0	1	0	0,90	0
2	3,25	0	0	3	0	0,90	0
3	5,20	0,00	100,00	3	0	0,90	0

Fuente: Propia

Avanzando en el análisis de capacidad y niveles de Servicio (Ver Tabla 44) se puede advertir que en la intersección de la Circunvalar con Calle 84, para el acceso 3 un NS=F, está colapsado por el alto volumen vehicular en su mayor parte del día, es decir la capacidad de la vía es superada por la oferta de vehículos. Este acceso, también se ve afectado porque solo cuenta con un carril por sentido y sumado a esto los tiempos de verde comparados con los de las intersecciones adyacentes es relativamente bajo. Es por esto que el nivel F representa las condiciones más desfavorables que se pueden llegar a presentar en un flujo y los efectos que se generan en esta condición del nivel son: largos tiempos de recorrido, mayores índices de accidentalidad, pérdidas económicas y afectación de la salud de los conductores.

Tabla 43. Capacidad y Niveles de Servicio

NIVELES DE SERVICIO DE LA CIRCUNVALAR CON CALLE 84															
GRUPOS DE CARRILES	N	Fv	FA	Fp	Fi	Fe	Fbb	Fgd	Fgi	Far	CR(veh)	d (s/veh)	NS	dINT (s/veh)	NS
1	2	0,603	1,000	0,965	0,995	1,000	1,000	0,850	1,000	0,90	1685	26,63	D	35,45	D
2	2	0,560	0,961	0,975	0,985	1,000	1,000	1,000	1,000	0,90	1770	25,92	C		
3	1	0,354	1,178	0,937	0,985	1,000	1,000	1,000	0,952	0,90	627	55,30	F		

Fuente: Propia

De acuerdo a los resultados de los niveles de servicio de las intersecciones de la zona de estudio (Ver Tabla 45), podemos observar un resumen de estos en todas las intersecciones analizadas, de donde se puede inferir que estos presenta una condición estable pero cercana a la congestión que se registraron en los aforos.

También se puede observar que todas las intersecciones arrojaron un nivel de servicio D, que según la clasificación del (HCM), el flujo vehicular presenta una condición estable, con mayores tiempos de recorrido, espacios reducidos para hacer adelantamientos o cambio de carril, entre otros aspectos.

Tabla 44. Niveles de servicio de las intersecciones de la zona de estudio

NIVELES DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES DE LA ZONA DE ESTUDIO					
INTERSECCIÓN	ACCESO	d _{acc} (seg)	NS	d _{INT} (seg)	NS
Carrera 7ª N 82	1	34,43	D	41,98	D
	2	48,81	E		
	3	28,97	D		
Carrera 7ª N 84	1	29,89	D	31,54	D
	2	31,65	D		
	4	48,27	E		
CIRCUNVALAR N 84	1	26,63	D	35,45	D
	2	25,92	C		
	3	55,30	F		
Carrera 7ª N 85	1	20,82	C	36,54	D
	2	36,38	D		
	2	45,90	E		
	3	24,53	C		

Fuente: Propia

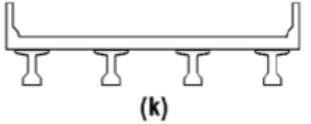
7.3 PREDIMENSIONAMIENTO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA PARA DEL PUENTE DEL TREN LIGERO

Después de haber presentado los resultados de la recopilación de información topográfica de la Carrera 7ª entre Calles 72 y 100 correspondientes a la fase I de esta investigación, la capacidad y niveles de servicio en la fase II, se llega finalmente a la presentación de los resultados de la tercera y última fase de esta investigación, predimensionamiento geométrico de la alternativa para el puente del tren ligero.

En el perfil longitudinal de la Carrera 7ª entre Calles 72 y 100, se identificó un tramo de vía con características del terreno más favorables para la construcción de un puente para el futuro tren ligero y así minimizar la interferencia con el flujo vehicular y peatonal. Este tramo está comprendido entre los kilómetros K4+740 Y K5+584 que se puede observar en el plano eje del puente. La longitud total que tendrá el puente se determinó sobre dicho perfil y se estimó que sería de 884 metros, en donde se salvaguardarían las intersecciones de la Calle 80, 81, 82, 84 y 85, buscando generar un menor impacto en el tránsito vehicular y peatonal, de acuerdo a los objetivos del proyecto.

Se tomó la decisión de adoptar para el predimensionamiento del puente del tren ligero una sección I o T con nervios de concreto preesforzados, con un tipo de tablero de concreto vaciado *in situ* o prefabricado, Tabla 46.

Tabla 45. Sección transversal típica

Secciones I o T con nervios de concreto prefabricado	Concreto vaciado in situ, o prefabricado	
--	--	--

Fuente: Código colombiano de diseño de puentes

7.3.1 Predimensionamiento de la losa

Para calcular el espesor de la placa, utilizamos la ecuación 6, en donde se ha tomado la separación entre centroides de los nervios $S = 2,00$ m; con el resultado indicado en la Tabla 47.

Tabla 46. Espesor de la losa

PREDIMENSIONAMIENTO DE LA LOSA	
H (m)	0,17

Fuente: Propia

Se adoptó una medida para la altura de la placa $H = 0,20$ m.

7.3.2 Predimensionamiento de las vigas o nervios

En el predimensionamiento de los nervios, se utilizó la ecuación 7 y 8, que me definieron el espesor y la altura que deben tener estos elementos. Las dimensiones de los nervios se presentan en la Tabla 48, donde se calculó una altura de 2,4 m y un espesor de 0,57 m, para el espesor se tomó un valor definitivo de 0,6m. Por otra parte para los nervios se definieron filetes o aletas de 0,20 m tanto vertical como horizontalmente en la parte superior e inferior (Ver Planos Estructurales). Las dimensiones de los filetes o aletas no deben ser mayores que 6 veces el espesor de la losa.

Tabla 47. Predimensionamiento de los nervios

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS NERVIOS	
ALTURA (m)	ESPESOR (m)
2,4	0,57

Fuente. Propia

7.3.3 Avaluó de cargas

Para el avaluó de la carga muerta que se genera producto del peso propio del tablero del puente se tienen los siguientes datos (Ver Tabla 49), que para este caso es necesario tener en cuenta el tipo de material de todos los elementos de la estructura y su respectivo peso.

Tabla 48. Avaluó de cargas

AVALUÓ DE CARGA	
PESO DEL TABLERO (kN/m ²)	4,8
PESO RODADURA (kN/m ²)	1,1
PESO BORDILLO (kN/m ²)	0,56
PESO BARANDAS (kN/m ²)	0,67
CARGA MUERTA (MD) (N/m ²)	7,13
WL (kN/m)	3,43
FACTOR CAMIÓN	
ML	1,48
MOMENTOS CARGA MUERTA	
MD+ (kN/m)	10,14
MD- (kN/m)	10,02
MOMENTOS CARGA VIVA	
ML+ (kN/m)	4,88
ML- (kN/m)	4,82
Mu+ (kN/m)	24,66
Mu- (kN/m)	21,06

Fuente: Propia

En el estudio del avaluó de cargas se tienen en cuenta de todos los peso unitarios de cada uno de los elementos estructuras que están contenidos en la estructura multiplicado por el espesor de cada uno, su longitud y profundidad, donde para esta última se toma 1.0 m, porque diseñamos con referencia a un metro. La sumatoria del avaluó de cargas, da como resultado un valor de 7,13 kN/m², peso que utilizaremos para determinar los diagramas de momento flector y cortantes, que a su vez tomaremos sus picos más altos para determinar el momento último tanto positivo como negativo y posteriormente calcular el área de acero longitudinal y paralelo al tráfico en la cara superior e inferior del tablero.

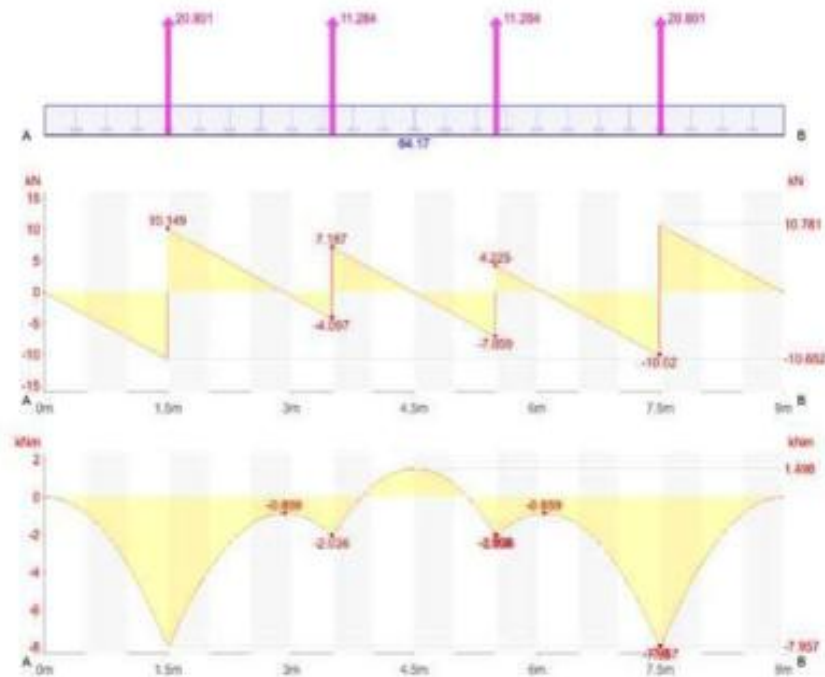
Por otra parte en la Imagen 16 y 17, se observan los momentos de carga muerta y momento de carga viva, donde se pueden observar los diagramas de momentos flector y cortante de la carga viva y muerta sobre el tablero del puente. En estos

diagramas encontramos los valores máximos y mínimos que se generan en el elemento tablero, los cuales tomamos como referencia el momento máximo que bien puede ser positivo o negativo, para determinar el momento último y con su resultado hacer el diseño de los aceros que debe contener el tablero.

Con respecto a este procedimiento, se obtuvo un valor máximo para la carga muerta de $10,14 \text{ kN/m}^2$ y un valor máximo para la carga vida de $4,88 \text{ kN/m}^2$, que se reemplazaron en la ecuación de momento último, donde intervienen el factor de 1,25 para la carga muerta y 1,75 para carga viva más la carga viva del factor camión y multiplicado por el factor de 1,33, nos arrojó un valor de momento de diseño $M_{ul} = 24,66 \text{ kN/m}$ y con este valor determinar el área de acero A_s , para el tablero del puente.

Imagen 16. Momentos carga muerta

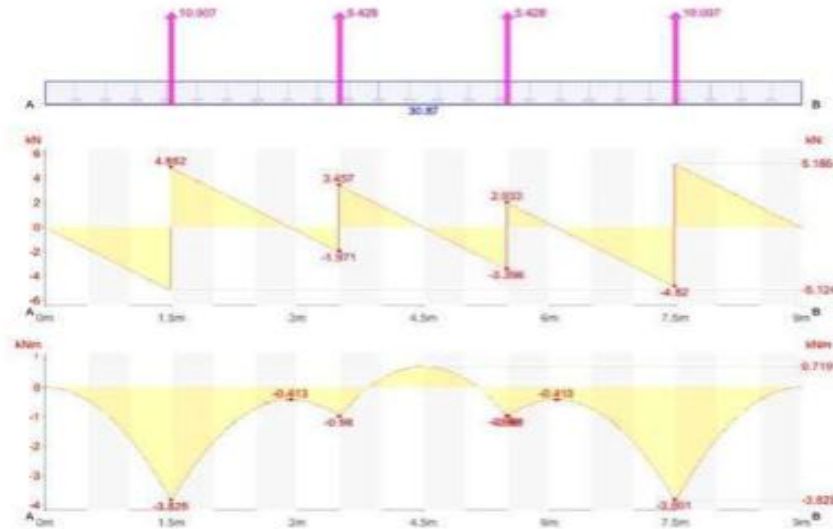
Shear Force and Moment Diagram



Fuente: ForceEffect

Imagen 17. Momento de carga viva

Shear Force and Moment Diagram



Fuente: ForceEffect

7.3.4 Cantidad de acero en el tablero

Para el refuerzo perpendicular al tráfico, el área del acero nos arrojó un valor de $A_s = 320,0 \text{ cm}^2$, que para la cantidad de acero necesaria se deberían colocar 160 barras número 5 de (5/8"); pero debido a que esta cantidad supera el valor máximo de espaciamiento entre barras, cual es de 30 cm, se recalculó para respetar este espaciamiento, dando como resultado 214 barras de (5/8"), como se indica en la Tabla 48, parte superior derecha.

Para determinar el área del acero A_s en la torta superior, se tomó como referencia la cuantía mínima 0,003333, debido a que el valor calculado arrojó un parámetro por debajo de la mínima permitida. El área del acero para la total superior con la cuantía mínima nos arrojó un valor de $41,50 \text{ cm}^2$; lo cual, según dicho valor de A_s , lo indicado sería colocar 34 barras de (1/2") separadas cada 24 cm (Tabla 50. Cantidad de acero para el tablero).

En el refuerzo de la torta inferior, la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14, dice que el área del acero A_s debe cumplir con la condición de referencia indicada en la ecuación 14, donde se indica que el valor que se calcule de esta

variable debe ser menor del 67% del área de refuerzo A_s perpendicular al tráfico. Para este caso el valor del área de acero A_s arrojo un resultado superior al parámetro de referencia que es del 67% del área de refuerzo perpendicular al tráfico, por lo que se tomó el 67% del $A_s = 320 \text{ cm}^2$ para el cual se obtuvo un área de acero $A_s = 214,38 \text{ cm}^2$. Para cubrir esta área en la torta inferior se colocaron 43 barras de (1") con espaciamentos cada 20 cm.

Tabla 49. Cantidad de acero para el tablero

REFUERZO PERPENDICULAR AL TRAFICO		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
Mult (KN/m)	24,66	5 (5/8")	2,00	160	320
				214	428
		S (cm)	30		
b (cm)	6400	NOTA. SEPARACIÓN MÍNIMA 4,5cm			
d (cm)	15	NOTA. ESPACIAMIENTO MÁXIMO 30cm			
Cuantia	4,52967E-08	NOTA. CUANTÍA MÍNIMA 0,003333			
Cuantia minima	0,003333	NOTA. CUANTÍA MÁXIMA 0,016			
As (cm2)	319,97				
REFUERZO TORTA SUPERIOR		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
Mult	21,06	4 (1/2")	1,29	34	43,86
		S (cm)	24		
b (cm)	830				
d (cm)	15				
Cuantia	2,98354E-07				
Cuantia minima	0,003333				
As (cm2)	41,50				
REFUERZO TORTA INFERIOR		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
Mmax	24,66	8 (1")	5,10	43	219,30
b (cm)	840				
d (cm)	15				
As Ref	85,56				
As (cm2)	85,56				
NOTA. Se toma el 67%					
As (cm2)	214,38	S (cm)	20		

Fuente: Propia

7.3.5 Cantidad de acero para los nervios

El acero que se empleó para este estudio tiene una resistencia especifica de 420 Megapascuales ($f_y=420\text{MPa}$), dato que es tomado de las tablas del libro Estructuras de Concreto I³², para esta resistencia se asocia una cuantía mínima y máxima de diseño que es igual a $\rho=0,003333$ y $\rho=0,009103$, este parámetro es adimensional. Como la cuantía calculada (Ver Tabla 51) está por debajo de la mínima, se tomó para el diseño la mínima y así se determinó el área del acero.

³² SEGURA FRANCO, Jorge Ignacio. ESTRUCTURAS DE CONCRETO I. Universidad Nacional de Colombia. Tablas para diseño método de la resistencia ultima. Séptima Edición. Octubre 2011. p. 576.

Para conocer los momentos máximos a los que están sometidos los nervios, se modeló en el Software SAP2000 las dimensiones geométricas del puente, junto con las combinaciones de carga y el tipo de vehículo para el cual se hizo el predimensionamiento. La estructura del tablero estará apoyada sobre cuatro nervios, dos exteriores y dos interiores. De acuerdo a los resultados los momentos máximos obtenidos en SAP2000 para las dos vigas exteriores fueron de 1024,2254 toneladas por metro.

En la Tabla 48 vimos que los nervios tienen dimensiones de 2,40 m de alto por 0,60 m de espesor, variables que están presentes en el cálculo del área del acero A_s . De acuerdo a la cuantía calculada para las vigas exteriores nos arrojó un área de $A_s = 11746,28 \text{ mm}^2$, para la cual se necesitan 42 barras de (3/4") con separación horizontal de 5 cm y separación vertical de 5 cm. Estas barras están ubicadas en la parte inferior de los nervios.

Teniendo en cuenta que el número de barras con los espaciamientos mencionados anteriormente tanto vertical como horizontal, se llega a identificar que la sección del elemento no queda reforzada completamente, por ende se debe reforzar el resto del nervio y para esto se tomó la decisión de colocar 16 barras de (3/4") adicionales sobre la piel de los elementos, espaciados cada 22 cm.

Para el caso de los dos nervios interiores, el Software SAP2000 nos arroja un momento máximo de $978,4411 \text{ ton/m}^2$, que utilizando la ecuación 12, se obtuvo una cuantía de $\rho = 0,007535$, seguidamente se utilizó la ecuación 12, donde intervienen las variables de cuantía que multiplicado por el espesor y la altura del elemento, nos arrojó un área de acero $A_s = 11743,28 \text{ mm}^2$ de acero, para la cual se necesitan 51 barras de (3/4") espaciadas horizontalmente 5 cm y verticalmente 5 cm. Ver Planos Estructurales. A estos dos nervios también se le adicionaron 16 barras de (3/4") espaciadas cada 25.0 cm sobre la piel para tener un mayor reforzamiento en los elementos.

Para determinar los estribos de los cuatro nervios, se toma las dimensiones de los mismos y la cuantía mínima de diseño $\rho=0,0033333$, con estas variables se determinó el área de refuerzo que deben llevar estos, para los cuales se obtuvieron un área de acero $A_s = 45,54 \text{ cm}^2$, donde es necesario 66 barras de (3/8") para cubrir este valor. Para colocar este número de barras, se identifica que supera el espaciamiento máximo permitido en el diseño que es de 50.0 cm. Teniendo en cuenta que la estructura debe ser robusta por el tipo de uso para la

cual se está haciendo el pre dimensionamiento, se toma la decisión de colocar 160 barras de (1/2") con espaciamiento de 40 cm.

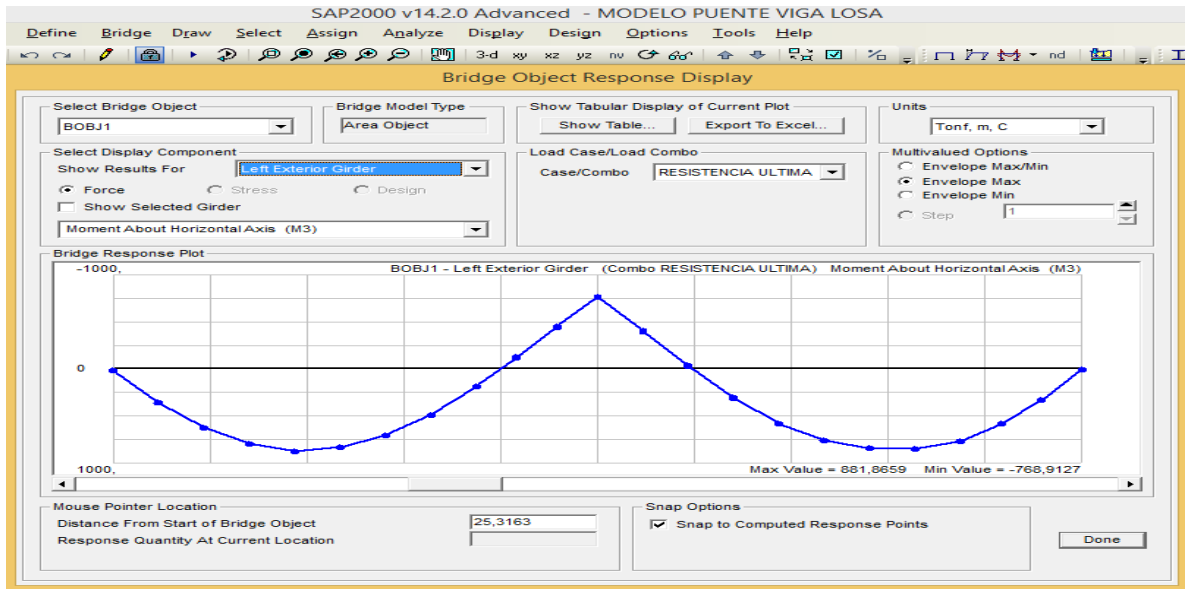
Tabla 50. Cantidad de acero para las vigas exteriores e interiores

VIGAS EXTERIORES		BARRA N°	AREA (mm2)	# BARRAS	As (mm2)
Mmax (KN)	10242,2549	3/4"	284,00	42	11928
b (mm)	600				
d (mm)	2400				
Cuantia	0,008328566	NOTA. ESPACIAMIENTO NO MAYOR A 50cm			
As (mm2)	11743,28				
VIGAS INTERIORES		BARRA N°	AREA (mm2)	# BARRAS	As (mm2)
Mmax (KN)	9784,411765	3/4"	284,00	40	11360
b (mm)	600				
d (mm)	2400				
Cuantia	0,007932789				
As (mm2)	11185,23254				
FLEJES VIGAS (PIEL)		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
b (cm)	60	3/8"	0,71	66	46,86
d (cm)	240	1/2"	1,29	160	206,4
Cuantia	0,0033				
As (cm)	45,54	S (cm)	40		

Fuente: Propia

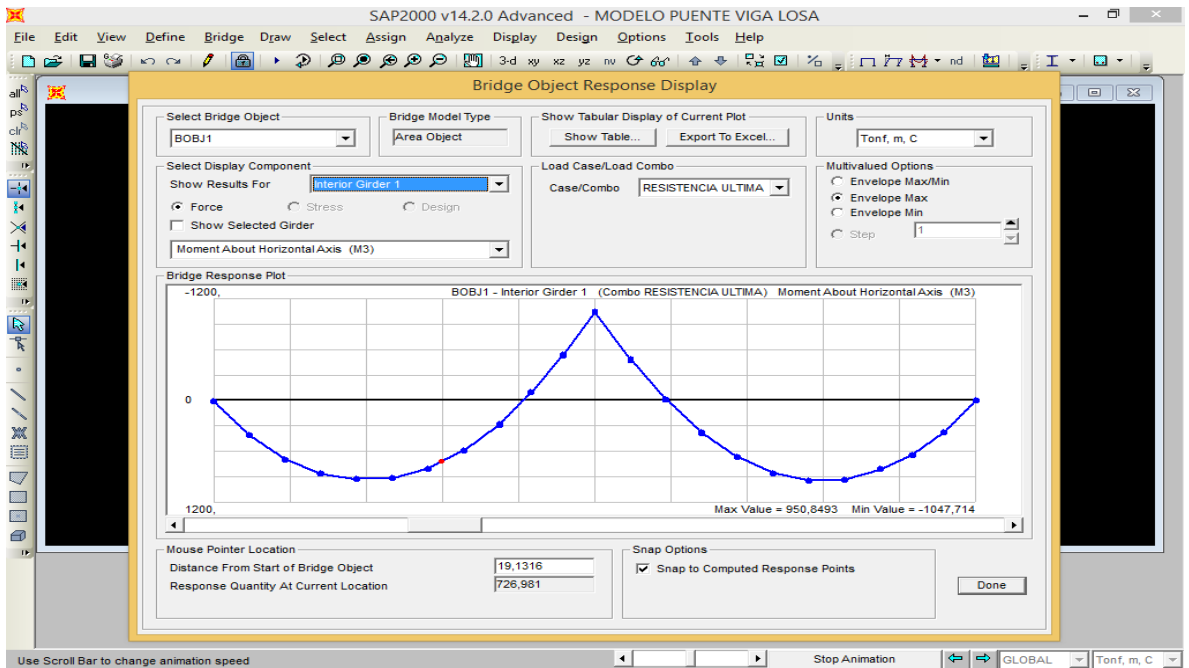
Pasando ahora, al momento máximo $M_{max} = 10242,25$ kN de las vigas exteriores (Ver imagen 18) y los momentos máximos $M_{max} = 9684,41$ kN de las vigas interiores (Ver imagen 19), se muestran los momentos máximos de la resistencia última que se generan en los cuatros nervios vigas, datos extraídos del modelo de SAP2000, para determinar su cantidad de acero que deben contener estos elementos. Con estos momentos máximos se reemplazaron en la ecuación 12, en la cual se utilizan las variables de (cuantía, resistencia específica del acero y el concreto y el momento último o máximo), para determinar la cuantía y posteriormente este valor se reemplazó en la ecuación 13 para determinar el área de acero que debe tener cada viga.

Imagen 18. Parámetros principales momentos máximos de las vigas exteriores



Fuente: SAP2000

Imagen 19. Parámetros principales momentos máximos de las vigas interiores



Fuente: SAP2000

Para el diseño de la viga cabezal se determinaron unas dimensiones de (2,0X1, 80m), que servirá de apoyo a las vigas y que a su vez transmitirá las cargas a la columna. Según el modelo que se planteó en SAP2000, se identificó un área de refuerzo de 447,86 cm², donde fueron necesarias 70 barras de (1 1/8") para cubrir el área de acero en la viga cabezal (Ver tabla 52). También se determinó una cantidad de 44 espaciados cada 20 cm, que se deben colocar para lograr una mayor resistencia del elemento y la estructura.

Tabla 51. Área del acero en la viga cabezal

VIGA CABEZAL		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
		(1 1/8")	6,45	70	451,5
b (cm)	200				
d (cm)	175				
As (cm2)	447,86				
FLEJES O ESTRIBOS		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
		3/4"	2,84	44	124,96
Cuantía mínima	0,003333				
b (cm)	200				
d (cm)	180				
As (cm2)	119,99	S (cm)	20		

Fuente: Propia

Para determinar el área del acero que debía contener cada una de las columnas, nos basamos en el resultado de la modelación en SAP2000, que nos arrojó un área de acero de 360 cm², para el cual fueron necesarias 45 barras de (1 1/4"), que estarán ubicadas sobre la piel del elemento con espaciamientos de 4 cm. Estas barras estarán contenidas sobre un total de 42 flejes espaciados cada 12 cm como lo muestra la Tabla 53.

Tabla 52. Área de acero para la columna

PILA		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
		1 3/8"	10,07	50	503,30
b (cm)	300				
d (cm)	490				
As (cm2)	360				
Cuantía mínima	0,003333				
As (cm2)	489,951	S (cm)	7		
FLEJES O ESTRIBOS		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
		(1 1/4")	8,19	42	343,98
Cuantía mínima	0,003333				
b (cm)	300				
d (cm)	500				
As (cm2)	499,95	S (cm)	12		

Fuente: Propia

Ahora, la cantidad de acero para los bordillos (Ver Tabla 54) se observan las dimensiones de los bordillos que se reemplazaron en la ecuación 13, para los cuales se obtuvo un área de 4,45 cm² de acero, para cubrir esta área se colocaron 7 barras de (3/8") con espaciamentos de 20 cm y 256 flejes de (3/8") espaciados cada 25.0 cm por ambos costados.

Tabla 53. Cantidad de acero para los bordillos

FLEJES BORDILO		BARRA N°	AREA (cm2)	# BARRAS	As (cm2)
		3/8"	0,71	7	4,97
Cuantía mínima	0,0033				
b (cm)	30	# FLEJES	256	c/0.25	
h (cm)	45				
As (cm2)	4,455				

Fuente: Propia

A demás se determino una zapata cuadrada de 13 X 13 X 1 metro, con una capa de concreto 5 cm de concreto de limpieza de 21MPa, para la zapata se obtuvo 126 barra número 7, espaciadas cada 10 cm en ambas direcciones. Para los estribos que contienen las barra en ambas direcciones, se definieron 54 estribos número 4 separados cada 25 cm, para mas detalles ver los planos estructurales. El concreto que se propone para utilizar en las zapatas de cimentación de 246MPa.

Es importante mencionar que la zapata deberá estar apoyado en pilotes, que para este caso no se diseñaron por falta de información de las características del suelo, debido a que no se contaban con todos los parámetros y tampoco con la opinión de un especialista en geotecnia que recomendara la profundidad a la que se debía hacer la cimentación.

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras³³, el gálibo para puentes sobre carreteras deberá tener como mínimo 5.0 m, esta medida fue establecida con el objetivo de permitir la circulación de vehículos de gran tamaño. Para el predimensionamiento del puente entre las Calles 79 y 86 se tomó como referencia una altura del gálibo de 5,0 m. Finalmente, para realizar la modelación en SAP2000, se tomaron todas las dimensiones geométricas de los elementos del puente y algunas propiedades mecánicas de los materiales que se pueden observar en las tablas e imágenes que aparecen a continuación:

³³ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2008. P. 200. Recuperado 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/gyJTbV>

Tabla 54. Algunos parámetros de entrada del modelo

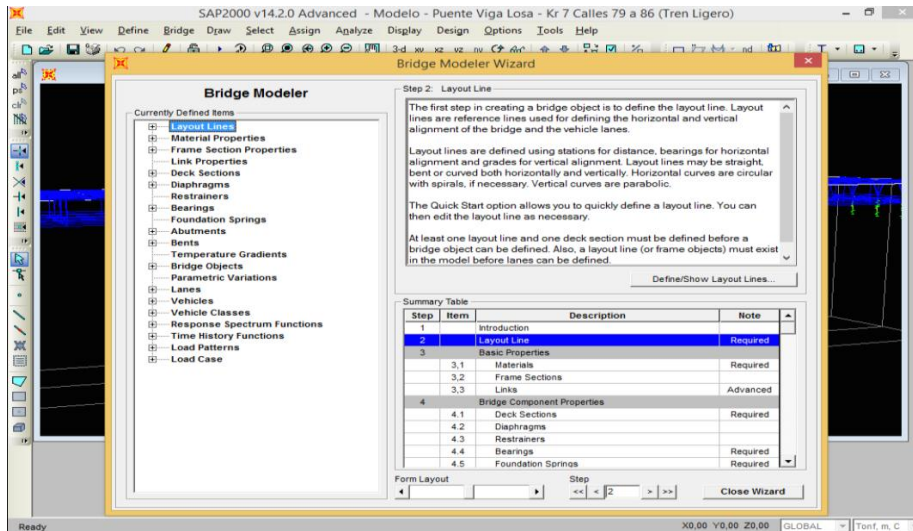
PARÁMETROS DE ENTRADA EN SAP2000	
Longitud modelada (m)	64
Distancia entre luces LUCES (m)	32
Ancho de la calzada (m)	9,00
Espesor de la losa (m)	0,20
Espesor de los nervios (m)	0,60
Altura de los nervios (m)	2,40
Nervios en la sección transversal	4
Separacion entre nervios (m)	2,00
Riostra	1.8 X 3.0m
Pila	3.0 X 3.0m

Fuente: Propia

Cuando ya se han definido todas las dimensiones de cada uno de los elementos del puente y los tipo de materiales del cual estarán formados, se hizo uso de la herramienta Software SAP2000 para la modelación de dicha estructura con el objetivo de determinar el comportamiento estructural. A demás se utilizó para tomar algunos datos, como lo son los momentos máximos que se generan en los nervios para determinar el área de acero que deben contener estos elementos para resistir los esfuerzos a los cuales estarán sometidos, la carga máxima que se presenta donde el programa nos arrojó un valor de 3750,75 ton/metro para el diseño de la cimentación y una carga de servicio de 2451,48 ton/m.

En las imágenes 20, se puede observar las interfaz que tiene el Software SAP2000 para la modelación de puentes (Bridge Modelar), allí se deben incluir algunos datos, como lo son las propiedades mecánicas de los materiales, las dimensiones de todos los elementos que componen la estructura, los carriles, el/los tipo(s) de vehículo(s) que van a transitar por la estructura y casos de carga.

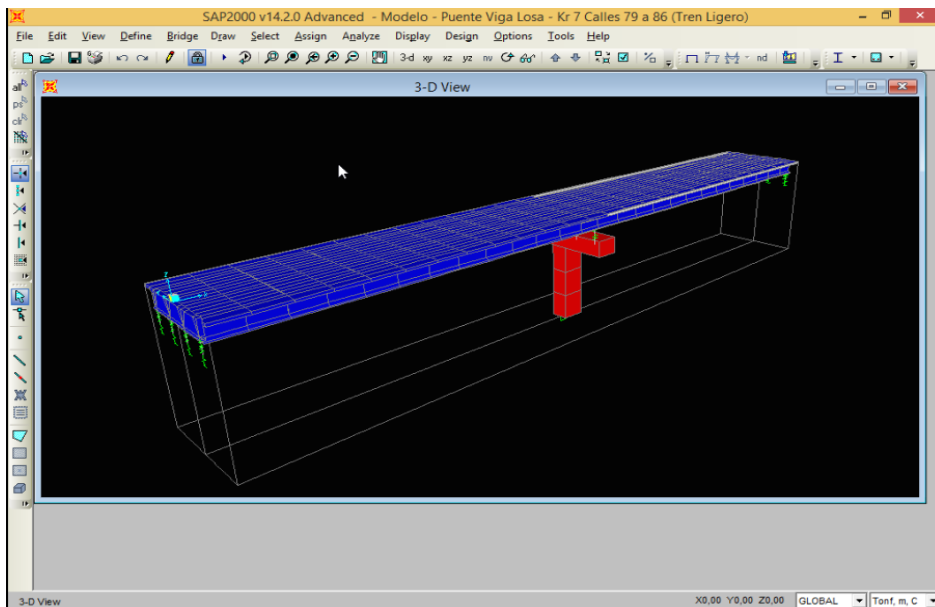
Imagen 20. Modelador de puentes SAP2000v14



Fuente: SAP2000

Para realizar la modelación en el Software SAP2000, se tomó un tramo representativo de 64 m de la longitud total del puente, este tramo está compuesto por una columna y dos luces de 32 m. En la imagen 21, podemos observar la estructura del tramo de 64m, ya definido los materiales, las dimensiones de los elementos que lo componen y el tipo de vehículo que transitara por este.

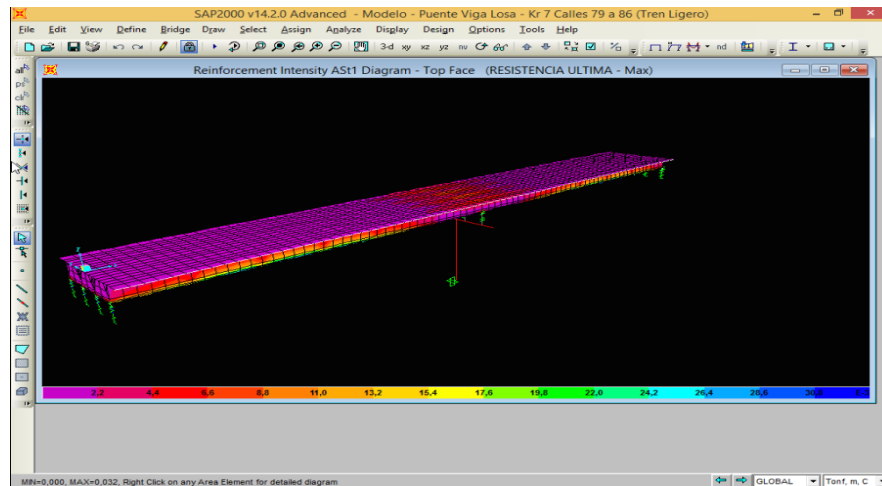
Imagen 21. Modelo de la sección del puente



Fuente: SAP2000

En la imagen 22, se observar la estructura del tramo de 64 m modelado en SAP2000 de acuerdo a las diferentes zonas donde se van aplicar las cargas de uso, allí se muestra diferentes capas en el elemento tablero que indican la cantidad de acero que requiere cada una, en las diferentes zonas de la estructura.

Imagen 22. Intensidad de refuerzo



Fuente: SAP2000

En las tablas 56 y 57 podemos observar parámetros de salida evidencia de la modelación en SAP2000, allí se observan los momentos máximos y mínimos que se generan en la estructura producto de las combinaciones de carga. Con los momentos máximos se diseñaron los elementos como lo son los nervios, columna o pila y cimentación.

Tabla 55. Parámetros de salida, momentos debido a las cargas que se generan en la estructura

Distance	ItemType	P	V2	V3	T	M2	M3
m		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
0,00000	Max	-31.258	-3.422.503	86.205	27.074.172	-23.817.379	139.327
0,00000	Min	-31.258	-3.422.503	86.205	27.074.172	-23.817.379	139.327
300.000	Max	668.963	-2.568.363	87.506	25.016.369	-19.946.864	152.377.323
300.000	Min	668.963	-2.568.363	87.506	25.016.369	-19.946.864	152.377.323
300.000	Max	694.805	-2.521.472	106.727	24.133.304	-19.821.738	152.129.436
300.000	Min	694.805	-2.521.472	106.727	24.133.304	-19.821.738	152.129.436
600.000	Max	1.290.384	-1.593.636	81.124	21.830.241	-16.338.247	262.255.790
600.000	Min	1.290.384	-1.593.636	81.124	21.830.241	-16.338.247	262.255.790
600.000	Max	1.318.970	-1.500.462	110.466	21.138.320	-16.308.204	261.961.339
600.000	Min	1.318.970	-1.500.462	110.466	21.138.320	-16.308.204	261.961.339
900.000	Max	1.704.210	-497.535	74.638	18.855.268	-14.577.227	330.784.218
900.000	Min	1.704.210	-497.535	74.638	18.855.268	-14.577.227	330.784.218
900.000	Max	1.710.700	-385.273	117.242	18.502.981	-14.611.271	330.684.492
900.000	Min	1.710.700	-385.273	117.242	18.502.981	-14.611.271	330.684.492
1.200.000	Max	2.014.318	671.607	67.786	18.088.613	-12.910.705	359.896.286
1.200.000	Min	2.014.318	671.607	67.786	18.088.613	-12.910.705	359.896.286
1.200.000	Max	2.018.312	940.963	108.041	18.023.116	-12.891.150	359.854.626
1.200.000	Min	2.018.312	940.963	108.041	18.023.116	-12.891.150	359.854.626
1.500.000	Max	1.818.181	2.002.778	72.254	17.897.788	-11.458.728	348.461.389
1.500.000	Min	1.818.181	2.002.778	72.254	17.897.788	-11.458.728	348.461.389
1.500.000	Max	1.809.060	2.122.996	114.906	17.826.951	-11.477.430	348.558.808
1.500.000	Min	1.809.060	2.122.996	114.906	17.826.951	-11.477.430	348.558.808
1.800.000	Max	1.533.921	3.187.385	68.008	17.820.826	-10.355.470	300.501.050
1.800.000	Min	1.533.921	3.187.385	68.008	17.820.826	-10.355.470	300.501.050
1.800.000	Max	1.520.061	3.309.887	109.209	17.837.808	-10.341.227	300.668.520
1.800.000	Min	1.520.061	3.309.887	109.209	17.837.808	-10.341.227	300.668.520
2.100.000	Max	1.032.797	4.373.116	66.342	18.023.143	-9.071.489	214.743.596
2.100.000	Min	1.032.797	4.373.116	66.342	18.023.143	-9.071.489	214.743.596
2.100.000	Max	1.007.641	4.496.899	101.509	18.139.841	-9.083.074	215.010.843
2.100.000	Min	1.007.641	4.496.899	101.509	18.139.841	-9.083.074	215.010.843
2.400.000	Max	312.321	5.555.831	64.860	18.429.495	-8.301.738	93.039.707
2.400.000	Min	312.321	5.555.831	64.860	18.429.495	-8.301.738	93.039.707
2.400.000	Max	274.657	5.824.093	90.885	18.587.582	-8.320.679	93.436.376
2.400.000	Min	274.657	5.824.093	90.885	18.587.582	-8.320.679	93.436.376
2.666.667	Max	-436.918	6.767.203	68.899	19.120.872	-7.613.100	-47.614.670
2.666.667	Min	-436.918	6.767.203	68.899	19.120.872	-7.613.100	-47.614.670
2.666.667	Max	-499.866	6.868.466	75.621	19.263.824	-7.609.787	-46.941.003
2.666.667	Min	-499.866	6.868.466	75.621	19.263.824	-7.609.787	-46.941.003
2.933.333	Max	-1.197.061	7.803.080	71.226	19.967.558	-6.935.913	-201.011.493
2.933.333	Min	-1.197.061	7.803.080	71.226	19.967.558	-6.935.913	-201.011.493
2.933.333	Max	-1.220.935	7.909.419	71.740	20.458.181	-6.933.058	-200.761.272
2.933.333	Min	-1.220.935	7.909.419	71.740	20.458.181	-6.933.058	-200.761.272
3.200.000	Max	-1.760.553	8.829.634	90.102	21.812.441	-7.081.856	-366.754.012
3.200.000	Min	-1.760.553	8.829.634	90.102	21.812.441	-7.081.856	-366.754.012
3.200.000	Max	-1.708.850	-6.097.347	36.109	23.199.427	-7.232.231	-366.159.984
3.200.000	Min	-1.708.850	-6.097.347	36.109	23.199.427	-7.232.231	-366.159.984

Fuente: SAP2000

3.500.000 Max	-1.051.491	-5.209.130	40.397	21.615.644	-7.475.933	-181.800.510
3.500.000 Min	-1.051.491	-5.209.130	40.397	21.615.644	-7.475.933	-181.800.510
3.500.000 Max	-1.033.412	-5.144.601	39.911	20.750.119	-7.457.632	-181.980.129
3.500.000 Min	-1.033.412	-5.144.601	39.911	20.750.119	-7.457.632	-181.980.129
3.800.000 Max	-186.394	-4.214.007	31.662	18.822.263	-8.668.888	-11.622.669
3.800.000 Min	-186.394	-4.214.007	31.662	18.822.263	-8.668.888	-11.622.669
3.800.000 Max	-136.515	-4.151.819	42.346	18.520.437	-8.702.019	-12.168.945
3.800.000 Min	-136.515	-4.151.819	42.346	18.520.437	-8.702.019	-12.168.945
4.100.000 Max	673.078	-3.199.944	33.308	17.957.263	-9.900.267	136.392.796
4.100.000 Min	673.078	-3.199.944	33.308	17.957.263	-9.900.267	136.392.796
4.100.000 Max	698.458	-3.125.811	44.950	17.827.734	-9.908.993	136.114.865
4.100.000 Min	698.458	-3.125.811	44.950	17.827.734	-9.908.993	136.114.865
4.400.000 Max	1.399.777	-2.134.180	37.509	17.392.125	-10.831.662	249.033.181
4.400.000 Min	1.399.777	-2.134.180	37.509	17.392.125	-10.831.662	249.033.181
4.400.000 Max	1.427.598	-1.892.137	43.398	17.314.101	-10.838.155	248.745.673
4.400.000 Min	1.427.598	-1.892.137	43.398	17.314.101	-10.838.155	248.745.673
4.700.000 Max	1.773.353	-880.191	36.780	17.185.150	-11.810.477	321.908.596
4.700.000 Min	1.773.353	-880.191	36.780	17.185.150	-11.810.477	321.908.596
4.700.000 Max	1.782.609	-779.976	44.436	17.120.659	-11.778.212	321.778.817
4.700.000 Min	1.782.609	-779.976	44.436	17.120.659	-11.778.212	321.778.817
5.000.000 Max	1.986.860	252.131	40.853	17.105.612	-12.127.507	356.973.891
5.000.000 Min	1.986.860	252.131	40.853	17.105.612	-12.127.507	356.973.891
5.000.000 Max	1.993.674	362.442	37.751	17.135.803	-12.105.999	356.928.872
5.000.000 Min	1.993.674	362.442	37.751	17.135.803	-12.105.999	356.928.872
5.300.000 Max	1.983.400	1.412.129	45.549	17.322.341	-11.131.130	355.801.426
5.300.000 Min	1.983.400	1.412.129	45.549	17.322.341	-11.131.130	355.801.426
5.300.000 Max	1.979.248	1.532.395	30.084	17.446.365	-11.161.403	355.856.342
5.300.000 Min	1.979.248	1.532.395	30.084	17.446.365	-11.161.403	355.856.342
5.600.000 Max	1.870.634	2.597.726	35.514	17.889.991	-9.935.463	314.709.084
5.600.000 Min	1.870.634	2.597.726	35.514	17.889.991	-9.935.463	314.709.084
5.600.000 Max	1.854.962	2.871.344	27.399	18.456.257	-9.909.291	314.874.077
5.600.000 Min	1.854.962	2.871.344	27.399	18.456.257	-9.909.291	314.874.077
5.866.667 Max	1.344.318	3.836.921	40.412	20.604.146	-8.052.333	243.704.708
5.866.667 Min	1.344.318	3.836.921	40.412	20.604.146	-8.052.333	243.704.708
5.866.667 Max	1.298.682	3.953.712	18.393	21.255.913	-7.779.250	244.145.523
5.866.667 Min	1.298.682	3.953.712	18.393	21.255.913	-7.779.250	244.145.523
6.133.333 Max	728.780	4.926.452	35.794	23.277.122	-4.226.488	139.125.482
6.133.333 Min	728.780	4.926.452	35.794	23.277.122	-4.226.488	139.125.482
6.133.333 Max	694.867	5.057.834	27.240	24.154.267	-3.825.213	139.496.299
6.133.333 Min	694.867	5.057.834	27.240	24.154.267	-3.825.213	139.496.299
6.400.000 Max	0,3253	6.035.695	16.971	26.139.358	-273.230	302.196
6.400.000 Min	0,3253	6.035.695	16.971	26.139.358	-273.230	302.196

Fuente: SAP2000

Tabla 56. Parámetros de salida, momentos máximos y mínimos de las vigas exteriores

Distance	ItemType	P	V2	V3	T	M2	M3
m		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
0.00000	Max	300.170	-882.424	47.056	1.848.610	-209.011	2.215.037
0.00000	Min	300.170	-882.424	47.056	1.848.610	-209.011	2.215.037
300.000	Max	531.527	-666.406	10.276	1.608.355	1.053.215	36.431.448
300.000	Min	531.527	-666.406	10.276	1.608.355	1.053.215	36.431.448
300.000	Max	534.932	-631.113	29.197	1.878.349	1.091.585	36.456.170
300.000	Min	534.932	-631.113	29.197	1.878.349	1.091.585	36.456.170
600.000	Max	757.697	-384.816	18.699	1.940.672	1.909.296	62.706.569
600.000	Min	757.697	-384.816	18.699	1.940.672	1.909.296	62.706.569
600.000	Max	756.958	-356.099	32.374	2.285.982	1.993.472	62.650.693
600.000	Min	756.958	-356.099	32.374	2.285.982	1.993.472	62.650.693
900.000	Max	900.948	-107.577	21.893	2.195.420	2.445.980	79.742.427
900.000	Min	900.948	-107.577	21.893	2.195.420	2.445.980	79.742.427
900.000	Max	889.459	-77.385	45.494	2.676.838	2.554.988	79.824.732
900.000	Min	889.459	-77.385	45.494	2.676.838	2.554.988	79.824.732
1.200.000	Max	960.318	182.818	119.595	2.626.747	2.739.047	88.070.497
1.200.000	Min	960.318	182.818	119.595	2.626.747	2.739.047	88.070.497
1.200.000	Max	953.027	263.019	48.458	568.072	2.848.576	88.186.594
1.200.000	Min	953.027	263.019	48.458	568.072	2.848.576	88.186.594
1.500.000	Max	841.178	526.495	34.684	1.025.804	2.291.497	83.615.839
1.500.000	Min	841.178	526.495	34.684	1.025.804	2.291.497	83.615.839
1.500.000	Max	816.354	559.105	53.747	1.171.840	2.389.265	83.770.918
1.500.000	Min	816.354	559.105	53.747	1.171.840	2.389.265	83.770.918
1.800.000	Max	632.153	826.704	41.608	1.278.390	1.555.029	70.780.405
1.800.000	Min	632.153	826.704	41.608	1.278.390	1.555.029	70.780.405
1.800.000	Max	611.825	861.384	47.819	1.351.067	1.634.889	70.958.199
1.800.000	Min	611.825	861.384	47.819	1.351.067	1.634.889	70.958.199
2.100.000	Max	358.743	1.127.785	29.387	1.407.741	575.237	49.302.262
2.100.000	Min	358.743	1.127.785	29.387	1.407.741	575.237	49.302.262
2.100.000	Max	357.930	1.163.883	29.967	1.444.049	448.433	49.305.786
2.100.000	Min	357.930	1.163.883	29.967	1.444.049	448.433	49.305.786
2.400.000	Max	54.986	1.419.664	14.005	966.787	-414.996	19.171.545
2.400.000	Min	54.986	1.419.664	14.005	966.787	-414.996	19.171.545
2.400.000	Max	88.380	1.309.903	56.374	2.628.511	-955.097	18.700.810
2.400.000	Min	88.380	1.309.903	56.374	2.628.511	-955.097	18.700.810
2.666.667	Max	-153.489	1.516.672	-24.412	2.737.637	-2.477.077	-11.971.650
2.666.667	Min	-153.489	1.516.672	-24.412	2.737.637	-2.477.077	-11.971.650
2.666.667	Max	-119.892	1.520.022	-33.260	2.859.792	-3.324.208	-12.315.971
2.666.667	Min	-119.892	1.520.022	-33.260	2.859.792	-3.324.208	-12.315.971
2.933.333	Max	-335.514	1.666.380	-45.527	3.831.126	-4.549.257	-44.434.470
2.933.333	Min	-335.514	1.666.380	-45.527	3.831.126	-4.549.257	-44.434.470
2.933.333	Max	-270.981	1.638.731	-92.316	3.985.193	-5.490.947	-45.087.063
2.933.333	Min	-270.981	1.638.731	-92.316	3.985.193	-5.490.947	-45.087.063
3.200.000	Max	-440.174	1.699.992	-226.251	4.074.271	-2.529.229	-76.853.913
3.200.000	Min	-440.174	1.699.992	-226.251	4.074.271	-2.529.229	-76.853.913
3.200.000	Max	-422.405	-1.107.390	275.319	-695.605	-2.620.765	-76.891.269
3.200.000	Min	-422.405	-1.107.390	275.319	-695.605	-2.620.765	-76.891.269

Fuente: SAP2000

3.500.000 Max	-170.953	-1.045.069	107.541	-506.464	-5.305.754	-40.575.314
3.500.000 Min	-170.953	-1.045.069	107.541	-506.464	-5.305.754	-40.575.314
3.500.000 Max	-225.332	-1.078.901	67.293	-0,99707	-4.461.930	-39.983.606
3.500.000 Min	-225.332	-1.078.901	67.293	-0,99707	-4.461.930	-39.983.606
3.800.000 Max	70.981	-923.895	64.379	854.151	-2.888.098	-3.364.244
3.800.000 Min	70.981	-923.895	64.379	854.151	-2.888.098	-3.364.244
3.800.000 Max	41.495	-924.761	64.555	1.391.914	-2.092.978	-3.044.163
3.800.000 Min	41.495	-924.761	64.555	1.391.914	-2.092.978	-3.044.163
4.100.000 Max	342.786	-707.691	46.133	1.621.623	-759.643	30.978.885
4.100.000 Min	342.786	-707.691	46.133	1.621.623	-759.643	30.978.885
4.100.000 Max	322.523	-687.741	51.125	2.001.548	-249.796	31.320.131
4.100.000 Min	322.523	-687.741	51.125	2.001.548	-249.796	31.320.131
4.400.000 Max	588.941	-438.216	84.888	1.668.793	1.235.820	58.393.518
4.400.000 Min	588.941	-438.216	84.888	1.668.793	1.235.820	58.393.518
4.400.000 Max	584.656	-519.856	68.107	651.338	1.447.128	58.623.677
4.400.000 Min	584.656	-519.856	68.107	651.338	1.447.128	58.623.677
4.700.000 Max	756.522	-263.977	18.356	851.067	1.880.349	76.141.062
4.700.000 Min	756.522	-263.977	18.356	851.067	1.880.349	76.141.062
4.700.000 Max	761.273	-232.599	20.142	819.919	1.890.609	76.079.310
4.700.000 Min	761.273	-232.599	20.142	819.919	1.890.609	76.079.310
5.000.000 Max	865.711	24.906	10.974	1.051.661	2.448.499	85.002.325
5.000.000 Min	865.711	24.906	10.974	1.051.661	2.448.499	85.002.325
5.000.000 Max	877.675	57.351	12.606	1.051.593	2.356.316	84.875.069
5.000.000 Min	877.675	57.351	12.606	1.051.593	2.356.316	84.875.069
5.300.000 Max	894.194	313.619	0,8364	1.376.334	2.674.931	85.427.189
5.300.000 Min	894.194	313.619	0,8364	1.376.334	2.674.931	85.427.189
5.300.000 Max	902.923	346.772	21.527	1.548.975	2.578.783	85.314.990
5.300.000 Min	902.923	346.772	21.527	1.548.975	2.578.783	85.314.990
5.600.000 Max	835.234	605.313	85.622	2.026.358	2.600.855	77.047.405
5.600.000 Min	835.234	605.313	85.622	2.026.358	2.600.855	77.047.405
5.600.000 Max	875.442	732.740	16.809	1.584.339	2.435.489	76.999.114
5.600.000 Min	875.442	732.740	16.809	1.584.339	2.435.489	76.999.114
5.866.667 Max	661.326	970.939	0,6235	2.363.739	1.957.417	58.870.430
5.866.667 Min	661.326	970.939	0,6235	2.363.739	1.957.417	58.870.430
5.866.667 Max	639.995	1.000.193	20.132	2.512.738	1.821.983	58.928.119
5.866.667 Min	639.995	1.000.193	20.132	2.512.738	1.821.983	58.928.119
6.133.333 Max	356.314	1.238.735	19.437	2.846.205	1.035.734	33.259.059
6.133.333 Min	356.314	1.238.735	19.437	2.846.205	1.035.734	33.259.059
6.133.333 Max	340.110	1.271.841	34.084	3.086.883	958.168	33.373.851
6.133.333 Min	340.110	1.271.841	34.084	3.086.883	958.168	33.373.851
6.400.000 Max	38.298	1.505.704	-0,5666	2.564.631	-335.110	515.606
6.400.000 Min	38.298	1.505.704	-0,5666	2.564.631	-335.110	515.606

Fuente: SAP2000

Tabla 57. Parámetros de salida, momentos máximos y mínimos de las vigas interiores

Distance	ItemType	P	V2	V3	T	M2	M3
m		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
0.00000	Max	139.682	-823.226	62.277	3.167.646	-533.992	1.192.207
0.00000	Min	139.682	-823.226	62.277	3.167.646	-533.992	1.192.207
300.000	Max	137.985	-589.975	54.719	2.946.567	-467.163	41.487.726
300.000	Min	137.985	-589.975	54.719	2.946.567	-467.163	41.487.726
300.000	Max	154.056	-564.199	57.965	2.855.691	-588.025	41.305.342
300.000	Min	154.056	-564.199	57.965	2.855.691	-588.025	41.305.342
600.000	Max	175.780	-307.495	52.128	2.641.507	-532.918	69.918.637
600.000	Min	175.780	-307.495	52.128	2.641.507	-532.918	69.918.637
600.000	Max	177.436	-280.186	51.383	2.564.296	-742.029	69.826.429
600.000	Min	177.436	-280.186	51.383	2.564.296	-742.029	69.826.429
900.000	Max	162.956	-11.616	52.919	2.488.234	-663.487	87.015.248
900.000	Min	162.956	-11.616	52.919	2.488.234	-663.487	87.015.248
900.000	Max	153.461	26.763	64.778	2.541.707	-831.903	86.907.538
900.000	Min	153.461	26.763	64.778	2.541.707	-831.903	86.907.538
1.200.000	Max	158.008	322.482	134.226	2.848.163	-1.225.346	93.083.461
1.200.000	Min	158.008	322.482	134.226	2.848.163	-1.225.346	93.083.461
1.200.000	Max	162.626	231.437	55.861	1.742.927	-980.952	92.904.577
1.200.000	Min	162.626	231.437	55.861	1.742.927	-980.952	92.904.577
1.500.000	Max	177.351	499.411	48.630	1.727.886	-701.797	92.174.726
1.500.000	Min	177.351	499.411	48.630	1.727.886	-701.797	92.174.726
1.500.000	Max	202.477	528.431	58.355	1.656.735	-795.110	91.987.710
1.500.000	Min	202.477	528.431	58.355	1.656.735	-795.110	91.987.710
1.800.000	Max	245.683	799.320	54.329	1.480.331	-702.516	80.870.441
1.800.000	Min	245.683	799.320	54.329	1.480.331	-702.516	80.870.441
1.800.000	Max	255.493	830.769	51.263	1.432.781	-756.187	80.764.129
1.800.000	Min	255.493	830.769	51.263	1.432.781	-756.187	80.764.129
2.100.000	Max	245.537	1.106.207	39.210	1.381.135	-584.125	59.379.372
2.100.000	Min	245.537	1.106.207	39.210	1.381.135	-584.125	59.379.372
2.100.000	Max	222.414	1.140.400	37.139	1.334.706	-744.623	59.495.643
2.100.000	Min	222.414	1.140.400	37.139	1.334.706	-744.623	59.495.643
2.400.000	Max	158.561	1.427.955	39.669	929.272	-476.880	28.501.193
2.400.000	Min	158.561	1.427.955	39.669	929.272	-476.880	28.501.193
2.400.000	Max	123.587	1.653.741	34.590	2.372.952	-1.062.475	29.119.056
2.400.000	Min	123.587	1.653.741	34.590	2.372.952	-1.062.475	29.119.056
2.666.667	Max	29.865	1.921.787	-24.188	2.046.191	-653.481	-10.092.166
2.666.667	Min	29.865	1.921.787	-24.188	2.046.191	-653.481	-10.092.166
2.666.667	Max	-28.864	1.976.384	-30.744	2.154.922	-1.289.412	-9.341.187
2.666.667	Min	-28.864	1.976.384	-30.744	2.154.922	-1.289.412	-9.341.187
2.933.333	Max	-169.754	2.308.489	-51.364	2.715.411	-818.192	-53.706.406
2.933.333	Min	-169.754	2.308.489	-51.364	2.715.411	-818.192	-53.706.406
2.933.333	Max	-248.271	2.402.962	-69.727	3.079.923	-1.596.358	-52.891.432
2.933.333	Min	-248.271	2.402.962	-69.727	3.079.923	-1.596.358	-52.891.432
3.200.000	Max	-361.863	2.823.844	-144.894	3.619.165	1.381.724	-104.771.352
3.200.000	Min	-361.863	2.823.844	-144.894	3.619.165	1.381.724	-104.771.352
3.200.000	Max	-350.602	-1.865.922	234.820	444.430	1.365.197	-104.581.947
3.200.000	Min	-350.602	-1.865.922	234.820	444.430	1.365.197	-104.581.947

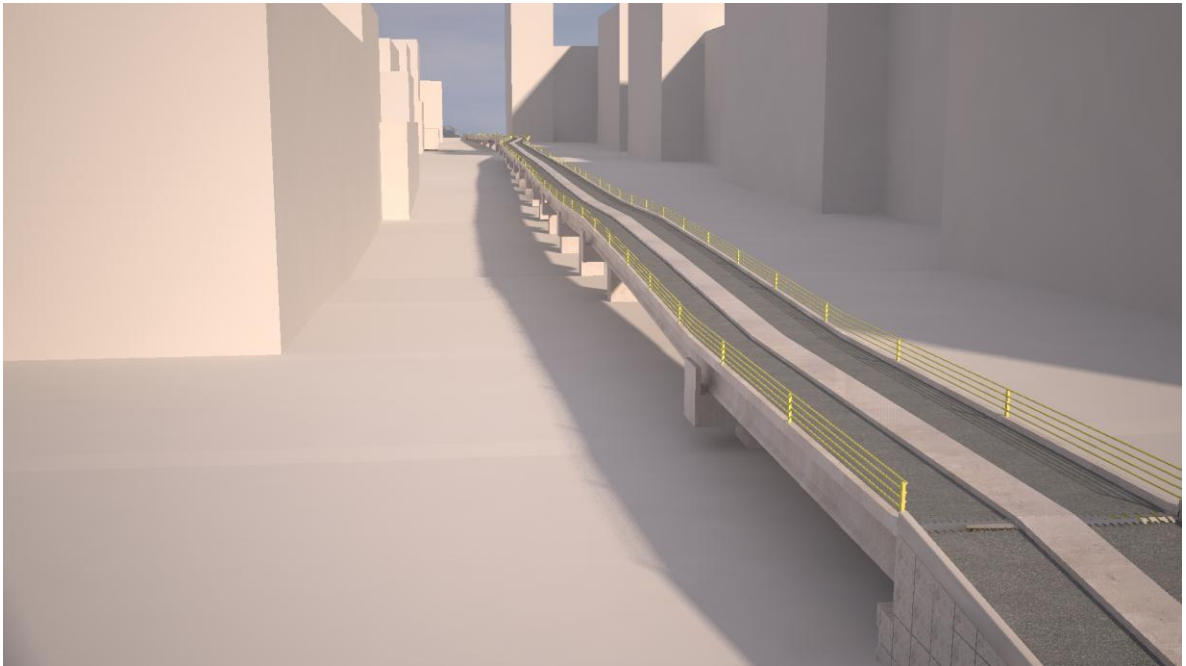
Fuente: SAP2000

3.500.000 Max	-259.764	-1.491.235	123.693	987.618	-1.678.743	-47.939.521
3.500.000 Min	-259.764	-1.491.235	123.693	987.618	-1.678.743	-47.939.521
3.500.000 Max	-180.793	-1.416.560	106.439	1.327.419	-930.058	-48.754.826
3.500.000 Min	-180.793	-1.416.560	106.439	1.327.419	-930.058	-48.754.826
3.800.000 Max	-25.733	-1.084.034	87.718	1.861.333	-1.311.308	-547.688
3.800.000 Min	-25.733	-1.084.034	87.718	1.861.333	-1.311.308	-547.688
3.800.000 Max	38.051	-1.035.496	82.420	2.046.622	-666.352	-1.246.176
3.800.000 Min	38.051	-1.035.496	82.420	2.046.622	-666.352	-1.246.176
4.100.000 Max	125.102	-741.376	71.766	2.239.718	-948.016	38.564.147
4.100.000 Min	125.102	-741.376	71.766	2.239.718	-948.016	38.564.147
4.100.000 Max	154.496	-701.582	71.839	2.292.396	-550.698	38.098.891
4.100.000 Min	154.496	-701.582	71.839	2.292.396	-550.698	38.098.891
4.400.000 Max	208.443	-406.102	102.249	2.290.958	-883.347	67.295.570
4.400.000 Min	208.443	-406.102	102.249	2.290.958	-883.347	67.295.570
4.400.000 Max	220.865	-397.316	70.959	1.800.449	-679.959	66.931.174
4.400.000 Min	220.865	-397.316	70.959	1.800.449	-679.959	66.931.174
4.700.000 Max	240.483	-139.843	29.760	1.594.454	-680.920	86.221.529
4.700.000 Min	240.483	-139.843	29.760	1.594.454	-680.920	86.221.529
4.700.000 Max	252.599	-115.237	27.419	1.467.797	-736.581	86.201.758
4.700.000 Min	252.599	-115.237	27.419	1.467.797	-736.581	86.201.758
5.000.000 Max	259.911	149.991	17.908	1.238.122	-682.983	94.967.311
5.000.000 Min	259.911	149.991	17.908	1.238.122	-682.983	94.967.311
5.000.000 Max	249.733	181.316	16.704	1.203.691	-780.558	95.084.927
5.000.000 Min	249.733	181.316	16.704	1.203.691	-780.558	95.084.927
5.300.000 Max	204.820	460.572	19.025	1.448.023	-668.730	93.828.409
5.300.000 Min	204.820	460.572	19.025	1.448.023	-668.730	93.828.409
5.300.000 Max	178.309	498.026	26.681	1.571.816	-684.039	93.972.041
5.300.000 Min	178.309	498.026	26.681	1.571.816	-684.039	93.972.041
5.600.000 Max	163.729	791.569	82.164	1.677.895	-825.884	81.338.006
5.600.000 Min	163.729	791.569	82.164	1.677.895	-825.884	81.338.006
5.600.000 Max	148.913	737.747	27.399	2.631.934	-1.261.730	81.510.138
5.600.000 Min	148.913	737.747	27.399	2.631.934	-1.261.730	81.510.138
5.866.667 Max	102.724	984.098	13.802	2.646.884	-652.690	64.311.472
5.866.667 Min	102.724	984.098	13.802	2.646.884	-652.690	64.311.472
5.866.667 Max	90.517	1.016.281	19.367	2.707.329	-558.241	64.477.361
5.866.667 Min	90.517	1.016.281	19.367	2.707.329	-558.241	64.477.361
6.133.333 Max	69.644	1.275.043	22.350	2.823.340	-396.429	37.603.165
6.133.333 Min	69.644	1.275.043	22.350	2.823.340	-396.429	37.603.165
6.133.333 Max	54.947	1.315.881	21.479	2.872.509	-433.928	37.700.287
6.133.333 Min	54.947	1.315.881	21.479	2.872.509	-433.928	37.700.287
6.400.000 Max	15.684	1.596.632	45.909	3.034.216	-821.600	299.776
6.400.000 Min	15.684	1.596.632	45.909	3.034.216	-821.600	299.776

Fuente: SAP2000

Se muestra en la imagen 23, una perspectiva del puente en la cual se puede observar la superestructura que está compuesta por los carriles, el tablero, el andén y las barandas. Esta imagen es el resultado del diseño estructura y geométrico que se obtuvo a partir de los cálculos de las combinaciones de carga que se establecen en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

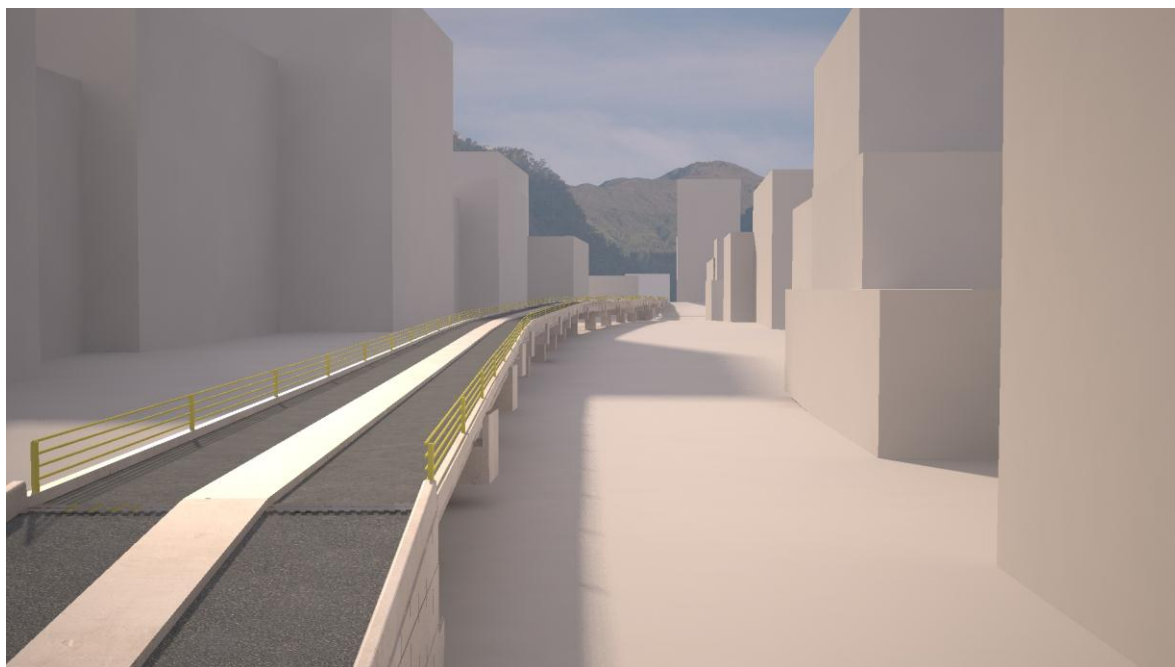
Imagen 23. Vista frontal del puente en 3D



Fuente: Propia

En la imagen 24 se presenta la vista de más elementos del puente, en donde se puede apreciar las columnas o pilas que soportaran y transmitirán las cargas a la cimentación. Es una imagen que muestra de cómo se vería la estructura de perfil por donde transitara el futuro tren ligero que me permitirá salvaguardar las intersecciones de la Calle 82, 84, 84 y Circunvalar con Calle 84, unas donde se evidencia un alto volumen vehicular.

Imagen 24. Vista lateral del puente en 3D



Fuente: Propia

En los planos estructurales, de detalles de costado y en planta dan a conocer otras características principales del puente, tales como cotas de algunas columnas o pilas de una sección de la estructura, esto se hizo con el fin de mostrar los resultados de la alternativa del diseño en superficie del terreno en donde esta localizo el puente que es en la Carrera 7^a entre Calle 79 y 86.

Dicho brevemente, en el capítulo 5. Andenes y Senderos Peatonales del Manual de Diseño geométrico de Carreteras³⁴, nos dice que el ancho mínimo que requiere una persona para movilizarse es de (0,75 m), pero el manual establece un ancho mínimo de (1,50 m) para que en caso de circulación de los peatones se tenga la facilidad de transitar fácilmente en dirección paralela al eje de la vía. En este caso del paso elevado del tren ligero, donde no habría circulación de peatones, se adoptó este ancho (1,50 m), el cual estará ubicado en el centro de esta estructura con el fin de atender los casos de emergencia que se puedan llegar a presentar por choques o descarrilamiento de los trenes y para la circulación del personal de mantenimiento.

³⁴ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2008. P. 165. Recuperado 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/gyJTbV>

Para el ancho del andén se tuvo en cuenta el Manual de Accesibilidad al Medio Físico y al Transporte³⁵, donde este establece un ancho mínimo de la franja de circulación peatonal de (1.20 m) libre de cualquier obstáculo y un ancho de franja de infraestructura de (0,30 m) que puede ser un poste de energía u otros obstáculo fijo.

Para el empalme en ambos costados del puente se recomienda que la estructura del andén se prolongue unos 30 metros más, que después de esta longitud con el empalme con el nivel del terreno se sugiere que se implemente una zona verde que a su vez funcionara como separador entre los dos carriles del tren o se le regrese este ancho a las zonas de peatones y ciclorutas.

Como medida para separar la calzada del flujo vehicular de la del tren ligero, se sugiere una estructura rígida o unas tachas, que les permitirá a los conductores visualizar la vía vehicular de la del tren ligero.

Sobre la estructura del puente se recomienda la utilización de durmientes en concreto o acero y que estarán atornillados para generar una mayor estabilidad en los rieles. Por otro lado no se recomienda la utilización de material granular para la base de los durmientes debido a que generara una mayor carga sobre la estructura del puente.

³⁵ Ministerio de Transporte. Manual de Accesibilidad al Medio Físico y al Transporte. Universidad Nacional de Colombia, Sede Santafé de Bogotá, Facultad de Artes. p. 11. Recuperado el 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/b0cSZb>

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tras haber analizado e interpretado los resultados cuantitativos y cualitativos de la presente investigación, en este capítulo expondremos de manera detallada las análisis finales relacionada con la pregunta ¿Cuál es la alternativa de pre diseño de paso para el tren ligero de la carrera 7ª, sector calle 79 a 86 que, aprovechando las condiciones topográficas y geométricas de la vía y las intersecciones, permita minimizar interferencias con tráfico vehicular y peatonal?

En relación con la pregunta de investigación podemos iniciar diciendo que después de verificar las características topográficas y geométricas de la Carrera 7ª e intersecciones entre la Calle 79 y Calle 86, para conocer las condiciones favorables a la construcción de paso elevado para el tren ligero, con mínima afectación del tráfico peatonal y vehicular. La intersección de la Calle 84 es la que presenta mayor congestiones vehiculares, debido a que por el corredor de la séptima hacia al norte con una distancia no mayor a 100 metros se encuentra la intersección de la Calle 85, que genera un flujo vehicular discontinuo, provocado por la regulación del tránsito a través de semáforos que presentan cada acceso generando a su vez, la máxima capacidad vial y niveles de servicio medios.

De la misma forma, se resume un alto grado de problemas en el flujo vehicular, es decir los conductores no pueden realizar adelantamientos, no tienen espacio para cambiar de carril y usualmente los tiempos de recorrido se hacen más extensos, lo cual generaría más caos del ya existente. Ya que pudo advertir que en la intersección de la Circunvalar con Calle 84, para el acceso 3 un $NS = F$, está colapsado por el alto volumen vehicular en su mayor parte del día, es decir la capacidad de la vía es superada por la oferta de vehículos.

Así por ejemplo, se describieron los posibles problemas en las intersecciones de la 82 hasta la 84, donde después del análisis, en la intersección de la Calle 82, se registró una demora de 41,98 segundos que la califica con un $NS = D$, para la cual se puede afirmar que en esta se presenta un flujo estable, pero el acceso 2 presenta un nivel de servicio E, que es uno de los más bajos y donde se presenta un flujo con características más desfavorables, debido a que se generan muy bajas velocidades, el conductor tiene una percepción de inseguridad, no hay espacio para realizar adelantamientos, entre otros aspectos.

Así mismo, en la intersección de la Calle 84, los factores de hora de máxima demanda calificaron el flujo vehicular del acceso 1, 2 y 3 con factores de 0,94, 0,95 y 0,82 respectivamente, de los cuales se puede inferir que los accesos 1 y 2 presentan un flujo bueno y muy bueno, y el acceso 4 presenta un flujo regular, donde se observan características desfavorables en la circulación.

Además, la intersección de la Carrera 7ª con Calle 84, nos arrojó una demora de 31,54 segundos que la califica con un NS = D, a pesar de que tiene dos intersecciones a no más de 100 metros por el acceso norte y oriente, presenta un flujo dinámico para beneficio de los conductores. En el análisis estadístico se identificó que el carril que conduce desde la Carrera 7ª a la Circunvalar en sentido Sur-Oriente, en horas pico genera un gran represamiento implicando a intersecciones adyacentes.

En síntesis en relación a la capacidad vial y niveles de servicio que muestran unas condiciones inestables del flujo vehicular en las intersecciones analizadas, la construcción del puente para el futuro tren ligero generara una condición favorables frente al flujo vehicular, en consecuencia de que no se incrementarían los ciclos semafóricos y se presente un flujo más continuo de vehículos y personas.

Después de efectuar el pre-diseño estructural y geométrico del paso elevado para el tren LRT en la intersección Carrera 7ª con Calles 79 a la 86 y aledañas, minimizando interferencias vehiculares y peatonales en las intersecciones se puede concluir que en la intersección de la Calle 84 presenta características favorables, para la construcción de un paso a desnivel, se conoció el área de refuerzo que deben llevar este diseño, se obtuvo un área de 45,54 cm², donde es necesario 66 barras de (3/8") para cubrir este valor., se determinaron las dimensiones de la viga cabezal, el área de refuerzo de 447,86 cm², donde fueron necesarias 70 barras de (1 1/8") para cubrir el área de acero en la viga cabezal (Ver tabla 52). También se determinó una cantidad de 44 espaciados cada 20 cm, que se deben colocar para lograr una mayor resistencia del elemento y la estructura.

El uso del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras³⁶, determino que el gálibo para puentes sobre carreteras deberá tener como mínimo 5.0 m, con el fin de

³⁶ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2008. P. 200. Recuperado 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/gyJTbV>

permitir la circulación de vehículos de gran tamaño dentro de la Carrera 7ª, sector Calles 79 a 86, en su condición actual y ante un escenario futuro.

Se analizaron los factores de hora de máxima demanda para la intersección de la Circunvalar con Calle 84, donde se encontraron unos factores en el acceso 1, 2 y 4 de 0,86, 0,87 y 0,95 respectivamente. Estos factores nos indican que en el acceso 1 y 2 se presenta un flujo vehicular regular y el acceso 3 se genera un flujo excelente.

Así mismo, la intersección de la Circunvalar con Calle 84, se obtuvo una demora de 35,45 segundos que la califica con un NS = D. Teniendo en cuenta que la circunvalar está diseñada con dos carriles por sentido, registra un alto volumen vehicular generado de la y hacia La Calera, provocando en horas picos el aumentar del fenómeno de la congestión vehicular. Fue en esta intersección donde se identificó el acceso con el NS más desfavorable el F, que se dio en el acceso 3 con una demora de 55,30 segundo, esto nos lleva a inferir que el flujo en sentido Sur-Oriente supera la capacidad de la vía, es decir el número de vehículos que pueden transitar por este acceso es mayor a su capacidad vial.

En la última intersección que se analizo fue la de la Carrera 7ª con Calle 85, donde se obtuvieron factores de hora de máxima demanda para los accesos 1, 2 y 3 de 0,85, 0,96 y 0,86 respectivamente. De estos factores se identificó que el acceso 1 y 3 presentan un flujo regular y el acceso 2 un flujo vehicular muy bueno.

En pocas palabras, en la intersección de la Calle 85 se identificó una demora de 36,54 segundos que la califica con un NS = D, en su mayor efecto la principal causa de congestionamiento que se genera en esta intersección es la ubicación de una estación de gasolina que esta continua a esta, provocando así una disminución en la velocidad de los conductores para evitar un accidente.

Finalmente, según los aforos la composición vehicular de las intersecciones de la zona de estudio están dominada por la presencia del tipo de vehículos automóviles, seguida de los buses y las motos, aunque cabe aclarar que al convertir este tipo de vehículos a otra unidad, su porcentaje tiende a disminuir debido a que su factor de equivalencia es el más pequeño frente a los otros tipos de vehículos, que se debe porque ocupan un menor espacio en la vía.

Para el cálculo de los factores de correlación de estacionamientos y paradas de autobuses se tomó un valor de cero, por motivos de que en el momento en que se realizó el conteo de vehículos, no se tomó el registro de estos parámetros.

En el predimensionamiento del puente se tomó la decisión de adoptar una altura del galibo de (5,0 m), medida que permite el tránsito normal de los automóviles por las intersecciones que están debajo del puente y además no afectara a esté en futuras rehabilitaciones de la capa asfáltica de las vías.

De acuerdo a la Tabla 10. Factores de Hora de Máxima Demanda que califican el flujo vehicular, se identificó que los factor para los acceso 1, 2 y 3 de la intersección de la Carrera 7^a con Calle 82, arrojaron valores de 0,81, 0,92 y 0,90 respectivamente, de los cuales podemos decir que en el acceso 1, se presenta un flujo regular y el acceso 2 presenta un flujo con características buenas.

Se tomó la decisión de colocar rieles tipo I, debido a que junto con una capa de asfalto de (0,05 m) en la cual estarán soportados y atornillados pasando hasta la capa del tablero de concreto, presentaran características de disminución del ruido que generaría al paso de los trenes.

En la determinación del área del acero de refuerzo perpendicular al tráfico, el acero de la torta superior e inferior fueron diseñados con la cuantía mínima igual a $\rho=0,003333$, debido a que la calculada mediante la ecuación 12, arrojaba una por debajo de la mínima permitida.

Se determinó el área del acero para la torta superior del tablero, donde se identificó que colocando 160 barras de (5/8") cubrirá el área de 320,0 cm² valor arrojado en el cálculo, pero los espaciamiento con este número de barras superan el espaciamiento mínimo que es de 30 cm, por el cual se deben colocar 214 barran de (5/8") con espaciamientos de 30 cm.

Se determinó que la condición de refuerzo para la torta inferior del tablero, no cumple la condición de la ecuación 14, es decir el área obtenida en esta ecuación es mayor al 67%, por ende se toma el 67% del área de acero determinado para el refuerzo perpendicular al tráfico.

Se identificó que el número de barras calculadas para los dos nervios interiores y los dos exteriores no cubren toda la sección vertical del elemento, por ende se toma la decisión de adicionar 16 barras de (3/4") espaciadas cada 22.0 cm para

los nervios exteriores y 16 barra de (3/4") espaciadas 25.0 cm para los nervios interiores.

Se identificó que el área de refuerzo de los estribos, me generaba una cantidad de barras que al colocarlas superan el espaciamiento máximo permitido en el diseño que es de 50.0 cm. Teniendo en cuenta que el predimensionamiento del puente es para un tren ligero y donde debe primar la seguridad, se toma la decisión de colocar 160 barras de (1/2") que garantiza un espaciamiento entre barras de 40.0 cm, en cada nervio respectivamente y que está en el rango permitido.

Es importante resaltar que a nivel de terreno, se debe utilizar un separador que generalmente es una zona verde o zona dura implementada para separar la infraestructura del tren con la de los vehículos. Este separador se ubica paralelo al eje de la vía, en la zona o franja donde se divide la vía o calzada de los sistemas de transporte.

Habiendo analizado los mapas topográficos de la zona y las características del tránsito a partir de los aforos vehiculares, se puede concluir, basado en los resultados de esta investigación que si es posible el predimensionamiento de un paso elevado para el futuro tren en la Carrera 7ª, sector Calle 79 a 86, que traerá como beneficio una mayor eficiencia para este sistema de transporte masivo, porque es una zona de alta presencia vehicular y peatonal.

9. CONCLUSIONES

Según el estudio que hizo en el perfil longitudinal de la Carrera 7ª, con referencia a las características topográficas del terreno entre la Calle 79 y 86, este presenta condiciones favorables para la construcción de un paso elevado para el futuro tren ligero y que aparentemente disminuiría la interferencia con el flujo vehicular y peatonal.

Por cuestiones de limitaciones, no se tomaron datos mientras se desarrollaba esta investigación, motivo por el cual se utilizó información de la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá, fechados el día lunes 4 de marzo y 15 de Abril del 2013 y Sábado 2 de Noviembre del 2013.

Para determinar los resultados de Capacidad y Niveles de Servicio de las intersecciones de la Carrera 7ª con Calles 82, 84, 85 y Circunvalar con Calle 84, se identifican todos los elementos o variables y factores internos y externos para lograr el desarrollo de la metodología planteada por esta investigación.

Según el estudio de tránsito que se hizo en esta investigación a partir de los aforos facilitados por la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá, se da a conocer que las intersecciones de las Calle 82, 84, 85 y Circunvalar con Calle 84 presentan problemas de congestión vehicular a lo largo de las horas del día.

Por consecuencia de lo dicho anteriormente, se hace necesario un estudio más detallado de tránsito para escenarios futuros, debido a que se van a disminuir los números de carriles para la circulación de vehículos con la construcción del futuro tren ligero, o cualquier otro modo de transporte masivo como Transmilenio, caso del cual se puede inferir que agudizara el fenómeno de la congestión en las intersecciones de estudio y demás.

En el capítulo anterior del predimensionamiento estructural y geométrico del puente, da a conocer un paso a paso del prediseño estructural para el puente viga del tren ligero en la Carrera 7ª con Calle 84, teniendo en cuenta los parámetros y especificaciones mínimas que establece Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD – CCP14 y la Norma Sismo Resistente NSR-10.

Por otra parte se mayor el factor de la carga viva vehicular (LL) y por incremento de carga dinámica vehicular (IM) de 1,75 a 2,30 en la ecuación de momento

último, para el modelo en SAP2000, con el objetivo se simular todas las consideraciones de cargas posibles establecidas por AASHTO.

Finalmente se debe mencionar que para garantizar un correcto funcionamiento de la estructura se deben adelantar estudios más detallados en el campo de la geología, topografía, hidrología, hidráulica, sismos, estudio de tránsito proyectados a escenarios futuros, impacto socioeconómicos, entre otros.

10. RECOMENDACIONES

Se sugiere según el análisis de tránsito, un estudio más detallado de este para la implementación de un sistema de transporte masivo por la Carrera 7ª, ya sea una línea para el tren ligero o Transmilenio, para tal efecto se deberá disminuir el número de carriles que tienen en la actualidad los vehículos. Se evidencio en el capítulo de capacidad y niveles de servicio que el flujo vehicular presentan características desfavorables y partiendo de este supuesto, con la construcción en un futuro de uno de los modos de transporte mencionado, causara un impacto aparente y netamente negativo.

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) de Bogotá, ha planteado la construcción de un puente vehicular sobre la intersección de la Circunvalar con Calle 84 sentido Norte-Sur, con el objetivo de eliminar el flujo discontinuo que general los semáforos de dicha intersección en sentido Norte-Occidente, Sur-Norte y Occidente-Norte. En la imagen 18 se puede apreciar la intersección mencionada, De acuerdo a la propuesta planteada en esta investigación se sugiere y apoya la iniciativa de la construcción del puente sobre la Circunvalar, generando así la eliminación de dos semáforos que generan discontinuidad en flujo vehicular

Imagen 25. Circunvalar con Calle 84



Fuente: Archivo propio

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Mayor de Bogotá (2011). Proyecto Corredor Verde – Solución Urbana Integral Carrera 7ª. Bogotá Positiva 2008-2012. Recuperado el 5 de agosto de 2013 de [www. Transmilenio.gov.co](http://www.Transmilenio.gov.co).
- Alcaldía Mayor de Bogotá. Tratamiento del Corredor Carrera Séptima. Documento Técnico. Febrero de 2010
- Alcaldía mayor de Bogotá. Secretaria tránsito y transporte. Formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá D. C. Disponible en: <http://goo.gl/CLKxIQ>
- BLAÑÓN BLAZQUEZ, Luis. Niveles de Servicio. Trafico en Vías Interurbanas. Consultado 11 sep. 2015. Disponible en: <http://goo.gl/ziuoFe>
- BOCAREJO, Juan Pablo, et el. El tren ligero de la Carrera 7ª. Revisión de estudios preliminares y desafíos de implementación de un sistema de transporte masivo en la carrera 7ª en Bogotá. Universidad de los Andes.
- CAL, Rafael, MAYOR, R. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones, Octava edit. México, Enero 2007.
- Cámara de Comercio de Bogotá. Observatorio de movilidad. Reporte anual de movilidad 2014.
- Cárdenas R., F. Y Velásquez G., G.R., (2015) Intersecciones elevadas con aprovechamiento de condiciones topográficas en Carrera 7, Calles 32 a 100, Bogotá, para el tren ligero-LRT. Monografía Facultad de Ingeniería, Universidad La Gran Colombia, Bogotá.
- Carvajal-Osorio, H. (2015, febrero). Informe final del Proyecto BIM-FIC-FODESEP. Facultad de Ingeniería de la Universidad La Gran Colombia, Bogotá. 39 p.
- Carvajal-Osorio, H. (2005), Transeléctrico: Sistema eléctrico de transporte masivo para ciudades altas, *Mundo Eléctrico*, Vol. 19, No.
- CERQUERA ESCOBAR, Flor A. Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2007. Consultado 11 de Oct. 2015 Disponible en: <http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/48.pdf>
- COLOMBIA. ÁLCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, D. C. Decreto 520 (13, noviembre, 2013). Por el cual se establecen restricciones y condiciones para el tránsito de los vehículos de transporte de carga en el área urbana del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones. Bogotá D. C., 2013. N 5239.

Corredor, J.G. & Misat, J.A. (2013), Condiciones técnicas de estación elevada del sistema de transporte masivo avanzado de tren ligero-Corredor Carrera 7ª, Monografía Facultad de Ingeniería, Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia.

GEB – Grupo de Energía de Bogotá (2014).). El GEB y su apuesta por la ciudad del futuro. En: Foro Primer diálogo de energía y desarrollo: Innovación, energía y la ciudad del futuro. Bogotá, mayo 6. Universidad de los Andes y Fundación GEB .

HERRERA, Jerónimo. Puentes, Universidad Católica de Colombia. Bogotá 1996.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2008. Recuperado 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/gyJTbV>

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14. Año 2014. Disponible en: <http://goo.gl/NL15le>

Manual de Capacidad de Carreteras. (Highway Capacity Manual). National Research Council, Washington. D. C. 1965. Disponible en: <https://goo.gl/uwobDN>

Ministerio de Transporte. Manual de Accesibilidad al Medio Físico y al Transporte. Universidad Nacional de Colombia, Sede Santafé de Bogotá, Facultad de Artes. p. 11. Recuperado el 17 de Septiembre de 2015 de <http://goo.gl/b0cSZb>

OCORÓ POSSÚ, Mayra A. Analisis de capacidad y niveles de servicio del corredor vial Cali – Jamundí. Universidad del Valle. Santiago de Cali, 2014. Disponible en: <http://goo.gl/9k3zlj>

Alcaldía Mayor de Bogotá. Presentación proyecto Metro Ligero de Bogotá. Mayo de 2012. Consultado el 20 sep. 2015. Diapositiva 21. Disponible en: <http://goo.gl/ljMCKC>

Revisión y concepto sobre los estudios del metro de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Marzo 2010., Consultado el 15 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://goo.gl/LiGcTS>

SANCHEZ FRANCESCONI, Jorge Humberto. Estimacion de la afectación de la capacidad en intersecciones semaforizadas como consecuencia del estado del pavimento. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2011, consultado 10 de octubre de 2015, disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3898/1/293239.2011.pdf>

SDM – Secretaría Distrital de Movilidad (2006 b). Proyecto Metro Ligero de Bogotá. Presentación Metro Ligero versión 2. Diapositivas (119). Recuperado el 15 de septiembre de 2013 de www.movilidad bogota.gov.co/?sec=402.

SEGURA FRANCO, Jorge Ignacio. ESTRUCTURAS DE CONCRETO I. Universidad Nacional de Colombia. Tablas para diseño método de la resistencia última. Séptima Edición. Octubre 2011. p. 576.

Sistema Vial y de Transporte. Secretaria de Hacienda. Consultado 11 de Oct. 2015. Disponible en: <http://goo.gl/L8TI1H>

Steer Davies Gleave. Revision, actualización y calibración del modelo de transporte de cuatro etapas de Bogotá y la región capital. Agosto de 2011.

TRUJULLO OROZCO, José Eusebio. Diseño de Puentes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander – 2009. Pág. 8.

VALLECILLA BAHENA, Carlos Ramiro. Curso de Puentes en Concreto, Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes – 1995.

VUCHIC, Vukan R. Urban Transit. Systems and Technology. Ballast, Ties, and Rails. Año 2007., p., 360

World Road Association Mondiale de la Route. Manual de túneles de carretera. Gálidos verticales. Disponible en: <http://tunnels.piarc.org/es/geometria/galibo-vertical.htm>

ANEXOS

Anexos 1. Aforos vehiculares de la intersección de la Calle 82

AFOROS VEHICULARES																				
INTERSECCIÓN	Carrera 7ª Nº 82			HORA INICIO				6:00				DÍA DE LA SEMANA				LUNES				
FECHA	15/04/13			HORA FINALIZACIÓN				17:00												
PERIODO	1				2				9(1)				9(3)				7			
	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS
6:00 - 6:15	140	12	3	18	123	59	5	61	2	1	0	0	1	0	0	0	16	3	0	1
6:15 - 6:30	186	23	4	19	134	65	2	43	5	1	0	1	10	0	0	2	17	1	1	4
6:30 - 6:45	227	32	2	25	183	61	3	66	8	0	0	0	15	1	0	0	31	3	0	4
6:45 - 7:00	240	22	0	23	204	66	4	58	4	0	0	0	14	0	0	0	28	5	1	7
7:00 - 7:15	231	14	3	22	270	39	2	63	9	0	1	0	13	0	1	0	30	1	1	3
7:15 - 7:30	236	11	2	23	264	31	2	50	4	0	0	2	22	0	1	0	35	0	0	7
7:30 - 7:45	218	17	2	28	269	47	2	43	11	0	0	3	25	0	0	1	51	0	0	5
7:45 - 8:00	230	12	2	13	225	33	2	44	9	0	0	2	33	0	0	0	38	0	0	5
8:00 - 8:15	163	16	0	28	276	50	2	56	5	0	0	0	30	0	0	1	39	0	1	9
8:15 - 8:30	212	23	3	20	284	59	9	35	3	0	0	2	24	0	1	1	37	0	1	3
8:30 - 8:45	309	33	1	19	294	45	2	54	13	0	0	0	24	0	0	0	45	0	1	4
8:45 - 9:00	237	21	1	15	317	40	3	46	7	0	0	0	26	0	0	1	47	0	1	8
9:00 - 9:15	253	14	3	22	264	34	3	62	9	0	0	1	24	0	0	0	45	0	2	9
9:15 - 9:30	264	10	0	27	258	34	4	46	14	0	0	2	16	0	0	2	48	0	2	5
9:30 - 9:45	270	13	3	34	275	45	8	49	11	0	0	4	19	0	0	2	48	0	2	6
9:45 - 10:00	173	16	5	16	280	36	6	55	16	0	0	5	24	0	0	2	41	0	1	8
10:00 - 10:15	195	14	6	27	306	37	8	43	7	0	0	3	18	0	0	0	40	1	1	1
10:15 - 10:30	189	20	5	23	270	38	7	57	10	0	0	2	21	0	0	3	43	1	2	6
10:30 - 10:45	182	15	3	30	314	30	2	63	14	0	0	0	21	0	0	3	55	0	3	5
10:45 - 11:00	188	13	4	37	282	38	6	53	16	0	1	0	28	0	1	0	45	0	2	7
11:00 - 11:15	183	16	7	36	279	33	8	51	15	0	0	5	19	0	0	1	50	1	1	6
11:15 - 11:30	190	14	4	24	314	29	5	54	5	0	0	2	18	0	0	2	48	0	1	5
11:30 - 11:45	218	12	7	33	278	45	5	42	12	0	0	2	17	0	1	3	54	0	2	3
11:45 - 12:00	203	15	7	38	314	33	4	52	8	0	0	0	24	0	0	2	44	0	1	7
12:00 - 12:15	201	17	3	25	295	36	4	55	16	0	0	3	16	0	0	0	59	2	1	8
12:15 - 12:30	211	14	1	34	328	25	3	38	10	0	0	2	14	0	0	0	63	0	2	7
12:30 - 12:45	212	12	4	34	327	36	3	41	13	0	0	0	17	0	0	0	66	0	2	3
12:45 - 13:00	206	9	2	30	338	42	4	29	14	0	0	0	10	0	0	0	76	0	1	9
13:00 - 13:15	153	11	1	28	377	34	6	41	19	0	0	1	15	0	0	0	60	1	1	8
13:15 - 13:30	207	20	2	26	351	41	11	51	14	0	0	2	16	0	1	1	66	0	2	2
13:30 - 13:45	167	20	2	28	315	40	6	33	8	0	1	4	20	0	1	1	55	0	2	6
13:45 - 14:00	190	14	1	22	320	42	7	28	10	0	0	1	21	0	0	2	45	0	1	8
14:00 - 14:15	187	11	3	28	312	46	9	23	13	0	0	3	24	0	0	2	50	1	2	5
14:15 - 14:30	160	9	3	30	352	41	6	24	13	0	1	3	15	0	0	3	71	1	1	5
14:30 - 14:45	198	15	3	41	367	37	5	46	12	0	0	5	23	0	0	6	61	0	0	10
14:45 - 15:00	185	15	5	34	384	50	4	44	16	0	0	1	20	0	0	5	61	1	1	12
15:00 - 15:15	176	16	3	48	349	37	3	48	15	0	0	2	19	0	0	3	56	0	2	10
15:15 - 15:30	182	14	3	37	340	37	5	57	12	0	2	2	28	0	0	3	47	0	2	4
15:30 - 15:45	187	12	6	42	319	41	3	48	11	0	1	2	19	0	0	2	50	0	1	6
15:45 - 16:00	174	19	4	30	352	40	6	61	12	0	0	0	17	1	0	5	45	3	2	8
16:00 - 16:15	142	12	4	34	349	49	3	43	13	0	0	2	15	0	1	5	60	2	2	10
16:15 - 16:30	156	13	2	50	298	24	2	22	8	0	0	1	17	1	0	2	56	1	0	9
16:30 - 16:45	175	25	4	40	387	28	7	19	12	0	0	3	18	0	3	10	63	0	2	7
16:45 - 17:00	174	21	5	50	397	28	7	25	6	0	0	1	17	0	0	3	52	3	0	18

Anexos 2. Equivalencia en autos de los aforos en la calle 82

EQUIVALENTES EN AUTOS																				
PERIODO	1				2				9(1)				9(3)				7			
	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS
6:00 - 6:15	140	36	9	18	123	177	15	61	2	3	0	0	1	0	0	0	16	9	0	1
6:15 - 6:30	186	69	12	19	134	195	6	43	5	3	0	1	10	0	0	2	17	3	3	4
6:30 - 6:45	227	96	6	25	183	183	9	66	8	0	0	0	15	3	0	0	31	9	0	4
6:45 - 7:00	240	66	0	23	204	198	12	58	4	0	0	0	14	0	0	0	28	15	3	7
7:00 - 7:15	231	42	9	22	270	117	6	63	9	0	3	0	13	0	3	0	30	3	3	3
7:15 - 7:30	236	33	6	23	264	93	6	50	4	0	0	2	22	0	3	0	35	0	0	7
7:30 - 7:45	218	51	6	28	269	141	6	43	11	0	0	3	25	0	0	1	51	0	0	5
7:45 - 8:00	230	36	6	13	225	99	6	44	9	0	0	2	33	0	0	0	38	0	0	5
8:00 - 8:15	163	48	0	28	276	150	6	56	5	0	0	0	30	0	0	1	39	0	3	9
8:15 - 8:30	212	69	9	20	284	177	27	35	3	0	0	2	24	0	3	1	37	0	3	3
8:30 - 8:45	309	99	3	19	294	135	6	54	13	0	0	0	24	0	0	0	45	0	3	4
8:45 - 9:00	237	63	3	15	317	120	9	46	7	0	0	0	26	0	0	1	47	0	3	8
9:00 - 9:15	253	42	9	22	264	102	9	62	9	0	0	1	24	0	0	0	45	0	6	9
9:15 - 9:30	264	30	0	27	258	102	12	46	14	0	0	2	16	0	0	2	48	0	6	5
9:30 - 9:45	270	39	9	34	275	135	24	49	11	0	0	4	19	0	0	2	48	0	6	6
9:45 - 10:00	173	48	15	16	280	108	18	55	16	0	0	5	24	0	0	2	41	0	3	8
10:00 - 10:15	195	42	18	27	306	111	24	43	7	0	0	3	18	0	0	0	40	3	3	1
10:15 - 10:30	189	60	15	23	270	114	21	57	10	0	0	2	21	0	0	3	43	3	6	6
10:30 - 10:45	182	45	9	30	314	90	6	63	14	0	0	0	21	0	0	3	55	0	9	5
10:45 - 11:00	188	39	12	37	282	114	18	53	16	0	3	0	28	0	3	0	45	0	6	7
11:00 - 11:15	183	48	21	36	279	99	24	51	15	0	0	5	19	0	0	1	50	3	3	6
11:15 - 11:30	190	42	12	24	314	87	15	54	5	0	0	2	18	0	0	2	48	0	3	5
11:30 - 11:45	218	36	21	33	278	135	15	42	12	0	0	2	17	0	3	3	54	0	6	3
11:45 - 12:00	203	45	21	38	314	99	12	52	8	0	0	0	24	0	0	2	44	0	3	7
12:00 - 12:15	201	51	9	25	295	108	12	55	16	0	0	3	16	0	0	0	59	6	3	8
12:15 - 12:30	211	42	3	34	328	75	9	38	10	0	0	2	14	0	0	0	63	0	6	7
12:30 - 12:45	212	36	12	34	327	108	9	41	13	0	0	0	17	0	0	0	66	0	6	3
12:45 - 13:00	206	27	6	30	338	126	12	29	14	0	0	0	10	0	0	0	76	0	3	9
13:00 - 13:15	153	33	3	28	377	102	18	41	19	0	0	1	15	0	0	0	60	3	3	8
13:15 - 13:30	207	60	6	26	351	123	33	51	14	0	0	2	16	0	3	1	66	0	6	2
13:30 - 13:45	167	60	6	28	315	120	18	33	8	0	3	4	20	0	3	1	55	0	6	6
13:45 - 14:00	190	42	3	22	320	126	21	28	10	0	0	1	21	0	0	2	45	0	3	8
14:00 - 14:15	187	33	9	28	312	138	27	23	13	0	0	3	24	0	0	2	50	3	6	5
14:15 - 14:30	160	27	9	30	352	123	18	24	13	0	3	3	15	0	0	3	71	3	3	5
14:30 - 14:45	198	45	9	41	367	111	15	46	12	0	0	5	23	0	0	6	61	0	0	10
14:45 - 15:00	185	45	15	34	384	150	12	44	16	0	0	1	20	0	0	5	61	3	3	12
15:00 - 15:15	176	48	9	48	349	111	9	48	15	0	0	2	19	0	0	3	56	0	6	10
15:15 - 15:30	182	42	9	37	340	111	15	57	12	0	6	2	28	0	0	3	47	0	6	4
15:30 - 15:45	187	36	18	42	319	123	9	48	11	0	3	2	19	0	0	2	50	0	3	6
15:45 - 16:00	174	57	12	30	352	120	18	61	12	0	0	0	17	3	0	5	45	9	6	8
16:00 - 16:15	142	36	12	34	349	147	9	43	13	0	0	2	15	0	3	5	60	6	6	10
16:15 - 16:30	156	39	6	50	298	72	6	22	8	0	0	1	17	3	0	2	56	3	0	9
16:30 - 16:45	175	75	12	40	387	84	21	19	12	0	0	3	18	0	9	10	63	0	6	7
16:45 - 17:00	174	63	15	50	397	84	21	25	6	0	0	1	17	0	0	3	52	9	0	18

Anexos 3. Volúmenes direccionales por movimientos en la Calle 82

VOLÚMENES DIRECCIONALES POR MOVIMIENTOS EQUIVALENTES EN AUTOS					
PERIODO	1	2	9(1)	9(3)	7
6:00 - 6:15	203	376	5	1	26
6:15 - 6:30	286	378	9	12	27
6:30 - 6:45	354	441	8	18	44
6:45 - 7:00	329	472	4	14	53
7:00 - 7:15	304	456	12	16	39
7:15 - 7:30	298	413	6	25	42
7:30 - 7:45	303	459	14	26	56
7:45 - 8:00	285	374	11	33	43
8:00 - 8:15	239	488	5	31	51
8:15 - 8:30	310	523	5	28	43
8:30 - 8:45	430	489	13	24	52
8:45 - 9:00	318	492	7	27	58
9:00 - 9:15	326	437	10	24	60
9:15 - 9:30	321	418	16	18	59
9:30 - 9:45	352	483	15	21	60
9:45 - 10:00	252	461	21	26	52
10:00 - 10:15	282	484	10	18	47
10:15 - 10:30	287	462	12	24	58
10:30 - 10:45	266	473	14	24	69
10:45 - 11:00	276	467	19	31	58
11:00 - 11:15	288	453	20	20	62
11:15 - 11:30	268	470	7	20	56
11:30 - 11:45	308	470	14	23	63
11:45 - 12:00	307	477	8	26	54
12:00 - 12:15	286	470	19	16	76
12:15 - 12:30	290	450	12	14	76
12:30 - 12:45	294	485	13	17	75
12:45 - 13:00	269	505	14	10	88
13:00 - 13:15	217	538	20	15	74
13:15 - 13:30	299	558	16	20	74
13:30 - 13:45	261	486	15	24	67
13:45 - 14:00	257	495	11	23	56
14:00 - 14:15	257	500	16	26	64
14:15 - 14:30	226	517	19	18	82
14:30 - 14:45	293	539	17	29	71
14:45 - 15:00	279	590	17	25	79
15:00 - 15:15	281	517	17	22	72
15:15 - 15:30	270	523	20	31	57
15:30 - 15:45	283	499	16	21	59
15:45 - 16:00	273	551	12	25	68
16:00 - 16:15	224	548	15	23	82
16:15 - 16:30	251	398	9	22	68
16:30 - 16:45	302	511	15	37	76
16:45 - 17:00	302	527	7	20	79

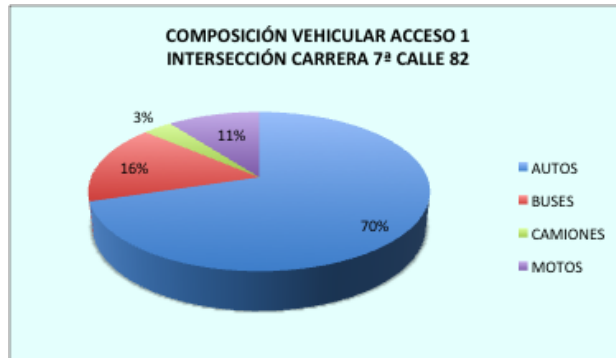
Anexos 4. Volúmenes direccionales por acceso en la Calle 82

VOLUMENES DIRECCIONALES POR ACCESOS						
PERIODO	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3
6:00 - 6:15	208	376	27			
6:15 - 6:30	295	378	39			
6:30 - 6:45	362	441	62			
6:45 - 7:00	333	472	67	1198	1667	195
7:00 - 7:15	316	456	55	1306	1747	223
7:15 - 7:30	304	413	67	1315	1782	251
7:30 - 7:45	317	459	82	1270	1800	271
7:45 - 8:00	296	374	76	1233	1702	280
8:00 - 8:15	244	488	82	1161	1734	307
8:15 - 8:30	315	523	71	1172	1844	311
8:30 - 8:45	443	489	76	1298	1874	305
8:45 - 9:00	325	492	85	1327	1992	314
9:00 - 9:15	336	437	84	1419	1941	316
9:15 - 9:30	337	418	77	1441	1836	322
9:30 - 9:45	367	483	81	1365	1830	327
9:45 - 10:00	273	461	78	1313	1799	320
10:00 - 10:15	292	484	65	1269	1846	301
10:15 - 10:30	299	462	82	1231	1890	306
10:30 - 10:45	280	473	93	1144	1880	318
10:45 - 11:00	295	467	89	1166	1886	329
11:00 - 11:15	308	453	82	1182	1855	346
11:15 - 11:30	275	470	76	1158	1863	340
11:30 - 11:45	322	470	86	1200	1860	333
11:45 - 12:00	315	477	80	1220	1870	324
12:00 - 12:15	305	470	92	1217	1887	334
12:15 - 12:30	302	450	90	1244	1867	348
12:30 - 12:45	307	485	92	1229	1882	354
12:45 - 13:00	283	505	98	1197	1910	372
13:00 - 13:15	237	538	89	1129	1978	369
13:15 - 13:30	315	558	94	1142	2086	373
13:30 - 13:45	276	486	91	1111	2087	372
13:45 - 14:00	268	495	79	1096	2077	353
14:00 - 14:15	273	500	90	1132	2039	354
14:15 - 14:30	245	517	100	1062	1998	360
14:30 - 14:45	310	539	100	1096	2051	369
14:45 - 15:00	296	590	104	1124	2146	394
15:00 - 15:15	298	517	94	1149	2163	398
15:15 - 15:30	290	523	88	1194	2169	386
15:30 - 15:45	299	499	80	1183	2129	366
15:45 - 16:00	285	551	93	1172	2090	355
16:00 - 16:15	239	548	105	1113	2121	366
16:15 - 16:30	260	398	90	1083	1996	368
16:30 - 16:45	317	511	113	1101	2008	401
16:45 - 17:00	309	527	99	1125	1984	407

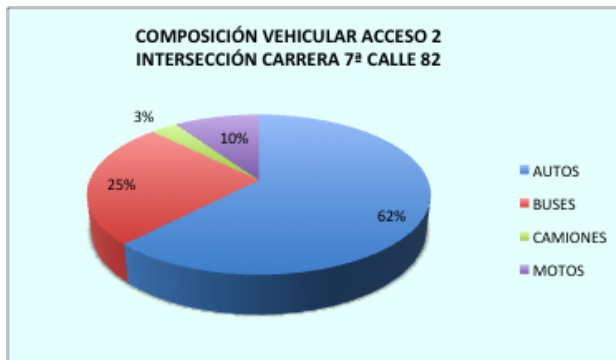
Anexos 5. Volumen vehicular mixto en la intersección de la Calle 82

TOTAL INTERSECCIÓN		
PERIODO	EQUIVALENTES EN AUTOS	
6:00 - 6:15	611	
6:15 - 6:30	712	
6:30 - 6:45	865	
6:45 - 7:00	872	3060
7:00 - 7:15	827	3276
7:15 - 7:30	784	3348
7:30 - 7:45	858	3341
7:45 - 8:00	746	3215
8:00 - 8:15	814	3202
8:15 - 8:30	909	3327
8:30 - 8:45	1008	3477
8:45 - 9:00	902	3633
9:00 - 9:15	857	3676
9:15 - 9:30	832	3599
9:30 - 9:45	931	3522
9:45 - 10:00	812	3432
10:00 - 10:15	841	3416
10:15 - 10:30	843	3427
10:30 - 10:45	846	3342
10:45 - 11:00	851	3381
11:00 - 11:15	843	3383
11:15 - 11:30	821	3361
11:30 - 11:45	878	3393
11:45 - 12:00	872	3414
12:00 - 12:15	867	3438
12:15 - 12:30	842	3459
12:30 - 12:45	884	3465
12:45 - 13:00	886	3479
13:00 - 13:15	864	3476
13:15 - 13:30	967	3601
13:30 - 13:45	853	3570
13:45 - 14:00	842	3526
14:00 - 14:15	863	3525
14:15 - 14:30	862	3420
14:30 - 14:45	949	3516
14:45 - 15:00	990	3664
15:00 - 15:15	909	3710
15:15 - 15:30	901	3749
15:30 - 15:45	878	3678
15:45 - 16:00	929	3617
16:00 - 16:15	892	3600
16:15 - 16:30	748	3447
16:30 - 16:45	941	3510
16:45 - 17:00	935	3516

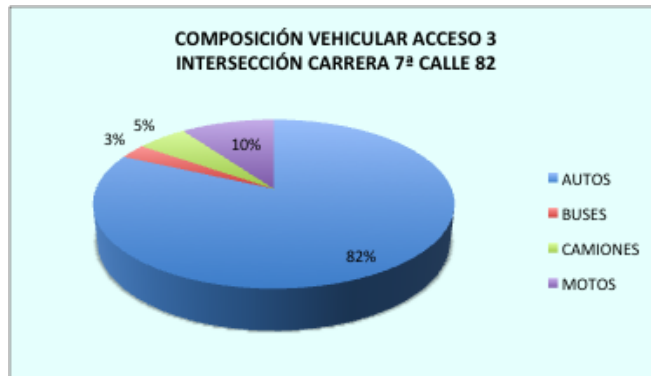
Anexos 6. Composición vehicular del acceso 1 de la Calle 82



Anexos 7. Composición vehicular del acceso 2 de la Calle 82



Anexos 8. Composición vehicular del acceso 3 de la Calle 82



Anexos 9. Factores externos e internos del acceso 1

TIEMPO DE VERDE PARA EL ACCESO 1 (s)		65
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	124
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,524
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	1172
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	2501
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,469

Anexos 10. Factores externos e internos del acceso 2

TIEMPO DE VERDE PARA EL ACCESO 2 (s)		50
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	124
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,403
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	1993
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	2561
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,779

Anexos 11. Factores externos e internos del acceso 3

TIEMPO DE VERDE PARA EL ACCESO 3 (s)		50
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	121
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,413
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	358
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	1224
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,293

Anexos 12. Aforos vehiculares de la intersección de la Calle 84

AFOROS VEHICULARES																				
INTERSECCIÓN	Carrera 7ª Nº 84			HORA INICIO	6:00				DÍA DE LA SEMANA	SABADO										
FECHA	2/11/13			HORA FINALIZACIÓN	20:00															
PERIODO	1				2				9(2)				9(4)				8			
	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS
6:00 - 6:15	47	9	3	13	20	8	1	2	27	8	7	11	2	0	0	1	1	3	0	3
6:15 - 6:30	65	8	2	12	19	10	1	6	42	7	5	17	0	0	1	0	9	4	0	6
6:30 - 6:45	105	18	5	23	35	13	1	20	32	15	4	15	1	1	0	0	11	2	1	8
6:45 - 7:00	149	15	1	17	44	12	2	22	48	10	5	22	2	0	0	3	9	2	0	5
7:00 - 7:15	116	18	2	12	49	8	1	15	32	11	4	20	3	0	0	2	8	3	1	1
7:15 - 7:30	166	10	4	18	62	10	1	16	41	10	3	17	1	0	1	0	7	2	0	3
7:30 - 7:45	203	18	7	23	70	9	0	9	54	9	1	13	2	0	0	0	14	2	0	4
7:45 - 8:00	356	14	4	36	107	9	3	7	48	12	4	16	4	0	0	0	17	6	0	7
8:00 - 8:15	295	21	5	30	111	14	3	11	55	11	4	7	3	0	0	0	21	4	2	7
8:15 - 8:30	284	21	5	36	97	6	2	7	54	8	6	14	2	0	0	1	23	2	2	7
8:30 - 8:45	283	21	6	25	115	15	4	17	62	12	7	12	8	0	0	0	17	7	0	3
8:45 - 9:00	321	13	6	22	117	14	0	14	76	9	3	20	2	0	0	0	23	4	1	9
9:00 - 9:15	287	17	10	38	119	14	2	11	59	10	9	19	1	0	0	0	23	2	0	1
9:15 - 9:30	284	16	6	22	122	15	2	8	69	9	5	11	4	0	0	0	33	7	0	5
9:30 - 9:45	308	12	2	39	114	10	4	16	41	8	5	13	3	0	0	1	27	4	2	2
9:45 - 10:00	293	15	4	26	129	7	3	17	66	7	4	12	5	0	0	1	22	1	0	6
10:00 - 10:15	340	14	7	37	151	11	1	15	52	9	1	16	11	0	0	0	23	5	2	5
10:15 - 10:30	342	14	5	27	127	10	6	11	68	9	3	15	8	0	0	1	19	1	1	3
10:30 - 10:45	336	18	13	26	167	12	1	11	62	8	7	8	4	0	0	1	26	4	1	8
10:45 - 11:00	324	16	8	30	162	10	3	14	71	7	4	20	7	0	0	0	17	6	1	7
11:00 - 11:15	314	15	7	43	135	9	1	18	55	6	4	14	5	0	0	1	17	1	0	3
11:15 - 11:30	325	16	15	27	150	12	1	15	75	8	4	19	7	0	0	1	14	5	0	4
11:30 - 11:45	366	17	8	29	157	16	3	17	64	6	3	12	5	0	0	2	21	9	1	7
11:45 - 12:00	340	14	6	44	135	10	1	15	73	10	9	11	5	0	0	2	23	4	1	2
12:00 - 12:15	379	16	2	56	178	11	0	17	98	9	2	22	3	0	0	1	19	3	1	5
12:15 - 12:30	397	15	5	74	181	11	4	17	73	6	5	26	3	0	0	2	19	3	2	5
12:30 - 12:45	339	11	7	67	137	6	1	10	100	8	2	13	7	0	1	2	20	2	0	3
12:45 - 13:00	395	9	6	61	121	7	2	16	80	5	9	14	5	0	0	1	18	4	0	6
13:00 - 13:15	376	13	11	46	177	9	0	17	97	10	5	26	10	0	0	0	16	5	0	5
13:15 - 13:30	401	12	5	68	148	13	5	10	95	10	2	15	3	0	0	1	20	5	0	3
13:30 - 13:45	339	10	6	53	199	7	0	7	101	8	3	19	7	0	0	2	23	3	0	6
13:45 - 14:00	335	14	5	47	132	5	0	17	99	13	3	28	7	0	0	1	18	1	0	4
14:00 - 14:15	326	9	4	44	192	6	1	8	94	8	3	23	5	0	0	1	16	1	2	4
14:15 - 14:30	281	7	2	46	185	8	1	7	99	9	1	37	3	0	0	1	26	7	0	4
14:30 - 14:45	308	16	4	32	148	8	3	7	96	12	1	20	3	0	0	1	24	0	0	1
14:45 - 15:00	303	18	3	32	145	6	1	6	87	9	0	21	8	0	0	0	19	3	0	4
15:00 - 15:15	287	13	3	38	132	9	1	16	93	6	1	14	9	0	0	0	20	2	0	3
15:15 - 15:30	256	13	2	35	159	6	2	11	87	8	2	27	6	0	0	0	17	4	0	6
15:30 - 15:45	295	13	1	34	151	8	2	7	85	12	2	13	7	0	0	1	17	4	1	7
15:45 - 16:00	326	9	2	32	156	5	0	8	95	11	1	23	12	0	0	0	21	0	0	1
16:00 - 16:15	288	11	2	31	173	5	0	8	95	12	0	20	4	0	0	0	14	3	0	4
16:15 - 16:30	269	14	2	33	154	9	1	6	88	11	1	19	10	0	0	0	16	3	1	1
16:30 - 16:45	267	12	1	36	130	6	2	9	89	8	2	25	6	0	0	2	28	2	0	4
16:45 - 17:00	258	13	1	34	168	7	0	8	85	14	2	19	10	0	0	1	17	6	0	4
17:00 - 17:15	311	8	0	17	153	4	0	12	95	14	3	26	4	0	0	0	24	4	0	6
17:15 - 17:30	285	9	3	37	137	8	3	8	98	12	1	27	5	0	0	1	21	5	0	2
17:30 - 17:45	277	3	1	33	152	7	0	11	80	13	0	19	9	0	0	0	29	4	0	2
17:45 - 18:00	285	5	2	19	167	7	0	15	91	14	1	24	8	0	0	2	17	8	0	3
18:00 - 18:15	272	5	2	27	125	7	2	9	94	12	0	22	6	0	0	0	23	6	0	6
18:15 - 18:30	276	5	0	27	138	3	2	12	103	8	1	29	10	0	0	1	25	4	1	2
18:30 - 18:45	270	5	3	22	143	5	0	9	104	11	0	18	10	0	0	0	21	1	0	2
18:45 - 19:00	270	6	1	21	155	10	2	13	88	15	2	36	11	0	0	3	15	4	0	3
19:00 - 19:15	236	6	2	22	142	7	1	8	95	13	1	36	8	0	0	0	21	5	0	7
19:15 - 19:30	233	8	0	22	120	5	0	9	94	12	0	23	9	0	0	0	14	4	1	2
19:30 - 19:45	226	2	0	17	90	4	1	2	88	8	2	27	6	0	0	0	13	3	0	2
19:45 - 20:00	224	4	1	14	103	3	1	3	98	12	0	26	6	0	0	0	13	5	0	5

Anexos 13. Equivalencia en autos de los aforos en la Calle 84

EQUIVALENTES EN AUTOS																				
PERIODO	1				2				9(2)				9(4)				8			
	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS
6:00 - 6:15	47	27	9	13	20	24	3	2	27	24	21	11	2	0	0	1	1	9	0	3
6:15 - 6:30	65	24	6	12	19	30	3	6	42	21	15	17	0	0	3	0	9	12	0	6
6:30 - 6:45	105	54	15	23	35	39	3	20	32	45	12	15	1	3	0	0	11	6	3	8
6:45 - 7:00	149	45	3	17	44	36	6	22	48	30	15	22	2	0	0	3	9	6	0	5
7:00 - 7:15	116	54	6	12	49	24	3	15	32	33	12	20	3	0	0	2	8	9	3	1
7:15 - 7:30	166	30	12	18	62	30	3	16	41	30	9	17	1	0	3	0	7	6	0	3
7:30 - 7:45	203	54	21	23	70	27	0	9	54	27	3	13	2	0	0	0	14	6	0	4
7:45 - 8:00	356	42	12	36	107	27	9	7	48	36	12	16	4	0	0	0	17	18	0	7
8:00 - 8:15	295	63	15	30	111	42	9	11	55	33	12	7	3	0	0	0	21	12	6	7
8:15 - 8:30	284	63	15	36	97	18	6	7	54	24	18	14	2	0	0	1	23	6	6	7
8:30 - 8:45	283	63	18	25	115	45	12	17	62	36	21	12	8	0	0	0	17	21	0	3
8:45 - 9:00	321	39	18	22	117	42	0	14	76	27	9	20	2	0	0	0	23	12	3	9
9:00 - 9:15	287	51	30	38	119	42	6	11	59	30	27	19	1	0	0	0	23	6	0	1
9:15 - 9:30	284	48	18	22	122	45	6	8	69	27	15	11	4	0	0	0	33	21	0	5
9:30 - 9:45	308	36	6	39	114	30	12	16	41	24	15	13	3	0	0	1	27	12	6	2
9:45 - 10:00	293	45	12	26	129	21	9	17	66	21	12	12	5	0	0	1	22	3	0	6
10:00 - 10:15	340	42	21	37	151	33	3	15	52	27	3	16	11	0	0	0	23	15	6	5
10:15 - 10:30	342	42	15	27	127	30	18	11	68	27	9	15	8	0	0	1	19	3	3	3
10:30 - 10:45	336	54	39	26	167	36	3	11	62	24	21	8	4	0	0	1	26	12	3	8
10:45 - 11:00	324	48	24	30	162	30	9	14	71	21	12	20	7	0	0	0	17	18	3	7
11:00 - 11:15	314	45	21	43	135	27	3	18	55	18	12	14	5	0	0	1	17	3	0	3
11:15 - 11:30	325	48	45	27	150	36	3	15	75	24	12	19	7	0	0	1	14	15	0	4
11:30 - 11:45	366	51	24	29	157	48	9	17	64	18	9	12	5	0	0	2	21	27	3	7
11:45 - 12:00	340	42	18	44	135	30	3	15	73	30	27	11	5	0	0	2	23	12	3	2
12:00 - 12:15	379	48	6	56	178	33	0	17	98	27	6	22	3	0	0	1	19	9	3	5
12:15 - 12:30	397	45	15	74	181	33	12	17	73	18	15	26	3	0	0	2	19	9	6	5
12:30 - 12:45	339	33	21	67	137	18	3	10	100	24	6	13	7	0	3	2	20	6	0	3
12:45 - 13:00	395	27	18	61	121	21	6	16	80	15	27	14	5	0	0	1	18	12	0	6
13:00 - 13:15	376	39	33	46	177	27	0	17	97	30	15	26	10	0	0	0	16	15	0	5
13:15 - 13:30	401	36	15	68	148	39	15	10	95	30	6	15	3	0	0	1	20	15	0	3
13:30 - 13:45	339	30	18	53	199	21	0	7	101	24	9	19	7	0	0	2	23	9	0	6
13:45 - 14:00	335	42	15	47	132	15	0	17	99	39	9	28	7	0	0	1	18	3	0	4
14:00 - 14:15	326	27	12	44	192	18	3	8	94	24	9	23	5	0	0	1	16	3	6	4
14:15 - 14:30	281	21	6	46	185	24	3	7	99	27	3	37	3	0	0	1	26	21	0	4
14:30 - 14:45	308	48	12	32	148	24	9	7	96	36	3	20	3	0	0	1	24	0	0	1
14:45 - 15:00	303	54	9	32	145	18	3	6	87	27	0	21	8	0	0	0	19	9	0	4
15:00 - 15:15	287	39	9	38	132	27	3	16	93	18	3	14	9	0	0	0	20	6	0	3
15:15 - 15:30	256	39	6	35	159	18	6	11	87	24	6	27	6	0	0	0	17	12	0	6
15:30 - 15:45	295	39	3	34	151	24	6	7	85	36	6	13	7	0	0	1	17	12	3	7
15:45 - 16:00	326	27	6	32	156	15	0	8	95	33	3	23	12	0	0	0	21	0	0	1
16:00 - 16:15	288	33	6	31	173	15	0	8	95	36	0	20	4	0	0	0	14	9	0	4
16:15 - 16:30	269	42	6	33	154	27	3	6	88	33	3	19	10	0	0	0	16	9	3	1
16:30 - 16:45	267	36	3	36	130	18	6	9	89	24	6	25	6	0	0	2	28	6	0	4
16:45 - 17:00	258	39	3	34	168	21	0	8	85	42	6	19	10	0	0	1	17	18	0	4
17:00 - 17:15	311	24	0	17	153	12	0	12	95	42	9	26	4	0	0	0	24	12	0	6
17:15 - 17:30	285	27	9	37	137	24	9	8	98	36	3	27	5	0	0	1	21	15	0	2
17:30 - 17:45	277	9	3	33	152	21	0	11	80	39	0	19	9	0	0	0	29	12	0	2
17:45 - 18:00	285	15	6	19	167	21	0	15	91	42	3	24	8	0	0	2	17	24	0	3
18:00 - 18:15	272	15	6	27	125	21	6	9	94	36	0	22	6	0	0	0	23	18	0	6
18:15 - 18:30	276	15	0	27	138	9	6	12	103	24	3	29	10	0	0	1	25	12	3	2
18:30 - 18:45	270	15	9	22	143	15	0	9	104	33	0	18	10	0	0	0	21	3	0	2
18:45 - 19:00	270	18	3	21	155	30	6	13	88	45	6	36	11	0	0	3	15	12	0	3
19:00 - 19:15	236	18	6	22	142	21	3	8	95	39	3	36	8	0	0	0	21	15	0	7
19:15 - 19:30	233	24	0	22	120	15	0	9	94	36	0	23	9	0	0	0	14	12	3	2
19:30 - 19:45	226	6	0	17	90	12	3	2	88	24	6	27	6	0	0	0	13	9	0	2
19:45 - 20:00	224	12	3	14	103	9	3	3	98	36	0	26	6	0	0	0	13	15	0	5

Anexos 14. Volúmenes direccionales por movimiento en la calle 84

VOLUMENES DIRECCIONALES POR MOVIMIENTOS EQUIVALENTES EN AUTOS					
PERIODO	1	2	9(2)	9(4)	8
6:00 - 6:15	96	49	83	3	13
6:15 - 6:30	107	58	95	3	27
6:30 - 6:45	197	97	104	4	28
6:45 - 7:00	214	108	115	5	20
7:00 - 7:15	188	91	97	5	21
7:15 - 7:30	226	111	97	4	16
7:30 - 7:45	301	106	97	2	24
7:45 - 8:00	446	150	112	4	42
8:00 - 8:15	403	173	107	3	46
8:15 - 8:30	398	128	110	3	42
8:30 - 8:45	389	189	131	8	41
8:45 - 9:00	400	173	132	2	47
9:00 - 9:15	406	178	135	1	30
9:15 - 9:30	372	181	122	4	59
9:30 - 9:45	389	172	93	4	47
9:45 - 10:00	376	176	111	6	31
10:00 - 10:15	440	202	98	11	49
10:15 - 10:30	426	186	119	9	28
10:30 - 10:45	455	217	115	5	49
10:45 - 11:00	426	215	124	7	45
11:00 - 11:15	423	183	99	6	23
11:15 - 11:30	445	204	130	8	33
11:30 - 11:45	470	231	103	7	58
11:45 - 12:00	444	183	141	7	40
12:00 - 12:15	489	228	153	4	36
12:15 - 12:30	531	243	132	5	39
12:30 - 12:45	460	168	143	12	29
12:45 - 13:00	501	164	136	6	36
13:00 - 13:15	494	221	168	10	36
13:15 - 13:30	520	212	146	4	38
13:30 - 13:45	440	227	153	9	38
13:45 - 14:00	439	164	175	8	25
14:00 - 14:15	409	221	150	6	29
14:15 - 14:30	354	219	166	4	51
14:30 - 14:45	400	188	155	4	25
14:45 - 15:00	398	172	135	8	32
15:00 - 15:15	373	178	128	9	29
15:15 - 15:30	336	194	144	6	35
15:30 - 15:45	371	188	140	8	39
15:45 - 16:00	391	179	154	12	22
16:00 - 16:15	358	196	151	4	27
16:15 - 16:30	350	190	143	10	29
16:30 - 16:45	342	163	144	8	38
16:45 - 17:00	334	197	152	11	39
17:00 - 17:15	352	177	172	4	42
17:15 - 17:30	358	178	164	6	38
17:30 - 17:45	322	184	138	9	43
17:45 - 18:00	325	203	160	10	44
18:00 - 18:15	320	161	152	6	47
18:15 - 18:30	318	165	159	11	42
18:30 - 18:45	316	167	155	10	26
18:45 - 19:00	312	204	175	14	30
19:00 - 19:15	282	174	173	8	43
19:15 - 19:30	279	144	153	9	31
19:30 - 19:45	249	107	145	6	24
19:45 - 20:00	253	118	160	6	33

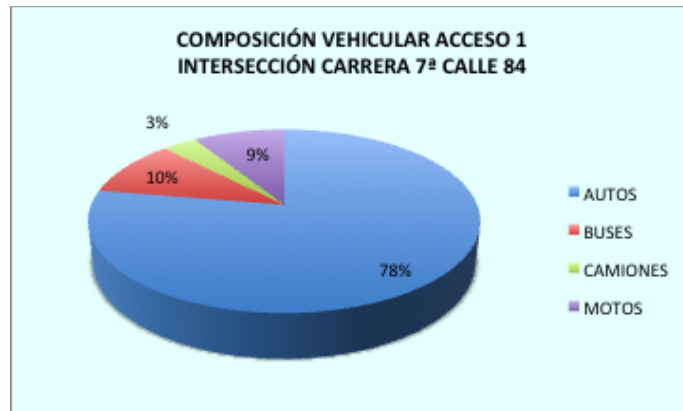
Anexos 15. Volúmenes direccionales por acceso en la Calle 84

VOLÚMENES DIRECCIONALES POR ACCESOS						
PERIODO	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 4	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 4
6:00 - 6:15	96	132	16			
6:15 - 6:30	107	153	30			
6:30 - 6:45	197	201	32			
6:45 - 7:00	214	223	25	614	709	103
7:00 - 7:15	188	188	26	706	765	113
7:15 - 7:30	226	208	20	825	820	103
7:30 - 7:45	301	203	26	929	822	97
7:45 - 8:00	446	262	46	1161	861	118
8:00 - 8:15	403	280	49	1376	953	141
8:15 - 8:30	398	238	45	1548	983	166
8:30 - 8:45	389	320	49	1636	1100	189
8:45 - 9:00	400	305	49	1590	1143	192
9:00 - 9:15	406	313	31	1593	1176	174
9:15 - 9:30	372	303	63	1567	1241	192
9:30 - 9:45	389	265	51	1567	1186	194
9:45 - 10:00	376	287	37	1543	1168	182
10:00 - 10:15	440	300	60	1577	1155	211
10:15 - 10:30	426	305	37	1631	1157	185
10:30 - 10:45	455	332	54	1697	1224	188
10:45 - 11:00	426	339	52	1747	1276	203
11:00 - 11:15	423	282	29	1730	1258	172
11:15 - 11:30	445	334	41	1749	1287	176
11:30 - 11:45	470	334	65	1764	1289	187
11:45 - 12:00	444	324	47	1782	1274	182
12:00 - 12:15	489	381	40	1848	1373	193
12:15 - 12:30	531	375	44	1934	1414	196
12:30 - 12:45	460	311	41	1924	1391	172
12:45 - 13:00	501	300	42	1981	1367	167
13:00 - 13:15	494	389	46	1986	1375	173
13:15 - 13:30	520	358	42	1975	1358	171
13:30 - 13:45	440	380	47	1955	1427	177
13:45 - 14:00	439	339	33	1893	1466	168
14:00 - 14:15	409	371	35	1808	1448	157
14:15 - 14:30	354	385	55	1642	1475	170
14:30 - 14:45	400	343	29	1602	1438	152
14:45 - 15:00	398	307	40	1561	1406	159
15:00 - 15:15	373	306	38	1525	1341	162
15:15 - 15:30	336	338	41	1507	1294	148
15:30 - 15:45	371	328	47	1478	1279	166
15:45 - 16:00	391	333	34	1471	1305	160
16:00 - 16:15	358	347	31	1456	1346	153
16:15 - 16:30	350	333	39	1470	1341	151
16:30 - 16:45	342	307	46	1441	1320	150
16:45 - 17:00	334	349	50	1384	1336	166
17:00 - 17:15	352	349	46	1378	1338	181
17:15 - 17:30	358	342	44	1386	1347	186
17:30 - 17:45	322	322	52	1366	1362	192
17:45 - 18:00	325	363	54	1357	1376	196
18:00 - 18:15	320	313	53	1325	1340	203
18:15 - 18:30	318	324	53	1285	1322	212
18:30 - 18:45	316	322	36	1279	1322	196
18:45 - 19:00	312	379	44	1266	1338	186
19:00 - 19:15	282	347	51	1228	1372	184
19:15 - 19:30	279	297	40	1189	1345	171
19:30 - 19:45	249	252	30	1122	1275	165
19:45 - 20:00	253	278	39	1063	1174	160

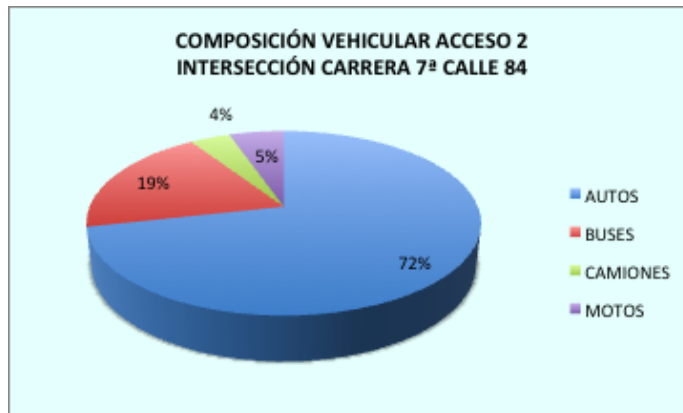
Anexos 16. Volumen vehicular mixto en la intersección de la Calle 84

TOTAL INTERSECCIÓN		
PERIODO	EQUIVALENTES EN AUTOS	
6:00 - 6:15	244	
6:15 - 6:30	290	
6:30 - 6:45	430	
6:45 - 7:00	462	1426
7:00 - 7:15	402	1584
7:15 - 7:30	454	1748
7:30 - 7:45	530	1848
7:45 - 8:00	754	2140
8:00 - 8:15	732	2470
8:15 - 8:30	681	2697
8:30 - 8:45	758	2925
8:45 - 9:00	754	2925
9:00 - 9:15	750	2943
9:15 - 9:30	738	3000
9:30 - 9:45	705	2947
9:45 - 10:00	700	2893
10:00 - 10:15	800	2943
10:15 - 10:30	768	2973
10:30 - 10:45	841	3109
10:45 - 11:00	817	3226
11:00 - 11:15	734	3160
11:15 - 11:30	820	3212
11:30 - 11:45	869	3240
11:45 - 12:00	815	3238
12:00 - 12:15	910	3414
12:15 - 12:30	950	3544
12:30 - 12:45	812	3487
12:45 - 13:00	843	3515
13:00 - 13:15	929	3534
13:15 - 13:30	920	3504
13:30 - 13:45	867	3559
13:45 - 14:00	811	3527
14:00 - 14:15	815	3413
14:15 - 14:30	794	3287
14:30 - 14:45	772	3192
14:45 - 15:00	745	3126
15:00 - 15:15	717	3028
15:15 - 15:30	715	2949
15:30 - 15:45	746	2923
15:45 - 16:00	758	2936
16:00 - 16:15	736	2955
16:15 - 16:30	722	2962
16:30 - 16:45	695	2911
16:45 - 17:00	733	2886
17:00 - 17:15	747	2897
17:15 - 17:30	744	2919
17:30 - 17:45	696	2920
17:45 - 18:00	742	2929
18:00 - 18:15	686	2868
18:15 - 18:30	695	2819
18:30 - 18:45	674	2797
18:45 - 19:00	735	2790
19:00 - 19:15	680	2784
19:15 - 19:30	616	2705
19:30 - 19:45	531	2562
19:45 - 20:00	570	2397

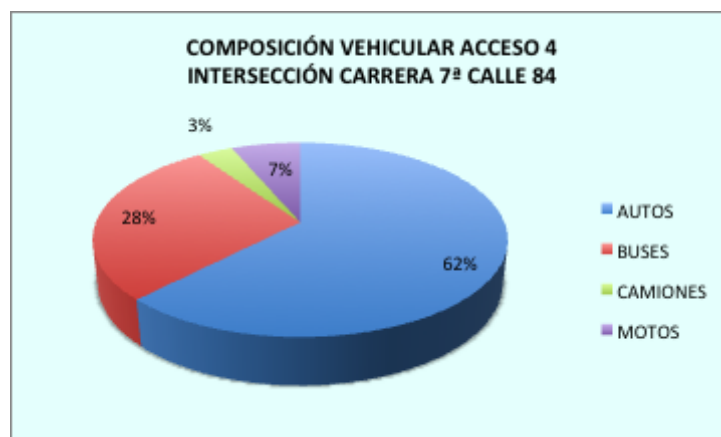
Anexos 17. Composición vehicular del acceso 1



Anexos 18. Composición vehicular del acceso 2



Anexos 19. Composición vehicular del acceso 4.



Anexos 20. Factores externos e internos del acceso 1

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 1 (s)		85
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	120
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,708
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	1857
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	3400
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,546

Anexos 21. Factores externos e internos del acceso 4

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 2 (s)		26
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	114
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,228
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	173
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	389
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,444

Anexos 22. Factores externos e internos del acceso 2

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 3 (s)		80
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	120
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,667
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	1398
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	2553
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,548

Anexos 23. Aforos vehiculares en la Circunvalar con Calle 84

AFOROS VEHICULARES																
INTERSECCIÓN	CIRCUNVALAR 7ª Nª 84			HORA INICIO	6:00			DÍA DE LA SEMANA			SABADO					
FECHA	2/11/13			HORA FINALIZACIÓN	20:00											
PERIODO	1				2				9(1)				7			
	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS
6:00 - 6:15	13	0	2	4	11	0	0	3	3	3	0	4	27	8	7	11
6:15 - 6:30	28	0	2	3	16	0	1	7	9	4	1	6	42	7	5	17
6:30 - 6:45	46	0	0	6	34	0	0	6	12	3	1	8	32	15	4	15
6:45 - 7:00	84	0	0	10	54	2	2	14	11	2	0	8	48	10	5	22
7:00 - 7:15	79	0	0	4	51	0	0	15	11	3	1	3	32	11	4	20
7:15 - 7:30	85	0	1	11	73	1	0	15	8	2	1	3	41	10	3	17
7:30 - 7:45	78	0	0	6	60	0	1	21	16	2	0	4	54	9	1	13
7:45 - 8:00	164	0	1	13	98	0	1	25	21	6	0	7	48	12	4	16
8:00 - 8:15	106	0	0	7	104	0	2	20	24	4	2	7	55	11	4	7
8:15 - 8:30	104	0	1	5	103	0	3	14	25	2	2	8	54	8	6	14
8:30 - 8:45	122	1	0	7	136	0	2	17	25	7	0	3	62	12	7	12
8:45 - 9:00	129	1	1	5	98	0	4	23	25	4	1	9	76	9	3	20
9:00 - 9:15	58	0	2	10	97	0	6	16	24	2	0	1	59	10	9	19
9:15 - 9:30	133	0	5	22	106	0	2	10	37	7	0	5	69	9	5	11
9:30 - 9:45	90	1	1	10	136	0	3	16	30	4	2	3	41	8	5	13
9:45 - 10:00	116	0	1	9	105	0	1	7	27	1	0	7	66	7	4	12
10:00 - 10:15	120	0	1	10	129	0	2	5	34	5	2	5	52	9	1	16
10:15 - 10:30	117	0	1	7	142	0	0	9	27	1	1	4	68	9	3	15
10:30 - 10:45	106	0	1	13	102	0	1	11	30	4	1	9	62	8	7	8
10:45 - 11:00	110	0	1	9	102	0	2	13	24	6	1	7	71	7	4	20
11:00 - 11:15	112	0	4	13	123	0	2	9	22	1	0	4	55	6	4	14
11:15 - 11:30	120	0	2	16	118	0	2	10	21	5	0	5	75	8	4	19
11:30 - 11:45	101	0	2	14	141	0	0	7	26	9	1	9	64	6	3	12
11:45 - 12:00	110	0	2	18	147	1	2	15	28	4	1	4	73	10	9	11
12:00 - 12:15	110	0	3	11	159	0	1	16	22	3	1	6	98	9	2	22
12:15 - 12:30	114	0	0	22	167	0	1	13	22	3	2	7	73	6	5	26
12:30 - 12:45	140	0	2	14	149	1	1	9	27	2	1	5	100	8	2	13
12:45 - 13:00	118	0	1	15	194	0	1	19	23	4	0	7	80	5	9	14
13:00 - 13:15	118	0	5	25	142	0	1	14	26	5	0	5	97	10	5	26
13:15 - 13:30	148	0	2	26	180	0	3	18	23	5	0	4	95	10	2	15
13:30 - 13:45	111	2	4	20	150	1	1	17	30	3	0	8	101	8	3	19
13:45 - 14:00	87	0	2	21	151	1	1	20	25	1	0	5	99	13	3	28
14:00 - 14:15	111	0	3	21	104	0	1	9	21	1	2	5	94	8	3	23
14:15 - 14:30	113	0	3	8	144	0	0	16	29	7	0	5	99	9	1	37
14:30 - 14:45	107	0	1	15	88	1	0	9	27	0	0	2	96	12	1	20
14:45 - 15:00	103	2	2	15	105	0	0	9	27	3	0	4	87	9	0	21
15:00 - 15:15	102	0	1	11	94	0	0	11	29	2	0	3	93	6	1	14
15:15 - 15:30	82	0	0	18	92	0	0	11	23	4	0	6	87	8	2	27
15:30 - 15:45	102	0	1	4	109	0	1	9	24	4	1	8	85	12	2	13
15:45 - 16:00	86	1	2	4	105	0	1	8	33	0	0	1	95	11	1	23
16:00 - 16:15	82	0	0	10	73	0	0	17	18	3	0	4	95	12	0	20
16:15 - 16:30	74	0	1	17	100	0	1	13	26	3	1	1	88	11	1	19
16:30 - 16:45	95	1	1	18	91	0	0	13	34	2	0	6	89	8	2	25
16:45 - 17:00	77	0	0	25	86	0	0	17	27	6	0	5	85	14	2	19
17:00 - 17:15	78	1	0	12	80	0	0	11	28	4	0	6	95	14	3	26
17:15 - 17:30	69	0	1	16	99	0	0	12	26	5	0	3	98	12	1	27
17:30 - 17:45	87	0	1	10	83	0	1	18	38	4	0	2	80	13	0	19
17:45 - 18:00	88	0	0	14	74	0	0	14	25	8	0	5	91	14	1	24
18:00 - 18:15	68	0	0	13	92	0	0	9	29	6	0	6	94	12	0	22
18:15 - 18:30	66	0	1	6	69	0	1	14	35	4	1	3	103	8	1	29
18:30 - 18:45	97	2	1	14	66	0	0	9	31	1	0	2	104	11	0	18
18:45 - 19:00	78	0	0	11	82	0	0	5	26	4	0	6	88	15	2	36
19:00 - 19:15	89	0	0	8	71	0	0	7	29	5	0	7	95	13	1	36
19:15 - 19:30	91	1	0	11	83	0	0	8	23	4	1	2	94	12	0	23
19:30 - 19:45	72	1	0	4	43	0	0	7	19	3	0	2	88	8	2	27
19:45 - 20:00	59	0	0	2	49	0	0	3	19	5	0	5	98	12	0	26

Anexos 24. Equivalencia en autos de los aforos en la Circunvarlar con Calle 84

EQUIVALENTES EN AUTOS																
PERIODO	1				2				9(1)				7			
	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS
6:00 - 6:15	13	0	6	4	11	0	0	3	3	9	0	4	27	24	21	11
6:15 - 6:30	28	0	6	3	16	0	3	7	9	12	3	6	42	21	15	17
6:30 - 6:45	46	0	0	6	34	0	0	6	12	9	3	8	32	45	12	15
6:45 - 7:00	84	0	0	10	54	6	6	14	11	6	0	8	48	30	15	22
7:00 - 7:15	79	0	0	4	51	0	0	15	11	9	3	3	32	33	12	20
7:15 - 7:30	85	0	3	11	73	3	0	15	8	6	3	3	41	30	9	17
7:30 - 7:45	78	0	0	6	60	0	3	21	16	6	0	4	54	27	3	13
7:45 - 8:00	164	0	3	13	98	0	3	25	21	18	0	7	48	36	12	16
8:00 - 8:15	106	0	0	7	104	0	6	20	24	12	6	7	55	33	12	7
8:15 - 8:30	104	0	3	5	103	0	9	14	25	6	6	8	54	24	18	14
8:30 - 8:45	122	3	0	7	136	0	6	17	25	21	0	3	62	36	21	12
8:45 - 9:00	129	3	3	5	98	0	12	23	25	12	3	9	76	27	9	20
9:00 - 9:15	58	0	6	10	97	0	18	16	24	6	0	1	59	30	27	19
9:15 - 9:30	133	0	15	22	106	0	6	10	37	21	0	5	69	27	15	11
9:30 - 9:45	90	3	3	10	136	0	9	16	30	12	6	3	41	24	15	13
9:45 - 10:00	116	0	3	9	105	0	3	7	27	3	0	7	66	21	12	12
10:00 - 10:15	120	0	3	10	129	0	6	5	34	15	6	5	52	27	3	16
10:15 - 10:30	117	0	3	7	142	0	0	9	27	3	3	4	68	27	9	15
10:30 - 10:45	106	0	3	13	102	0	3	11	30	12	3	9	62	24	21	8
10:45 - 11:00	110	0	3	9	102	0	6	13	24	18	3	7	71	21	12	20
11:00 - 11:15	112	0	12	13	123	0	6	9	22	3	0	4	55	18	12	14
11:15 - 11:30	120	0	6	16	118	0	6	10	21	15	0	5	75	24	12	19
11:30 - 11:45	101	0	6	14	141	0	0	7	26	27	3	9	64	18	9	12
11:45 - 12:00	110	0	6	18	147	3	6	15	28	12	3	4	73	30	27	11
12:00 - 12:15	110	0	9	11	159	0	3	16	22	9	3	6	98	27	6	22
12:15 - 12:30	114	0	0	22	167	0	3	13	22	9	6	7	73	18	15	26
12:30 - 12:45	140	0	6	14	149	3	3	9	27	6	3	5	100	24	6	13
12:45 - 13:00	118	0	3	15	194	0	3	19	23	12	0	7	80	15	27	14
13:00 - 13:15	118	0	15	25	142	0	3	14	26	15	0	5	97	30	15	26
13:15 - 13:30	148	0	6	26	180	0	9	18	23	15	0	4	95	30	6	15
13:30 - 13:45	111	6	12	20	150	3	3	17	30	9	0	8	101	24	9	19
13:45 - 14:00	87	0	6	21	151	3	3	20	25	3	0	5	99	39	9	28
14:00 - 14:15	111	0	9	21	104	0	3	9	21	3	6	5	94	24	9	23
14:15 - 14:30	113	0	9	8	144	0	0	16	29	21	0	5	99	27	3	37
14:30 - 14:45	107	0	3	15	88	3	0	9	27	0	0	2	96	36	3	20
14:45 - 15:00	103	6	6	15	105	0	0	9	27	9	0	4	87	27	0	21
15:00 - 15:15	102	0	3	11	94	0	0	11	29	6	0	3	93	18	3	14
15:15 - 15:30	82	0	0	18	92	0	0	11	23	12	0	6	87	24	6	27
15:30 - 15:45	102	0	3	4	109	0	3	9	24	12	3	8	85	36	6	13
15:45 - 16:00	86	3	6	4	105	0	3	8	33	0	0	1	95	33	3	23
16:00 - 16:15	82	0	0	10	73	0	0	17	18	9	0	4	95	36	0	20
16:15 - 16:30	74	0	3	17	100	0	3	13	26	9	3	1	88	33	3	19
16:30 - 16:45	95	3	3	18	91	0	0	13	34	6	0	6	89	24	6	25
16:45 - 17:00	77	0	0	25	86	0	0	17	27	18	0	5	85	42	6	19
17:00 - 17:15	78	3	0	12	80	0	0	11	28	12	0	6	95	42	9	26
17:15 - 17:30	69	0	3	16	99	0	0	12	26	15	0	3	98	36	3	27
17:30 - 17:45	87	0	3	10	83	0	3	18	38	12	0	2	80	39	0	19
17:45 - 18:00	88	0	0	14	74	0	0	14	25	24	0	5	91	42	3	24
18:00 - 18:15	68	0	0	13	92	0	0	9	29	18	0	6	94	36	0	22
18:15 - 18:30	66	0	3	6	69	0	3	14	35	12	3	3	103	24	3	29
18:30 - 18:45	97	6	3	14	66	0	0	9	31	3	0	2	104	33	0	18
18:45 - 19:00	78	0	0	11	82	0	0	5	26	12	0	6	88	45	6	36
19:00 - 19:15	89	0	0	8	71	0	0	7	29	15	0	7	95	39	3	36
19:15 - 19:30	91	3	0	11	83	0	0	8	23	12	3	2	94	36	0	23
19:30 - 19:45	72	3	0	4	43	0	0	7	19	9	0	2	88	24	6	27
19:45 - 20:00	59	0	0	2	49	0	0	3	19	15	0	5	98	36	0	26

Anexos 25. Volúmenes direccionales por movimiento Circunvar - Calle 84

VOLUMEN DIRECCIONALES POR MOVIMIENTO EQUIVALENTES EN AUTOS				
PERIODO	1	2	9(1)	7
6:00 - 6:15	23	14	16	83
6:15 - 6:30	37	26	30	95
6:30 - 6:45	52	40	32	104
6:45 - 7:00	94	80	25	115
7:00 - 7:15	83	66	26	97
7:15 - 7:30	99	91	20	97
7:30 - 7:45	84	84	26	97
7:45 - 8:00	180	126	46	112
8:00 - 8:15	113	130	49	107
8:15 - 8:30	112	126	45	110
8:30 - 8:45	132	159	49	131
8:45 - 9:00	140	133	49	132
9:00 - 9:15	74	131	31	135
9:15 - 9:30	170	122	63	122
9:30 - 9:45	106	161	51	93
9:45 - 10:00	128	115	37	111
10:00 - 10:15	133	140	60	98
10:15 - 10:30	127	151	37	119
10:30 - 10:45	122	116	54	115
10:45 - 11:00	122	121	52	124
11:00 - 11:15	137	138	29	99
11:15 - 11:30	142	134	41	130
11:30 - 11:45	121	148	65	103
11:45 - 12:00	134	171	47	141
12:00 - 12:15	130	178	40	153
12:15 - 12:30	136	183	44	132
12:30 - 12:45	160	164	41	143
12:45 - 13:00	136	216	42	136
13:00 - 13:15	158	159	46	168
13:15 - 13:30	180	207	42	146
13:30 - 13:45	149	173	47	153
13:45 - 14:00	114	177	33	175
14:00 - 14:15	141	116	35	150
14:15 - 14:30	130	160	55	166
14:30 - 14:45	125	100	29	155
14:45 - 15:00	130	114	40	135
15:00 - 15:15	116	105	38	128
15:15 - 15:30	100	103	41	144
15:30 - 15:45	109	121	47	140
15:45 - 16:00	99	116	34	154
16:00 - 16:15	92	90	31	151
16:15 - 16:30	94	116	39	143
16:30 - 16:45	119	104	46	144
16:45 - 17:00	102	103	50	152
17:00 - 17:15	93	91	46	172
17:15 - 17:30	88	111	44	164
17:30 - 17:45	100	104	52	138
17:45 - 18:00	102	88	54	160
18:00 - 18:15	81	101	53	152
18:15 - 18:30	75	86	53	159
18:30 - 18:45	120	75	36	155
18:45 - 19:00	89	87	44	175
19:00 - 19:15	97	78	51	173
19:15 - 19:30	105	91	40	153
19:30 - 19:45	79	50	30	145
19:45 - 20:00	61	52	39	160

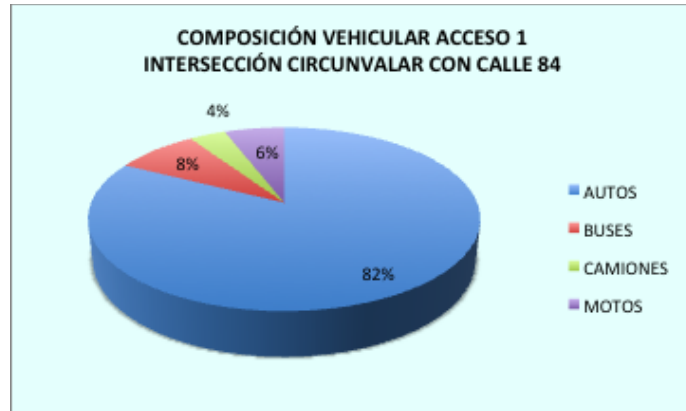
Anexos 26. Volúmenes direccionales por acceso Circunvalar - Calle 84

VOLÚMENES DIRECCIONALES POR ACCESOS						
PERIODO	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3
6:00 - 6:15	39	14	83			
6:15 - 6:30	67	26	95			
6:30 - 6:45	84	40	104			
6:45 - 7:00	119	80	115	309	160	397
7:00 - 7:15	109	66	97	379	212	411
7:15 - 7:30	119	91	97	431	277	413
7:30 - 7:45	110	84	97	457	321	406
7:45 - 8:00	226	126	112	564	367	403
8:00 - 8:15	162	130	107	617	431	413
8:15 - 8:30	157	126	110	655	466	426
8:30 - 8:45	181	159	131	726	541	460
8:45 - 9:00	189	133	132	689	548	480
9:00 - 9:15	105	131	135	632	549	508
9:15 - 9:30	233	122	122	708	545	520
9:30 - 9:45	157	161	93	684	547	482
9:45 - 10:00	165	115	111	660	529	461
10:00 - 10:15	193	140	98	748	538	424
10:15 - 10:30	164	151	119	679	567	421
10:30 - 10:45	176	116	115	698	522	443
10:45 - 11:00	174	121	124	707	528	456
11:00 - 11:15	166	138	99	680	526	457
11:15 - 11:30	183	134	130	699	509	468
11:30 - 11:45	186	148	103	709	541	456
11:45 - 12:00	181	171	141	716	591	473
12:00 - 12:15	170	178	153	720	631	527
12:15 - 12:30	180	183	132	717	680	529
12:30 - 12:45	201	164	143	732	696	569
12:45 - 13:00	178	216	136	729	741	564
13:00 - 13:15	204	159	168	763	722	579
13:15 - 13:30	222	207	146	805	746	593
13:30 - 13:45	196	173	153	800	755	603
13:45 - 14:00	147	177	175	769	716	642
14:00 - 14:15	176	116	150	741	673	624
14:15 - 14:30	185	160	166	704	626	644
14:30 - 14:45	154	100	155	662	553	646
14:45 - 15:00	170	114	135	685	490	606
15:00 - 15:15	154	105	128	663	479	584
15:15 - 15:30	141	103	144	619	422	562
15:30 - 15:45	156	121	140	621	443	547
15:45 - 16:00	133	116	154	584	445	566
16:00 - 16:15	123	90	151	553	430	589
16:15 - 16:30	133	116	143	545	443	588
16:30 - 16:45	165	104	144	554	426	592
16:45 - 17:00	152	103	152	573	413	590
17:00 - 17:15	139	91	172	589	414	611
17:15 - 17:30	132	111	164	588	409	632
17:30 - 17:45	152	104	138	575	409	626
17:45 - 18:00	156	88	160	579	394	634
18:00 - 18:15	134	101	152	574	404	614
18:15 - 18:30	128	86	159	570	379	609
18:30 - 18:45	156	75	155	574	350	626
18:45 - 19:00	133	87	175	551	349	641
19:00 - 19:15	148	78	173	565	326	662
19:15 - 19:30	145	91	153	582	331	656
19:30 - 19:45	109	50	145	535	306	646
19:45 - 20:00	100	52	160	502	271	631

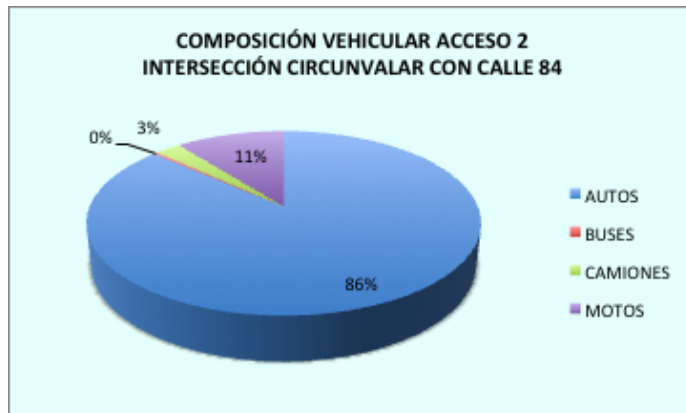
Anexos 27. Volumen vehicular mixto en la intersección Circunvalar - Calle 84

TOTAL INTERSECCIÓN		
PERIODO	EQUIVALENCIA EN AUTOS	
6:00 - 6:15	136	
6:15 - 6:30	188	
6:30 - 6:45	228	
6:45 - 7:00	314	866
7:00 - 7:15	272	1002
7:15 - 7:30	307	1121
7:30 - 7:45	291	1184
7:45 - 8:00	464	1334
8:00 - 8:15	399	1461
8:15 - 8:30	393	1547
8:30 - 8:45	471	1727
8:45 - 9:00	454	1717
9:00 - 9:15	371	1689
9:15 - 9:30	477	1773
9:30 - 9:45	411	1713
9:45 - 10:00	391	1650
10:00 - 10:15	431	1710
10:15 - 10:30	434	1667
10:30 - 10:45	407	1663
10:45 - 11:00	419	1691
11:00 - 11:15	403	1663
11:15 - 11:30	447	1676
11:30 - 11:45	437	1706
11:45 - 12:00	493	1780
12:00 - 12:15	501	1878
12:15 - 12:30	495	1926
12:30 - 12:45	508	1997
12:45 - 13:00	530	2034
13:00 - 13:15	531	2064
13:15 - 13:30	575	2144
13:30 - 13:45	522	2158
13:45 - 14:00	499	2127
14:00 - 14:15	442	2038
14:15 - 14:30	511	1974
14:30 - 14:45	409	1861
14:45 - 15:00	419	1781
15:00 - 15:15	387	1726
15:15 - 15:30	388	1603
15:30 - 15:45	417	1611
15:45 - 16:00	403	1595
16:00 - 16:15	364	1572
16:15 - 16:30	392	1576
16:30 - 16:45	413	1572
16:45 - 17:00	407	1576
17:00 - 17:15	402	1614
17:15 - 17:30	407	1629
17:30 - 17:45	394	1610
17:45 - 18:00	404	1607
18:00 - 18:15	387	1592
18:15 - 18:30	373	1558
18:30 - 18:45	386	1550
18:45 - 19:00	395	1541
19:00 - 19:15	399	1553
19:15 - 19:30	389	1569
19:30 - 19:45	304	1487
19:45 - 20:00	312	1404

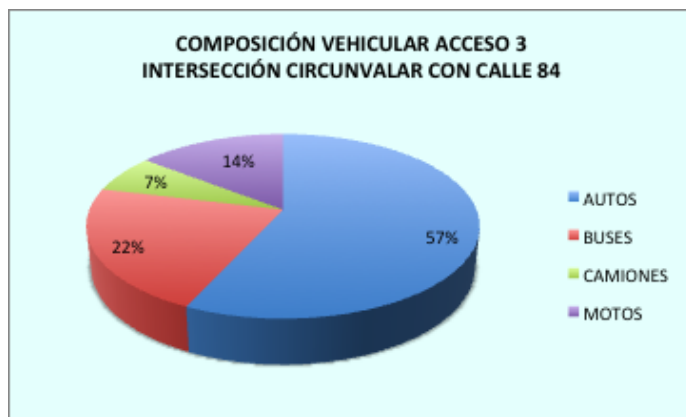
Anexos 28. Composición vehicular del acceso 1



Anexos 29. Composición vehicular del acceso 2



Anexos 30. Composición vehicular del acceso 3



Anexos 31. Factores externos e internos en el acceso 1

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 1 (s)		70
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	116
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,603
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	695
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	1685
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,413

Anexos 32. Factores externos e internos en el acceso 2

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 2 (s)		65
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	116
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,560
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	660
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	1770
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,373

Anexos 33. Factores externos e internos del acceso 3

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 3 (s)		40
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	113
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,354
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	626
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	627
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,999

Anexos 34. Aforos vehiculares en la Carrera 7ª con Calle 85

AFOROS VEHICULARES																								
INTERSECCIÓN	Carrera 7ª Nº 85				HORA INICIO				6:00				DÍA DE LA SEMANA				LUNES							
FECHA	4/03/13				HORA FINALIZACIÓN				17:00															
PERIODO	1				2				9(1)				9(3)				6				7			
	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS
6:00 - 6:15	109	19	2	11	119	42	6	32	4	0	0	0	3	0	1	1	27	3	1	5	11	0	0	3
6:15 - 6:30	148	15	2	14	132	41	3	23	3	0	0	0	2	1	0	0	21	2	2	5	7	1	0	1
6:30 - 6:45	185	26	1	18	167	44	1	49	2	0	0	0	10	0	2	0	30	1	0	6	13	0	0	2
6:45 - 7:00	237	17	0	11	200	40	3	55	10	0	0	1	12	0	0	0	40	1	0	5	10	0	0	0
7:00 - 7:15	192	10	1	18	227	27	3	39	5	0	0	2	17	0	0	0	68	0	2	11	17	0	0	0
7:15 - 7:30	326	10	0	13	239	23	1	32	11	1	0	1	14	0	2	0	64	1	1	9	11	0	0	1
7:30 - 7:45	258	18	5	24	224	34	1	45	14	1	0	0	16	0	2	2	57	0	0	17	18	2	0	0
7:45 - 8:00	220	13	0	24	234	38	2	42	13	0	0	0	11	0	0	1	68	0	3	16	20	0	0	2
8:00 - 8:15	165	6	0	14	238	43	2	35	13	0	0	3	20	0	0	0	109	1	2	14	11	0	0	1
8:15 - 8:30	148	14	1	18	223	38	1	26	4	0	0	1	13	0	1	1	67	0	1	11	12	0	1	2
8:30 - 8:45	176	7	0	14	250	31	2	46	9	0	0	0	21	0	0	4	84	0	1	9	23	0	0	3
8:45 - 9:00	200	11	0	12	235	28	3	18	8	0	0	0	12	0	2	0	81	0	1	9	21	0	1	2
9:00 - 9:15	158	7	0	15	219	29	0	28	9	0	0	0	14	0	0	0	87	0	1	9	19	0	0	0
9:15 - 9:30	208	13	1	16	225	22	4	29	6	0	0	1	12	0	0	1	85	0	0	7	17	0	0	4
9:30 - 9:45	203	8	3	26	189	33	5	36	10	0	1	0	17	0	0	2	91	0	0	8	21	0	0	2
9:45 - 10:00	165	10	0	24	176	27	5	36	14	0	0	0	21	0	0	0	110	0	2	9	21	0	0	3
10:00 - 10:15	159	7	3	23	281	44	8	33	12	0	0	3	14	0	0	2	84	0	2	9	23	0	0	3
10:15 - 10:30	178	10	3	23	254	30	5	30	11	0	0	0	18	0	0	1	60	0	1	10	13	0	0	3
10:30 - 10:45	202	9	1	24	294	24	6	48	17	0	0	0	17	0	0	1	38	0	0	10	17	0	0	1
10:45 - 11:00	177	6	1	26	244	35	5	43	12	0	0	2	16	0	0	1	63	0	0	5	21	0	0	1
11:00 - 11:15	204	14	4	36	253	26	3	42	10	0	0	1	12	0	0	4	64	0	2	15	13	0	1	2
11:15 - 11:30	181	12	3	25	260	24	7	33	13	0	0	2	17	0	0	1	64	0	1	9	33	0	0	0
11:30 - 11:45	170	13	5	30	255	32	4	47	2	0	0	0	10	0	0	3	72	0	2	7	20	1	0	4
11:45 - 12:00	192	10	3	30	285	26	4	42	13	0	0	0	8	0	0	4	58	0	1	5	29	0	0	1
12:00 - 12:15	202	11	1	30	290	25	8	38	7	0	0	0	12	0	0	0	75	0	3	6	26	0	0	2
12:15 - 12:30	172	11	3	27	296	26	7	33	10	0	1	1	6	0	0	3	62	0	0	4	34	0	0	5
12:30 - 12:45	170	11	0	34	303	32	9	44	11	0	0	3	13	0	0	1	64	0	3	6	37	0	0	5
12:45 - 13:00	159	12	2	19	308	30	6	39	8	0	1	1	6	0	0	2	73	0	1	8	38	1	0	0
13:00 - 13:15	185	8	0	22	236	31	6	28	5	0	0	1	6	0	0	2	68	0	2	15	20	0	0	4
13:15 - 13:30	159	13	0	21	247	35	12	41	4	0	0	0	10	0	1	3	54	1	2	5	34	0	0	1
13:30 - 13:45	178	4	2	16	283	37	11	31	5	0	0	1	9	0	0	2	55	0	0	6	32	0	0	1
13:45 - 14:00	189	7	0	28	316	35	10	37	4	0	0	0	9	0	0	3	58	0	1	7	28	0	0	1
14:00 - 14:15	147	7	3	17	278	28	8	17	6	0	0	2	9	0	0	2	63	0	0	13	20	0	0	1
14:15 - 14:30	137	5	0	22	279	29	5	24	9	0	2	0	7	0	0	0	73	0	2	13	23	0	0	1
14:30 - 14:45	147	7	2	19	279	24	9	37	11	0	0	2	10	0	0	2	54	2	0	7	38	0	0	3
14:45 - 15:00	193	11	5	32	235	24	6	31	4	0	0	0	2	0	0	1	38	0	1	7	19	0	0	1
15:00 - 15:15	131	11	0	33	170	22	9	36	7	0	1	1	10	0	0	3	26	0	0	6	29	0	0	0
15:15 - 15:30	160	10	6	30	148	28	5	49	8	0	0	0	10	0	0	2	16	0	0	7	14	1	0	5
15:30 - 15:45	142	10	0	36	197	22	3	30	5	0	0	1	5	0	0	1	32	0	1	9	23	0	0	1
15:45 - 16:00	139	9	3	34	304	38	8	39	10	0	0	1	10	0	0	1	55	3	0	11	26	0	0	0
16:00 - 16:15	131	9	1	41	339	41	2	38	9	1	0	2	10	0	0	4	54	0	1	10	21	0	0	4
16:15 - 16:30	159	14	0	42	261	45	4	52	5	0	0	0	11	0	0	2	60	0	1	11	25	2	0	1
16:30 - 16:45	129	13	2	38	326	35	2	49	6	0	2	0	12	0	0	4	53	1	0	6	24	0	0	4
16:45 - 17:00	112	12	0	36	321	34	5	39	4	0	0	1	6	0	0	1	45	1	1	11	23	0	0	6

Anexos 35. Equivalencia en autos de los aforos en la Calle 85

EQUIVALENTES EN AUTOS																								
PERIODO	1				2				9(1)				9(3)				6				7			
	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS	A	B	C	MOTOS
6:00 - 6:15	109	57	6	11	119	126	18	32	4	0	0	0	3	0	3	1	27	9	3	5	11	0	0	3
6:15 - 6:30	148	45	6	14	132	123	9	23	3	0	0	0	2	3	0	0	21	6	6	5	7	3	0	1
6:30 - 6:45	185	78	3	18	167	132	3	49	2	0	0	0	10	0	6	0	30	3	0	6	13	0	0	2
6:45 - 7:00	237	51	0	11	200	120	9	55	10	0	0	1	12	0	0	0	40	3	0	5	10	0	0	0
7:00 - 7:15	192	30	3	18	227	81	9	39	5	0	0	2	17	0	0	0	68	0	6	11	17	0	0	0
7:15 - 7:30	326	30	0	13	239	69	3	32	11	3	0	1	14	0	6	0	64	3	3	9	11	0	0	1
7:30 - 7:45	258	54	15	24	224	102	3	45	14	3	0	0	16	0	6	2	57	0	0	17	18	6	0	0
7:45 - 8:00	220	39	0	24	234	114	6	42	13	0	0	0	11	0	0	1	68	0	9	16	20	0	0	2
8:00 - 8:15	165	18	0	14	238	129	6	35	13	0	0	3	20	0	0	0	109	3	6	14	11	0	0	1
8:15 - 8:30	148	42	3	18	223	114	3	26	4	0	0	1	13	0	3	1	67	0	3	11	12	0	3	2
8:30 - 8:45	176	21	0	14	250	93	6	46	9	0	0	0	21	0	0	4	84	0	3	9	23	0	0	3
8:45 - 9:00	200	33	0	12	235	84	9	18	8	0	0	0	12	0	6	0	81	0	3	9	21	0	3	2
9:00 - 9:15	158	21	0	15	219	87	0	28	9	0	0	0	14	0	0	0	87	0	3	9	19	0	0	0
9:15 - 9:30	208	39	3	16	225	66	12	29	6	0	0	1	12	0	0	1	85	0	0	7	17	0	0	4
9:30 - 9:45	203	24	9	26	189	99	15	36	10	0	3	0	17	0	0	2	91	0	0	8	21	0	0	2
9:45 - 10:00	165	30	0	24	176	81	15	36	14	0	0	0	21	0	0	0	110	0	6	9	21	0	0	3
10:00 - 10:15	159	21	9	23	281	132	24	33	12	0	0	3	14	0	0	2	84	0	6	9	23	0	0	3
10:15 - 10:30	178	30	9	23	254	90	15	30	11	0	0	0	18	0	0	1	60	0	3	10	13	0	0	3
10:30 - 10:45	202	27	3	24	294	72	18	48	17	0	0	0	17	0	0	1	38	0	0	10	17	0	0	1
10:45 - 11:00	177	18	3	26	244	105	15	43	12	0	0	2	16	0	0	1	63	0	0	5	21	0	0	1
11:00 - 11:15	204	42	12	36	253	78	9	42	10	0	0	1	12	0	0	4	64	0	6	15	13	0	3	2
11:15 - 11:30	181	36	9	25	260	72	21	33	13	0	0	2	17	0	0	1	64	0	3	9	33	0	0	0
11:30 - 11:45	170	39	15	30	255	96	12	47	2	0	0	0	10	0	0	3	72	0	6	7	20	3	0	4
11:45 - 12:00	192	30	9	30	285	78	12	42	13	0	0	0	8	0	0	4	58	0	3	5	29	0	0	1
12:00 - 12:15	202	33	3	30	290	75	24	38	7	0	0	0	12	0	0	0	75	0	9	6	26	0	0	2
12:15 - 12:30	172	33	9	27	296	78	21	33	10	0	3	1	6	0	0	3	62	0	0	4	34	0	0	5
12:30 - 12:45	170	33	0	34	303	96	27	44	11	0	0	3	13	0	0	1	64	0	9	6	37	0	0	5
12:45 - 13:00	159	36	6	19	308	90	18	39	8	0	3	1	6	0	0	2	73	0	3	8	38	3	0	0
13:00 - 13:15	185	24	0	22	236	93	18	28	5	0	0	1	6	0	0	2	68	0	6	15	20	0	0	4
13:15 - 13:30	159	39	0	21	247	105	36	41	4	0	0	0	10	0	3	3	54	3	6	5	34	0	0	1
13:30 - 13:45	178	12	6	16	283	111	33	31	5	0	0	1	9	0	0	2	55	0	0	6	32	0	0	1
13:45 - 14:00	189	21	0	28	316	105	30	37	4	0	0	0	9	0	0	3	58	0	3	7	28	0	0	1
14:00 - 14:15	147	21	9	17	278	84	24	17	6	0	0	2	9	0	0	2	63	0	0	13	20	0	0	1
14:15 - 14:30	137	15	0	22	279	87	15	24	9	0	6	0	7	0	0	0	73	0	6	13	23	0	0	1
14:30 - 14:45	147	21	6	19	279	72	27	37	11	0	0	2	10	0	0	2	54	6	0	7	38	0	0	3
14:45 - 15:00	193	33	15	32	235	72	18	31	4	0	0	0	2	0	0	1	38	0	3	7	19	0	0	1
15:00 - 15:15	131	33	0	33	170	66	27	36	7	0	3	1	10	0	0	3	26	0	0	6	29	0	0	0
15:15 - 15:30	160	30	18	30	148	84	15	49	8	0	0	0	10	0	0	2	16	0	0	7	14	3	0	5
15:30 - 15:45	142	30	0	36	197	66	9	30	5	0	0	1	5	0	0	1	32	0	3	9	23	0	0	1
15:45 - 16:00	139	27	9	34	304	114	24	39	10	0	0	1	10	0	0	1	55	9	0	11	26	0	0	0
16:00 - 16:15	131	27	3	41	339	123	6	38	9	3	0	2	10	0	0	4	54	0	3	10	21	0	0	4
16:15 - 16:30	159	42	0	42	261	135	12	52	5	0	0	0	11	0	0	2	60	0	3	11	25	6	0	1
16:30 - 16:45	129	39	6	38	326	105	6	49	6	0	6	0	12	0	0	4	53	3	0	6	24	0	0	4
16:45 - 17:00	112	36	0	36	321	102	15	39	4	0	0	1	6	0	0	1	45	3	3	11	23	0	0	6

Anexos 36. Volúmenes direccionales por movimiento en la Calle 85

VOLUMEN DIRECCIONALES POR MOVIMIENTO EQUIVALENTES EN AUTOS						
PERIODO	1	2	9(1)	9(3)	6	7
6:00 - 6:15	183	295	4	7	44	14
6:15 - 6:30	213	287	3	5	38	11
6:30 - 6:45	284	351	2	16	39	15
6:45 - 7:00	299	384	11	12	48	10
7:00 - 7:15	243	356	7	17	85	17
7:15 - 7:30	369	343	15	20	79	12
7:30 - 7:45	351	374	17	24	74	24
7:45 - 8:00	283	396	13	12	93	22
8:00 - 8:15	197	408	16	20	132	12
8:15 - 8:30	211	366	5	17	81	17
8:30 - 8:45	211	395	9	25	96	26
8:45 - 9:00	245	346	8	18	93	26
9:00 - 9:15	194	334	9	14	99	19
9:15 - 9:30	266	332	7	13	92	21
9:30 - 9:45	262	339	13	19	99	23
9:45 - 10:00	219	308	14	21	125	24
10:00 - 10:15	212	470	15	16	99	26
10:15 - 10:30	240	389	11	19	73	16
10:30 - 10:45	256	432	17	18	48	18
10:45 - 11:00	224	407	14	17	68	22
11:00 - 11:15	294	382	11	16	85	18
11:15 - 11:30	251	386	15	18	76	33
11:30 - 11:45	254	410	2	13	85	27
11:45 - 12:00	261	417	13	12	66	30
12:00 - 12:15	268	427	7	12	90	28
12:15 - 12:30	241	428	14	9	66	39
12:30 - 12:45	237	470	14	14	79	42
12:45 - 13:00	220	455	12	8	84	41
13:00 - 13:15	231	375	6	8	89	24
13:15 - 13:30	219	429	4	16	68	35
13:30 - 13:45	212	458	6	11	61	33
13:45 - 14:00	238	488	4	12	68	29
14:00 - 14:15	194	403	8	11	76	21
14:15 - 14:30	174	405	15	7	92	24
14:30 - 14:45	193	415	13	12	67	41
14:45 - 15:00	273	356	4	3	48	20
15:00 - 15:15	197	299	11	13	32	29
15:15 - 15:30	238	296	8	12	23	22
15:30 - 15:45	208	302	6	6	44	24
15:45 - 16:00	209	481	11	11	75	26
16:00 - 16:15	202	506	14	14	67	25
16:15 - 16:30	243	460	5	13	74	32
16:30 - 16:45	212	486	12	16	62	28
16:45 - 17:00	184	477	5	7	62	29

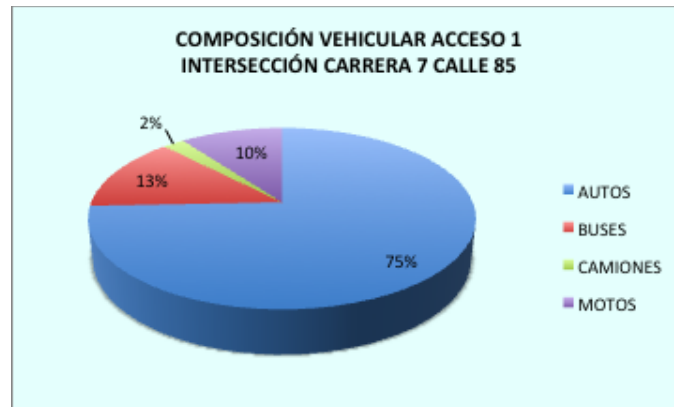
Anexos 37. Volúmenes direccionales por acceso en la Calle 85

VOLUMENES DIRECCIONALES POR ACCESOS						
PERIODO	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3
6:00 - 6:15	187	339	21			
6:15 - 6:30	216	325	16			
6:30 - 6:45	286	390	31			
6:45 - 7:00	310	432	22	999	1486	90
7:00 - 7:15	250	441	34	1062	1588	103
7:15 - 7:30	384	422	32	1230	1685	119
7:30 - 7:45	368	448	48	1312	1743	136
7:45 - 8:00	296	489	34	1298	1800	148
8:00 - 8:15	213	540	32	1261	1899	146
8:15 - 8:30	216	447	34	1093	1924	148
8:30 - 8:45	220	491	51	945	1967	151
8:45 - 9:00	253	439	44	902	1917	161
9:00 - 9:15	203	433	33	892	1810	162
9:15 - 9:30	273	424	34	949	1787	162
9:30 - 9:45	275	438	42	1004	1734	153
9:45 - 10:00	233	433	45	984	1728	154
10:00 - 10:15	227	569	42	1008	1864	163
10:15 - 10:30	251	462	35	986	1902	164
10:30 - 10:45	273	480	36	984	1944	158
10:45 - 11:00	238	475	39	989	1986	152
11:00 - 11:15	305	467	34	1067	1884	144
11:15 - 11:30	266	462	51	1082	1884	160
11:30 - 11:45	256	495	40	1065	1899	164
11:45 - 12:00	274	483	42	1101	1907	167
12:00 - 12:15	275	517	40	1071	1957	173
12:15 - 12:30	255	494	48	1060	1989	170
12:30 - 12:45	251	549	56	1055	2043	186
12:45 - 13:00	232	539	49	1013	2099	193
13:00 - 13:15	237	464	32	975	2046	185
13:15 - 13:30	223	497	51	943	2049	188
13:30 - 13:45	218	519	44	910	2019	176
13:45 - 14:00	242	556	41	920	2036	168
14:00 - 14:15	202	479	32	885	2051	168
14:15 - 14:30	189	497	31	851	2051	148
14:30 - 14:45	206	482	53	839	2014	157
14:45 - 15:00	277	404	23	874	1862	139
15:00 - 15:15	208	331	42	880	1714	149
15:15 - 15:30	246	319	34	937	1536	152
15:30 - 15:45	214	346	30	945	1400	129
15:45 - 16:00	220	556	37	888	1552	143
16:00 - 16:15	216	573	39	896	1794	140
16:15 - 16:30	248	534	45	898	2009	151
16:30 - 16:45	224	548	44	908	2211	165
16:45 - 17:00	189	539	36	877	2194	164

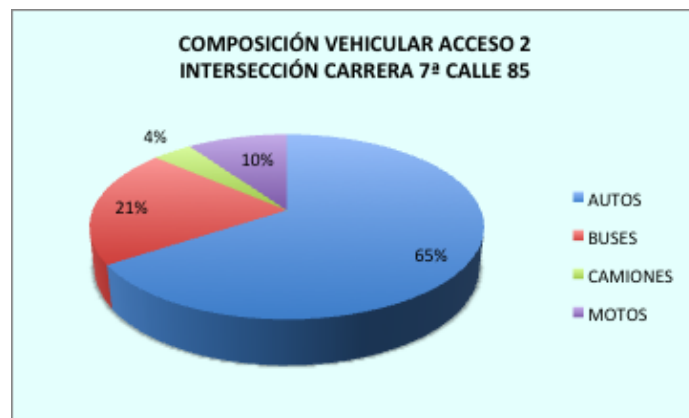
Anexos 38. Volumen vehicular mixto en la intersección de la Calle 85

TOTAL INTERSECCIÓN		
PERIODO	EQUIVALENCIA EN AUTOS	
6:00 - 6:15	547	
6:15 - 6:30	557	
6:30 - 6:45	707	
6:45 - 7:00	764	2575
7:00 - 7:15	725	2753
7:15 - 7:30	838	3034
7:30 - 7:45	864	3191
7:45 - 8:00	819	3246
8:00 - 8:15	785	3306
8:15 - 8:30	697	3165
8:30 - 8:45	762	3063
8:45 - 9:00	736	2980
9:00 - 9:15	669	2864
9:15 - 9:30	731	2898
9:30 - 9:45	755	2891
9:45 - 10:00	711	2866
10:00 - 10:15	838	3035
10:15 - 10:30	748	3052
10:30 - 10:45	789	3086
10:45 - 11:00	752	3127
11:00 - 11:15	806	3095
11:15 - 11:30	779	3126
11:30 - 11:45	791	3128
11:45 - 12:00	799	3175
12:00 - 12:15	832	3201
12:15 - 12:30	797	3219
12:30 - 12:45	856	3284
12:45 - 13:00	820	3305
13:00 - 13:15	733	3206
13:15 - 13:30	771	3180
13:30 - 13:45	781	3105
13:45 - 14:00	839	3124
14:00 - 14:15	713	3104
14:15 - 14:30	717	3050
14:30 - 14:45	741	3010
14:45 - 15:00	704	2875
15:00 - 15:15	581	2743
15:15 - 15:30	599	2625
15:30 - 15:45	590	2474
15:45 - 16:00	813	2583
16:00 - 16:15	828	2830
16:15 - 16:30	827	3058
16:30 - 16:45	816	3284
16:45 - 17:00	764	3235

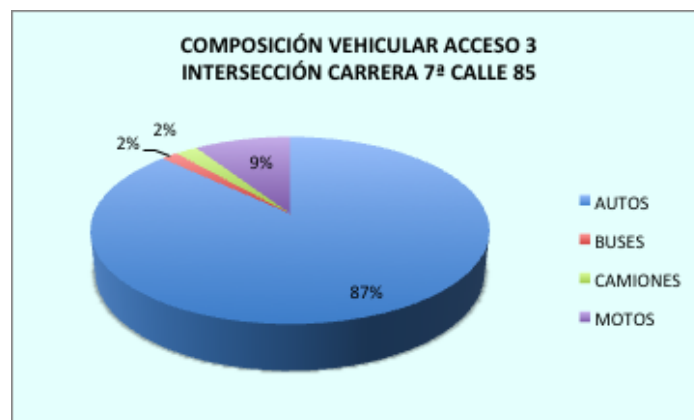
Anexos 39. Composición vehicular del acceso 1



Anexos 40. Composición vehicular del acceso 2



Anexos 41. Composición vehicular del acceso 3



Anexos 42. Factores externos e internos del acceso 1

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 1 (s)		70
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	109
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,642
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	1121
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	3176
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,353

Anexos 43. Factores externos e internos del acceso 2

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 2 (s)		65
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	106
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,613
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	2133
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	2874
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,742

Anexos 44. Factores externos e internos del acceso 3

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 3 (s)		40
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	103
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,388
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	2133
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	2877
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,741

TIEMPO DE VERDE PARA LA FASE 3 (s)		40
TIEMPO DE DESPEJE (s)		3
CICLO SEMAFORICO (s)	C	103
FACTOR DE VERDE DEL GRUPO DE CARRILES	Fv	0,388
INTENSIDAD TOTAL DEL GRUPO DE CARRILES (Veh/h)	I	166
CAPACIDAD REAL DEL GRUPO DE CARRILES	c	659
RELACIÓN INTENSIDAD SOBRE CAPACIDAD REAL	I/C	0,253