

**REVISIÓN Y RE-DISEÑO DE LA PLANEACIÓN SEMAFÓRICA DE LAS INTERSECCIONES
VIALES DE LA CIUDAD DE MANIZALES, A PARTIR DE INFORMACIÓN BÁSICA EXISTENTE**



TOMÁS BOTERO GARCÍA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS Y TRANSPORTE
MANIZALES 2008**

**REVISIÓN Y RE-DISEÑO DE LA PLANEACIÓN SEMAFÓRICA DE LAS INTERSECCIONES
VIALES DE LA CIUDAD DE MANIZALES, A PARTIR DE INFORMACIÓN BÁSICA EXISTENTE**

TOMÁS BOTERO GARCÍA

Código: 5307510

Monografía para optar el título de Especialista en Vías y Transporte

Director

ING. DIEGO ALEXANDER ESCOBAR GARCÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS Y TRANSPORTE

MANIZALES 2008

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO	3
1.1 ALCANCE Y CONDICIONES DEL ESTUDIO	3
1.2 ESTADO DEL SISTEMA SEMAFÓRICO DE LA CIUDAD DE MANIZALES.....	3
1.3 AREA DE ESTUDIO.....	8
1.4 INTERSECCIONES Y SECTORES EVALUADOS.	9
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. CONCEPTOS GENERALES.	11
2.2. GENERALIDADES DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	12
2.3. PARAMETROS DE OPERACIÓN	14
2.4. COORDINACIÓN DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	17
2.5. NIVELES DE SERVICIO PARA LAS INTERSECCIONES CONTROLADAS CON SEMÁFORO.....	17
2.6. DESCRIPCIONES DE ALGUNOS PAQUETES ESPECIALIZADOS PARA LA PROGRAMACIÓN SEMAFÓRICA	18
3. TENDENCIAS EN EL MANEJO DEL TRÁNSITO EN LAS GRANDES CIUDADES.....	23
4. METODOLOGIA	29
4.1. VOLÚMENES VEHICULARES.....	29
4.2. CONDICIONES GEOMÉTRICAS.	31
4.3. PLANES DE SEÑALES Y COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS.	31
4.4. FLUJO DE SATURACIÓN.	33
4.5. SIMULACIÓN.....	33

5. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE UNA INTERSECCIÓN Y LA COORDINACIÓN DE UN CORREDOR	35
6. RESULTADOS	50
6.1. HORA PICO DE LA MAÑANA. 11:30 a 12:30	50
6.2. HORA PICO DE LA TARDE. 13:30 a 14:30	59
6.3. HORA PICO DE LA NOCHE. 17:45 a 18:45	68
6.4. HORA VALLE DE LA TARDE. 10:00 a 11:00	77
6.5. HORA VALLE DE LA NOCHE. 20:00 a 21:00	86
7. ANALISIS DE RESULTADOS	95
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
9. BIBLIOGRAFIA	101
ANEXOS	102

LISTA DE TABLAS

Tabla No 1. Intersecciones reguladas por semáforos en la ciudad de Manizales	5
Tabla No 2. Niveles de servicio. Intersecciones semaforizadas.....	18
Tabla No 3. Volúmenes horarios Vehiculares 2001. Carrera 23- Calle 65	29

LISTA DE FIGURAS

Figura No 1. Intersecciones reguladas por semáforos en la ciudad de Manizales.....	6
Figura No 2. Localización General. Intersecciones Avenida Santander	10
Figura No 3. Localización General. Intersecciones Sector Centro	10
Figura No 4. Componentes sistema de semaforización electrónica.....	28
Figura No 5. Volúmenes en Vehículos Equivalentes Vs Tiempo (años).....	30
Figura No. 6. Esquema Intersección Carrera 23-Calle 65.....	35
Figura No. 7. Esquema Intersección Carrera 23-Calle 63.....	39
Figura No. 8. Esquema Intersección Carrera 23-Calle 62.....	42
Figura No. 9. Diagrama Espacio-Tiempo. Ejercicio Manual	49
Figura No 10. Plan de señales. Corredor 1. Hora pico de la mañana.	51
Figura No 11. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora pico de la mañana.	52
Figura No 12. Plan de señales. Carrera 21 Calle 21. Hora pico de la mañana.	52
Figura No 13. Plan de señales. Corredor 2. Hora pico de la mañana.	53
Figura No 14. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora pico de la mañana.	53
Figura No 15. Plan de señales. Corredor 3. Hora pico de la mañana.	54
Figura No 16. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora pico de la mañana.	54
Figura No 17. Plan de señales. Corredor 4. Hora pico de la mañana.	55
Figura No 18. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora pico de la mañana.	55
Figura No 19. Plan de señales. Corredor 5. Hora pico de la mañana.	56
Figura No 20. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora pico de la mañana.	56
Figura No 21. Plan de señales. Corredor 6. Hora pico de la mañana.	57
Figura No 22. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora pico de la mañana.	57
Figura No 23. Plan de señales. Corredor 7. Hora pico de la mañana.	58
Figura No 24. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora pico de la mañana.	58
Figura No 25. Plan de señales. Corredor 1. Hora pico de la tarde.....	60
Figura No 26. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora pico de la tarde.....	61

Figura No 27. Plan de señales. Carrera 21 Calle 31. Hora pico de la tarde.....	61
Figura No 28. Plan de señales. Corredor 2. Hora pico de la tarde.....	62
Figura No 29. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora pico de la tarde.....	63
Figura No 30. Plan de señales. Corredor 3. Hora pico de la tarde.....	63
Figura No 31. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora pico de la tarde.....	64
Figura No 32. Plan de señales. Corredor 4. Hora pico de la tarde.....	64
Figura No 33. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora pico de la tarde.....	65
Figura No 34. Plan de señales. Corredor 5. Hora pico de la tarde.....	65
Figura No 35. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora pico de la tarde.....	66
Figura No 36. Plan de señales. Corredor 6. Hora pico de la tarde.....	66
Figura No 37. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora pico de la tarde.....	67
Figura No 38. Plan de señales. Corredor 7. Hora pico de la tarde.....	67
Figura No 39. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora pico de la tarde.....	68
Figura No 40. Plan de señales. Corredor 1. Hora pico de la noche.....	69
Figura No 41. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora pico de la noche.	70
Figura No 42. Plan de señales. Carrera 21 Calle 31 1. Hora pico de la noche.	70
Figura No 43. Plan de señales. Corredor 2. Hora pico de la noche.....	71
Figura No 44. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora pico de la noche.	72
Figura No 45. Plan de señales. Corredor 3. Hora pico de la noche.....	72
Figura No 46. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora pico de la noche.	73
Figura No 47. Plan de señales. Corredor 4. Hora pico de la noche.....	73
Figura No 48. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora pico de la noche.	74
Figura No 49. Plan de señales. Corredor 5. Hora pico de la noche.....	74
Figura No 50. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora pico de la noche.	75
Figura No 51. Plan de señales. Corredor 6. Hora pico de la noche.....	75
Figura No 52. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora pico de la noche.	76
Figura No 53. Plan de señales. Corredor 7. Hora pico de la noche.....	76
Figura No 54. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora pico de la noche.	77
Figura No 55. Plan de señales. Corredor 1. Hora valle de la mañana.....	78
Figura No 56. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora valle de la mañana.	79

Figura No 57. Plan de señales. Carrera 21 Calle 31. Hora valle de la mañana.	79
Figura No 58. Plan de señales. Corredor 2. Hora valle de la mañana.....	80
Figura No 59. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora valle de la mañana.	81
Figura No 60. Plan de señales. Corredor 3. Hora valle de la mañana.....	81
Figura No 61. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora valle de la mañana.	82
Figura No 62. Plan de señales. Corredor 4. Hora valle de la mañana.....	82
Figura No 63. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora valle de la mañana.	83
Figura No 64. Plan de señales. Corredor 5. Hora valle de la mañana.....	83
Figura No 65. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora valle de la mañana.	84
Figura No 66. Plan de señales. Corredor 6. Hora valle de la mañana.....	84
Figura No 67. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora valle de la mañana.	85
Figura No 68. Plan de señales. Corredor 7. Hora valle de la mañana.....	85
Figura No 69. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora valle de la mañana.	86
Figura No 70. Plan de señales. Corredor 1. Hora valle de la noche.....	87
Figura No 71. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora valle de la noche.....	88
Figura No 72. Plan de señales. Carrera 21 Calle 31. Hora valle de la noche.....	88
Figura No 73. Plan de señales. Corredor 2. Hora valle de la noche.....	89
Figura No 74. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora valle de la noche.....	90
Figura No 75. Plan de señales. Corredor 3. Hora valle de la noche.....	90
Figura No 76. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora valle de la noche.....	91
Figura No 77. Plan de señales. Corredor 4. Hora valle de la noche.....	91
Figura No 78. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora valle de la noche.....	91
Figura No79. Plan de señales. Corredor 5. Hora valle de la noche.....	92
Figura No 80. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora valle de la noche.....	92
Figura No 81. Plan de señales. Corredor 6. Hora valle de la noche.....	93
Figura No 82. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora valle de la noche.....	93
Figura No 83. Plan de señales. Corredor 7. Hora valle de la noche.....	94
Figura No 84. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora valle de la noche.....	94

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	103
VOLÚMENES VEHICULARES DEL AÑO 2001, EN VEHÍCULOS EQUIVALENTES PARA CADA MOVIMIENTOS DE LAS INTERSECCIONES TRABAJAS.	103
ANEXO 2	106
VOLÚMENES VEHICULARES PROYECTADOS DEL AÑO 2008, EN VEHÍCULOS EQUIVALENTES PARA CADA MOVIMIENTOS DE LAS INTERSECCIONES TRABAJAS.	106
ANEXO 3	109
GEOMETRIA, ESQUEMAS GENERALES Y UBICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LAS INTERSECCIONES TRABAJAS.....	109
ANEXO 4	122
FLUJO DE SATURACIÓN POR ACCESO Y POR CARRIL DE LAS INTERSECCIONES.....	122



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES**

**BIBLIOTECA ALFONSO CARVAJAL ESCOBAR
Resumen trabajo de Grado**

CARRERA	ESPECIALIZACIÓN EN VIAS Y TRANSPORTE				
1er Apellido	BOTERO	2º Apellido	GARCIA	Nombre	TOMAS
TITULO DEL TRABAJO: Revisión y re-diseño de la planeación semafórica de las intersecciones viales de la ciudad de Manizales, a partir de información básica existente					
NOMBRE DEL DIRECTOR DEL TRABAJO Ing. Diego Alexander Escobar García					
RESUMEN DEL CONTENIDO (ESPAÑOL)					
<p>En los estudios de movilidad realizados para los diferentes medios de transportes en la ciudad de Manizales, se identificó una baja eficiencia de la planeación semafórica, lo que se traduce en la poca coordinación de la red. Por lo tanto, se hace necesario desarrollar soluciones operativas de bajo costo y con criterio de eficiencia y efectividad mediante la revisión de la planeación semafórica. En respuesta a la situación anterior, en el presente trabajo se realiza una revisión y re-diseño de la planeación semafórica de los principales corredores de la ciudad; intersecciones de la avenida Santander y las del Centro, generando planes de señales para estas intersecciones en procura de una mejor coordinación de los corredores y así obtener olas verdes que mejoren la movilidad, a partir de la información básica existente. Con los planes de señales y la coordinación de los corredores estudiados, se genera una nueva alternativa para mejorar la movilidad de la ciudad, reduciendo las demoras que experimentan los vehículos y, además, permiten identificar el estado actual – Nivel de Servicio – de cada intersección y ubicar los sectores con más problemas de movilidad.</p>					
PALABRAS CLAVES Planeación semafórica; Movilidad; Planes señales; Coordinación; Nivel de Servicio.					
ABSTRACT					
<p>In several researches about mobility made for different ways of transport in Manizales City, was identified a weak in the planning traffic light's, resulting in a poor coordination of the network. Hence it is necessary to develop operative solutions with efficient criterion and low cost, through the review of the current network. Answering the situation, this present investigation reports a review and re-design of the traffic light's network planning of the main corridors of the city; Santander Avenue and Town intersections, generating signal plans for this intersections making a coordination of the corridors and find green times to improve the mobility, starting from the basic current information. With the signal planning and studied corridors coordination, to propose a new alternative to improve the mobility in the city, reducing waiting times for vehicles and to identify the current state –Service Level- of each intersection recognizing the sectors with the most mobility problems.</p>					
KEYWORDS Planning traffic light's; Mobility; Signal plans; Coordination; Service level.					

INTRODUCCIÓN

Los habitantes de las ciudades demandan mejor calidad de vida a los dirigentes pero ésta, no significa tener acceso únicamente a los servicios públicos, educación, vivienda, fuentes de ingreso, sino también, contar con un sistema de transporte eficiente e infraestructura adecuada, siendo parte de ésta, la correcta coordinación de las intersecciones viales semaforizadas.

Con la búsqueda de una mejor calidad de vida, en la ciudad de Manizales se realizaron estudios de movilidad en los diferentes medios de transporte en los que se identificó una baja eficiencia en la planeación semafórica, lo que se manifiesta en la poca coordinación de la red semafórica.

Por lo anterior es necesario buscar estrategias para mejorar la movilidad de la población de la ciudad de Manizales mediante la adopción de soluciones operativas de bajo costo y con criterios de eficiencia y efectividad, con la revisión y re-diseño de la planeación semafórica de las intersecciones viales de la ciudad a partir de información básica existente.

Esta investigación será presentada por el autor como Trabajo de Grado, para optar al título de Especialista en Vías y Transporte en la Universidad Nacional Sede Manizales.

OBJETIVOS

GENERAL

Revisar y Re-diseñar la planeación semafórica de las intersecciones viales de la ciudad de Manizales, a partir de información básica existente.

ESPECÍFICOS

Generar alternativas de planes de señales, ciclos y fases para los semáforos en las diferentes intersecciones y sectores de la ciudad de Manizales.

Mejorar las condiciones teóricas de movilidad de los vehículos y peatones, por medio de la optimización de tiempos, fases y ciclos de las intersecciones viales semaforizadas.

Reducir las demoras teóricas que experimentan los vehículos y peatones al intentar cruzar las intersecciones, por la falta de coordinación y planeación en la red de semáforos de la ciudad.

1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1.1 ALCANCE Y CONDICIONES DEL ESTUDIO.

Alcance: Generar planes de señales semafóricas para las principales intersecciones semaforizadas de la ciudad de Manizales, y la coordinación de corredores para la obtención de olas verdes con el fin de mejorar la movilidad.

Condiciones: La restricción para este estudio son los volúmenes vehiculares, ya que la información existente es escasa y sólo se cuenta con conteos completos del año 2001 de las intersecciones objeto de estudio, por lo tanto, para la revisión y rediseño de este sistema en el presente año, se hace necesario realizar proyecciones a la fecha utilizando los datos de los conteos obtenidos en los años 1993, 1997 y 2001.

1.2 ESTADO DEL SISTEMA SEMAFÓRICO DE LA CIUDAD DE MANIZALES

De acuerdo con el estudio de movilidad realizado por la Universidad Nacional de Colombia (Cfr. 2005) e información actualizada de la Secretaría de Tránsito, la red semafórica se compone de elementos de hardware y software que se describen a continuación:

Central de Tránsito:

En las antiguas instalaciones de la Secretaría de Tránsito y Transporte se encuentra la central principal para el control de las intersecciones semaforizadas.

Red de Comunicación:

Existen 27 equipos instalados en la ciudad de Manizales de los cuales 11 son centralizados, 12 se encuentran dentro de la red de la Secretaría de Tránsito y Transporte y los 15 restantes están dentro de las instalaciones de la red telefónica de la ciudad.

Intersecciones semaforizadas y su funcionamiento:

La ciudad de Manizales cuenta con 44 intersecciones semaforizadas operadas por 27 equipos de control. La localización de cada intersección se puede ver la siguiente tabla y figura.

Tabla No 1. Intersecciones reguladas por semáforos en la ciudad de Manizales

No	INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	MANEJO	No	INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	MANEJO
1	Av.Santander-Calle 65	Local	23	Av. Gilberto Alzate-Calle 25	Central
2	Av.Santander-Calle 63	Local	24	Av. Gilberto Alzate-Calle 17	Central
3	Av.Santander-Calle 62	Local	25	Av. Gilberto Alzate-Carre 20	Central
4	Av.Santander-Calle 58	Local	26	Av. Bernardo Arango- Carrera 15	Central
5	Av.Santander-Calle 56	Local	27	Av. Bernardo Arango- Carrera 16	Central
6	Av.Santander-Calle 55A	Local	28	Av. Kevin Angel- Entrada Villaherrmosa	Local
7	Av.Santander-Calle 54	Local	29	Av. Kevin Angel- Entrada Carola	Local
8	Av.Santander-Calle 51	Local	30	Calle 51-Carrera 20	Local
9	Av.Santander-Calle 46	Local	31	Calle 51-Carrera 21	Local
10	Av.Santander-Calle 45A	Local	32	Carrera 22-Calle 21	Central
11	Av.Santander-Calle 45	Local	33	Carrera 22-Calle 20	Central
12	Av. Paralela-Calle 67	Local	34	Carrera 21-Calle 21	Central
13	Av. Paralela-Calle 62	Local	35	Carrera 21-Calle 20	Central
14	Av. Paralela-Calle 55	Local	36	Carrera 20-Calle 21	Central
15	Av. Paralela-Calle 54	Local	37	Carrera 20-Calle 20	Central
16	Av. Paralela-Calle 50	Local	38	Carrera 18-Calle 31	Local
17	Av. Paralela-Calle 49	Local	39	Parque Olaya-Av. Centenario	Central
18	Av. Paralela-Calle 45	Local	40	Calle 25-Carrera 26	Central
19	Av. Gilberto Alzate-Calle 31	Central	41	Calle 25-Carrera 25	Central
20	Av. Gilberto Alzate-Calle 29	Central	42	Calle 25-Carrera 24	Central
21	Av. Gilberto Alzate-Calle 28	Central	43	Carrera 22-Calle 15	Central
22	Av. Gilberto Alzate-Calle 26	Central	44	Carrera 22-Calle 16	Central

FUENTE: Secretaria de Tránsito y Transporte de Manizales

Siguiendo con la descripción realizada por la Universidad Nacional de Colombia en su estudio de movilidad (2005), cada una de las intersecciones registradas en la tabla anterior, está asociada a un equipo regulador localizado en la vía pública que puede agrupar varias intersecciones; son éstos equipos los que ordenan de acuerdo con la programación los cambios en las señales de los semáforos. La mayoría de los equipos reguladores están comunicados con la central recibiendo y enviando información de su estado actual o posibles fallas.

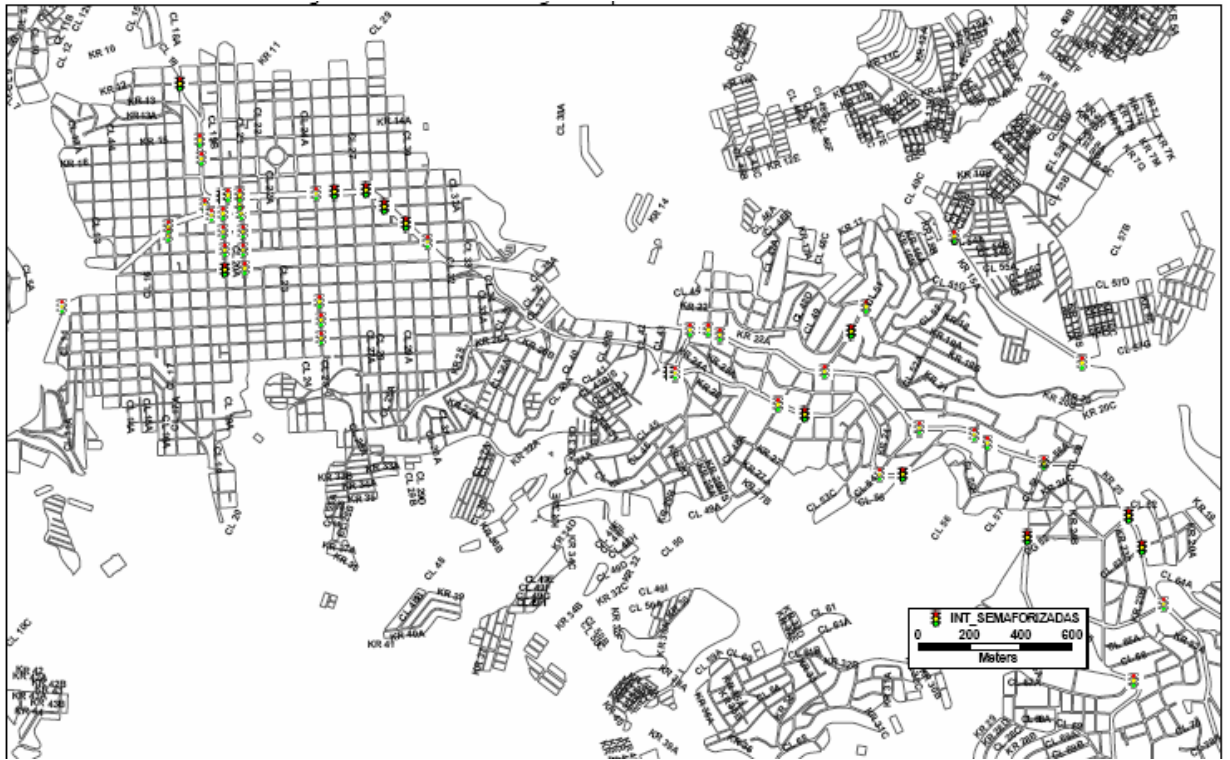


Figura No 1. Intersecciones reguladas por semáforos en la ciudad de Manizales

FUENTE: Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Informe de Tránsito. Alcaldía de Manizales.

A continuación se presenta un resumen de las características generales del sistema semafórico reportado en el estudio de movilidad para el municipio de Manizales (2005):

- 25 Equipos Etra CD.
- 19 Equipos Etra RD.
- 2 Equipos Siemens MP.
- 11 Equipos Centralizados.
- 16 Equipos En Funcionamiento Local.
- 15 En red de Emtelsa.
- 12 En red Tránsito.

- 115 Grupos vehiculares.
- 26 Grupos Peatonales.
- 44 Intersecciones reguladas.

Corredores coordinados:

- Avenida Santander: Con nueve intersecciones de las cuales siete funcionan con programación local.
- Avenida Paralela Sur: Cuenta con doce intersecciones semaforizadas de las cuales siete funcionan con programación local.
- Avenida Gilberto Alzate: Siete intersecciones semaforizadas.
- Avenida Bernardo Arango: Cinco intersecciones semaforizadas.
- Calle 51: Seis intersecciones semaforizadas.
- Calle 45: Cuatro intersecciones semaforizadas.
- Calle 20: Seis intersecciones semaforizadas.
- Calle 21: Cinco intersecciones semaforizadas.
- Calle 25: Tres intersecciones semaforizadas.

Sistema de detectores:

Un sistema detector de tráfico está compuesto por dispositivos capaces de registrar variables de tránsito (como los volúmenes vehiculares) y de generar señales que puedan ser analizadas por un equipo, con el fin de dar celeridad a la toma de decisiones en un momento determinado de acuerdo con un algoritmo previamente programado en el equipo.

Los detectores con los que cuenta la ciudad de Manizales son accionados por la alteración de un campo electromagnético generado por el paso de un vehículo, pero en la actualidad estos dispositivos se encuentran fuera de operación por problemas técnicos.

Planeamiento semafórico:

El planeamiento semafórico es realizado por la Unidad Técnica de la Secretaría de Tránsito y Transporte del Municipio de Manizales. Para el diseño de los ciclos y la programación semafórica se utiliza el software para el planeamiento semafórico llamado LISA+, diseñado por la Universidad de Dresden Alemania.

Los planes de señales usados son 8 y se describen a continuación:

- S1: 80 seg. “Plan de equilibrio para demanda media”.
- S2: 100 seg. “Plan de entrada al centro”.
- S3: 70 seg. “Plan de Baja demanda”.
- S4: 55 seg. “Plan de conmutación de entrada y salida de funcionamiento”.
- S5: 90 seg. “Plan de conmutación a planes de alta demanda (periodos pico)”.
- S6: 100 seg. “Plan de salida del centro horas pico y media noche”.
- S7: 100 seg. “Plan periodos de alta demanda-equilibrio día sábado.”
- S8: Desconexión diaria

1.3 AREA DE ESTUDIO

Los corredores seleccionados para la revisión y rediseño de la planeación semafórica de las intersecciones de la ciudad de Manizales, corresponden a la avenida Santander, la malla del centro y sus intersecciones aledañas, ya que éstos son los corredores neurálgicos de la ciudad, es decir, donde se concentra la mayoría de los flujos, congestiones vehiculares e intersecciones semaforizadas y donde se necesita una revisión para generar alternativas que permitan el mejoramiento de la planeación semafórica de la ciudad.

1.4 INTERSECCIONES Y SECTORES EVALUADOS.

Avenida Santander.

Carrera 23 – Calle 65.
Carrera 23 – Calle 63.
Carrera 23 – Calle 62.
Carrera 23 – Calle 58
Carrera 23 – Calle 56.
Carrera 23 – Calle 55A.
Carrera 23 – Calle 54.
Carrera 23 – Calle 51.
Carrera 23 – Calle 46 y Calle 46
Carrera 23 – Calle 45.

Sector Centro.

Carrera 21 – Calle 31.
Carrera 18 – Calle 28.
Carrera 18 – Calle 26.
Carrera 18 – Calle 25.
Carrera 20 – Calle 17.
Av. Gilberto Álzate – Calle 17.
Carrera 20 – Calle 20.
Carrera 20 – Calle 21.
Carrera 21 – Calle 20.
Carrera 21 – Calle 21.
Carrera 22 – Calle 20.
Carrera 22 – Calle 21.
Carrera 16 – Calle 19.
Carrera 15 – Calle 19.

2. MARCO TEÓRICO

En las intersecciones semaforizadas, además de las características geométricas, se debe tener en cuenta: la distribución del tránsito, cantidad de movimientos, composición vehicular, la asignación de un tiempo y características físicas de los semáforos. Es por esto que a continuación se presentarán conceptos generales que sirvan de introducción al lector y lo capaciten para la comprensión del presente documento.

2.1. CONCEPTOS GENERALES.

Intersección. Es el espacio físico compartido por varias líneas de flujo donde se presenta conflicto de movimientos entre éstas.

Corredor. Es una vía continua compuesta por varias intersecciones.

Ciclo. Es el tiempo en el cual se da una secuencia completa de todas las indicaciones semafóricas (fases) de la intersección.

Fase. Es una parte del ciclo donde se le asigna el derecho de vía a un flujo de movimientos no conflictivos entre si.

Intervalo. Tiempo durante el cual el semáforo presenta la misma señal.

Plan de señales. Es la presentación gráfica de los tiempos que se le asignan a cada fase de cada intersección para la coordinación de un corredor.

Coordinación. Es la acción de programar las intersecciones semaforizadas de tal forma que el flujo de un corredor pueda alcanzar una velocidad constante sin detenciones.

Ola verde. Es el encendido paulatino de verde para que a lo largo del corredor, el flujo se presente ininterrumpido, lo que se logra con el establecimiento de una velocidad constante (teórica y asumida) para el corredor a programar.

Diagramas de espacio – tiempo. Es la representación gráfica del espacio existente entre intersecciones de un corredor y el tiempo del ciclo de cada intersección. Este diagrama muestra la coordinación de corredores y olas verdes.

Desfase. Es el tiempo que existe entre dos intersecciones semaforizadas a una velocidad constante (Teórica y asumida).

Relación v/c. Es la relación entre el volumen y la capacidad de las intersecciones semaforizadas.

Flujo de Saturación: Es el número de vehículos por hora que pueden pasar por un carril de una intersección suponiendo que siempre este en la fase verde.

2.2. GENERALIDADES DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

2.2.1. Función.

“La función principal de un semáforo en el control de una intersección es dar el paso alternativamente a los distintos grupos de vehículos, peatones, bicicletas y/u otro sistema de transporte de tal manera que éstos pasen a través de la intersección con un mínimo de problemas, riesgos y demoras” (Valencia, 2000).

2.2.2. Objetivos.

“Los objetivos del diseño de una intersección controlada por semáforos son:

- Reducir y prevenir cierto tipo de accidentes en la intersección y en las intersecciones aledañas.
- Reducir las demoras que experimentan los peatones y vehículos al intentar cruzar la intersección, y al mismo tiempo evitar la obstáculos de las intersecciones más cercanas causado por colas largas.
- Reducir el consumo de combustible de los vehículos en la intersección.

- Reducir la emisión de contaminantes del aire de automotores y otros factores que empeoran el medio ambiente” (Valencia, 2000).

2.2.3. Clasificación.

Las principales clases de semáforos que regulan el tránsito pueden funcionar de las siguientes maneras:

- **Semáforos de tiempo fijo.** Tienen como característica que el ciclo, la duración y secuencia de intervalos son preestablecidos por una programación, los cuales varían en el transcurso del día dependiendo de la demanda de flujo que se debe satisfacer.
- **Semáforos totalmente accionados por el tránsito.** En este tipo de semáforos, el ciclo, la duración y la secuencia de intervalos están controlados por el tránsito real de la intersección. Los flujos vehiculares son identificados por detectores, haciendo que la programación de las intersecciones sea en tiempo real.
- **Semáforos semi-accionados por el tránsito.** Este funcionamiento consiste en programar siempre la operación de la vía principal en la fase verde, hasta que en las calles secundarias se detecte flujo vehicular o paso peatonal, dándole paso a los vehículos con un intervalo adecuado.
- **“Semáforos controlados por computador.** Este tipo de semáforos no sólo se encarga de enviar indicaciones de fase a los controladores locales, sino que proporciona otras funciones como: Planes para vehículos de emergencia (ambulancias, bomberos, policía) de manera que éstos cuenten con una banda

verde especial. Leyendas variables, que indiquen por ejemplo el cambio de sentido de una vía o la calidad de la circulación.” (Valencia, 2000).

2.2.4. Requisitos básicos para la instalación de una intersección semaforizada.

“De acuerdo a las recomendaciones que plantea la U.S. BUREAU OF PUBLIC ROADS, 1988, no deben instalarse semáforos en una intersección a menos que satisfagan dos o más de los requisitos que se mencionan a continuación:

- Si se iguala o sobrepasa el volumen mínimo de vehículos.
- Cuando es necesaria la interrupción de tránsito continuo.
- Si se iguala o sobrepasa el volumen mínimo de peatones.
- Para facilitar el movimiento progresivo de los vehículos.
- Si existen antecedentes sobre accidentes.
- Por la combinación de requisitos anteriores.” (Valencia, 2000).

Esta información debe estar sustentada con estudios y con los parámetros admitidos en Colombia para la instalación de un semáforo.

2.3. PARAMETROS DE OPERACIÓN

Estacio (Cfr. 2004) realiza las siguientes definiciones de los parámetros de operación vehicular para las intersecciones semaforizadas:

- **Capacidad.** Es el número máximo de vehículos que pueden pasar en un sentido por una determinada sección de la vía en la unidad de tiempo y en condiciones ideales como: flujo continuo, terreno plano, usuarios regulares.

En vías de flujo interrumpido o semaforizadas, la capacidad se expresa en vehículos livianos por hora verde y se efectúa en las intersecciones por ser éstas las de menor capacidad. La capacidad máxima para este tipo de flujo es de 1900 vehículos livianos / hora / carril.

Los factores del tránsito que afectan la capacidad son: la composición y la variación del flujo del tránsito.

- **Flujo de saturación.** Es el parámetro por el cual se define el número total de vehículos evacuados en una intersección por hora de tiempo verde. Este permite calcular el tiempo verde efectivo necesario para obtener el ciclo óptimo de los semáforos.

- **Velocidad de flujo.** La velocidad es un parámetro que debe ser analizado para la determinación del nivel de operación del tránsito vehicular y la detección de puntos críticos de congestión. Ésta depende de la intensidad del tránsito, de la naturaleza del terreno y de la jerarquía de la vía.
 - Velocidad de servicio. Es la velocidad en que operan los vehículos por una determinada vía en condiciones de circulación existentes bajo márgenes de seguridad y condiciones atmosféricas favorables.
 - Velocidad de operación. Es la velocidad en que operan los vehículos cuando la condiciones de intensidad de tránsito son reducidas, siendo la parte geométrica de la vía la única condicionante de la seguridad.

- **Flujo del tránsito.** Los conteos son la fuente de información con la cual se definen las características de los flujos de tránsito, tales como: La cantidad, el sentido y la composición de vehículos. El análisis de estos flujos constituye una herramienta para realizar estudios de capacidad, cálculo de tiempos semafóricos, pasos peatonales especiales, islas para el refugio de peatones, análisis de accidentes, entre otros.
 - Tasa de flujo. El número de unidades vehiculares que pasan por un punto determinado de una vía en un período de tiempo específico. Durante el día el flujo vehicular sufre variaciones, presentándose la mayor ocurrencia de vehículos (horas pico) al inicio y al final de actividades normales.
 - Sentido del flujo. El sentido del flujo vehicular es un parámetro por medio del cual se pueden determinar los diferentes grados de conflicto, la posibilidad de coordinación de los semáforos, entre otros.
 - Los movimientos en una intersección dependen del número de accesos y de los giros permitidos dentro de la misma.

- **Composición del flujo.** La circulación del tránsito se compone de vehículos de diferentes tipos, que difieren en su peso, velocidad y dimensiones. Los vehículos se clasifican en bicicletas, ligeros, pesados y especiales.
 - Biciclos. Dentro de este se encuentran motocicletas y bicicletas. Su presencia en tránsito, no suele tener trascendencia en cuanto a la capacidad en las vías, pero repercuten mucho en la accidentalidad.
 - Ligeros. Hacen parte de este grupo, los automóviles, microbuses y vehículos de transporte de mercancía cuya carga sea menor a tres toneladas (camionetas y furgones pequeños). La mayor cantidad de vehículos que circulan en un sector

urbano, pertenece a este grupo. Por esta razón desde el punto de vista de la ingeniería del tránsito es el más importante ya que condiciona los elementos relacionados con la regulación de tránsito.

- Pesados. A este grupo pertenecen, los diferentes tipos de camiones, los minibuses, autobuses, y trolebuses. Las dimensiones y pesos de este tipo de vehículos, son muy superiores al resto y están destinados al transporte de carga pesada o al transporte colectivo de personas.

2.4. COORDINACIÓN DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

“La coordinación de las intersecciones de un itinerario consiste en programar el encendido de las luces de los semáforos de tal forma que los vehículos puedan atravesar la vía, de extremo a extremo, a una velocidad constante y sin detenerse (ola verde). Para ello es necesario determinar el desfase entre el instante de encendido de las luces verdes de los diferentes cruces. Este desfase viene dado en función de la velocidad deseada y de las distancias entre intersecciones” (Díaz et al. 2002).

2.5. NIVELES DE SERVICIO PARA LAS INTERSECCIONES CONTROLADAS CON SEMÁFORO.

Se definen de acuerdo con la demora que deben soportar los conductores, en la que también hay consumo de combustible y pérdida de tiempo. Los niveles de servicio se establecen entonces, como demora promedio por parada de cada vehículo. (Cfr. CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS).

Tabla No 2. Niveles de servicio. Intersecciones semaforizadas

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE LA OPERACIÓN	DEMORAS (segundos)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos, los vehículos no se detienen	< 10
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos, los vehículos empiezan a detenerse	10 - 20
C	Ocurre con una sincronía regular y/o ciclos largos, los ciclos en forma individual empiezan a fallar	20 - 35
D	Empieza a notarse la influencia de congestionamiento ocasionados por un ciclo largo y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	35 - 55
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos son frecuentes.	55 - 80
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección a cuando las relaciones v/c son menores a 1 pero con una sincronía muy pobre y/o ciclos demasiado largos	> 80

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000)

2.6. DESCRIPCIONES DE ALGUNOS PAQUETES ESPECIALIZADOS PARA LA PROGRAMACIÓN SEMAFÓRICA

En el Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte, realizado para la ciudad de Bogotá por Cal y Mayor y Asociados (Cfr) se encuentran las

descripciones de los modelos más utilizados en la Ingeniería de Tránsito y a continuación se presentan los apartes más relevantes:

2.6.1. LISA+

“LISA+ es una herramienta que facilita el análisis de planeación, administración y provisionamiento de datos para semáforos. Con este modelo, se tiene el apoyo que se necesita para realizar el registro de vehículos contados, pasando por cada una de las fases de planeación semafórica hasta la simulación y el aprovisionamiento de datos para cualquier procedimiento de control. Además del instrumento de planeación de LISA+, el banco de datos concebido para la administración del funcionamiento de los semáforos que se ha denominado VERA+, se ha convertido en un elemento indispensable de una administración eficiente.” (Cal y Mayor y Asociados).

El software LISA+ puede adaptarse a las necesidades de quien lo utilice y es fácil aprender a manejarlo gracias a los menús, símbolos y dibujos que posee. Para revisar los datos, cuenta con un diseño inteligente con el que pueden seguirse los pasos, la sincronización y coordinación de los semáforos. Esta herramienta permite realizar la planeación de los sistemas semafóricos de redes viales (rurales y urbanas) y facilita la elaboración de los controles técnicos. Las planeaciones semafóricas se realizan de una forma gráfica mucho más flexible que la obtenida por medio del cálculo estadístico y además ésta puede ser evaluada con intensidades de tráfico reales lo que permite llegar a conclusiones más acordes con la realidad.

De acuerdo con Cal y Mayor y Asociados, el ambiente de tránsito que solicita el modelo y que debe ser especificado por el usuario del LISA+ consiste en lo siguiente:

- Descripción general de condiciones operativas de las intersecciones, como distribución y tipo de los carriles, clases de movimientos, número de accesos, y descripción de los dispositivos de control del tráfico, como también sus características.
- Geometría general de la red semafórica incluye distancia entre intersecciones, ancho de los carriles, pendiente, etc.
- Volúmenes del tráfico que usa la red semafórica como: vehículos, peatones y bicicletas; además se debe especificar la composición vehicular (vehículos livianos, buses y camiones), incluyendo su respectivo factor de equivalencia.

2.6.2. SYNCHRO

“Es un modelo completo para realizar análisis de optimización de dispositivos semafóricos de tránsito. Este software tiene implementados los métodos disponibles del Highway Capacity Manual (HCM 2000), permitiendo realizar la optimización de la longitud de ciclos y desfases en una red vial sin necesidad de hacer múltiples análisis. SYNCHRO posee una interfaz sencilla para la entrada de datos y de la misma forma presenta los resultados intermedios que son también fácilmente visualizados. Realiza la coordinación de intersecciones permitiendo mostrar los efectos del tránsito en ellas, generando los tiempos y fases óptimos para reducir demoras de una manera similar a lo que realiza el TRANSYT. Una de las grandes ventajas del SYNCHRO es ser plenamente interactivo: a medida que se realizan modificaciones en los datos de entrada, los resultados son modificados automáticamente.” (Cal y Mayor y Asociados).

En el análisis de las intersecciones semaforizadas con SYNCHRO se representa el ambiente del tráfico en donde debe identificarse y definirse la duración del ciclo y las fases; y el número y secuencia de éstas. También pueden analizarse las intersecciones que no son

semaforizadas (incluyendo el análisis de las glorietas), por lo tanto, las aplicaciones de SYNCHRO van dirigidas a las corrientes discontinuas.

SYNCHRO cuenta con dos programas de apoyo: uno de los cuales permite la representación de la entrada de datos, condiciones o entorno de la corriente discontinua otorgando un ambiente gráfico que visualiza y simula las características del tránsito. El otro programa, SIMTRAFFIC permite la visualización gráfica de resultados, datos de salida resultantes del modelo así como la propia simulación dinámica.

2.6.3. TRAFFIC NETWORK STUDY TOOL (TRANSYT-7F)

“El uso primario del TRANSYT-7F es el diseño y la optimización de la sincronización de los dispositivos semafóricos en una red vial urbana. TRANSYT-7F ofrece la optimización del algoritmo genético de la longitud del ciclo, secuencia de las fases de semáforos, posición de fases y desfases. TRANSYT-7F es el único paquete de software disponible que combina el estado del arte en procesos de optimización (algoritmo genético, multi-período y la optimización del modelo CORSIM) con un modelo avanzado de la simulación del tránsito incluyendo el desbordamiento de colas atrás, la dispersión del pelotón y la simulación actuada de semáforos.” (Cal y Mayor y Asociados).

Dentro de las características del modelo se incluye la simulación detallada de la dispersión del pelotón, la devolución y desbordamiento de colas, del control de tránsito y la flexibilidad para realizar análisis carril por carril. Además, no existe ninguna limitación práctica para el número de los accesos que se pueden simular este software. También acepta las maneras de conducir por los lados derechos e izquierdos y las unidades inglesas y métricas, lo que hace que sea utilizado alrededor de todo el mundo.

Con la utilización de este programa pueden analizarse diversas alternativas de optimización involucrando combinaciones de las oportunidades de la progresión, demoras, paradas, consumo de combustibles, rendimientos y formación de colas con gran capacidad de modificar el proceso de la optimización para requisitos particulares y con la capacidad de optimizar todos los ajustes de los semáforos (longitud del ciclo, secuencia de fases, posiciones).

3. TENDENCIAS EN EL MANEJO DEL TRÁNSITO EN LAS GRANDES CIUDADES

El constante crecimiento de las ciudades modernas viene acompañado de un incremento en la demanda de sistemas de transporte. Las principales vías de las ciudades se aproximan al límite de su capacidad y es poco probable que se puedan ampliar debido a la falta de espacio o al costo que esto representa. Es por ello que muchos fabricantes de componentes viales están desarrollando nuevas alternativas para la solución de este problema tales como sistemas centralizados de control o dispositivos inteligentes. Estas nuevas tendencias en dispositivos y software permiten un mejoramiento en la movilidad vehicular y peatonal como se indica:

- Los tiempos de verde de cada intersección se darán de acuerdo a los volúmenes de tránsito en tiempo real en cualquier hora y sector de la ciudad, esto aumentará la eficiencia de cada intersección semaforizada, beneficio del que se percatarán los conductores al reducir sus tiempos de viaje.
- Sistemas que detectan en tiempo real los inconvenientes técnicos presentes en cualquier intersección de la ciudad, ya sea por luces en mal estado o por cualquier problema que afecte el funcionamiento de los semáforos; esto con el fin de tener una atención inmediata que minimice las congestiones y los accidentes.
- Control visual en tiempo real de las intersecciones de la ciudad para detectar los sectores más conflictivos de la ciudad y así modificar los planes de señales necesarios que agilicen la circulación de los vehículos.

- Pantallas con información actualizada del estado de las principales vías de la ciudad, para advertir posibles congestiones, accidentes, marchas, cierres de vías, etc., y además información de vías alternas para evitar el ingreso de más vehículos al problema vehicular.
- Manipulación manual desde la central de control de los planes de señales, en casos especiales o de emergencias, con el fin de generar un tipo de ola verde de un corredor para que los vehículos lleguen lo más rápido posible a su destino.

Según Joya (Cfr 2007) algunos beneficios de estas nuevas tendencias en el manejo del tránsito en las ciudades son los siguientes:

- Reducción de la congestión vehicular.
- Maximización del uso de la infraestructura existente.
- Disminución del consumo de combustible en los vehículos.
- Disminución de emisiones de gas de los vehículos.
- Gestión integrada del tráfico en una región determinada, incluyendo arterias, calles y autopistas.
- Mejora la perspectiva y la visión de los operadores de tráfico, la gestión del sistema de tráfico, las operaciones y la distribución de información.

3.1. SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Según CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS, en su Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte, el sistema de semaforización instalado actualmente en la ciudad de Bogotá posee un hardware y software con la tecnología más moderna para el control del sistema en forma centralizada y coordinada.

Los equipos de control local cuentan con dispositivos y software especializados que le permite operar el tránsito de forma dinámica, ya que los planes de señales son consecuencia de la demanda vehicular sin perder la coordinación con las demás intersecciones. Para que este sistema sea aprovechado totalmente se deben instalar más detectores vehiculares que complementen los que actualmente se tienen.

Además CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS (Cfr.) reportan las siguientes descripciones:

Descripción hardware: El manejo del sistema semafórico electrónico de la ciudad de Bogotá además de estar centralizado, está conformado por tres centros de control cada uno de ellos con computadoras interconectadas con cables de tipo telefónico a los equipos de control de las intersecciones, lo que garantiza la coordinación y sincronización de los equipos en funcionamiento de la malla vial

Cada centro de control está compuesto por los siguientes equipos:

- Computadora de tránsito principal del tipo M56.
- Computadora de reserva del tipo M56.
- Conmutador electrónico para alternar los equipos de control de la computadora de control de tránsito principal a la de reserva en caso de avería o mantenimiento de ésta.
- Computadora adicional TTERM, emulación del terminal de acceso a cada computadora de control de tránsito desde los centros de control de Chicó y Paloquemao.
- Estación de trabajo PSM UNIX, para la operación y administración de todo el sistema desde cada centro de control.
- Tablero de señalización con indicación visual del estado de las intersecciones.

- Equipo de fuerza (VPS) para 12 horas continuas.
- Interfaces para la interconexión con los equipos de control de la intersección (transmisión-recepción a cada centro de cómputo).
- Interfaces para la interconexión con los módulos evaluadores que registran los datos de los detectores de bucle electromagnético y son enviados al centro de control respectivo.
- Modems para la interconexión en RED (LAN) entre los tres centros de control, permitiendo la operación del sistema y verificación del estado de funcionamiento de los equipos de control desde cualquier centro de control.

Computadoras de control de tránsito. Este hardware es el que permite la supervisión, operación y control de todos los equipos conectados a cada central de tal forma que pueden almacenarse todos los informes suministrados por los equipos de control de la intersección y además presenta y conmuta los planes de señales y fallas presentadas. El software que posee la computadora es especializado en administración y operación del tránsito y programa los planes de señales dependiendo de la demanda suministrada por los detectores ubicados en todas intersecciones.

Estas computadoras de control poseen las siguientes características técnicas: son del tipo M56, con una capacidad para el manejo de 400 equipos de control de la intersección, cada uno con doce planes de señales diferentes y 400 puestos de medida conformados por los detectores de tránsito, memoria externa de 2 Gigabytes con floppy disk de 1 Megabyte de doble densidad.

Equipos de control local. Los equipos de control local son microprocesadores, que permiten controlar los flujos de tránsito vehicular y/o peatonal en una determinada intersección, por medio de un programa local de acuerdo con las características de la

intersección. Además su funcionamiento puede ser coordinado y sincronizado mediante el desarrollo de cualquiera de los programas que envíe el centro de control.

Las características de los equipos que son utilizados para el manejo de una semaforización electrónica son los siguientes:

- Control por puntos de cambio (GE): Estos equipos son los que permiten conmutar la señalización del plan de tiempos para la duración de verde, rojo y tiempos de transición (amarillo, y rojo amarillo) con el fin de agrupar los flujos y movimientos vehiculares o peatonales no conflictivos. Este equipo realiza una matriz donde se indica la señalización respectiva y la duración del mismo. La computadora de control de tránsito envía las señales correspondientes para la sincronización y el final de verde por fase semaforizada. A su vez los equipos reportan a la central el estado de su funcionamiento y en caso de avería, reportan qué tipo de falla ocurrió, si es de equipo, del cable de interconexión o de la acometida eléctrica. Poseen una capacidad de manejo de hasta 14 grupos de señales y cuatro estructuras siendo una estructura la combinación de fases semaforizadas.
- Control por fases (MP): Permiten la conmutación programada en el plan de tiempos por fase semaforizada con una sincronización desde la central y con las instrucciones provenientes de la computadora de control de tránsito para la duración del tiempo de verde para cada fase.
- Control por grupo de señales (MR, C800V y C800VK): Estos equipos son de una tecnología más avanzada y permiten la programación de cada grupo

semaforizado ON LINE en forma individual desde la central de control de tránsito.

En la figura No 4 se puede observar el funcionamiento de una intersección típica con los equipos electrónicos anteriormente descritos.

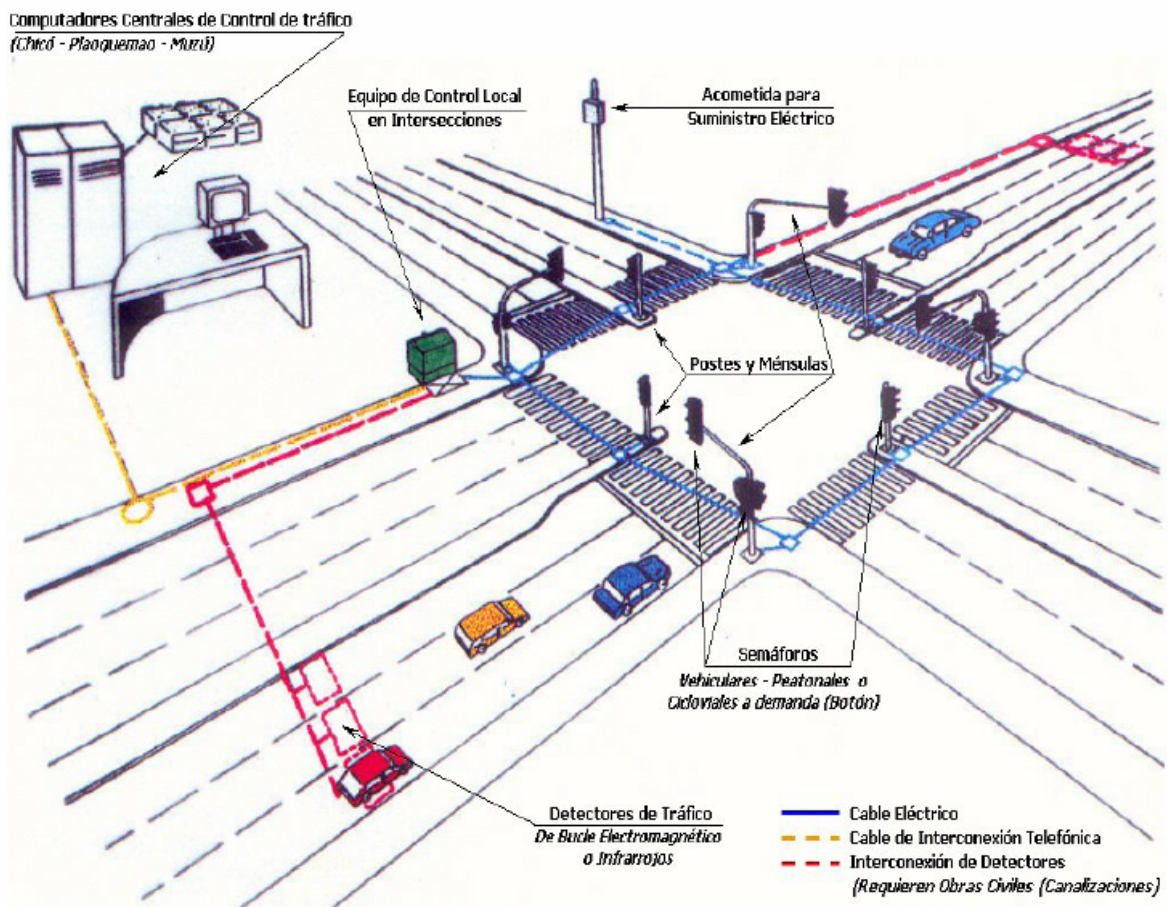


Figura No 4. Componentes sistema de semafización electrónica.

Fuente: Implementación de un sistema de simulación para el control del tráfico automotor. Universidad del Bosque. 2007

4. METODOLOGIA

4.1. VOLÚMENES VEHICULARES.

Los volúmenes vehiculares con los que se trabajaron fueron del año 2001. Estos volúmenes fueron reportados por Estacio (2004), donde se encontraban en automóviles directos equivalentes (ADE), con volúmenes horarios en 3 horas pico y 2 horas valle de cada movimiento de la intersección, como se puede observar en la Tabla No. 3 el Volumen Horario de la Intersección de la Carrera 23-Calle 65 (Ver anexo 1).

Tabla No 3. Volúmenes horarios Vehiculares 2001. Carrera 23- Calle 65

VOLUMENES HORARIOS 2001. POR MOVIMIENTO						
INTERSECCION	MOVIMIENTO	HORA PICO	HORA PICO	HORA PICO	HORA	HORA
		MAÑANA 11:30 -12:30	TARDE 13:30 -14:30	NOCHE 17:45 -18:45	VALLE MAÑANA 10:00 -11:00	VALLE NOCHE 20:00 -21:00
CARRERA 23 CALLE 65	3	1027	1004	1102	813	556
	6	464	518	500	387	278
	9(2)	289	279	314	254	195
	4	1063	1056	1016	849	651

Fuente: Estacio (Cfr. 2004).

Para realizar la proyección de los volúmenes hasta el año 2008, se tomó como referencia la proyección logarítmica utilizada por Estacio (2004), para actualizar los volúmenes al 2004, obtenida con volúmenes vehiculares de 1991, 1993 y 2001. La ecuación para proyectar los volúmenes vehiculares es la siguiente:

$$\text{Volumen_Vehicular_en_ADE} = 245.124,18 \times \ln(\text{Año_de_estudio}) - 1.859.571 \quad (\text{Ver Figura No 5.})$$

Utilizando esta proyección logarítmica, se encontró que el incremento de los volúmenes vehiculares desde el año 2001 hasta el año 2008 sería de un 22,3%. Teniendo en cuenta este porcentaje, se proyectaron al año 2008 todos los volúmenes vehiculares (ver anexo 2), partiendo de los datos del año 2001, para todas las intersecciones y movimientos.

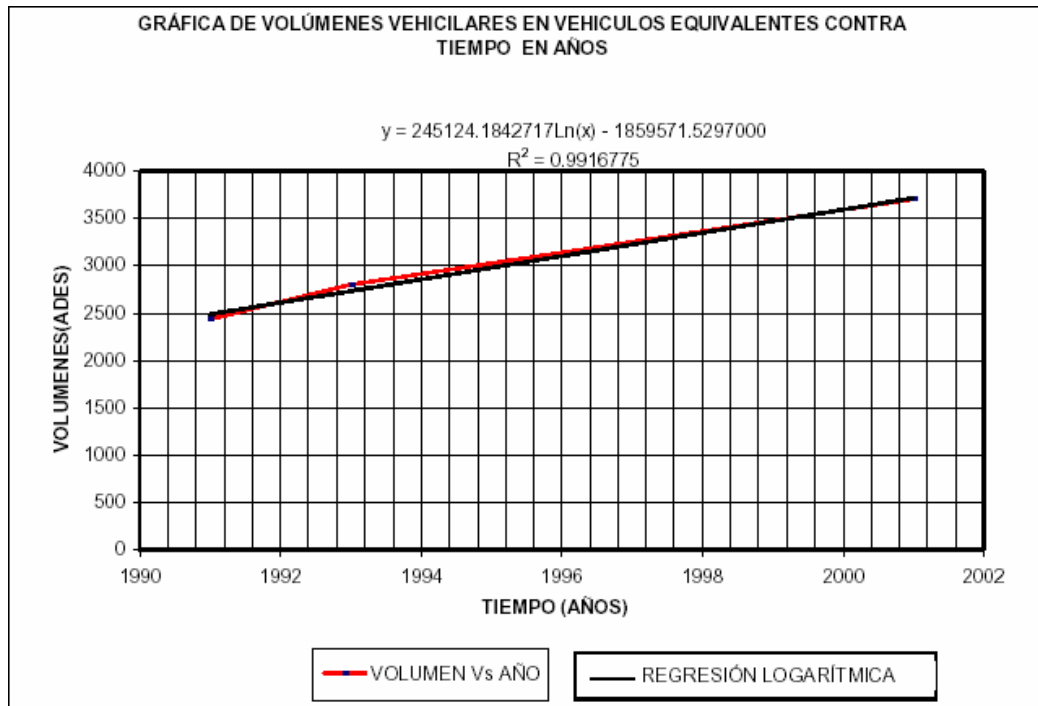


Figura No 5. Volúmenes en Vehículos Equivalentes Vs Tiempo (años).

Fuente: Evaluación al planteamiento de la red semaforizada de Manizales. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. 2004.

Los volúmenes que se tienen son de 3 horas pico y 2 horas valle, con los que se coordinaron los corredores con planes de señales generando olas verdes en la vía principal. Las horas de estudio se presentan a continuación:

Horas Pico:	Mañana	11:30 a 12:30
	Tarde	13:30 a 1430
	Noche	17:45 a 18:45
Horas Valle:	Mañana	10:00 a 11:00
	Tarde	20:00 a 21:00

4.2. CONDICIONES GEOMÉTRICAS.

Son las características físicas de cada intersección y de la vía como ancho de la vía, pendiente, número de carriles, carriles exclusivos, tipo de área, distancia entre intersecciones. Todos estos parámetros se obtuvieron en campo y en planos de la ciudad de Manizales. En el anexo No. 3 se encuentran los esquemas de cada intersección, con las condiciones geométricas y los movimientos.

4.3. PLANES DE SEÑALES Y COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS.

A continuación se presentan los corredores a coordinar y las intersecciones con programación local (independiente).

Av. Santander: Se coordinaron 10 intersecciones semaforizadas
CORREDOR 1

INTERSECCION	DISTANCIA (m) Entre Intersecciones
CARRERA 23 CALLE 65	235
CARRERA 23 CALLE63	135
CARRERA 23 CALLE 62	420
CARRERA 23 CALLE 58	235
CARRERA 23 CALLE 56	70
CARRERA 23 CALLE 55A	

	215
CARRERA 23 CALLE 54	450
CARRERA 23 CALLE 51	465
CARRERA 23 CALLE 46 A y CALLE 46	70
CARRERA 23 CALLE 45	

Sector Centro: Se coordinaron 6 corredores y 1 intersección semaforizadas con programación local por su ubicación individual.

Carrera 21 - Calle 31. Programación Local.

CORREDOR 2

INTERSECCION	DISTANCIA (m)
	<u>Entre Intersecciones</u>
CARRERA 18 CALLE 28	130
CARRERA 18 CALLE 26	75
CARRERA 18 CALLE 25	

CORREDOR 3

INTERSECCION	DISTANCIA (m)
	<u>Entre Intersecciones</u>
Carrera 20 Calle 17	25
Av. Gilberto Álzate – Calle 17	

CORREDOR 4

INTERSECCION	DISTANCIA (m)
	<u>Entre Intersecciones</u>
Carrera 20 Calle 20	75
Carrera 20 Calle 21	

CORREDOR 5

INTERSECCION	DISTANCIA (m)
	<u>Entre Intersecciones</u>
Carrera 21 Calle 20	75
Carrera 21 Calle 21	

CORREDOR 6

INTERSECCION	DISTANCIA (m)
	<u>Entre Intersecciones</u>
Carrera 22 Calle 20	75
Carrera 22 Calle 21	



CORREDOR 7

INTERSECCION	DISTANCIA (m)
	Entre Intersecciones
Carrera 16 Calle 19.	75
Carrera 15 Calle 19.	

4.4. FLUJO DE SATURACIÓN.

El flujo de saturación de cada carril de las intersecciones trabajadas se tomaron de Estacio (Cfr.) Anexo 4, este flujo de saturación parte de uno ideal de 1900 vehículos/hora/carril, y se va reduciendo por factores que dependen del número de carriles, vehículos pesados, pendiente, giros a la izquierda, giros a la derecha, y de los peatones, etc.

4.5. SIMULACIÓN.

Con la información previa respecto a parámetros y criterios necesarios para la simulación, se procedió a realizar los cálculos de planes semafóricos, coordinación de corredores, y la programación local de cada intersección semaforizada.

A continuación se presentan los parámetros requeridos para la simulación:

- Geometría de la intersección.
- Número de carriles, movimientos vehiculares.
- Volumen de vehículos, en ADE (automóviles directos equivalentes), por movimiento.
- Tiempo de amarillo (3 segundos), tiempo de todo rojo (1 segundo).

- Flujo de saturación.
- Ciclo máximo (120 segundos), ciclo mínimo (40 segundos).
- Velocidad del flujo vehicular, para la coordinación de corredores (35 Km/h).

Con la información anterior se programó cada intersección, se generaron los planes y la coordinación de los corredores.

5. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE UNA INTERSECCIÓN Y LA COORDINACIÓN DE UN CORREDOR

Este procedimiento consiste en realizar el diseño de los planes de señales de una intersección y la coordinación de un corredor de forma manual. Para este ejercicio, sólo se tomaron tres intersecciones del corredor de la Avenida Santander: Carrera 23-Calle 65, Carrera 23-Calle 63 y Carrera 23-Calle 62 en la hora valle de la mañana.

A. Intersección Carrera 23-Calle 65:

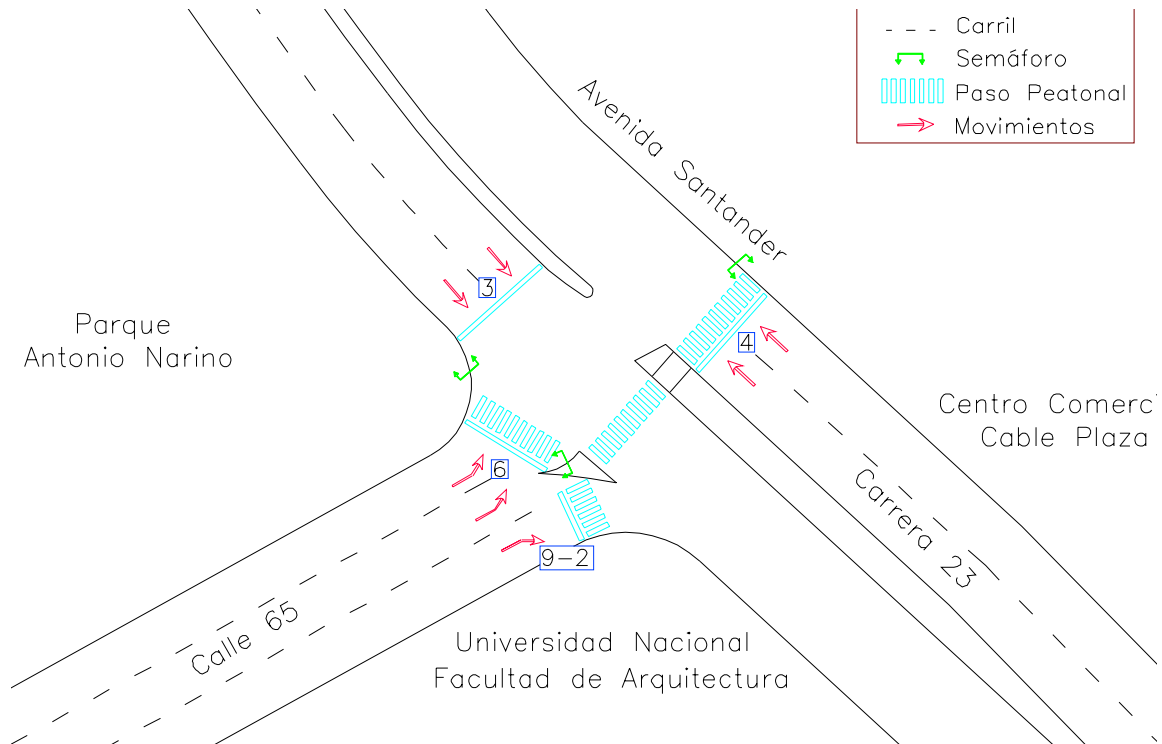
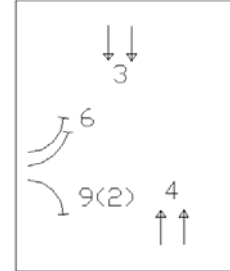


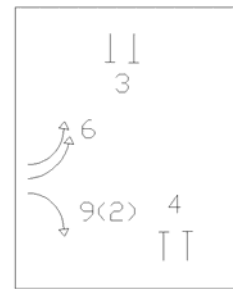
Figura No. 6. Esquema Intersección Carrera 23-Calle 65

Con los giros permitidos en la intersección se presentan las siguientes fases:

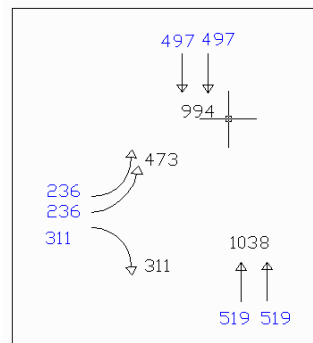
- Fase 1: Movimientos permitidos: 3 y 4



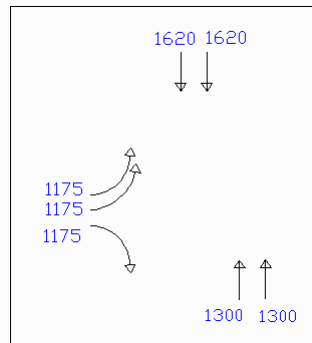
- Fase 2: Movimientos permitidos: 6 y 9(2)



Volumen vehiculares en ADE (Automóviles Directos Equivalentes), por movimiento y por carril tomados del anexo No 2:



Flujo de Saturación en ADE, por carril, Tomado del anexo No 4:

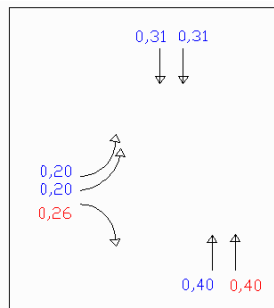


Teniendo el Volumen Vehicular y el Flujo de Saturación por carril se calcularon las relaciones máximas (y_i) entre el Volumen actual y el flujo de saturación por carril para cada fase, aplicando la siguiente fórmula:

$$y_i = \frac{Q_i}{S_i} \quad \text{Donde:} \quad Q_i : \text{Volumen Actual en ADE por cada carril}$$

$$S_i : \text{Flujo de Saturación en ADE por cada carril.}$$

Obteniendo los siguientes resultados:



Las relaciones máximas para cada fase son las siguientes:

- Fase 1: $y_1 = 0,40$
- Fase 2: $y_2 = 0,26$

Ciclo Óptimo: C_o

Con las relaciones máximas (y_i) de cada fase se realiza el cálculo del ciclo óptimo:

$$C_o = \frac{1.5 * L + 5}{1 - Y}$$

$$Y = \sum y_i$$

Donde:

$$y_i = \frac{Q_i}{S_i}$$

L: Es el tiempo perdido total por el ciclo.

L= 5 seg * Numero de Fases. (Promedio en Colombia)

L= 10 Seg

$$C_o = \frac{1.5 * 10 + 5}{1 - 0.66} = 59 \text{ seg}$$

B. Intersección Carrera 23-Calle 63:

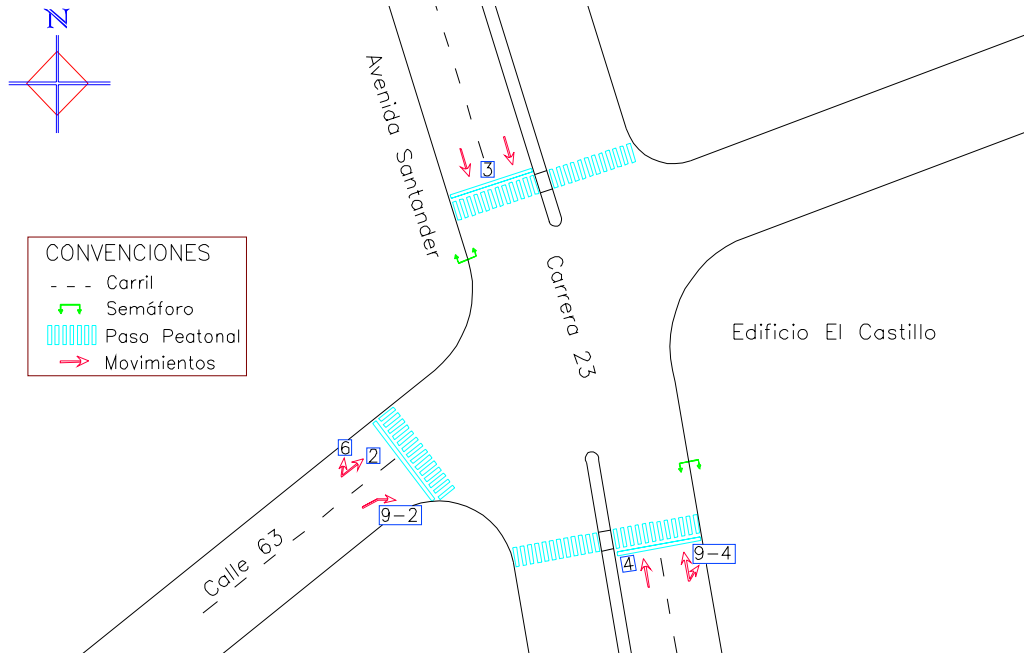
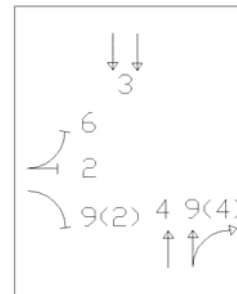


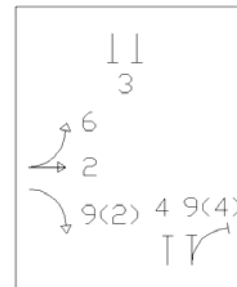
Figura No. 7. Esquema Intersección Carrera 23-Calle 63

Con los giros permitidos en la intersección se presentan las siguientes fases:

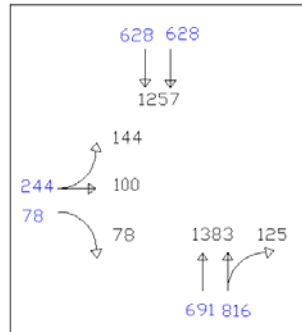
- Fase 1: Movimientos permitidos: 3, 4 y 9(4)



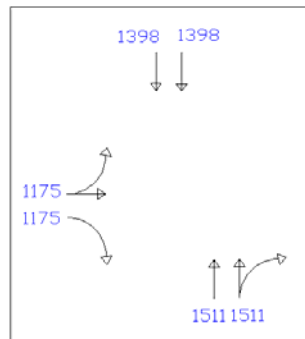
- Fase 2: Movimientos permitidos: 6, 2 y 9(2)



Volumen vehiculares en ADE (Automóviles Directos Equivalentes), por movimiento y por carril tomados del anexo No 2:



Flujo de Saturación en ADE, por carril, Tomado del anexo No 4:

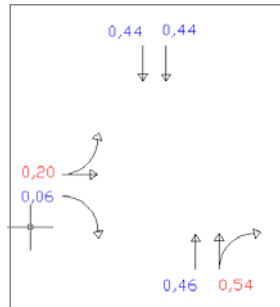


Relaciones máximas (y_i):

$$y_i = \frac{Q_i}{S_i} \quad \text{Donde:} \quad Q_i : \text{Volumen Actual en ADE por cada carril}$$

$$S_i : \text{Flujo de Saturación en ADE por cada carril.}$$

Obteniendo los siguientes resultados:



Las relaciones máximas para cada fase son las siguientes:

- Fase 1: $y_1 = 0,54$
- Fase 2: $y_2 = 0,20$

Ciclo Óptimo: C_o

Con las relaciones máximas (y_i) de cada fase se realiza el cálculo del ciclo óptimo:

$$C_o = \frac{1.5 * L + 5}{1 - Y}$$

$$Y = \sum y_i$$

Donde:

$$y_i = \frac{Q_i}{S_i}$$

L: Es el tiempo perdido total por el ciclo.

L= 5 seg * Numero de Fases

L= 10 Seg

$$C_o = \frac{1.5 * 10 + 5}{1 - 0.74} = 77 \text{ seg}$$

C. Intersección Carrera 23-Calle 62:

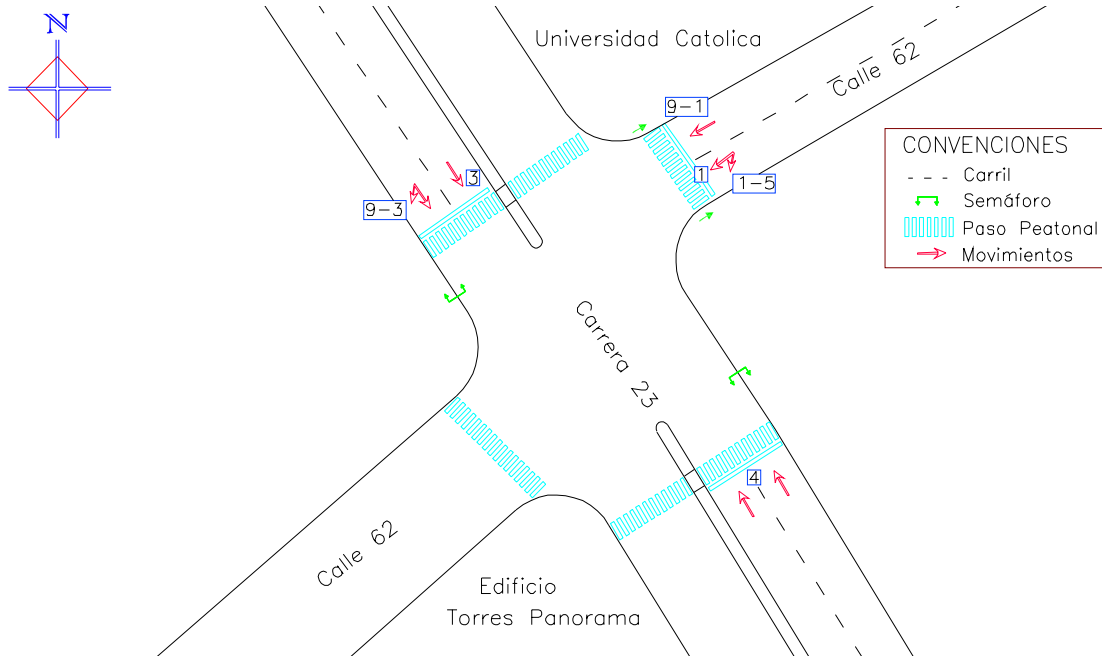
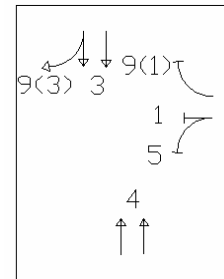


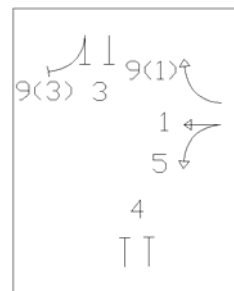
Figura No. 8. Esquema Intersección Carrera 23-Calle 62

Con los giros permitidos en la intersección se presentan las siguientes fases:

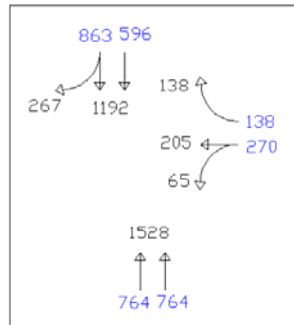
- Fase 1: Movimientos permitidos: 3, 4 y 9(3)



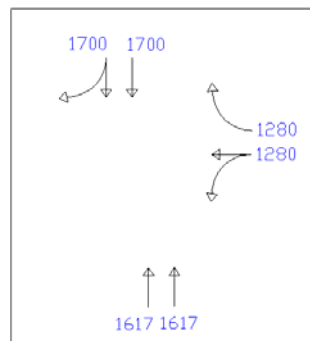
- Fase 2: Movimientos permitidos: 5, 1 y 9(1)



Volumen vehiculares en ADE (Automóviles Directos Equivalentes), por movimiento y por carril tomados del anexo No 2:



Flujo de Saturación en ADE, por carril, Tomado del anexo No 4:



Relaciones máximas (y_i):

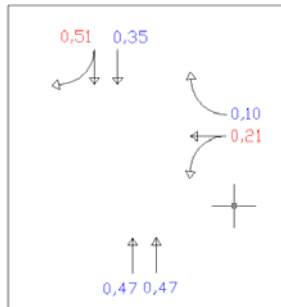
$$y_i = \frac{Q_i}{S_i}$$

Donde:

Q_i : Volumen Actual en ADE por cada carril

S_i : Flujo de Saturación en ADE por cada carril.

Obteniendo los siguientes resultados:



Las relaciones máximas para cada fase son las siguientes:

- Fase 1: $y_1 = 0,51$
- Fase 2: $y_2 = 0,21$

Ciclo Óptimo: C_o

Con las relaciones máximas (y_i) de cada fase se realiza el cálculo del ciclo óptimo:

$$C_o = \frac{1.5 * L + 5}{1 - Y}$$

$$Y = \sum y_i$$

Donde:

$$y_i = \frac{Q_i}{S_i}$$

L: Es el tiempo perdido total por el ciclo.

L= 5 seg * Numero de Fases

L= 10 Seg

$$C_o = \frac{1.5 * 10 + 5}{1 - 0.72} = 71 \text{seg}$$

Con el fin de coordinar las tres intersecciones sobre la Avenida Santander, se debe definir un ciclo común a todas estas, tomando siempre el mayor, por lo tanto, para este caso es el **Ciclo Común: 77 seg.** de la Intersección Carrera 23 Calle 63. Y con este deben calcularse los planes de señales de cada intersección.

Verde efectivo: g_i

Con el ciclo Común se procede a calcular el verde efectivo de cada fase

$$g_i = (C_o - L) \frac{y_i}{Y}$$

A. Intersección Carrera 23-Calle 65:

$$g_i = (77 - 10) \frac{y_i}{0.66} = 101,52 y_i$$

Fase 1: g = 41 seg.

Fase 2: g = 26 seg.

B. Intersección Carrera 23-Calle 63:

$$g_i = (77 - 10) \frac{y_i}{0.74} = 90,54 y_i$$

Fase 1: g = 49 seg.

Fase 2: g = 18 seg.

C. Intersección Carrera 23-Calle 62:

$$g_i = (77 - 10) \frac{y_i}{0.72} = 93,06 y_i$$

Fase 1: g = 47 seg.

Fase 2: g = 20 seg.

Cálculo del verde del semáforo: V_i

Finalmente se calcula el verde del semáforo para cada fase y así obtener el plan de señales de la intersección. Teniendo en cuenta que cada fase tiene tres segundos de señal amarilla y un segundo de todo rojo.

$$V_i = g_i + 1 \text{ seg}$$

A. Intersección Carrera 23-Calle 65:

Fase 1: $v = 41 \text{ seg} + 1\text{seg} = 42 \text{ seg}$ **Total tiempo Fase 1** **46 seg.**
 Fase 2: $v = 26 \text{ seg} + 1\text{seg} = 27 \text{ seg.}$ **Total tiempo Fase 2** **31 seg.**

B. Intersección Carrera 23-Calle 63:

Fase 1: $v = 49 \text{ seg} + 1\text{seg} = 50 \text{ seg}$ **Total tiempo Fase 1** **54 seg.**
 Fase 2: $v = 18 \text{ seg} + 1\text{seg} = 19 \text{ seg.}$ **Total tiempo Fase 2** **23 seg.**

C. Intersección Carrera 23-Calle 62:

Fase 1: $v = 47 \text{ seg} + 1\text{seg} = 48 \text{ seg}$ **Total tiempo Fase 1** **52 seg.**
 Fase 2: $v = 20 \text{ seg} + 1\text{seg} = 21 \text{ seg.}$ **Total tiempo Fase 2** **25 seg.**

Plan de señales:

D. Intersección Carrera 23-Calle 65:

Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	77 seg	
3	46	46	
4	46	46	
6	31	31	
9(2)	31	31	

E. Intersección Carrera 23-Calle 63:

Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	77 seg	
3	54	54	
4	54	54	
9(4)	54	54	
6	23	23	
2	23	23	
9(2)	23	23	

F. Intersección Carrera 23-Calle 62:

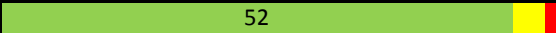





Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	77 seg	
3	52	52	
4	52	52	
9(3)	52	52	
9(1)	25		
1	25		
5	25		

Diagrama Espacio-Tiempo:

Con los planes de señales se procede a coordinar las intersecciones de tal forma que sus semáforos den indicaciones de verde que permitan la operación continua de un grupo de vehículos a una velocidad constante “Ola Verde”, sobre la avenida Santander en ambos sentidos. Esto se obtiene con la ayuda del diagrama Espacio-Tiempo, que se muestra en la Figura No 9, donde se observa el desfase o diferencia de tiempo en que inician los ciclos en cada intersección para permitir el movimiento continuo de un Pelotón de Vehículos.

En la abscisa se representa a escala la longitud entre las intersecciones y en las ordenadas se representa los ciclos de cada intersección de los movimientos a coordinar.

Luego se representa el flujo de los vehículos en ambos sentidos con líneas diagonales de pendiente dada (35 Km/h). Estas líneas deben pasar por la fase verde, y así se obtiene el ancho de banda dentro del límite que permita la fase roja. La línea inferior representa el primer vehículo del pelotón y la línea superior representa el último vehículo del pelotón que alcanza a pasar en la ola verde.

Para obtener el ancho de banda óptimo en ambos sentidos, deben realizarse tanteos hasta encontrar los desfases necesarios de una intersección a otra. Para este ejercicio, se obtuvieron los siguientes anchos de banda, buscando que en ambos sentidos se obtuvieran los mismos:

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 31 seg.

Occidente-Oriente: 31 seg.

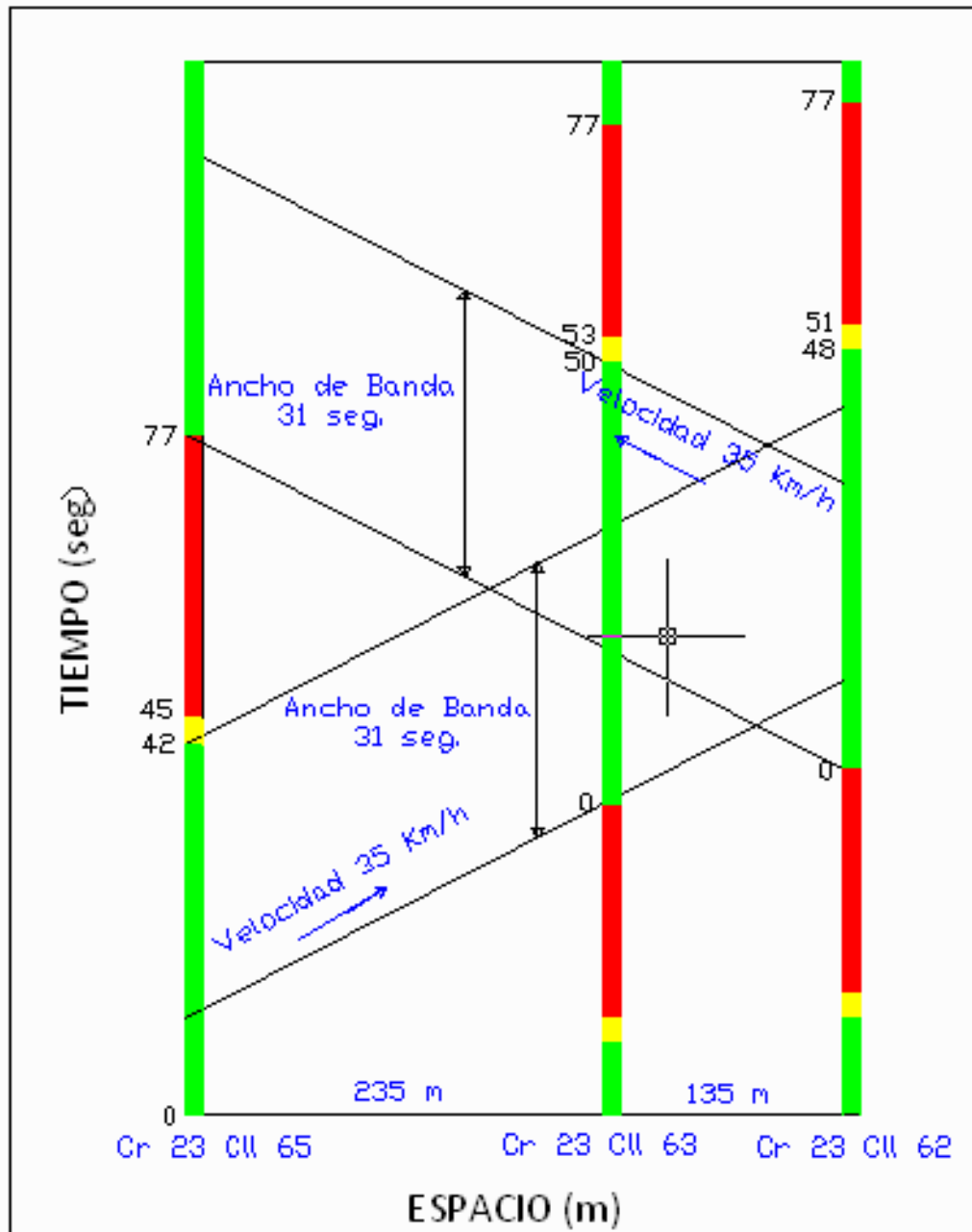


Figura No. 9. Diagrama Espacio-Tiempo. Ejercicio Manual

6. RESULTADOS

A continuación se presentan los planes de señales, para las 5 horas del día trabajadas, de las intersecciones anteriormente mencionadas, con la respectiva coordinación de los corredores, que genera las olas verdes.

6.1. HORA PICO DE LA MAÑANA. 11:30 a 12:30

CORREDOR 1 (Av. Santander).

Carrera 23 Calle 65. HORA PICO DE LA MAÑANA 11:30 A 12:30. (N.S: C)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
6	37	37
9 (2)	37	37
3	69	69
4	69	69

Carrera 23 Calle 63. HORA PICO DE LA MAÑANA 11:30 A 12:30. (N.S: D)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
6	21	21
2	21	21
9(2)	21	21
3	85	85
4	85	85
9 (4)	85	85

Carrera 23 Calle 62. HORA PICO DE LA MAÑANA 11:30 A 12:30 (N.S: C)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
9(1)	22	22
1	22	22
5	22	22
3	84	84
9(3)	84	84
4	84	84

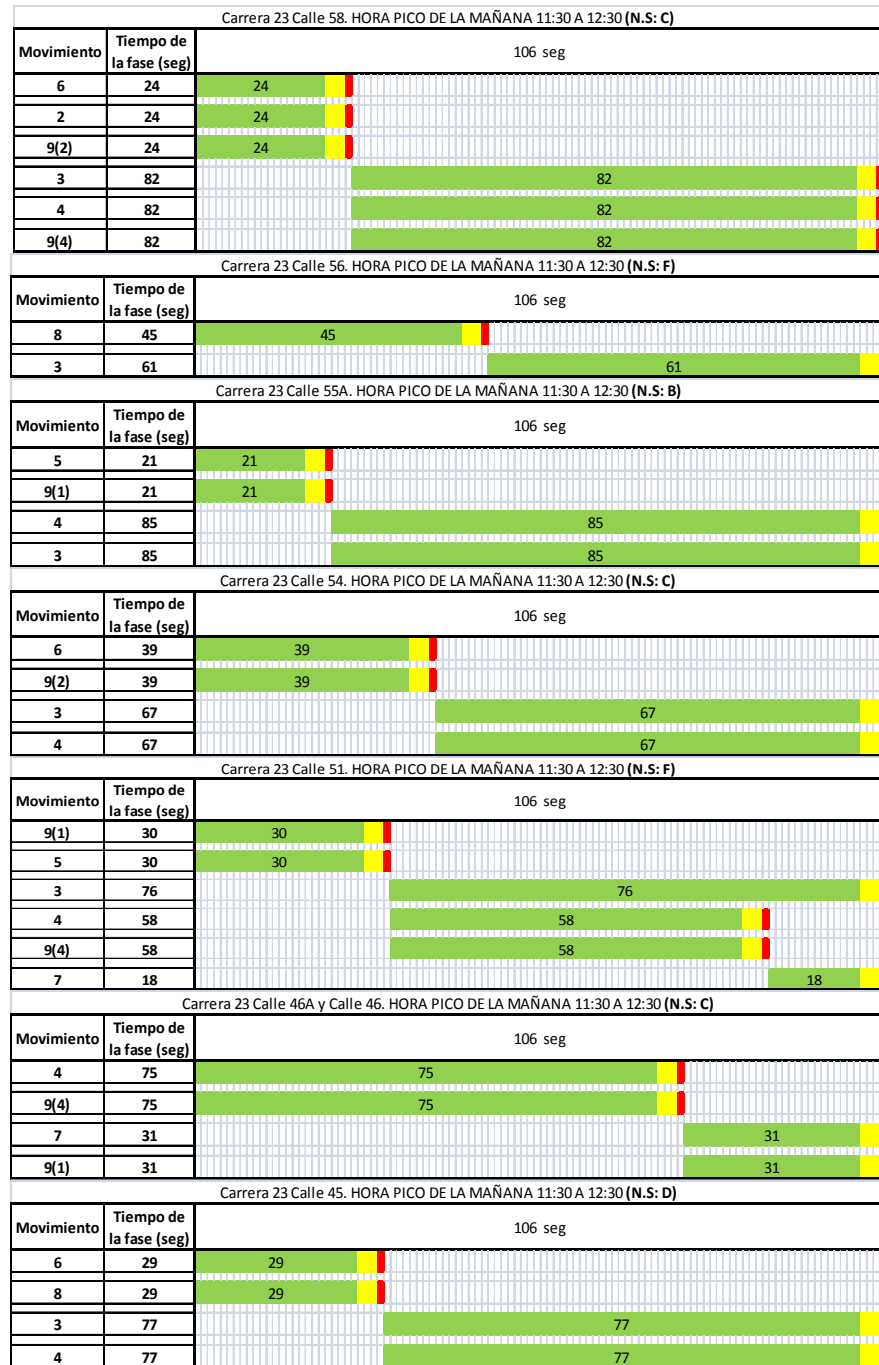


Figura No 10. Plan de señales. Corredor 1. Hora pico de la mañana.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 22 seg

Occidente-Oriente: 24 seg.

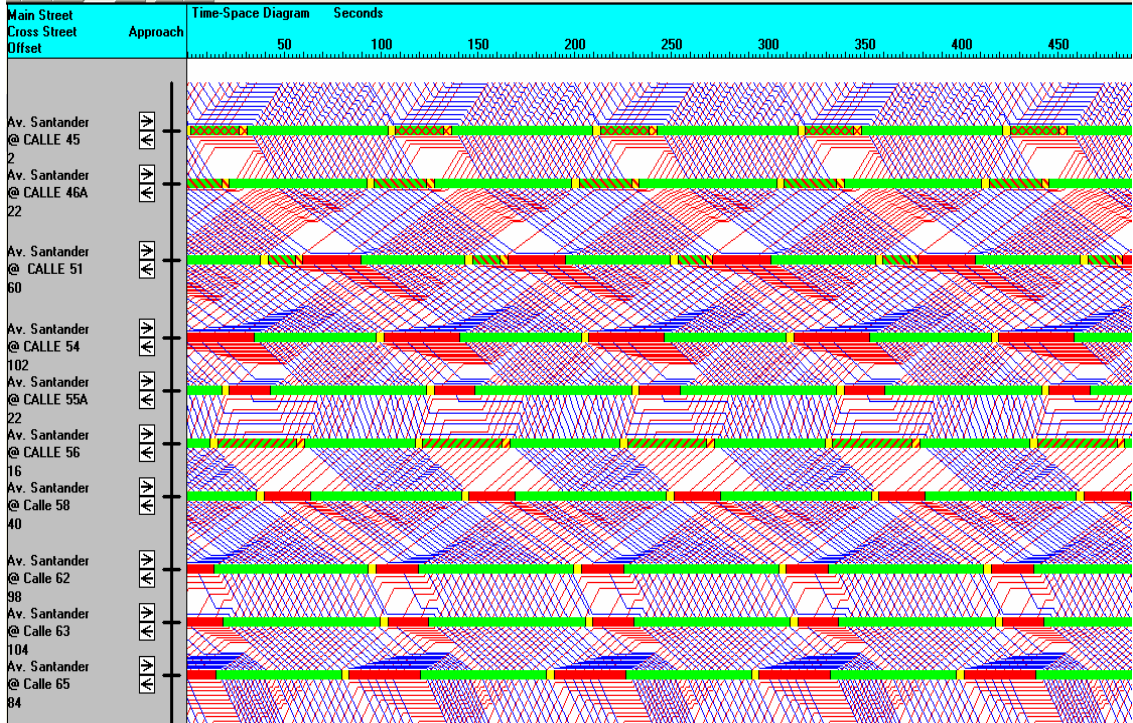


Figura No 11. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora pico de la mañana.

INTERSECCION AISLADA:

Carrera 21 Calle 31. HORA PICO DE LA MAÑANA 11:30 A 12:30 (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	90 seg
2	23	23
9(2)	23	23
4	67	67
9(4)	67	67

Figura No 12. Plan de señales. Carrera 21 Calle 21. Hora pico de la mañana.

CORREDOR 2:



Figura No 13. Plan de señales. Corredor 2. Hora pico de la mañana.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 28 seg

Occidente-Oriente: 29 seg.

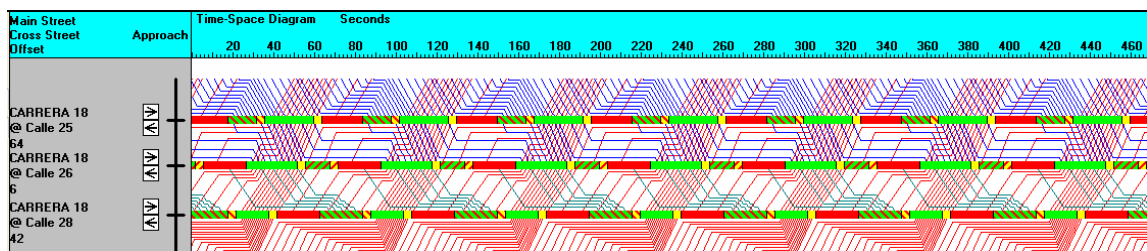


Figura No 14. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora pico de la mañana.

CORREDOR 3:

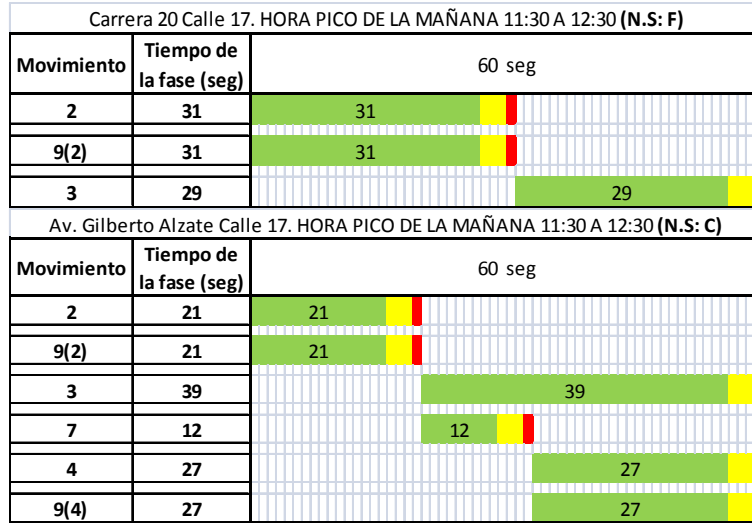


Figura No 15. Plan de señales. Corredor 3. Hora pico de la mañana.

Ancho de banda:

Sur-Norte: 21 seg

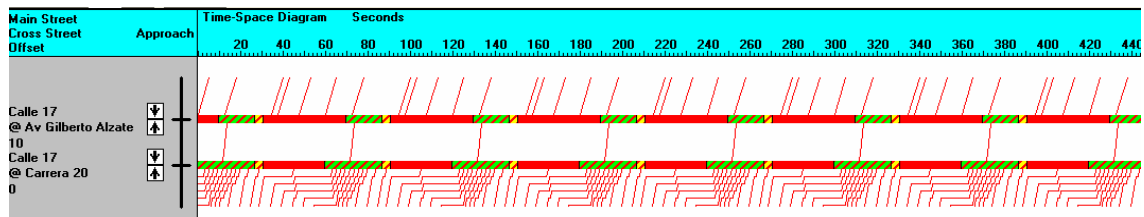


Figura No 16. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora pico de la mañana.

CORREDOR 4:

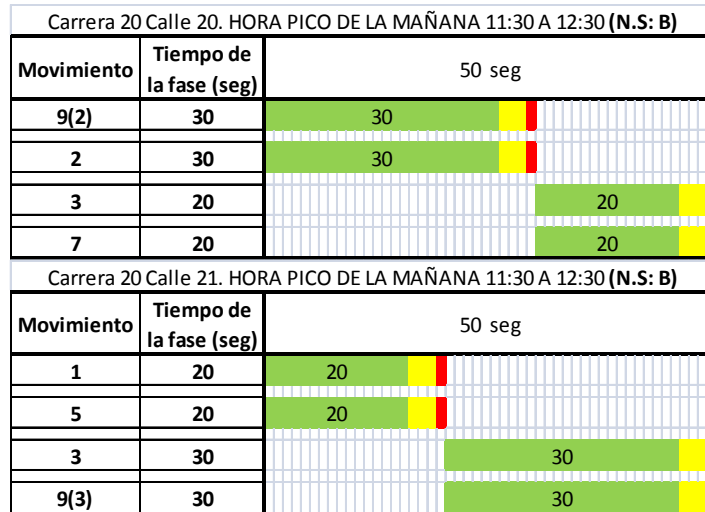


Figura No 17. Plan de señales. Corredor 4. Hora pico de la mañana.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 18 seg

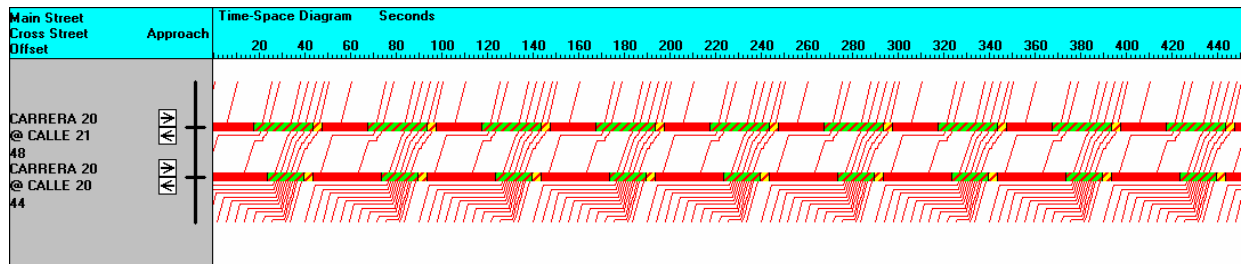


Figura No 18. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora pico de la mañana.

CORREDOR 5:

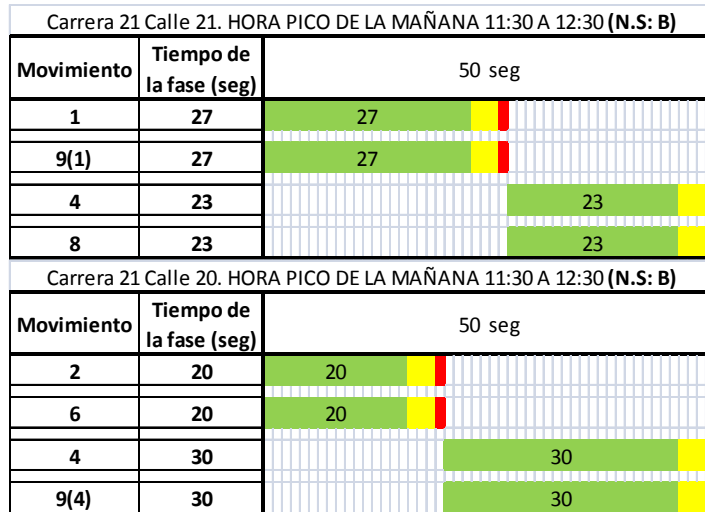


Figura No 19. Plan de señales. Corredor 5. Hora pico de la mañana.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 23 seg

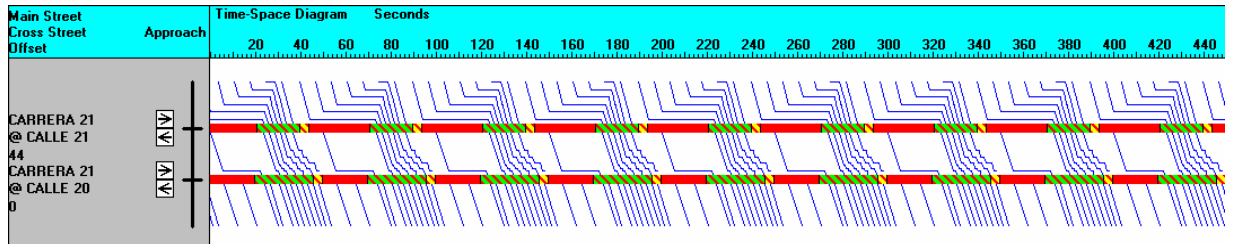


Figura No 20. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora pico de la mañana.

CORREDOR 6:

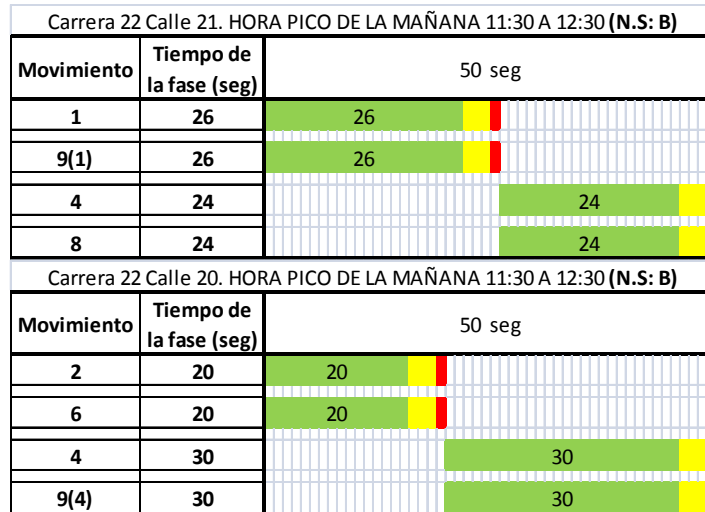


Figura No 21. Plan de señales. Corredor 6. Hora pico de la mañana.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 22 seg

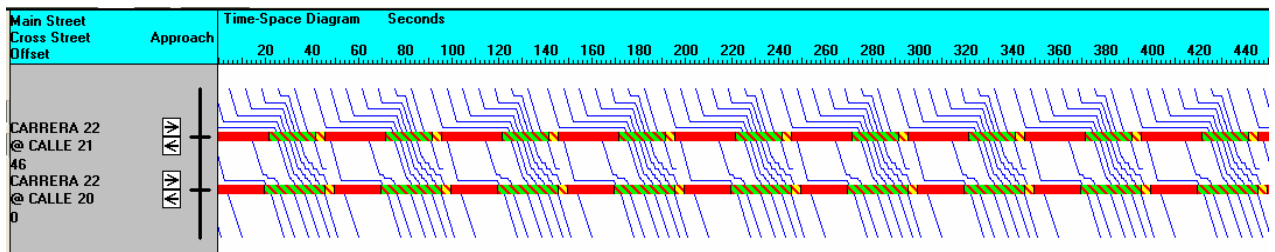


Figura No 22. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora pico de la mañana.

CORREDOR 7:

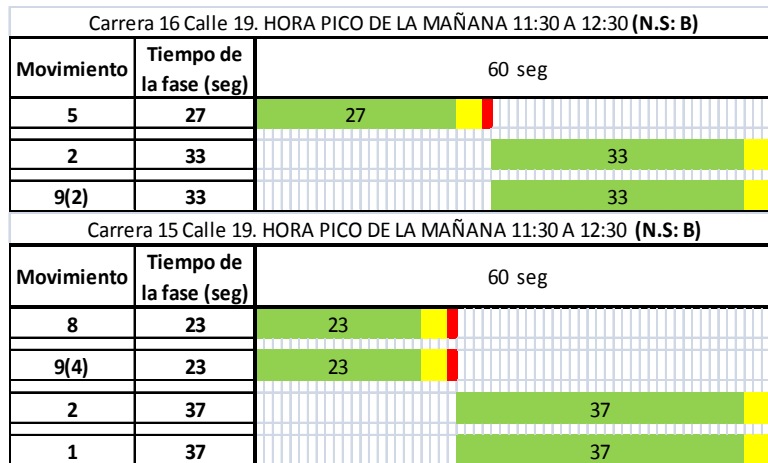


Figura No 23. Plan de señales. Corredor 7. Hora pico de la mañana.

Ancho de banda:

Norte-Sur: 33 seg

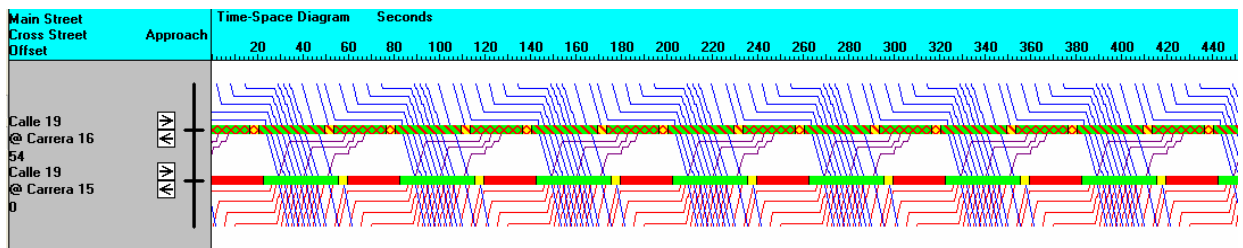


Figura No 24. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora pico de la mañana.

6.2. HORA PICO DE LA TARDE. 13:30 a 14:30

CORREDOR 1 (Av. Santander).

Carrera 23 Calle 65. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: C)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
6	40	40
9 (2)	40	40
3	66	66
4	66	66

Carrera 23 Calle 63. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: D)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
6	21	21
2	21	21
9(2)	21	21
3	85	85
4	85	85
9 (4)	85	85

Carrera 23 Calle 62. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: E)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
9(1)	22	22
1	22	22
5	22	22
3	84	84
9(3)	84	84
4	84	84

Carrera 23 Calle 58. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: D)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
6	22	24
2	22	24
9(2)	22	24
3	84	84
4	84	84
9(4)	84	84

Carrera 23 Calle 56. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
8	45	45
3	61	61

Carrera 23 Calle 55A. PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	106 seg
5	22	22
9(1)	22	22
4	84	84
3	84	84

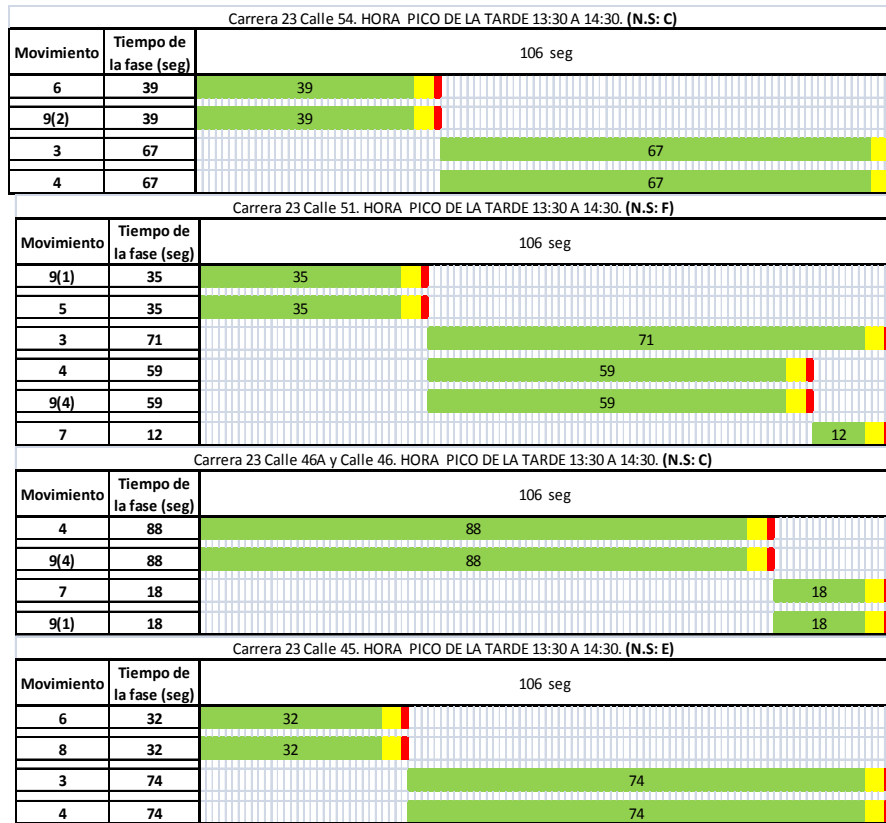


Figura No 25. Plan de señales. Corredor 1. Hora pico de la tarde.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 28 seg.

Occidente-Oriente: 27 seg.

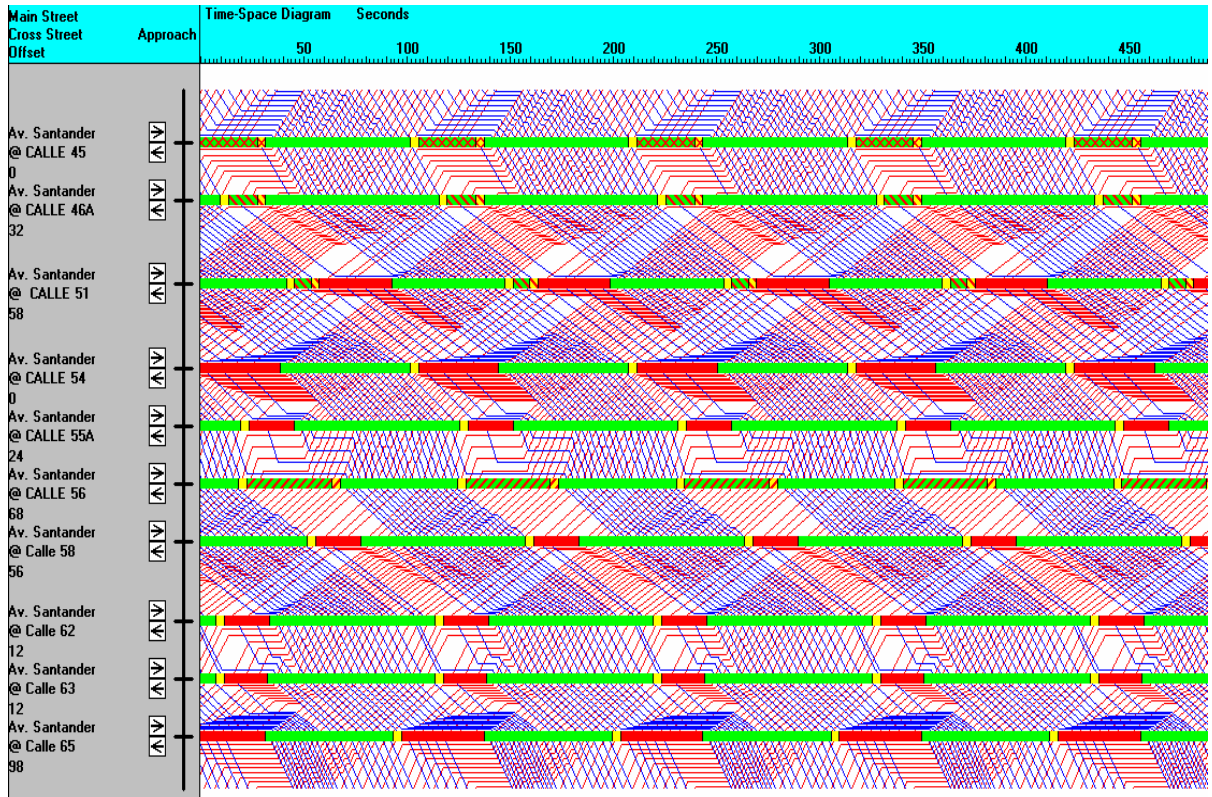


Figura No 26. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora pico de la tarde.

INTERSECCIÓN AISLADA

Carrera 21 Calle 31. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	86 seg
2	21	21
9(2)	21	21
4	65	65
9(4)	65	65

Figura No 27. Plan de señales. Carrera 21 Calle 31. Hora pico de la tarde.

CORREDOR 2

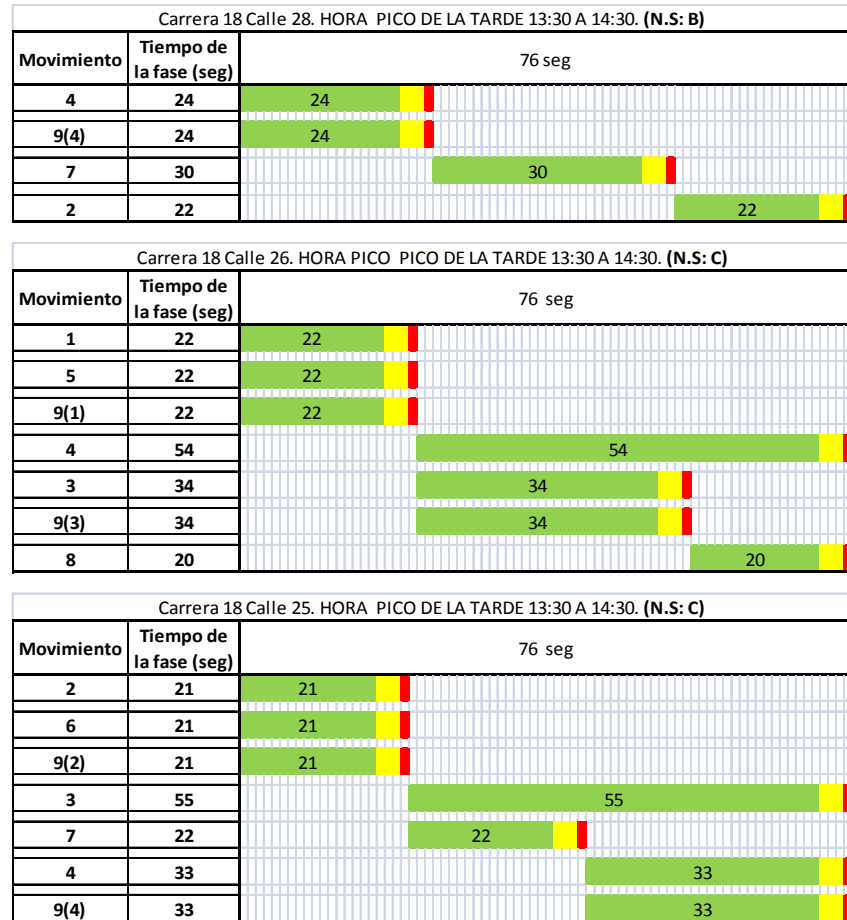


Figura No 28. Plan de señales. Corredor 2. Hora pico de la tarde.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 34 seg

Occidente-Oriente: 22 seg.

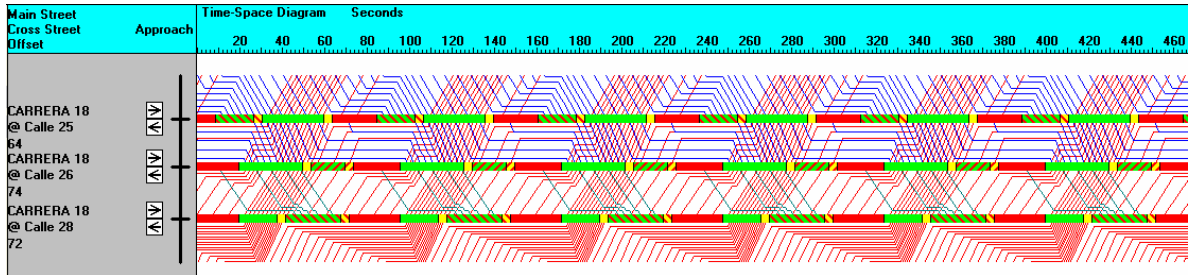


Figura No 29. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora pico de la tarde.

CORREDOR 3

Carrera 20 Calle 17. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: C)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	60 seg
2	30	30
9(2)	30	30
3	30	30

Av. Gilberto Alzate Calle 17. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	60 seg
2	21	21
9(2)	21	21
3	39	39
7	13	13
4	26	26
9(4)	26	26

Figura No 30. Plan de señales. Corredor 3. Hora pico de la tarde.

Ancho de banda:

Sur-Norte: 21 seg

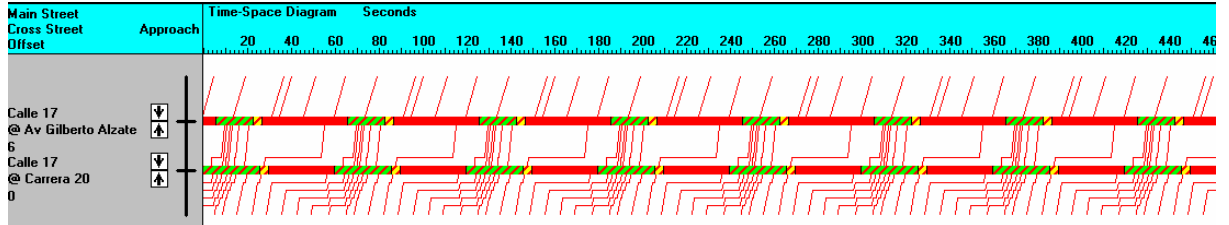


Figura No 31. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora pico de la tarde.

CORREDOR 4

Carrera 20 Calle 20. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
9(2)	36	36
2	36	36
3	20	20
7	20	20

Carrera 20 Calle 21. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
1	21	21
5	21	21
3	35	35
9(3)	35	35

Figura No 32. Plan de señales. Corredor 4. Hora pico de la tarde.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 20 seg

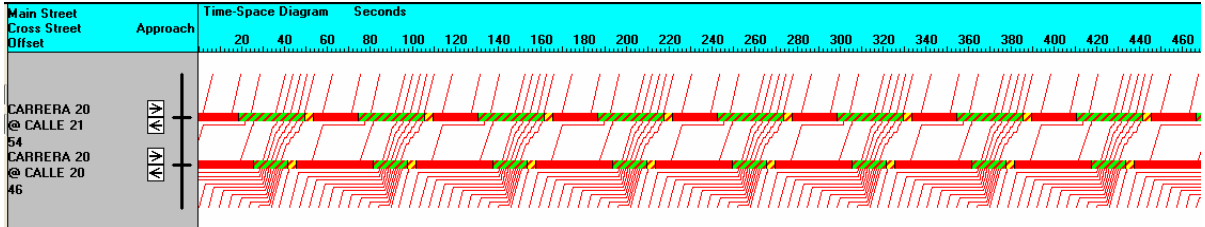


Figura No 33. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora pico de la tarde.

CORREDOR 5

Carrera 21 Calle 21. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
1	29	29
9(1)	29	29
4	27	27
8	27	27

Carrera 21 Calle 20. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
2	20	20
6	20	20
4	36	36
9(4)	36	36

Figura No 34. Plan de señales. Corredor 5. Hora pico de la tarde.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 27 seg

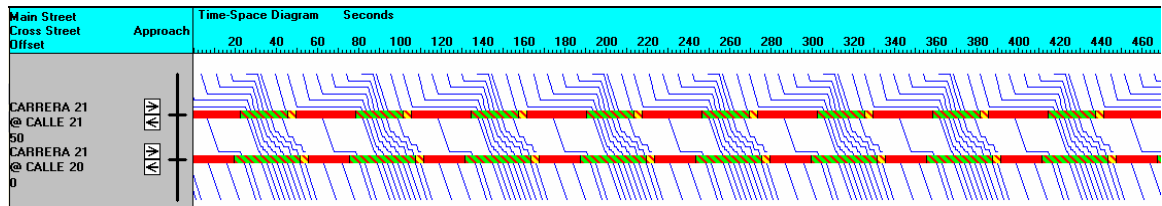


Figura No 35. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora pico de la tarde.

CORREDOR 6

Carrera 22 Calle 21. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
1	26	26
9(1)	26	26
4	30	30
8	30	30

Carrera 22 Calle 20. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
2	20	20
6	20	20
4	36	36
9(4)	36	36

Figura No 36. Plan de señales. Corredor 6. Hora pico de la tarde.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 24 seg

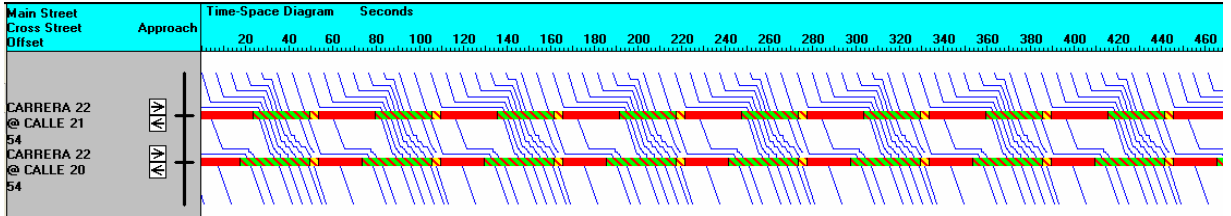


Figura No 37. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora pico de la tarde.

CORREDOR 7

Carrera 16 Calle 19. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	60 seg
5	25	25
2	35	35
9(2)	35	35

Carrera 15 Calle 19. HORA PICO DE LA TARDE 13:30 A 14:30. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	60 seg
8	23	23
9(4)	23	23
2	37	37
1	37	37

Figura No 38. Plan de señales. Corredor 7. Hora pico de la tarde.

Ancho de banda:

Norte-Sur: 35 seg.

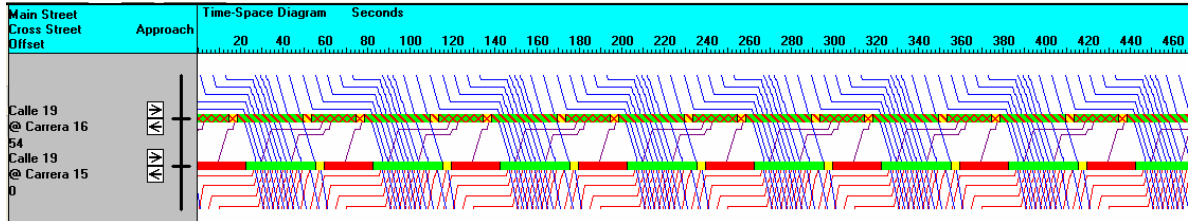


Figura No 39. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora pico de la tarde.

6.3. HORA PICO DE LA NOCHE. 17:45 a 18:45

CORREDOR 1 (Av. Santander).

Carrera 23 Calle 65. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: C)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	96 seg
6	37	37
9 (2)	37	37
3	59	59
4	59	59

Carrera 23 Calle 63. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: D)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	96 seg
6	20	20
2	20	20
9(2)	20	20
3	76	76
4	76	76
9 (4)	76	76

Carrera 23 Calle 62. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: E)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	96 seg
9(1)	23	23
1	23	23
5	23	23
3	73	73
9(3)	73	73
4	73	73

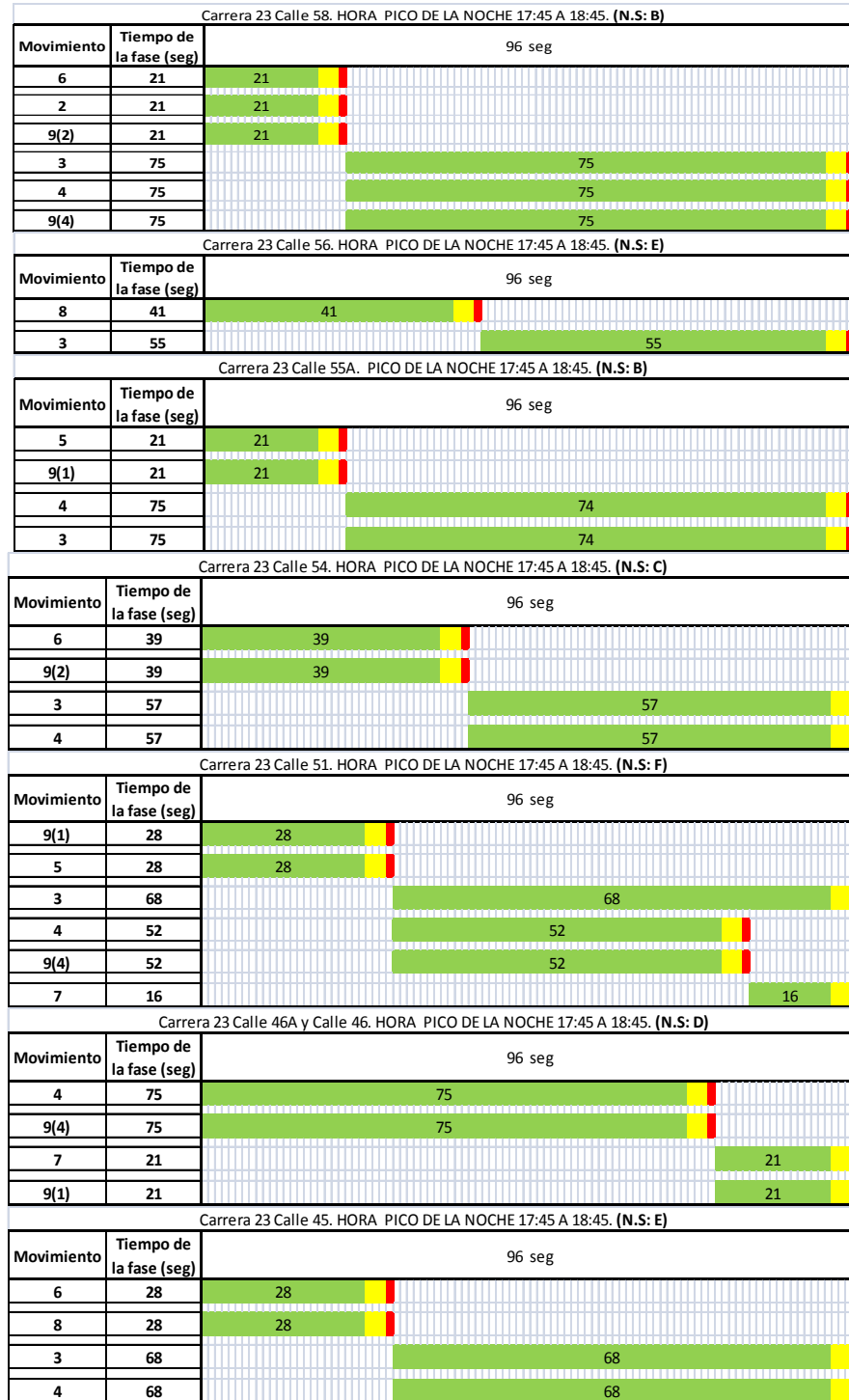


Figura No 40. Plan de señales. Corredor 1. Hora pico de la noche.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 8 seg

Occidente-Oriente: 18 seg.

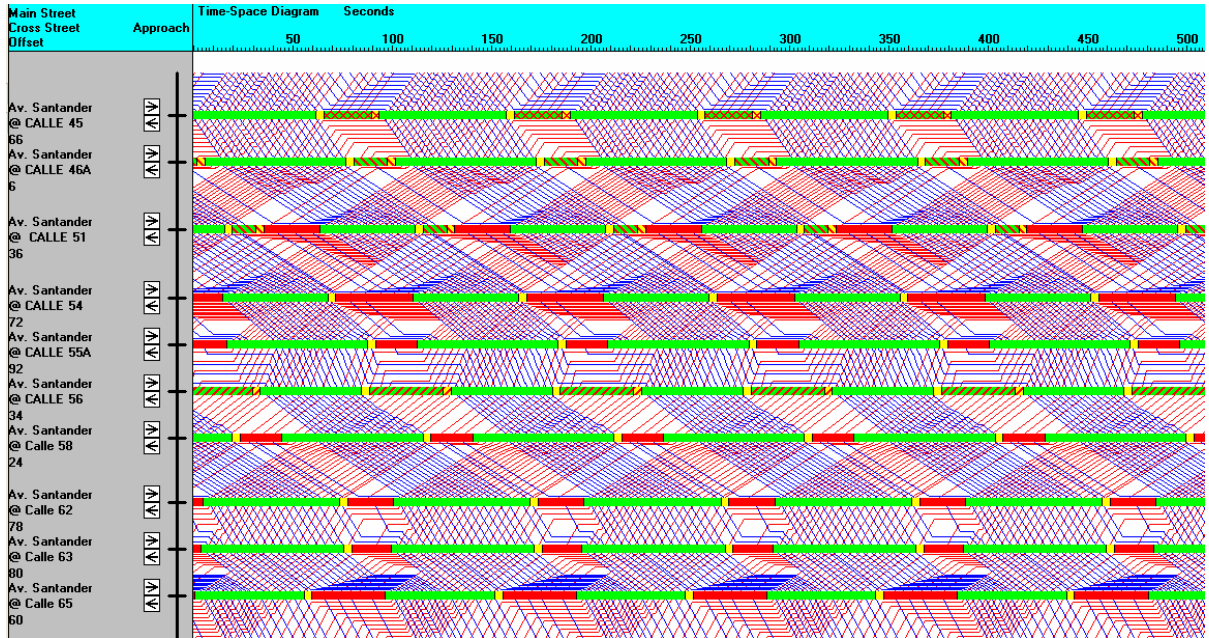


Figura No 41. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora pico de la noche.

INTERSECCION AISLADA

Carrera 21 Calle 31. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	76 seg
2	21	21
9(2)	21	21
4	55	55
9(4)	55	55

Figura No 42. Plan de señales. Carrera 21 Calle 31 1. Hora pico de la noche.

CORREDOR 2

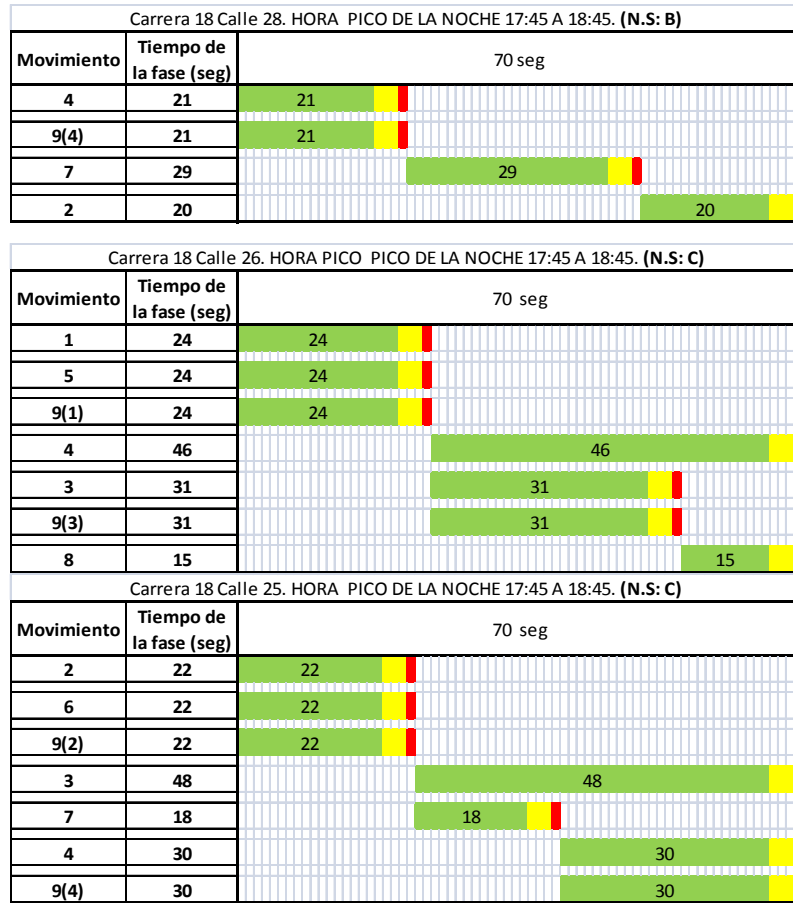


Figura No 43. Plan de señales. Corredor 2. Hora pico de la noche.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 29 seg

Occidente-Oriente: 19 seg.

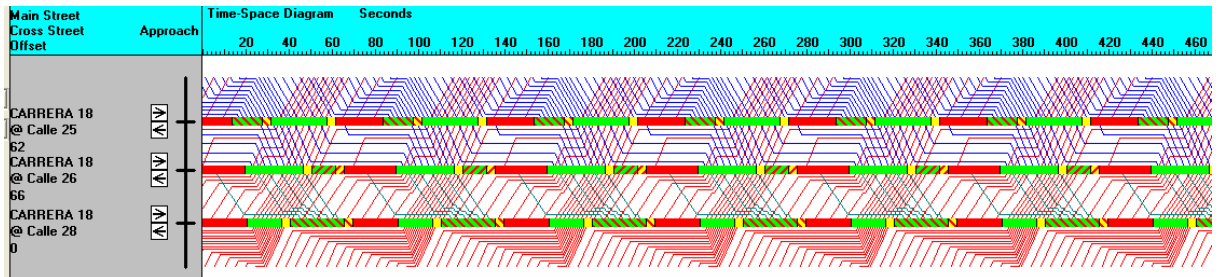


Figura No 44. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora pico de la noche.

CORREDOR 3

Carrera 20 Calle 17. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: C)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	60 seg
2	31	31
9(2)	31	31
3	29	29

Av. Gilberto Alzate Calle 17. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	60 seg
2	20	20
9(2)	20	20
3	40	40
7	12	12
4	28	28
9(4)	28	28

Figura No 45. Plan de señales. Corredor 3. Hora pico de la noche.

Ancho de banda:

Sur-Norte: 20 seg

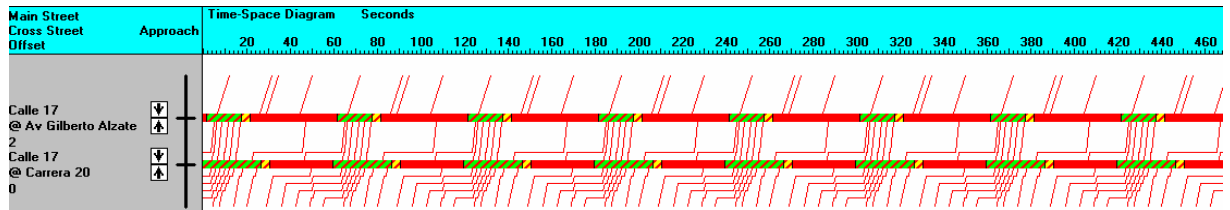


Figura No 46. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora pico de la noche.

CORREDOR 4

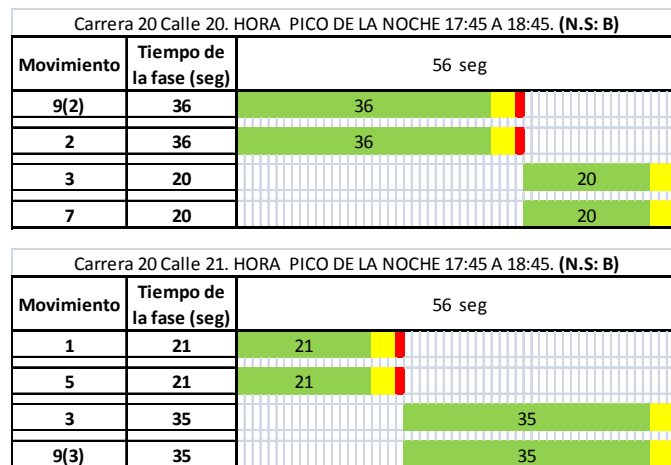


Figura No 47. Plan de señales. Corredor 4. Hora pico de la noche.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 20 seg

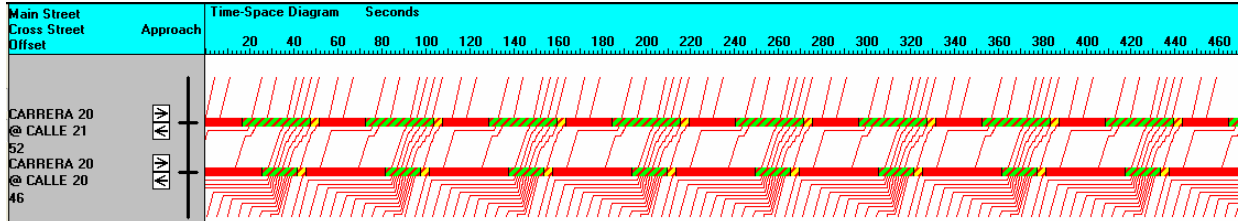


Figura No 48. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora pico de la noche.

CORREDOR 5

Carrera 21 Calle 21. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
1	30	30
9(1)	30	30
4	26	26
8	26	26

Carrera 21 Calle 20. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
2	20	20
6	20	20
4	36	36
9(4)	36	36

Figura No 49. Plan de señales. Corredor 5. Hora pico de la noche.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 26 seg

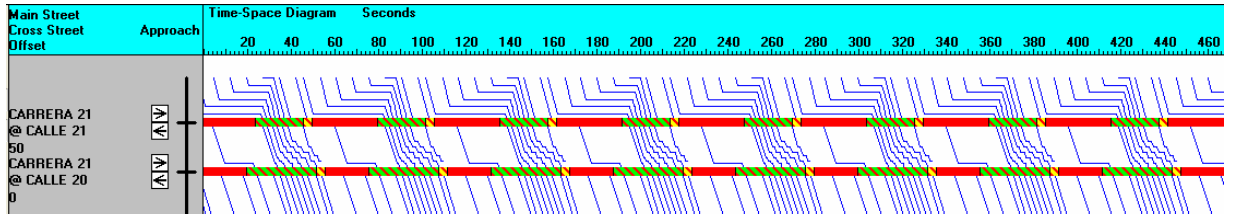


Figura No 50. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora pico de la noche.

CORREDOR 6

Carrera 22 Calle 21. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
1	28	28
9(1)	28	28
4	28	28
8	28	28

Carrera 22 Calle 20. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg
2	20	20
6	20	20
4	36	36
9(4)	36	36

Figura No 51. Plan de señales. Corredor 6. Hora pico de la noche.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 28 seg

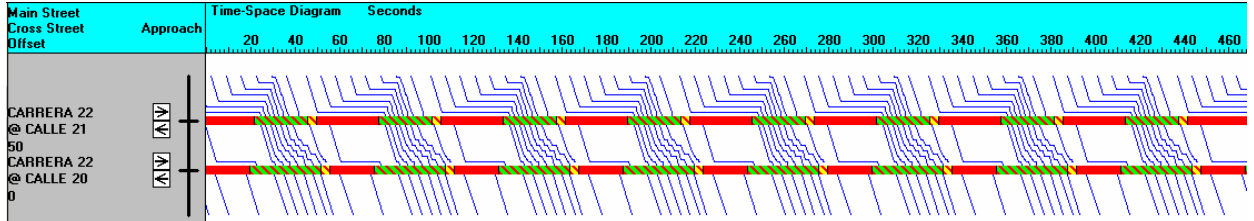


Figura No 52. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora pico de la noche.

CORREDOR 7

Carrera 16 Calle 19. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	60 seg
5	23	23
2	37	37
9(2)	37	37

Carrera 15 Calle 19. HORA PICO DE LA NOCHE 17:45 A 18:45. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	60 seg
8	24	24
9(4)	24	24
2	36	36
1	36	36

Figura No 53. Plan de señales. Corredor 7. Hora pico de la noche.

Ancho de banda:

Norte-Sur: 35 seg.

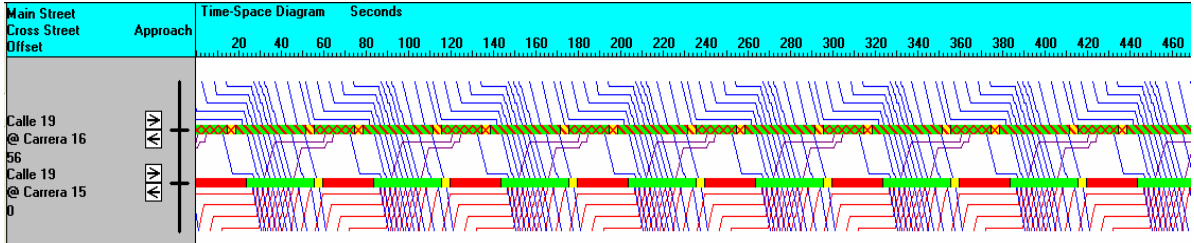


Figura No 54. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora pico de la noche.

6.4. HORA VALLE DE LA TARDE. 10:00 a 11:00

CORREDOR 1 (Av. Santander).

Carrera 23 Calle 65. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	96 seg
6	36	36
9 (2)	36	36
3	60	60
4	60	60

Carrera 23 Calle 63. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	96 seg
6	23	23
2	23	23
9(2)	23	23
3	73	73
4	73	73
9 (4)	73	73

Carrera 23 Calle 62. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: C)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	96 seg
9(1)	24	24
1	24	24
5	24	24
3	72	72
9(3)	72	72
4	72	72

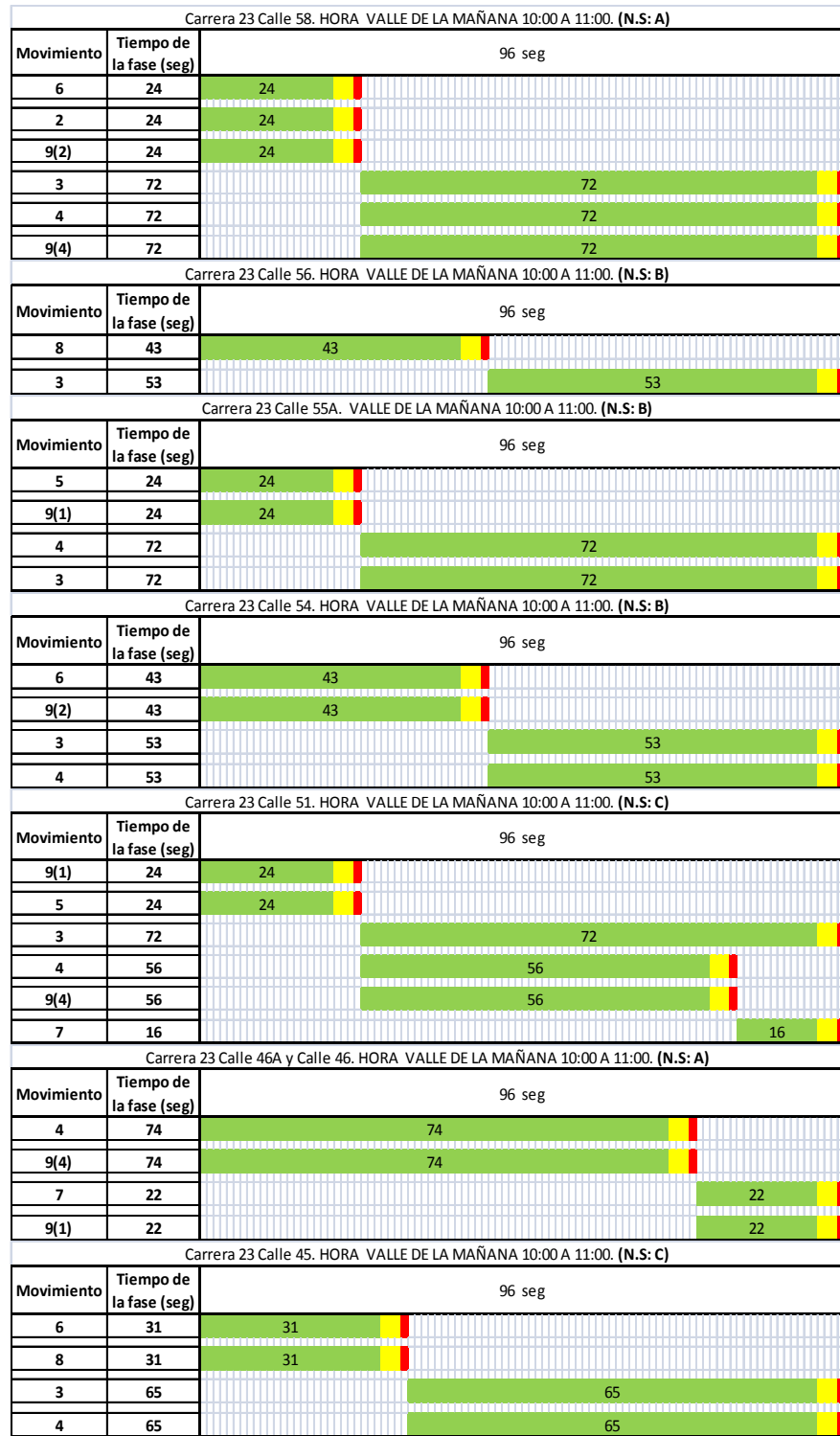


Figura No 55. Plan de señales. Corredor 1. Hora valle de la mañana.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 37 seg

Occidente-Oriente: 0 seg.

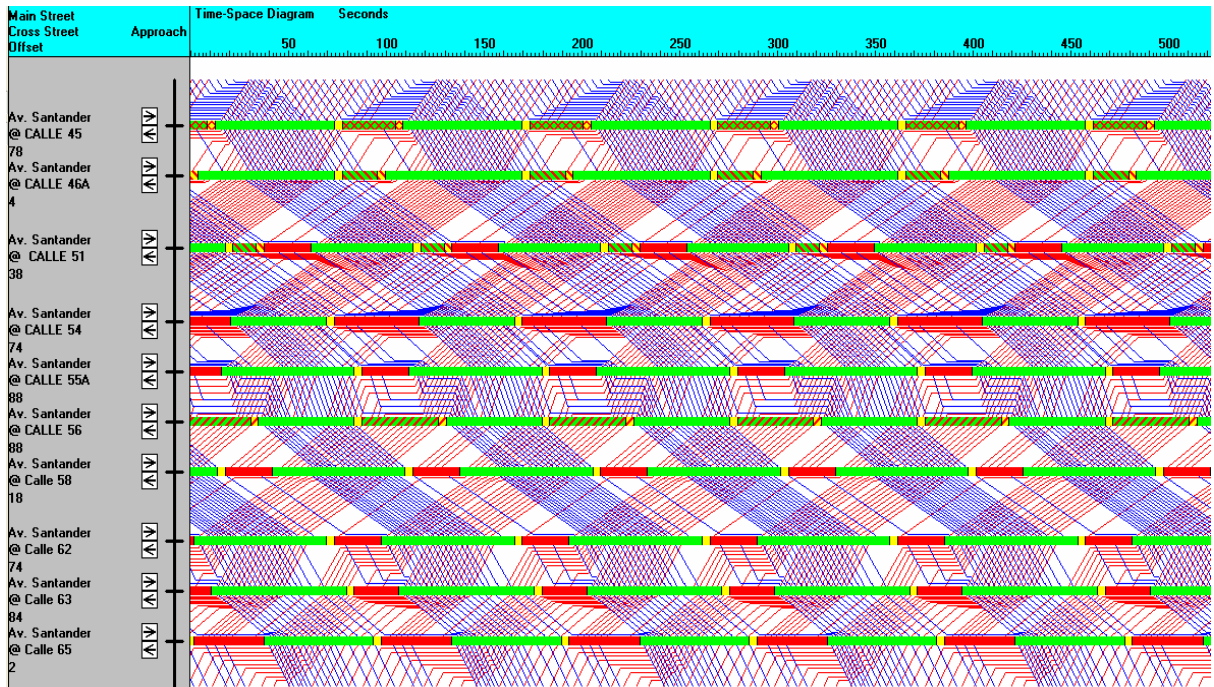


Figura No 56. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora valle de la mañana.

INTERSECCION AISLADA

Carrera 21 Calle 31. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	70 seg
2	21	21
9(2)	21	21
4	55	49
9(4)	55	49

Figura No 57. Plan de señales. Carrera 21 Calle 31. Hora valle de la mañana.

CORREDOR 2

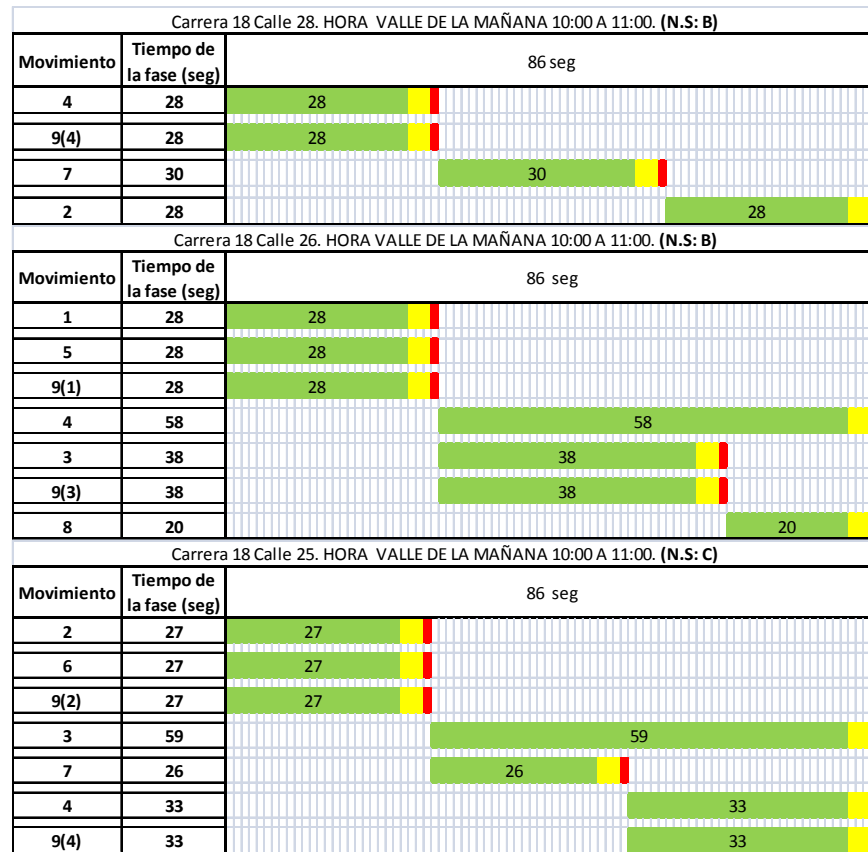


Figura No 58. Plan de señales. Corredor 2. Hora valle de la mañana.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 38 seg

Occidente-Oriente: 22 seg.

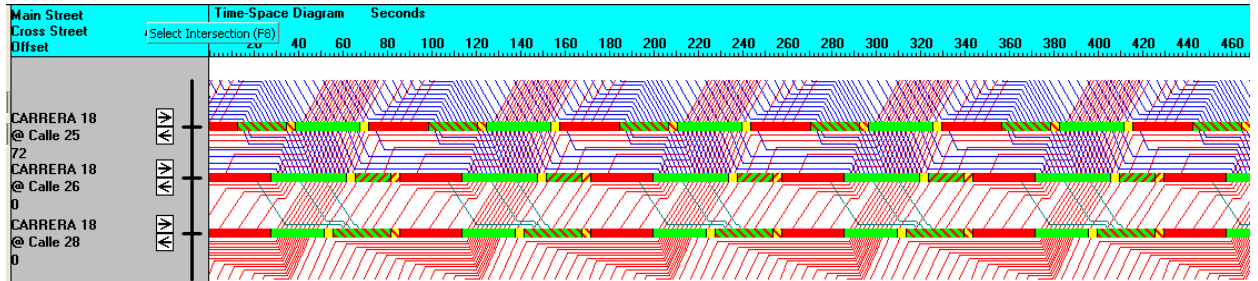


Figura No 59. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora valle de la mañana.

CORREDOR 3

Carrera 20 Calle 17. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: C)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	66 seg
2	32	32
9(2)	32	32
3	34	34

Av. Gilberto Alzate Calle 17. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	66 seg
2	21	21
9(2)	21	21
3	45	45
7	16	16
4	29	29
9(4)	29	29

Figura No 60. Plan de señales. Corredor 3. Hora valle de la mañana.

Ancho de banda:

Sur-Norte: 21 seg

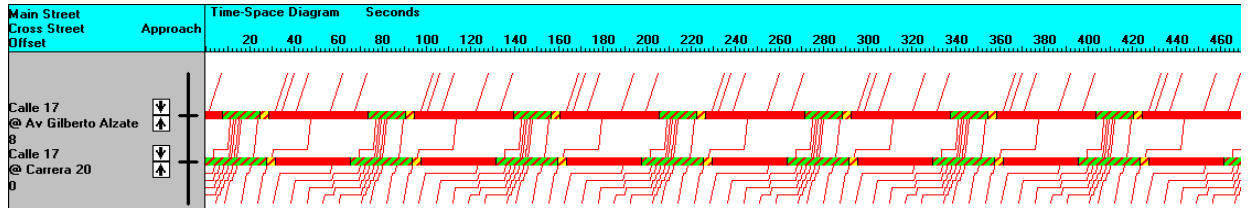


Figura No 61. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora valle de la mañana.

CORREDOR 4

Carrera 20 Calle 20. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	46 seg
9(2)	26	26
2	26	26
3	20	20
7	20	20

Carrera 20 Calle 21. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	46 seg
1	20	20
5	20	20
3	26	26
9(3)	26	26

Figura No 62. Plan de señales. Corredor 4. Hora valle de la mañana.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 20 seg

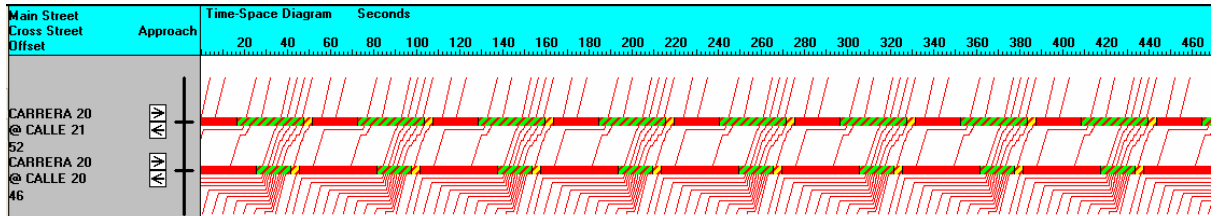


Figura No 63. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora valle de la mañana.

CORREDOR 5

Carrera 21 Calle 21. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	46 seg
1	21	21
9(1)	21	21
4	25	25
8	25	25

Carrera 21 Calle 20. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	46 seg
2	21	21
6	21	21
4	25	25
9(4)	25	25

Figura No 64. Plan de señales. Corredor 5. Hora valle de la mañana.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 25 seg

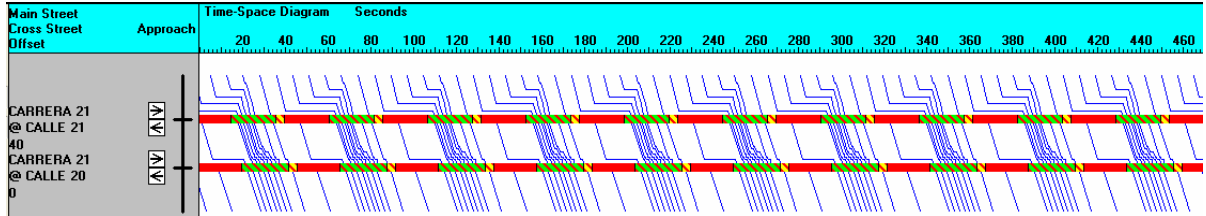


Figura No 65. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora valle de la mañana.

CORREDOR 6

Carrera 22 Calle 21. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	46 seg
1	22	22
9(1)	22	22
4	24	24
8	24	24

Carrera 22 Calle 20. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	46 seg
2	20	20
6	20	20
4	26	26
9(4)	26	26

Figura No 66. Plan de señales. Corredor 6. Hora valle de la mañana.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 24 seg

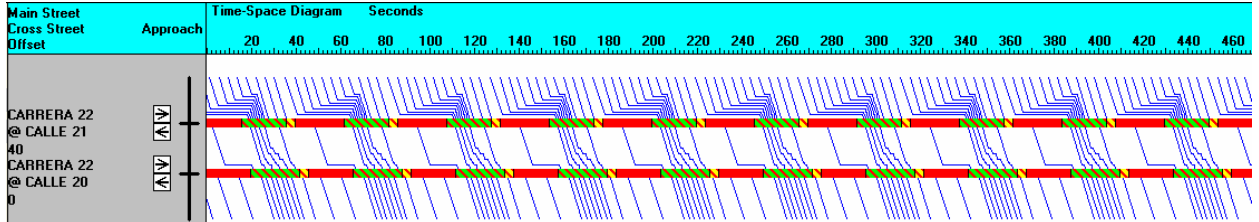


Figura No 67. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora valle de la mañana.

CORREDOR 7

Carrera 16 Calle 19. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	50 seg
5	23	
2	27	
9(2)	27	
Carrera 15 Calle 19. HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 A 11:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	50 seg
8	20	
9(4)	20	
2	30	
1	30	

Figura No 68. Plan de señales. Corredor 7. Hora valle de la mañana.

Ancho de banda:

Norte-Sur: 27 seg.

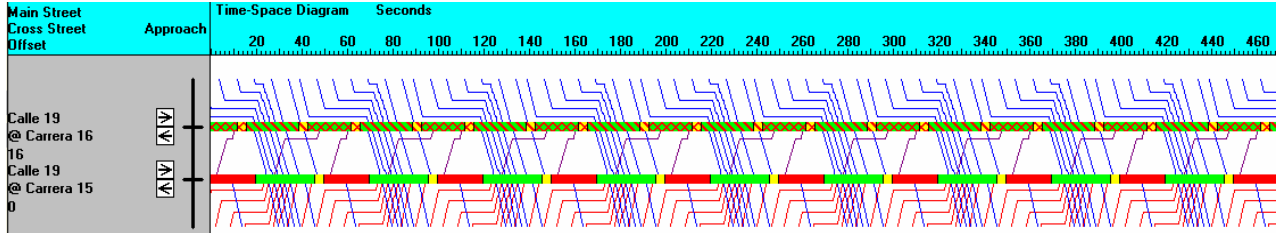


Figura No 69. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora valle de la mañana.

6.5. HORA VALLE DE LA NOCHE. 20:00 a 21:00

CORREDOR 1 (Av. Santander).

Carrera 23 Calle 65. HORA VALLE DE LA NOCHE 20:00 A 21:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	66 seg
6	25	25
9(2)	25	25
3	41	41
4	41	41

Carrera 23 Calle 63. HORA VALLE DE LA NOCHE 20:00 A 21:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	66 seg
6	22	22
2	22	22
9(2)	22	22
3	44	44
4	44	44
9(4)	44	44

Carrera 23 Calle 62. HORA VALLE DE LA NOCHE 20:00 A 21:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	66 seg
9(1)	23	23
1	23	23
5	23	23
3	43	43
9(3)	43	43
4	43	43

Carrera 23 Calle 58. HORA VALLE DE LA NOCHE 20:00 A 21:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	66 seg
6	21	21
2	21	21
9(2)	21	21
3	45	45
4	45	45
9(4)	45	45



Figura No 70. Plan de señales. Corredor 1. Hora valle de la noche.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 22 seg

Occidente-Oriente: 17 seg.

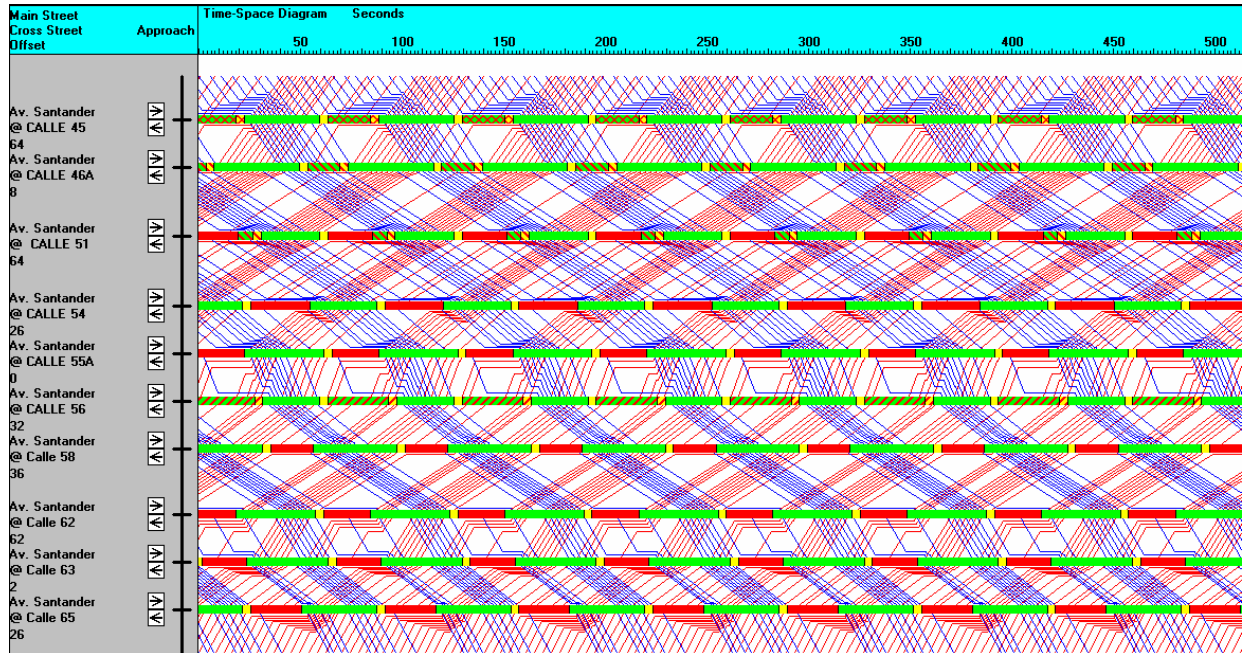


Figura No 71. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 1. Hora valle de la noche.

INTERSECCION AISLADA

Carrera 21 Calle 31. HORA VALLE DE LA NOCHE 20:00 A 21:00. (N.S: A)			
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	56 seg	
2	25	25	
9(2)	25	25	
4	31		31
9(4)	31		31

Figura No 72. Plan de señales. Carrera 21 Calle 31. Hora valle de la noche.

CORREDOR 2

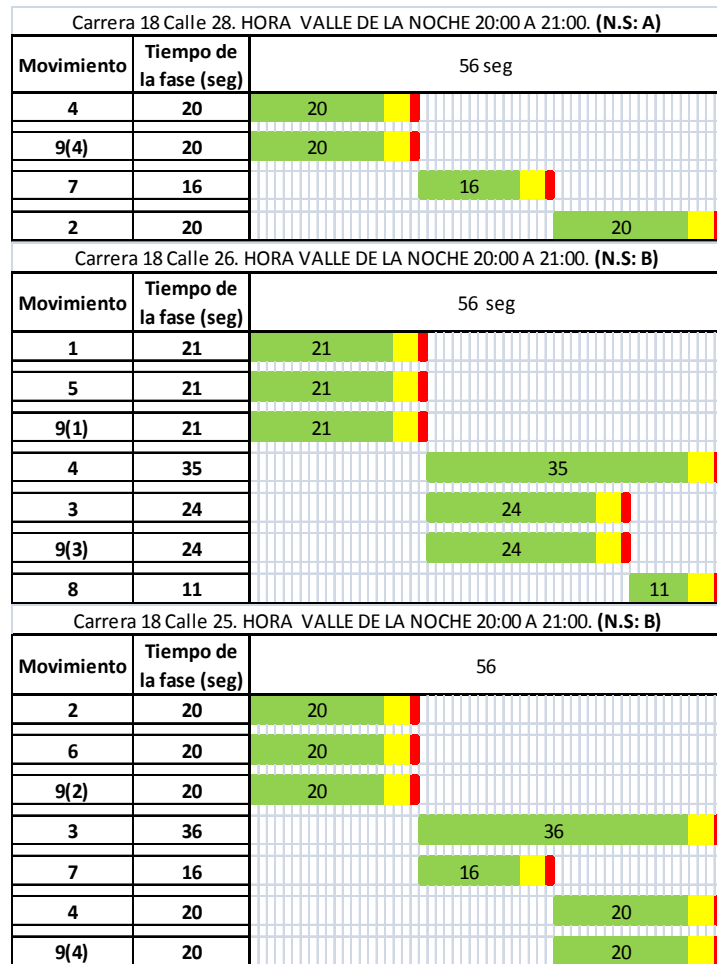


Figura No 73. Plan de señales. Corredor 2. Hora valle de la noche.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 16 seg

Occidente-Oriente: 12 seg.

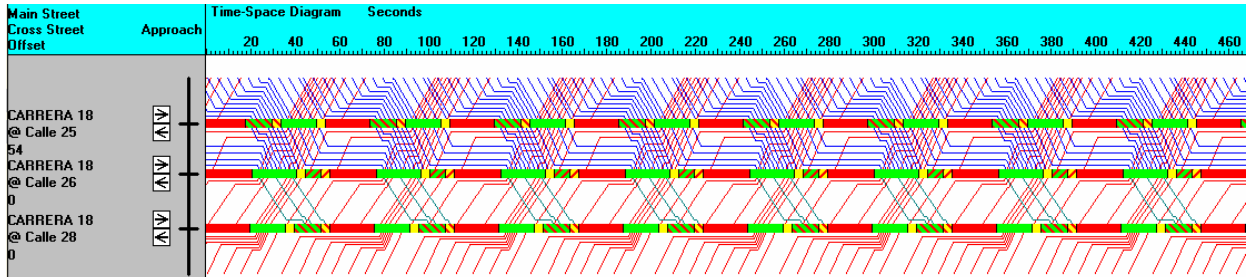


Figura No 74. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 2. Hora valle de la noche.

CORREDOR 3

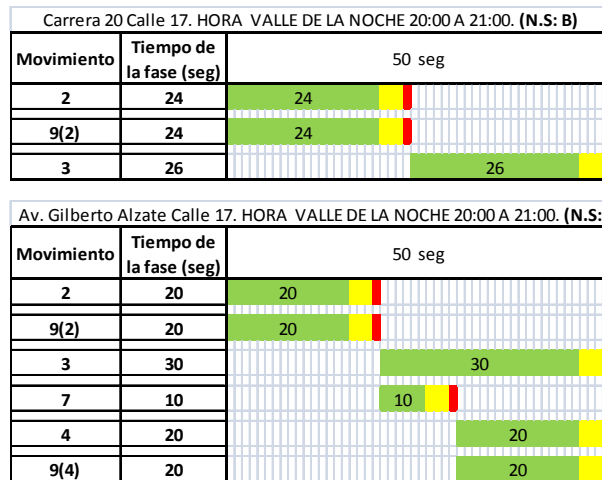


Figura No 75. Plan de señales. Corredor 3. Hora valle de la noche.

Ancho de banda:

Sur-Norte: 20 seg

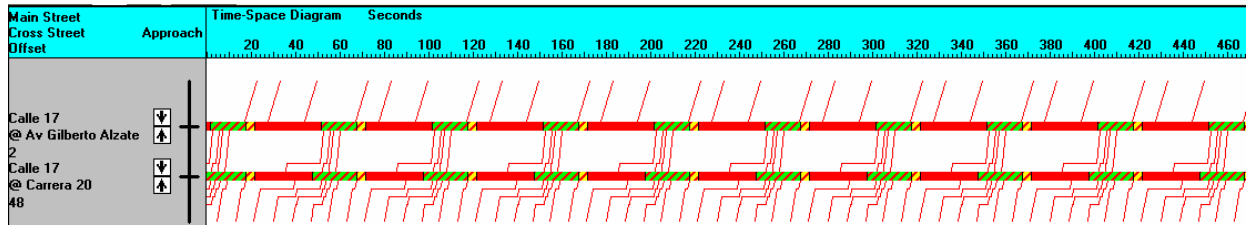


Figura No 76. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 3. Hora valle de la noche.

CORREDOR 4

Carrera 20 Calle 20. HORA VALLE DE LA NOCHE 20:00 A 21:00. (N.S: B)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	50 seg
9(2)	30	30
2	30	30
3	20	20
7	20	20

Carrera 20 Calle 21. HORA VALLE DE LA NOCHE 20:00 A 21:00. (N.S: A)		
Movimiento	Tiempo de la fase (seg)	50 seg
1	21	21
5	21	21
3	29	29
9(3)	29	29

Figura No 77. Plan de señales. Corredor 4. Hora valle de la noche.

Ancho de banda:

Oriente-Occidente: 20 seg

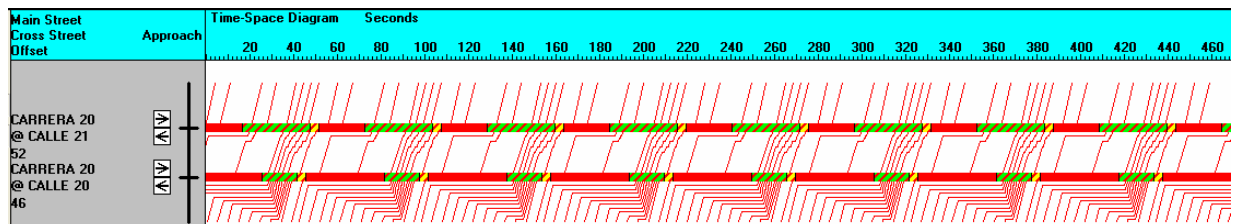


Figura No 78. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 4. Hora valle de la noche.

CORREDOR 5

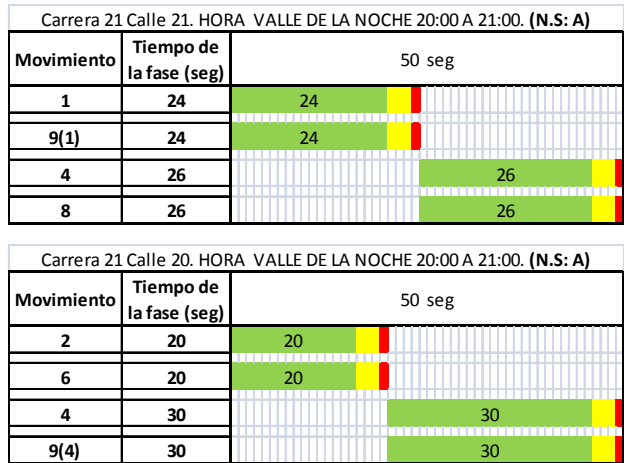


Figura No79. Plan de señales. Corredor 5. Hora valle de la noche.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 26 seg

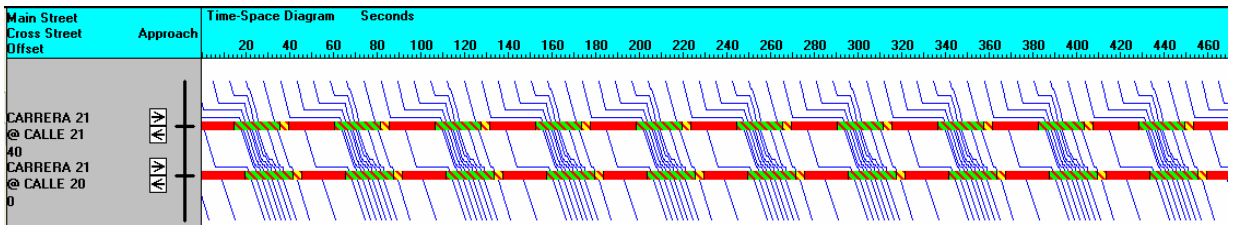


Figura No 80. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 5. Hora valle de la noche.

CORREDOR 6

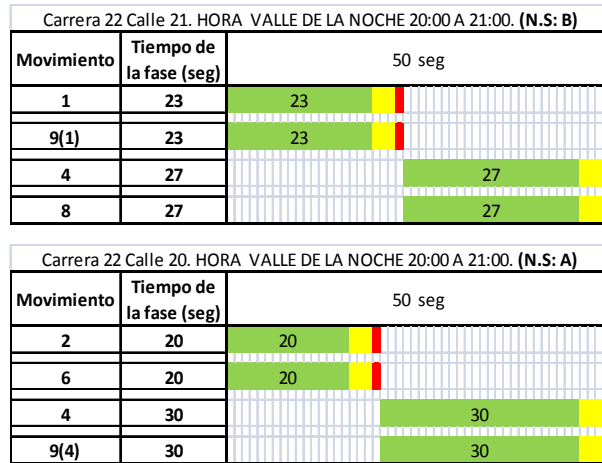


Figura No 81. Plan de señales. Corredor 6. Hora valle de la noche.

Ancho de banda:

Occidente-Oriente: 27 seg

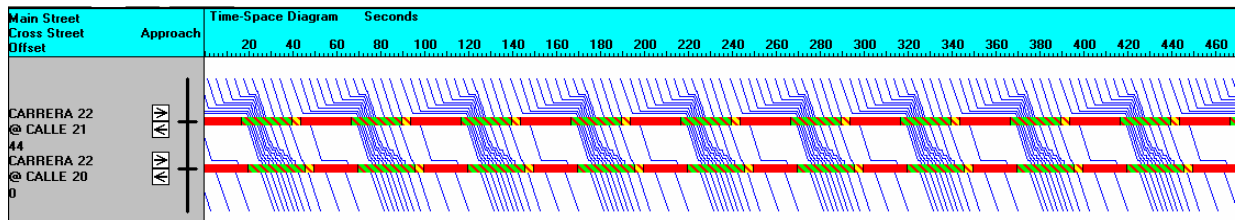


Figura No 82. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 6. Hora valle de la noche.

CORREDOR 7

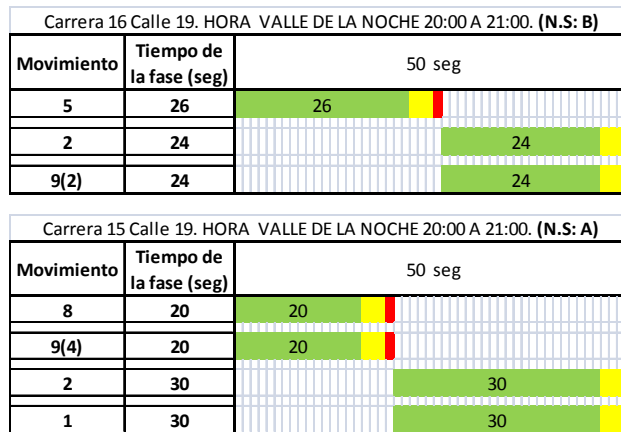


Figura No 83. Plan de señales. Corredor 7. Hora valle de la noche.

Ancho de banda:

Norte-Sur: 26 seg.

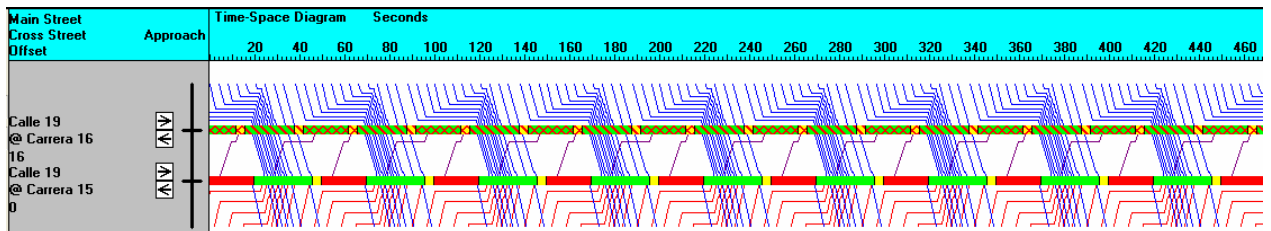


Figura No 84. Diagrama Espacio-Tiempo. Corredor 7. Hora valle de la noche.

7. ANALISIS DE RESULTADOS

Para el CORREDOR 1 Av. Santander, la intersección de la Calle 51 dio la pauta para la coordinación de éste, ya que esta intersección posee el ciclo de mayor duración, por lo tanto fue el que se tomó para la coordinación de todas las demás intersecciones. La intersección de la Av. Santander con Calle 51, fue la única que reportó un Nivel de Servicio F (prolongadas demoras que tienen los vehículos al llegar a esta intersección) durante las horas pico. Este nivel de servicio deficiente se debe a las fases adicionales que se tienen para los movimientos: el que va de la calle 51 hacia la avenida Santander sector oriente (movimiento 5) y el que va de la avenida Santander, sector occidente, hacia la calle 51 (movimiento 7); ya que el tiempo que consumen estas fases podría ser muy útil para evacuar el alto volumen vehicular, más del 50% del flujo de saturación, que se tiene en los movimientos oriente-occidente (movimiento 4) y occidente-oriente (movimiento 3) sobre la Avenida Santander.

Otra intersección que refiere un deficiente Nivel de Servicio es la Av. Santander con Calle 56 (NS F) en la hora pico de la mañana, ocasionado por el alto volumen del movimiento occidente-oriente (movimiento 3) sobre la Avenida Santander, con un 55% del flujo de saturación, haciendo más complicada la situación el que esta intersección posea un giro desde la avenida Santander sector oriente hacia la calle 56 (movimiento 8) consumiendo un gran porcentaje del ciclo (el 40%), además es un giro izquierdo con un volumen vehicular considerable: 40% de flujo de saturación.

Es importante resaltar que las intersecciones con más dificultades (niveles de servicio deficientes E y F), son aquellas que poseen movimiento con volúmenes vehiculares mayores al 45% del flujo de saturación, con otros movimientos que consumen un tiempo apreciable del ciclo de la intersección.

Las intersecciones de la Av. Santander con Calles 65, 63, 58, 55A y 54, se encuentran en niveles de servicio aceptables (Niveles de Servicios A, B y C) en cualquier hora del día ya que el ciclo en que operan, necesario para la coordinación, es superior al que necesitan.

El CORREDOR 1, Av. Santander no presenta dificultades en cuanto a movilidad en las horas valle, ya que se presentan niveles de Servicio muy cómodos para los usuarios (NS A, B y C).

En cuanto a la coordinación del CORREDOR 1, se presentan ancho de bandas aceptables (generan pelotones de más de 30 vehículos teniendo en cuenta que cada vehículo se consume 1,5 seg. del ancho de banda), que pueden generar olas verdes pudiendo éstas ser mayores si no existiera la intersección de la calle 51, generando problemas de movilidad.

La intersección aislada, Carrera 21 con Calle 31, posee muy poco volumen vehicular (menos del 5% del flujo de saturación) en los movimientos sobre la avenida Gilberto Alzate (movimientos 9(2) y 2), presentándose además en todos los periodos calculados un nivel de servicio A. Por lo anterior puede sugerirse que, teniendo en cuenta únicamente los volúmenes vehiculares no se requiere de semáforos; sin embargo es probable que la intersección semaforizada se hubiera establecido por el historial de accidentes vehiculares y/o peatonales.

En el CORREDOR 2, Av. del Centro, se presentan las 3 intersecciones sin modificación alguna luego del reordenamiento vial del centro de la ciudad por las obras de la Plaza Alfonso López Pumarejo y el puente de la Cra. 20 que permitieron suprimir 6 intersecciones semaforizadas. Estas intersecciones presentan movimientos a la izquierda con carril exclusivo que cortan el flujo vehicular de esta arteria de la ciudad, generando

una fase más en cada intersección. Este corredor no presenta inconvenientes ya que se generan olas verdes con anchos de banda mayores a 25 seg., generando pelotones de vehículos en ambos sentidos: occidente - oriente y viceversa.

En la malla del centro se definieron 3 CORREDORES principales a coordinar (4, 5 y 6) Carreras 20, 21 y 22 respectivamente. Esta decisión se tomó porque sobre estas vías se presentan los mayores volúmenes vehiculares. La calle 20 y 21 se toman con vías secundarias que esperan su paso, donde no se presenta ola verde como tal.

Las intersecciones del centro de la ciudad de Manizales, presentan una movilidad con niveles de servicio en horas valles: A y B, y en horas Pico: B y C, por las condiciones ideales de flujo continuo, situación que en realidad no se presenta, por el alto volumen de servicio público que circula en la zona.

El corredor en el que se presenta mayor flujo vehicular es la Avenida Santander en el sentido oriente-occidente y occidente-oriente, es por esto que los ciclos de las intersecciones de este corredor son de más tiempo que los otros corredores con el fin de soportar el mayor flujo vehicular.

Respecto a los anchos de banda de las olas verdes en los diferentes corredores, durante las 5 horas de estudio, se puede apreciar que las intersecciones del centro de la ciudad son más eficientes (teniendo como criterio de evaluación el porcentaje que representa el ancho de banda con respecto al tiempo del ciclo de la intersección), en vista que el corredor de la Avenida Santander posee anchos de banda muy similares pero ciclos mucho más prolongados, es decir, la frecuencia de olas verdes en el sector del centro es mayor que en la Avenida Santander.

El corredor de la Avenida Santander tiene algunos inconvenientes para su coordinación; uno de ellos es la distancia entre algunas intersecciones (mayor a 400m), donde se distorsiona la coordinación porque no puede garantizarse la baja y constante velocidad necesaria. Además, se presentan importantes flujos vehiculares en el sentido Norte-Sur y Sur-Norte que interrumpen considerablemente el flujo vehicular de la arteria principal Oriente-Occidente y Occidente-Oriente.

Por las cortas distancias que se presentan entre las intersecciones del sector del centro de la ciudad, la coordinación es más sencilla que el de la avenida Santander porque los semáforos muestran la misma señal aproximadamente en el mismo tiempo por tener un desfase casi nulo.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los planes de señales y coordinación de corredores obtenidos para dos diferentes sectores de la ciudad, Av. Santander y Av. del Centro en diferentes horas del día, se genera una nueva alternativa que mejora las condiciones de movilidad de los vehículos y peatones en la ciudad de Manizales, generando olas verdes que crean pelotones y le dan continuidad al flujo vehicular por un tiempo determinado - ancho de banda - disminuyendo las demoras para los usuarios.

Con los resultados obtenidos en este trabajo, es posible mejorar la planeación de la red semafórica de Manizales, ya que permite identificar el estado actual - Nivel de Servicio - de cada intersección y con base en esto, crear alternativas de solución de los problemas de movilidad presentados en sectores neurálgicos de la ciudad.

Los corredores e intersecciones evaluados en el Sector del Centro no presentan problemas teóricos, no obstante, los volúmenes vehiculares que actualmente fluyen por esta zona, tendrían seguramente mejores niveles de servicio si no se encontraran obstáculos por paradas de vehículos de servicio público. De acuerdo con lo anterior, este trabajo muestra que si se tuviera un control y planeación de la circulación de los vehículos de servicio público (en cuanto a paraderos controlados), la movilidad de este sector aumentaría de una forma importante.

Las intersecciones con movimientos a la izquierda que necesitan un fase para su trayectoria, son las que presentan un nivel de servicio más bajo y dan el ritmo y el ancho de banda de la ola verde del corredor. Por lo tanto, se deben buscar alternativas que

eliminen dichos movimientos, ya sea con carriles de giro exclusivos (si el espacio y la geometría lo permiten) o por medio de otras alternativas operativas.

Se debe aclarar que los resultados presentados en este trabajo sirven como base para la programación semafórica de las intersecciones y corredores estudiados, pero su aplicación debe ser cuidadosa por las proyecciones que se realizaron, basadas en la información de otros estudios realizados.

En la ciudad de Manizales es necesario un estudio de volúmenes de tránsito con el fin de tener una información actualizada que permita una revisión de la planeación semafórica de Manizales, así como la ejecución de sistemas de control del tráfico para implementar monitoreos en tiempo real de los flujos vehiculares presentes en, por lo menos, los principales corredores de la ciudad.

Se está ahora ante una nueva expresión de la movilidad general de las ciudades, en donde con un adecuado control semafórico y un adecuado control de los flujos que por ella discurren, es posible crear ciudades más amables y sostenibles.

9. BIBLIOGRAFIA

CAL Y MAYOR, Rafael. Ingeniería de Tránsito Transporte. Quinta edición. México 1978.

CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS. Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaria de Tránsito y Transporte.

DIAZ I. María, DIAZ I. José et al. Métodos Geométricos de Coordinación de Intersecciones reguladas por semáforos. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. España 2002.

ESTACIO O., Raúl D., TRUJILLO C. Mario A. Evaluación al planteamiento de la red semaforizada de Manizales. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. 2004.

INVIAS-MIN TRANSPORTE- FONDO DE PREVENCIÓN VIAL. Manual sobre dispositivos para la regulación del tránsito en calles y carreteras.

JOYA R., Jorge V. Implementación de un sistema de simulación para el control del tráfico automotor. Universidad del Bosque. 2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Plan de movilidad para el municipio de Manizales. 2005.

VALENCIA Alaix, Víctor Gabriel. Principios sobre semáforos. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 2000.

ANEXOS

ANEXO 1

VOLÚMENES VEHICULARES DEL AÑO 2001, EN VEHÍCULOS EQUIVALENTES PARA CADA MOVIMIENTOS DE LAS INTERSECCIONES TRABAJAS.

VOLUMENES HORARIOS 2001. POR MOVIMIENTO						
INTERSECCION	MOVIMIENTO	HORA PICO	HORA PICO	HORA PICO	HORA VALLE	HORA VALLE
		MAÑANA 11:30-12:30	TARDE 13:30- 14:30	NOCHE 17:45- 18:45	MAÑANA 10:00-11:00	NOCHE 20:00-21:00
CARRERA 23 CALLE 65	3	1027	1004	1102	813	556
	6	464	518	500	387	278
	9(2)	289	279	314	254	195
	4	1063	1056	1016	849	651
CARRERA 23 CALLE63	3	1476	1413	1407	1028	751
	6	140	204	127	118	90
	2	104	66	126	82	63
	9(2)	78	79	76	64	49
	4	1385	1460	1394	1131	834
	9(4)	137	114	118	102	89
	3	1382	1301	1298	975	684
CARRERA 23 CALLE 62	9(1)	107	166	120	113	86
	5	94	110	109	53	67
	1	132	182	276	168	129
	4	1527	1664	1519	1249	924
	9(3)	348	260	249	218	134
	3	1543	1381	1361	1006	721
CARRERA 23 CALLE 58	6	319	319	307	260	199
	2	46	45	57	41	31
	9(2)	182	182	203	156	119
	4	1575	1792	1620	1333	986
	9(4)	36	38	30	25	19
CARRERA 23 CALLE 56	8	555	494	513	411	324
	3	1551	1386	1364	1110	724
CARRERA 23 CALLE 55A	3	1564	1415	1488	1031	791
	9(1)	46	69	55	49	38
	5	87	114	86	81	64
	4	1411	1614	1416	1181	861
CARRERA 23 CALLE 54	6	342	293	394	294	226
	9(2)	261	224	223	205	157
	4	1238	1348	1264	1019	782
	3	1432	1357	1376	996	815
CARRERA 23 CALLE 51	3	1481	1355	1413	1166	894
	7	179	109	188	131	101
	9(1)	220	267	288	210	161
	5	275	333	287	198	223
	4	1470	1528	1494	1194	916
	9(4)	109	110	161	110	84
	4	1401	1549	1481	1187	964
CARRERA 23 CALLE 46 A y CALLE 46	9(4)	95	92	126	87	80
	7	249	118	164	105	111
	9(1)	213	222	252	192	161
	3	1695	1441	1505	1289	989
CARRERA 23 CALLE 45	6	341	412	390	291	257
	4	1352	1497	1477	1145	932
	8	259	274	256	234	193
	4	720	792	729	707	319
CARRERA 21 CALLE 31	9(4)	630	628	568	513	349
	2	16	12	12	14	3
	9(2)	5	5	6	2	4
	2	647	640	576	529	358
CARRERA 18 CALLE 28	4	758	793	827	690	467
	9(4)	35	50	31	30	20
	7	201	172	218	101	131

VOLUMENES HORARIOS 2001. POR MOVIMIENTO						
INTERSECCION	MOVIMIENTO	HORA PICO MAÑANA 11:30-12:30	HORA PICO TARDE 13:30- 14:30	HORA PICO NOCHE 17:45- 18:45	HORA VALLE MAÑANA 10:00-11:00	HORA VALLE NOCHE 20:00-21:00
CARRERA 18 CALLE 26	4	1242	1289	1300	1104	746
	8	126	143	103	99	71
	1	98	72	82	69	48
	5	268	228	275	266	159
	9(1)	73	62	61	61	40
	3	1361	1373	1364	1281	1181
	9(3)	57	61	49	48	46
CARRERA 18 CALLE 25	3	1351	1396	1347	1282	1187
	7	128	124	126	131	102
	2	102	96	84	98	77
	6	257	196	248	243	161
	9(2)	59	38	66	57	40
	4	1209	1251	1279	1070	730
	9(4)	116	97	82	95	56
CARRERA 20 CALLE 17	3	507	428	409	370	314
	2	375	319	318	284	240
	9(2)	159	86	107	86	83
AV. GILBERTO ALZATE CALLE 17	4	1151	1074	1172	966	468
	9(4)	96	92	76	75	37
	3	857	915	898	807	680
	7	94	99	80	83	70
	2	43	52	37	40	28
	9(2)	332	267	281	244	212
	3	582	542	519	469	409
CARRERA 20 CALLE 20	7	93	35	41	34	28
	2	543	596	552	453	453
	9(2)	171	132	195	126	122
	1	383	382	404	241	123
CARRERA 20 CALLE 21	5	181	125	168	104	54
	3	643	614	624	527	461
	9(3)	110	80	90	73	70
	4	546	552	517	463	412
CARRERA 21 CALLE 20	9(4)	207	214	221	139	155
	2	507	517	520	437	420
	6	98	84	80	68	75
	1	393	356	392	251	114
CARRERA 21 CALLE 21	9(1)	100	86	81	59	79
	4	653	680	646	625	488
	8	110	70	72	76	70
	4	631	609	626	521	498
CARRERA 22 CALLE 20	9(4)	176	205	195	174	172
	2	429	496	399	330	323
	6	108	109	110	93	85
	1	356	287	356	253	100
CARRERA 22 CALLE 21	9(1)	147	138	108	80	84
	4	660	675	710	601	585
	8	117	97	86	54	73
	5	152	116	103	92	88
CARRERA 16 CALLE 19	2	817	876	902	684	636
	9(2)	39	25	39	27	26
	1	1114	1127	1002	861	861
CARRERA 15 CALLE 19	2	817	876	863	684	636
	8	229	249	222	172	172
	9(4)	80	96	92	57	57

ANEXO 2

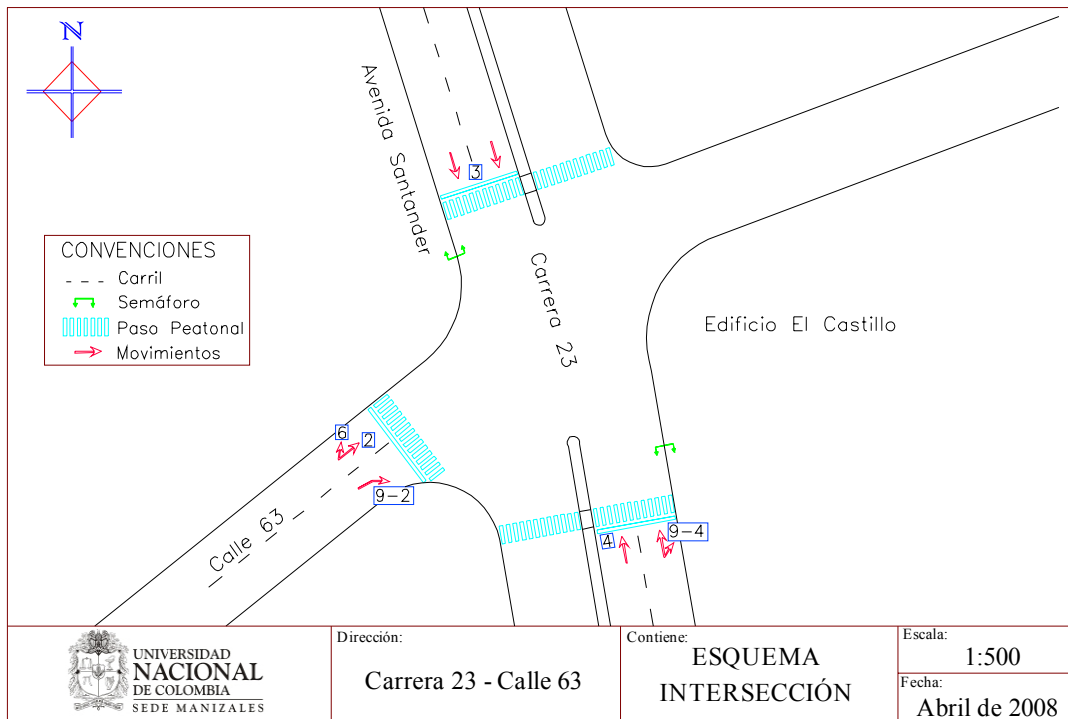
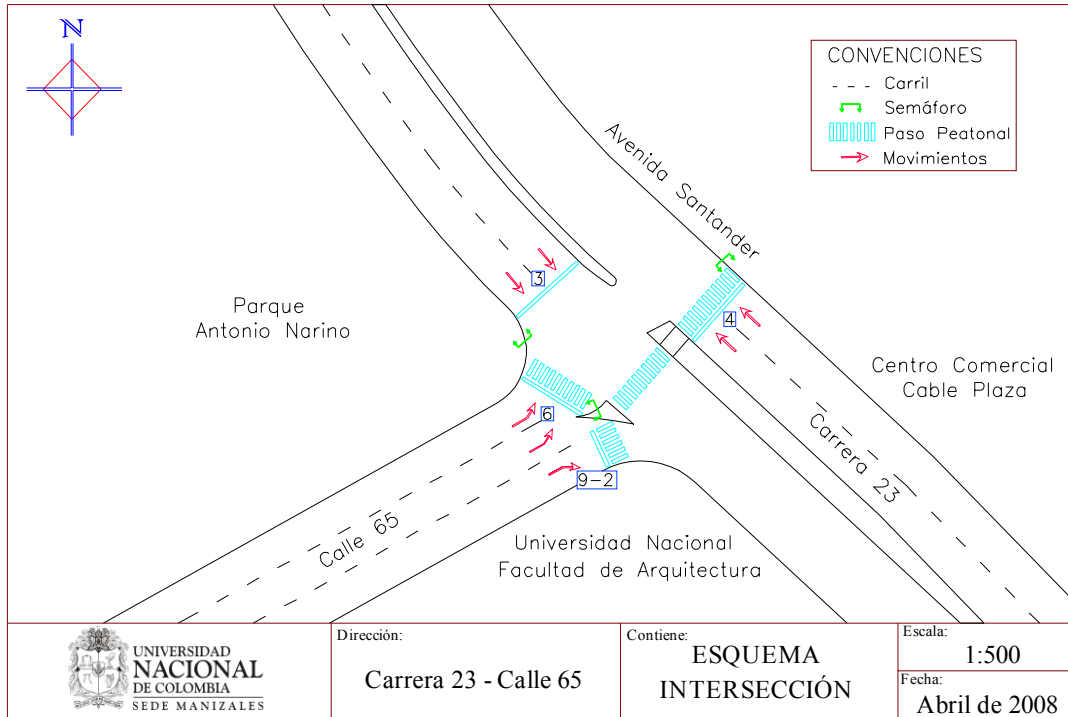
VOLÚMENES VEHICULARES PROYECTADOS DEL AÑO 2008, EN VEHÍCULOS EQUIVALENTES PARA CADA MOVIMIENTOS DE LAS INTERSECCIONES TRABAJAS.

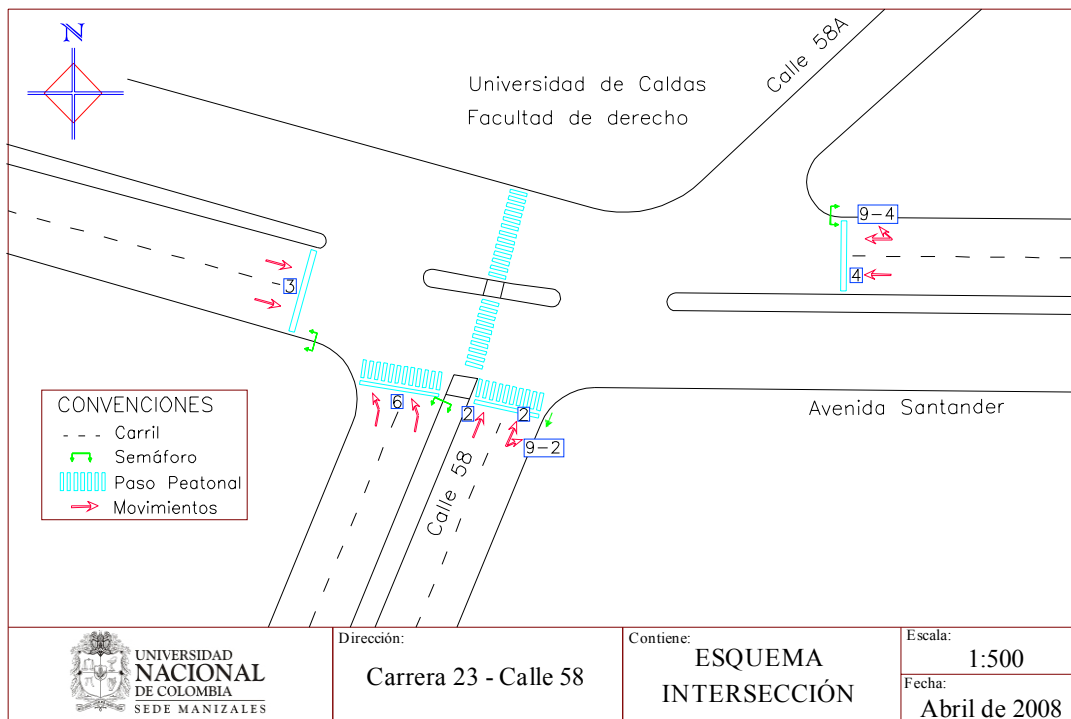
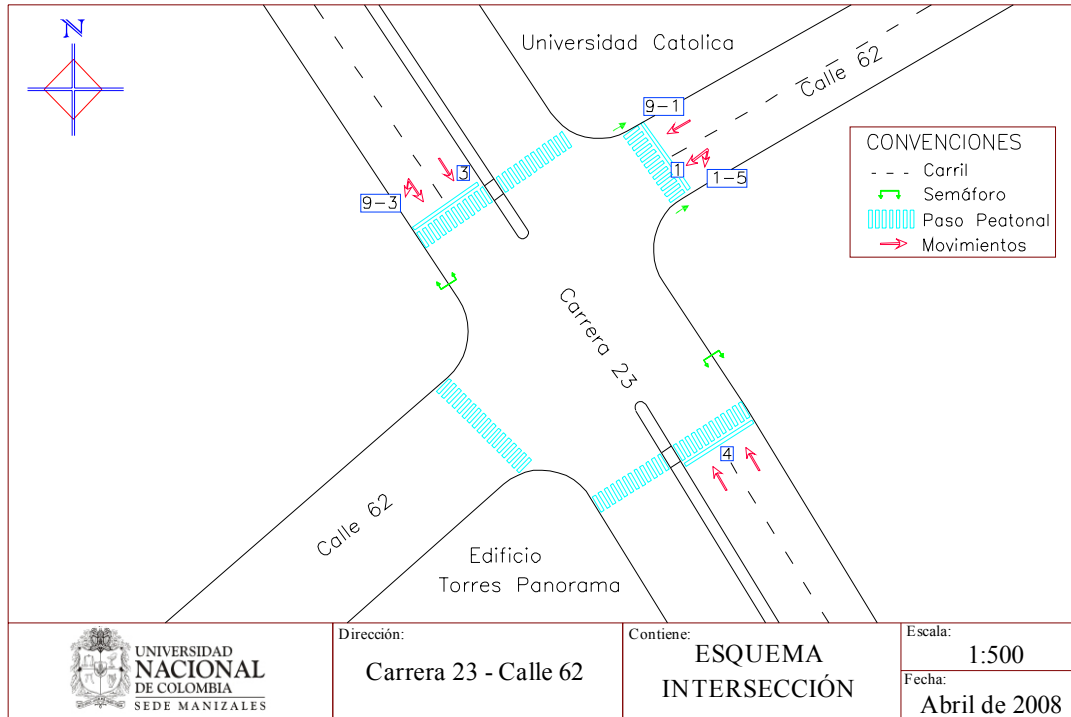
VOLUMENES HORARIOS 2008. POR MOVIMIENTO						
INTERSECCION	MOVIMIENTO	HORA PICO MAÑANA 11:30-12:30	HORA PICO TARDE 13:30- 14:30	HORA PICO NOCHE 17:45- 18:45	HORA VALLE MAÑANA 10:00-11:00	HORA VALLE NOCHE 20:00-21:00
CARRERA 23 CALLE 65	3	1256	1228	1348	994	680
	6	567	634	612	473	340
	9(2)	353	341	384	311	238
	4	1300	1292	1243	1038	796
CARRERA 23 CALLE63	3	1805	1728	1721	1257	918
	6	171	249	155	144	110
	2	127	81	154	100	77
	9(2)	95	97	93	78	60
	4	1694	1786	1705	1383	1020
	9(4)	168	139	144	125	109
	3	1690	1591	1587	1192	837
CARRERA 23 CALLE 62	9(1)	131	203	147	138	105
	5	115	135	133	65	82
	1	161	223	338	205	158
	4	1868	2035	1858	1528	1130
	9(3)	426	318	305	267	164
	3	1887	1689	1665	1230	882
CARRERA 23 CALLE 58	6	390	390	375	318	243
	2	56	55	70	50	38
	9(2)	223	223	248	191	146
	4	1926	2192	1981	1630	1206
	9(4)	44	46	37	31	23
CARRERA 23 CALLE 56	8	679	604	627	503	396
	3	1897	1695	1668	1358	885
CARRERA 23 CALLE 55A	3	1913	1731	1820	1261	967
	9(1)	56	84	67	60	46
	5	106	139	105	99	78
	4	1726	1974	1732	1444	1053
CARRERA 23 CALLE 54	6	418	358	482	360	276
	9(2)	319	274	273	251	192
	4	1514	1649	1546	1246	956
	3	1751	1660	1683	1218	997
CARRERA 23 CALLE 51	3	1811	1657	1728	1426	1093
	7	219	133	230	160	124
	9(1)	269	327	352	257	197
	5	336	407	351	242	273
	4	1798	1869	1827	1460	1120
	9(4)	133	135	197	135	103
CARRERA 23 CALLE 46 A y CALLE 46	4	1713	1894	1811	1452	1179
	9(4)	116	113	154	106	98
	7	305	144	201	128	136
	9(1)	261	272	308	235	197
CARRERA 23 CALLE 45	3	2073	1762	1841	1576	1210
	6	417	504	477	356	314
	4	1654	1831	1806	1400	1140
	8	317	335	313	286	236
CARRERA 21 CALLE 31	4	881	969	892	865	390
	9(4)	770	768	695	627	427
	2	20	15	15	17	4
	9(2)	6	6	7	2	5
CARRERA 18 CALLE 28	2	791	783	704	647	438
	4	927	970	1011	844	571
	9(4)	43	61	38	37	24
	7	246	210	267	124	160

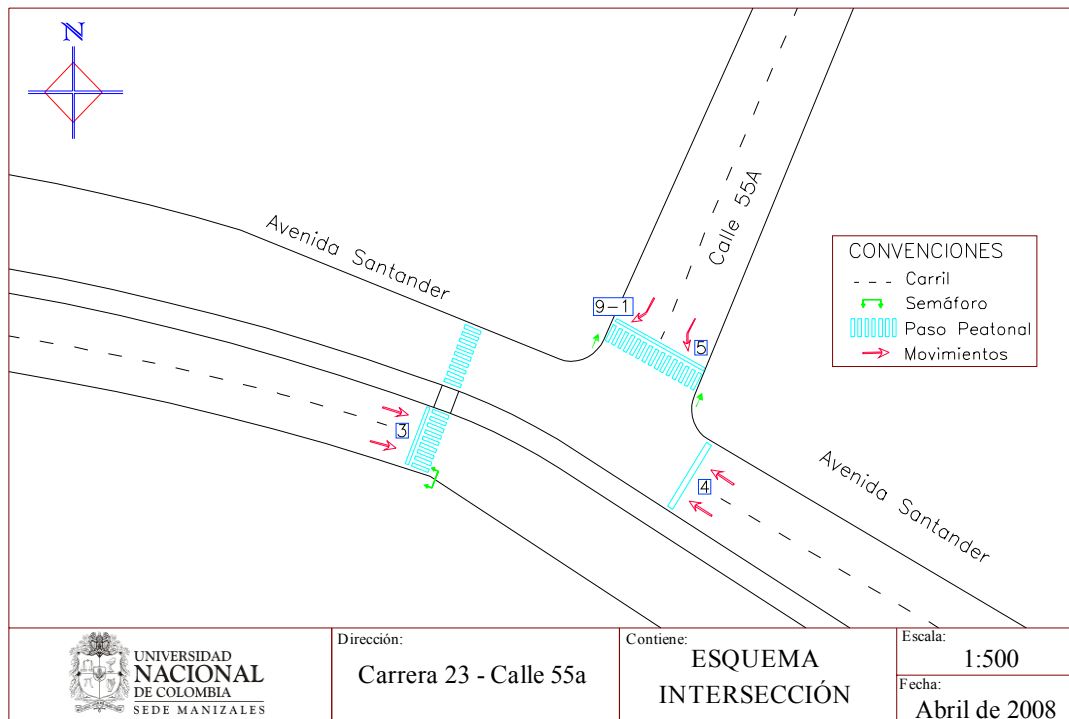
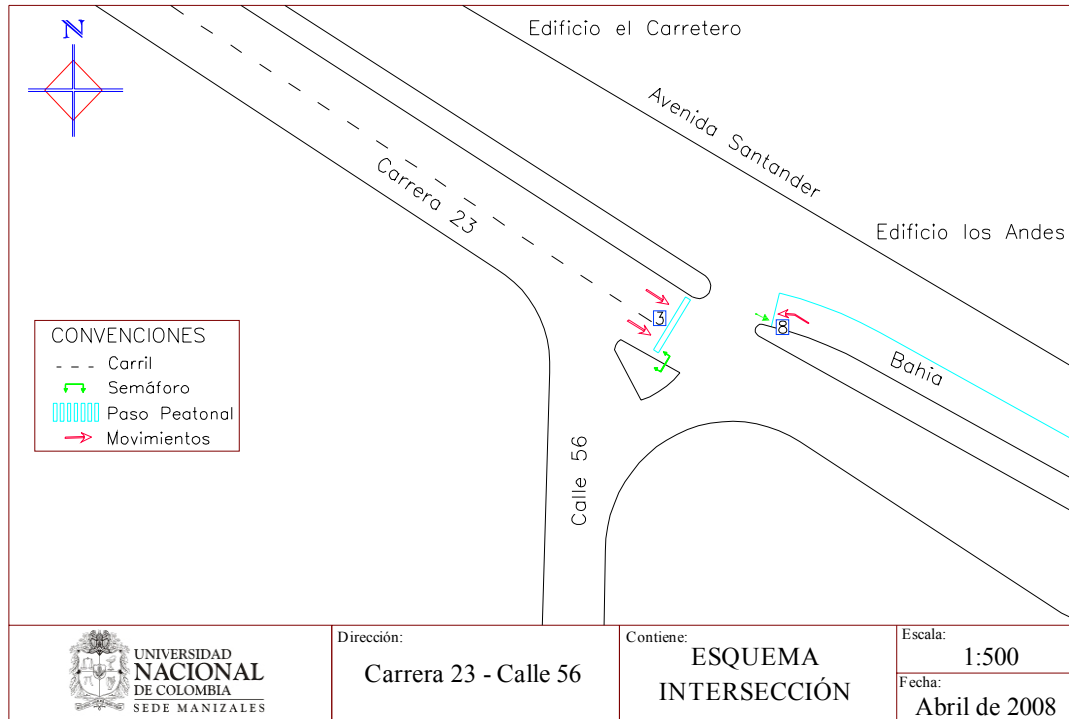
VOLUMENES HORARIOS 2008. POR MOVIMIENTO						
INTERSECCION	MOVIMIENTO	HORA PICO	HORA PICO	HORA PICO	HORA VALLE	HORA VALLE
		MAÑANA 11:30-12:30	TARDE 13:30- 14:30	NOCHE 17:45- 18:45	MAÑANA 10:00-11:00	NOCHE 20:00-21:00
CARRERA 18 CALLE 26	4	1519	1576	1590	1350	912
	8	154	175	126	121	87
	1	120	88	100	84	59
	5	328	279	336	325	194
	9(1)	89	76	75	75	49
	3	1665	1679	1668	1567	1444
	9(3)	70	75	60	59	56
CARRERA 18 CALLE 25	3	1652	1707	1647	1568	1452
	7	157	152	154	160	125
	2	125	117	103	120	94
	6	314	240	303	297	197
	9(2)	72	46	81	70	49
	4	1479	1530	1564	1309	893
	9(4)	142	119	100	116	68
CARRERA 20 CALLE 17	3	620	523	500	453	384
	2	459	390	389	347	294
	9(2)	194	105	131	105	102
AV. GILBERTO ALZATE CALLE 17	4	1408	1314	1433	1181	572
	9(4)	117	113	93	92	45
	3	1048	1119	1098	987	832
	7	115	121	98	102	86
	2	53	64	45	49	34
	9(2)	406	327	344	298	259
CARRERA 20 CALLE 20	3	712	663	635	574	500
	7	114	43	50	42	34
	2	664	729	675	554	554
CARRERA 20 CALLE 21	9(2)	209	161	238	154	149
	1	468	467	494	295	150
	5	221	153	205	127	66
	3	786	751	763	645	564
CARRERA 21 CALLE 20	9(3)	135	98	110	89	86
	4	668	675	632	566	504
	9(4)	253	262	270	170	190
	2	620	632	636	534	514
	6	120	103	98	83	92
CARRERA 21 CALLE 21	1	481	435	479	307	139
	9(1)	122	105	99	72	97
	4	799	832	790	764	597
	8	135	86	88	93	86
CARRERA 22 CALLE 20	4	772	745	766	637	609
	9(4)	215	251	238	213	210
	2	525	607	488	404	395
	6	132	133	135	114	104
CARRERA 22 CALLE 21	1	435	351	435	309	122
	9(1)	180	169	132	98	103
	4	807	826	868	735	715
	8	143	119	105	66	89
CARRERA 16 CALLE 19	5	186	142	126	113	108
	2	999	1071	1103	837	778
	9(2)	48	31	48	33	32
CARRERA 15 CALLE 19	1	1362	1378	1225	1053	1053
	2	999	1071	1055	837	778
	8	280	305	272	210	210
	9(4)	98	117	113	70	70

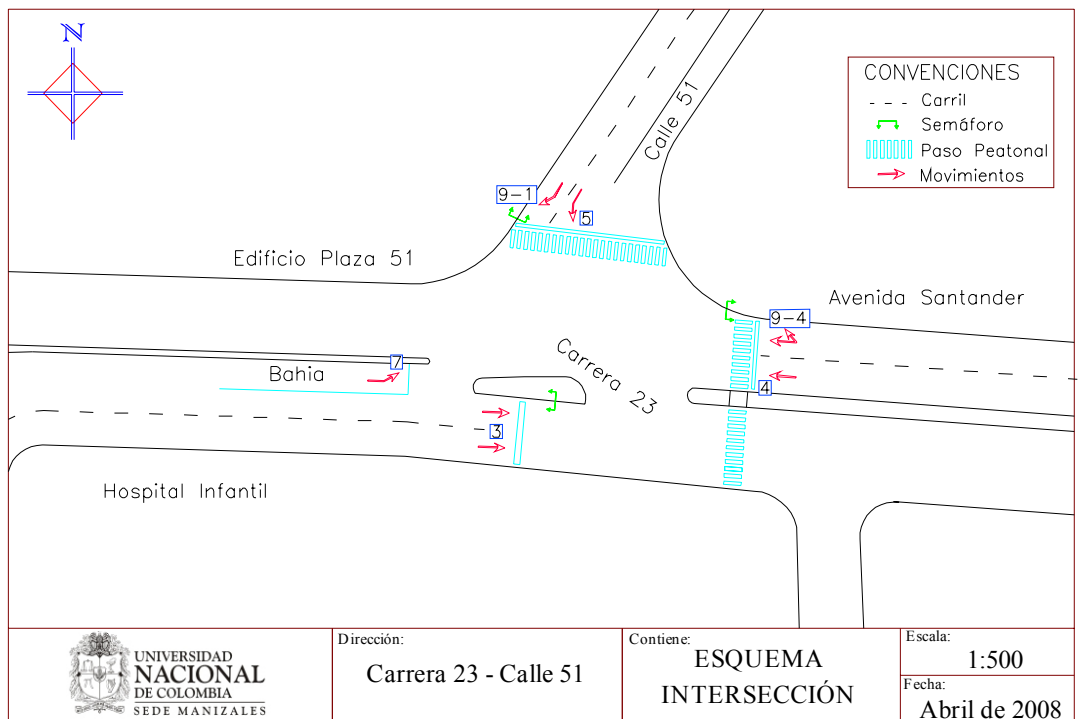
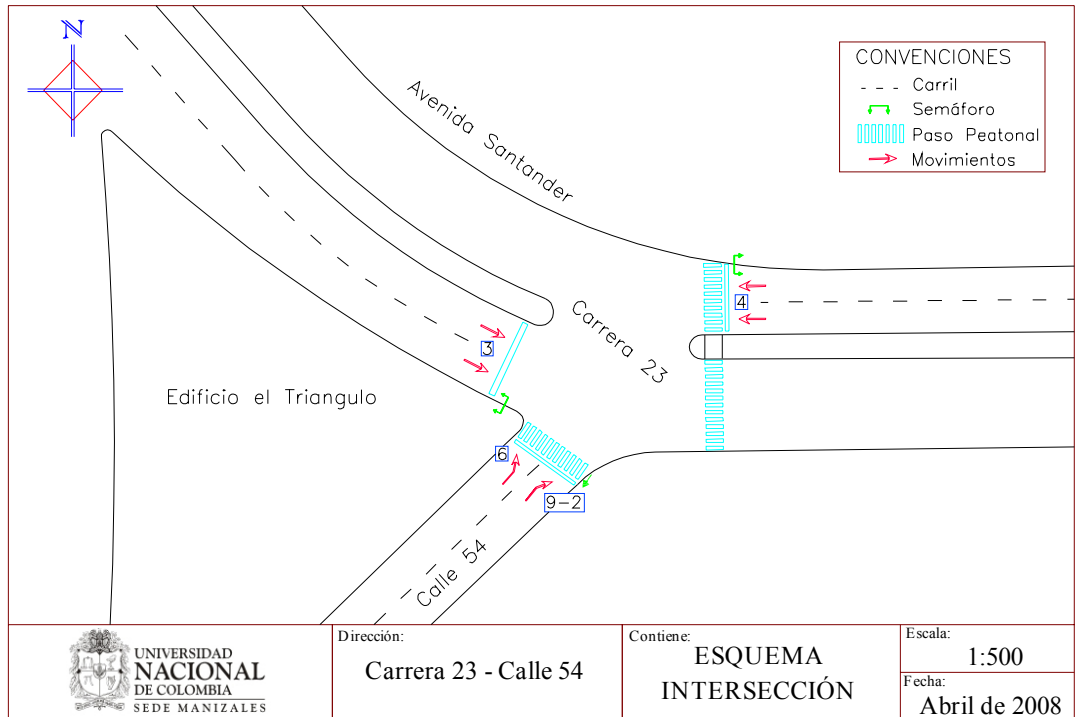
ANEXO 3

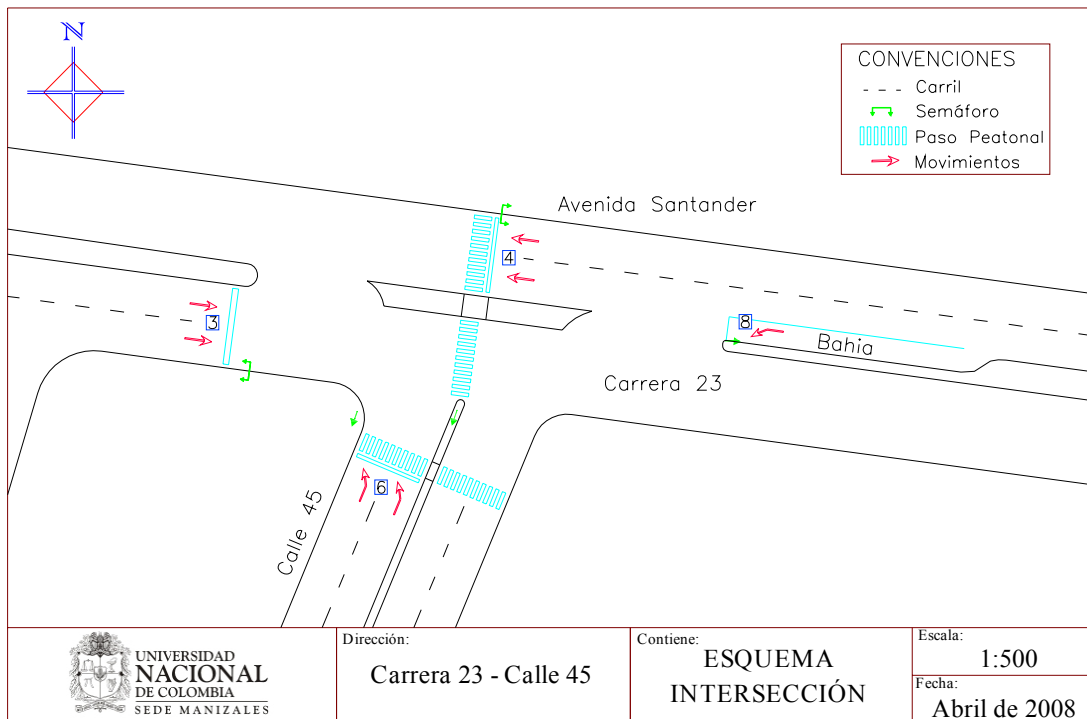
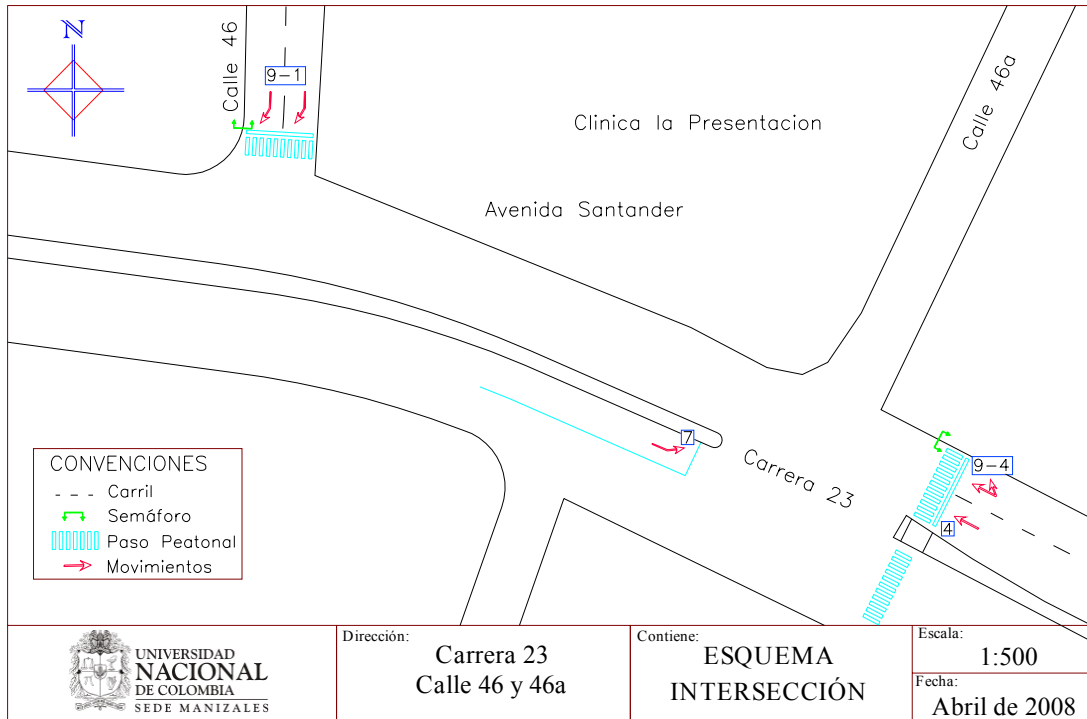
GEOMETRIA, ESQUEMAS GENERALES Y UBICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LAS INTERSECCIONES TRABAJAS.

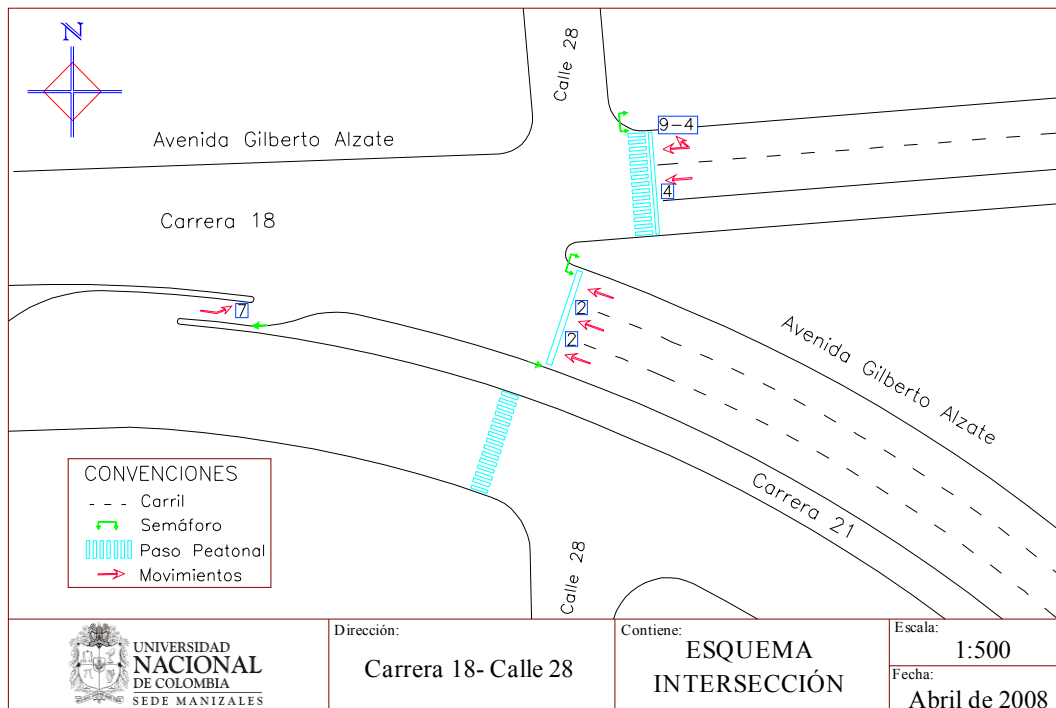
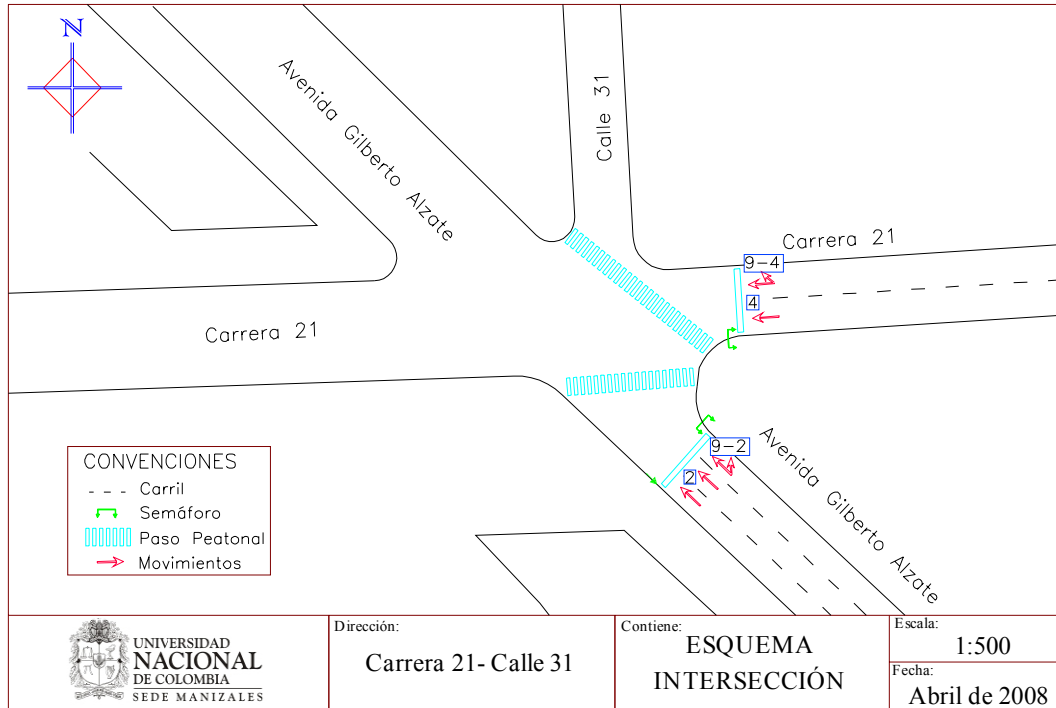


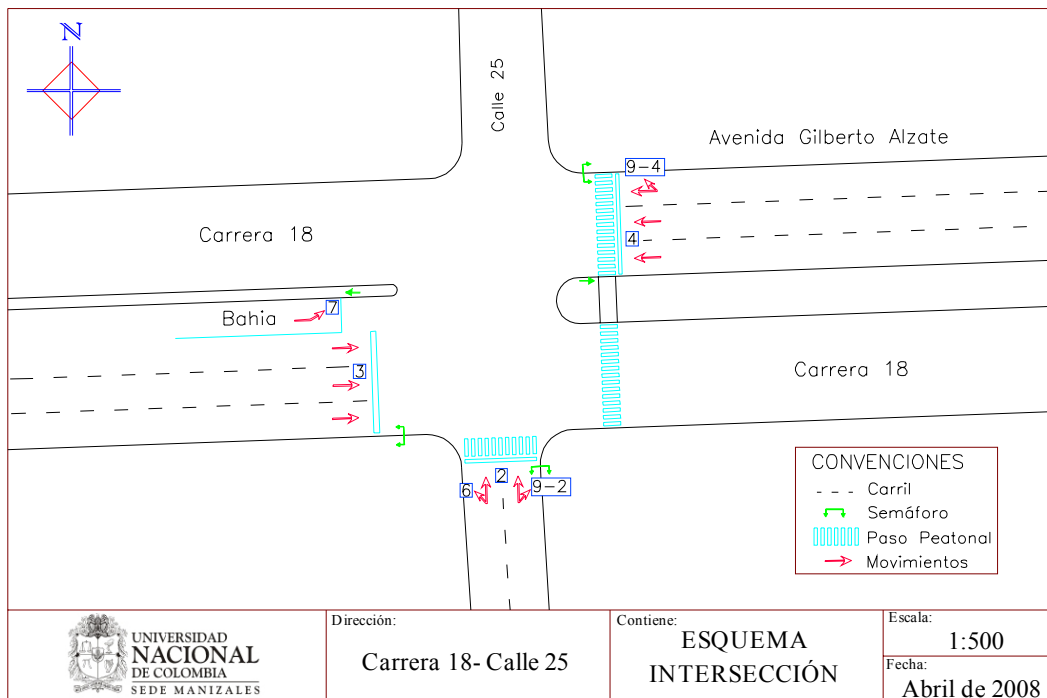
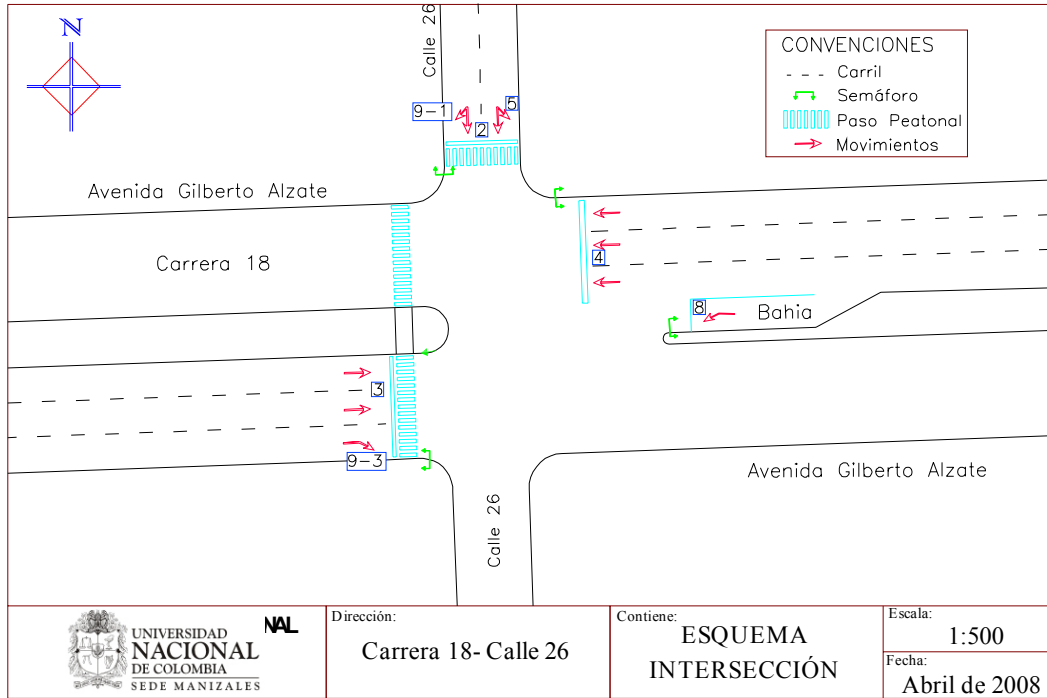


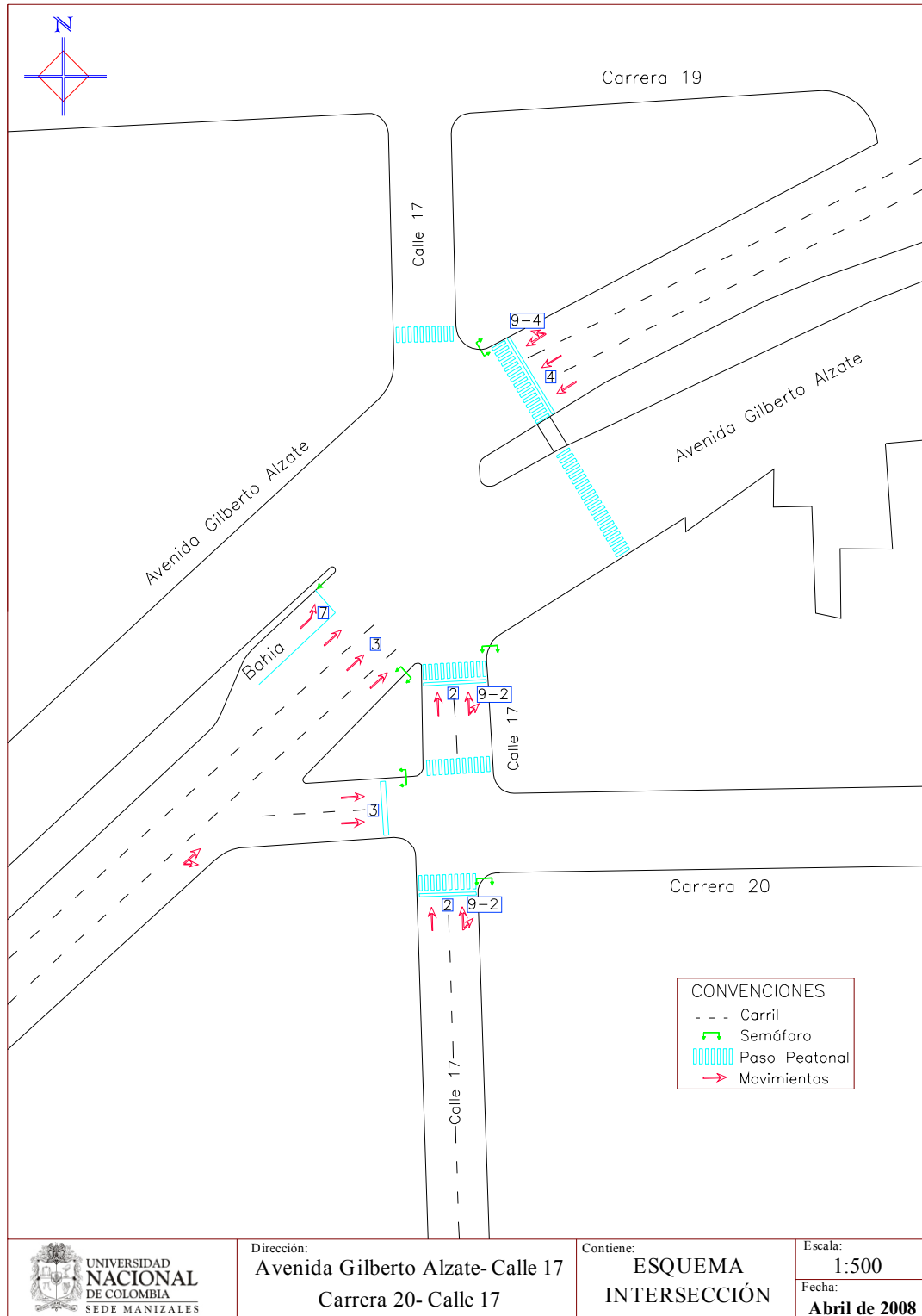


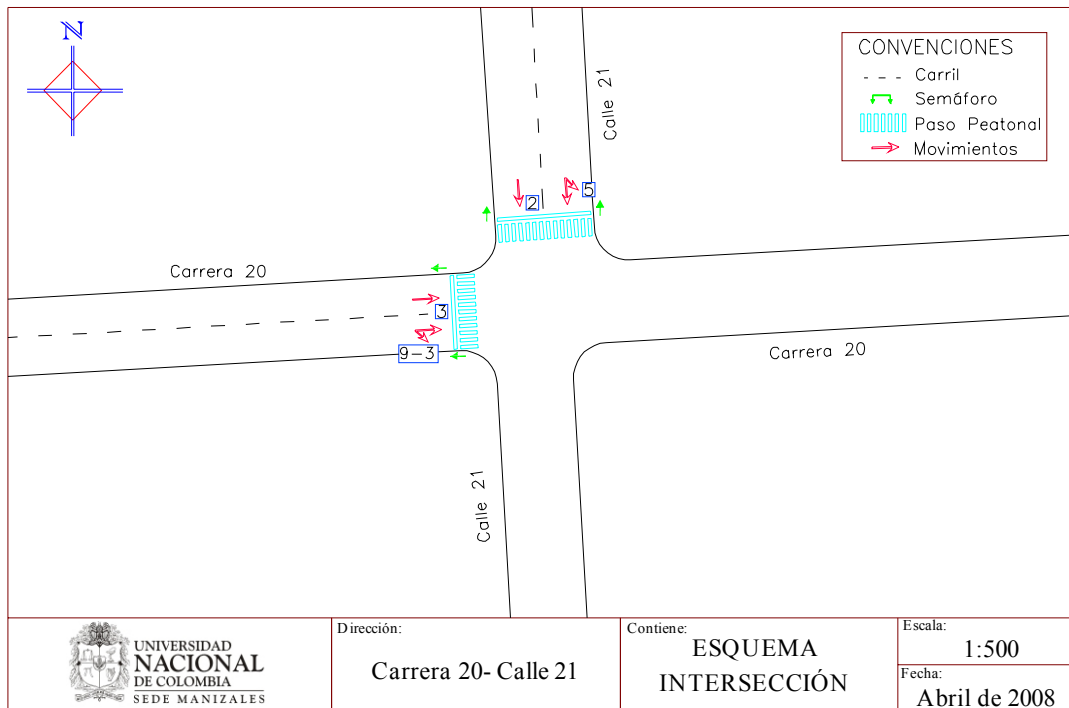
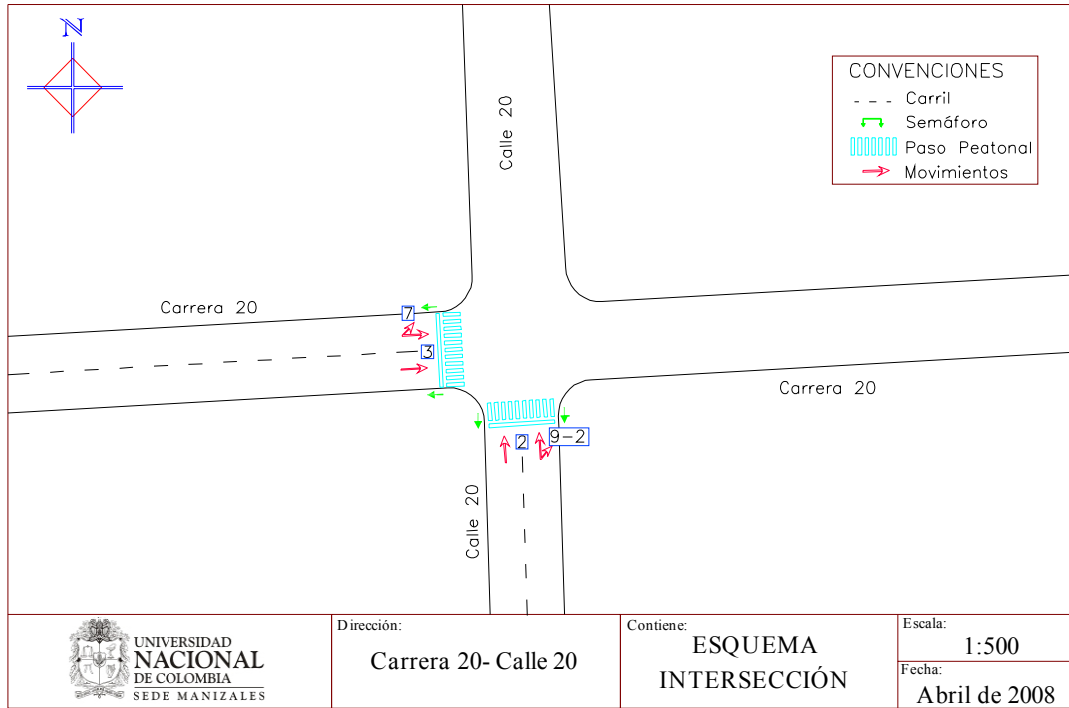


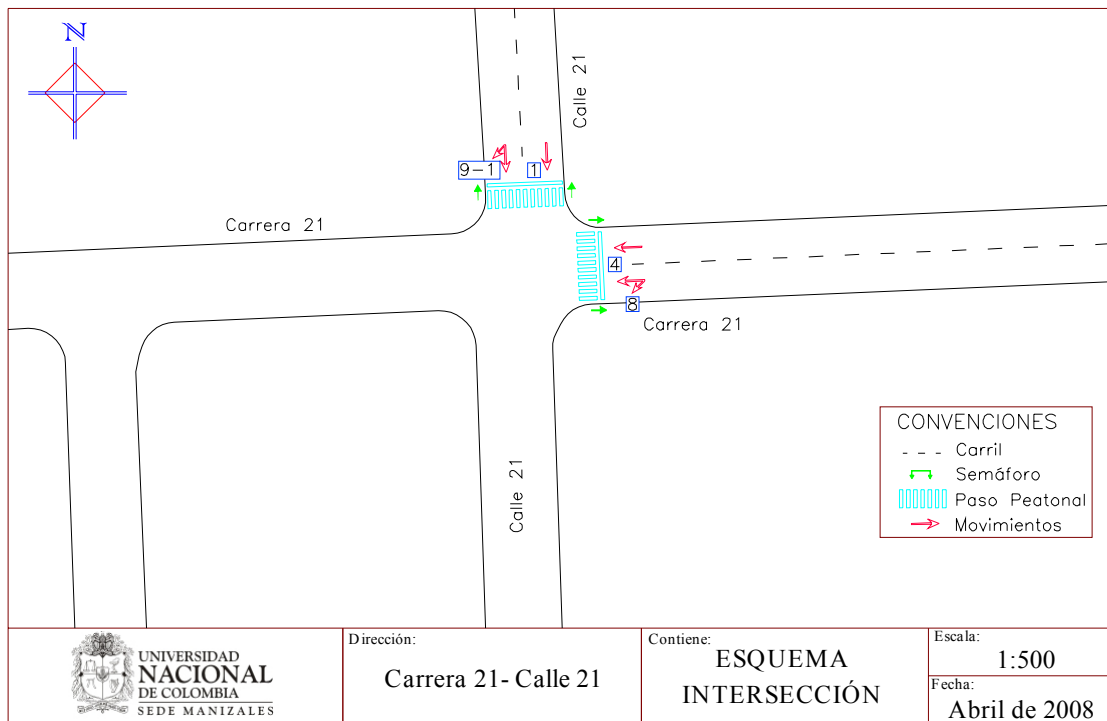
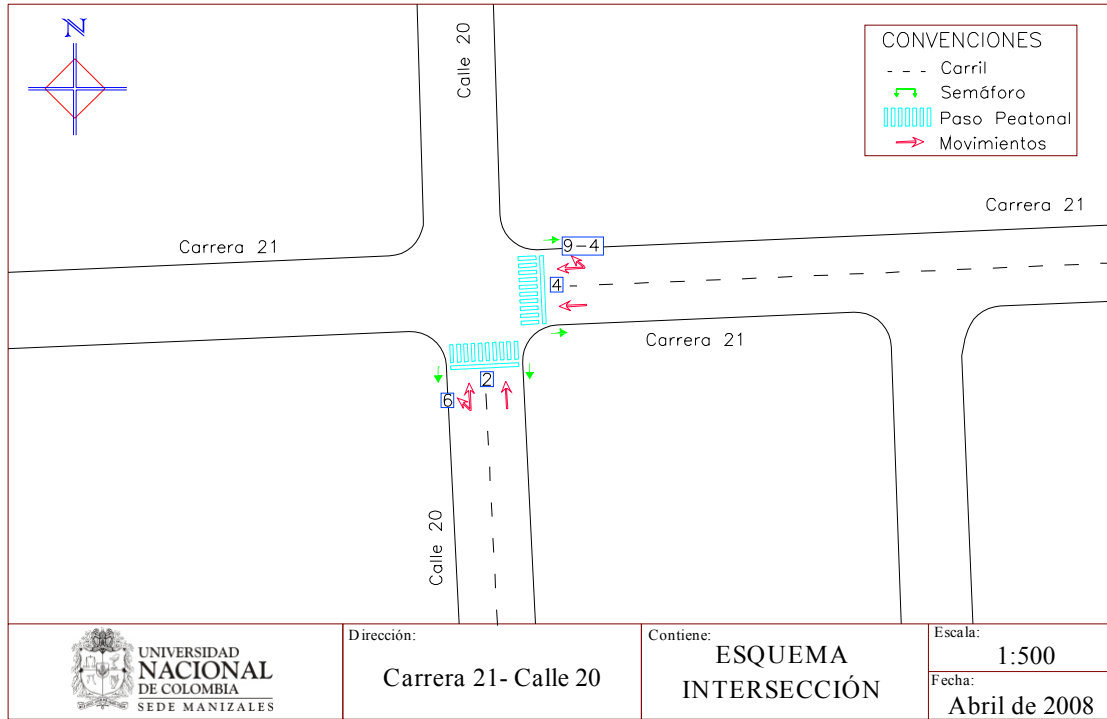


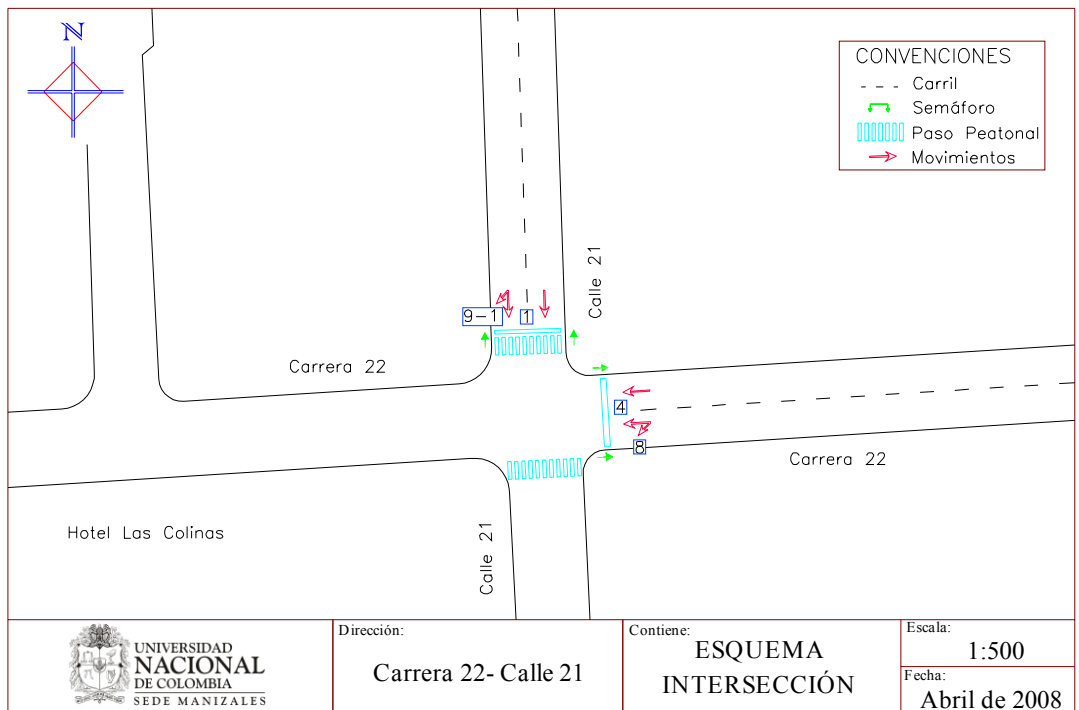
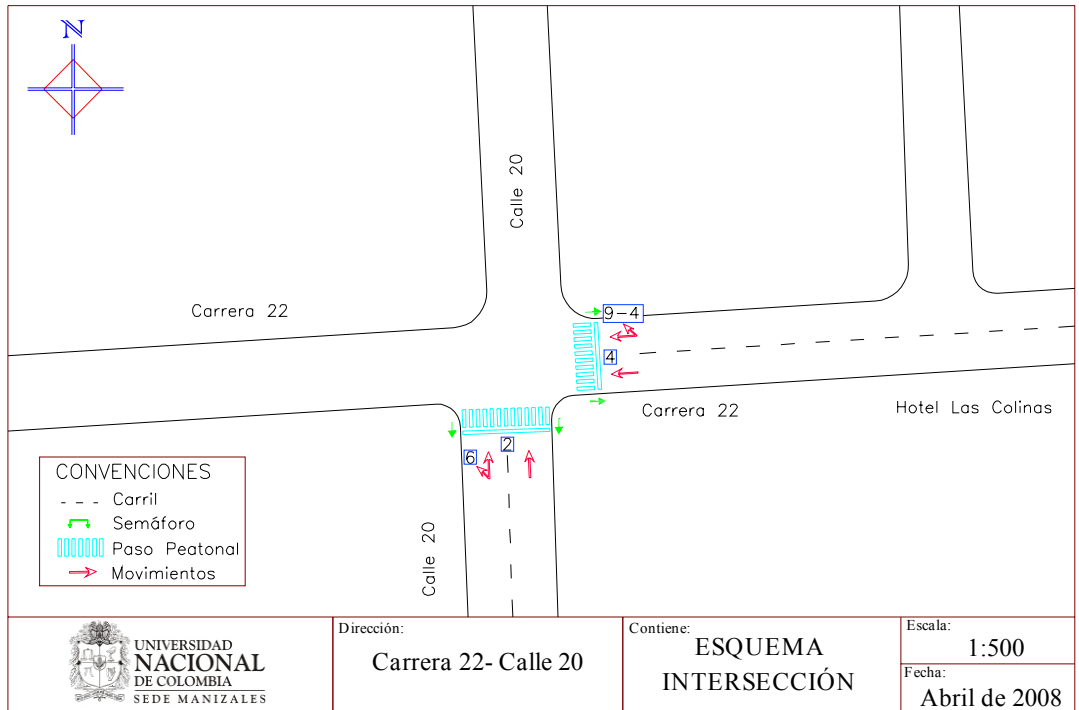


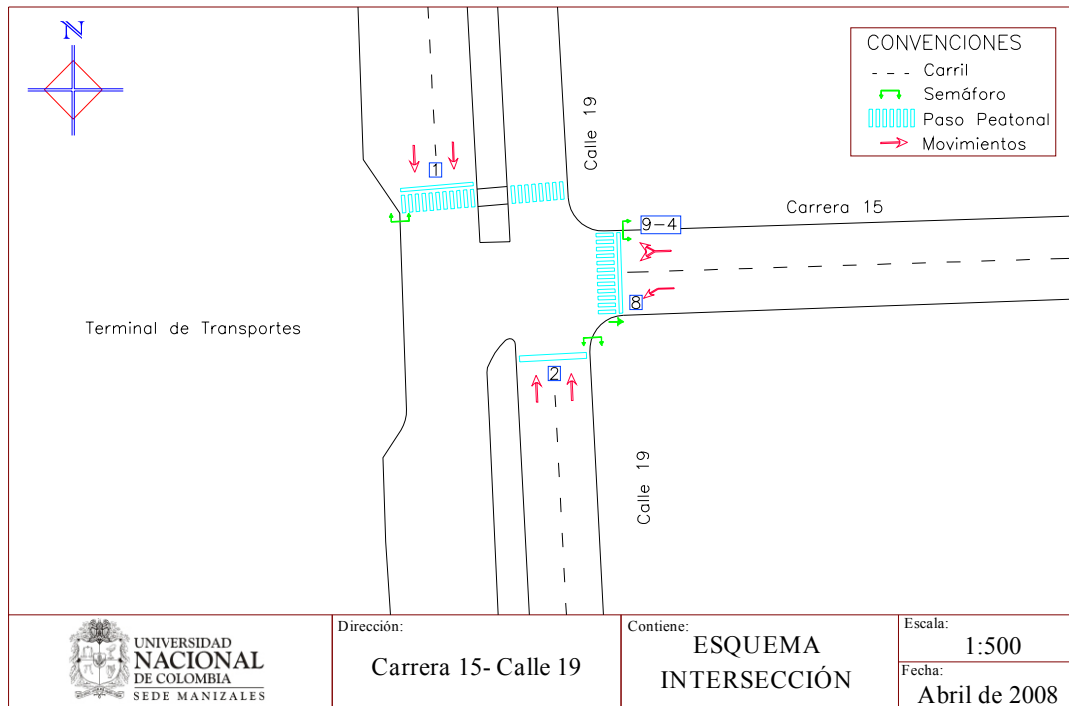
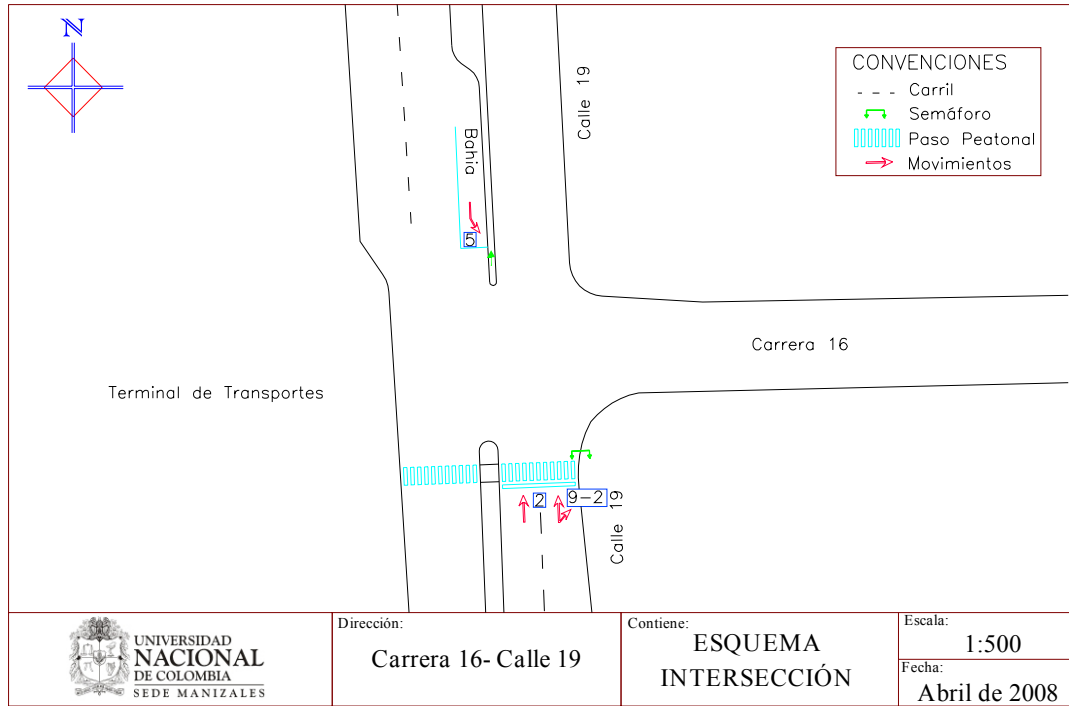












ANEXO 4

FLUJO DE SATURACIÓN POR ACCESO Y POR CARRIL DE LAS INTERSECCIONES.

FLUJO DE SATURACION			
INTERSECCION	MOVIMIENTO	FLUJO DE SATURACION TOTAL POR ACCESO	FLUJO DE SATURACION DEL CARRIL QUE GENERA EL MOVIMIENTO
CARRERA 23 CALLE 65	3	3240	1620
	6	2350	1175
	9(2)	1175	1175
	4	2600	1300
CARRERA 23 CALLE63	3	2796	1398
	6	2350	1175
	2	2350	1175
	9(2)	2350	1175
	4	3022	1511
	9(4)	3022	1511
CARRERA 23 CALLE 62	3	3400	1700
	9(1)	2560	1280
	5	2560	1280
	1	2560	1280
	4	3234	1617
CARRERA 23 CALLE 58	9(3)	3400	1700
	3	3000	1500
	6	2400	1200
	2	2400	1200
	9(2)	2400	1200
	4	3000	1500
CARRERA 23 CALLE 56	9(4)	3000	1500
	8	1700	1700
	3	3400	1700
CARRERA 23 CALLE 55A	3	3000	1500
	9(1)	2400	1200
	5	2400	1200
	4	3000	1500
CARRERA 23 CALLE 54	6	2900	1450
	9(2)	2900	1450
	4	3300	1650
CARRERA 23 CALLE 51	3	3300	1650
	3	3200	1600
	7	1400	1400
	9(1)	1300	1300
	5	1300	1300
	4	3200	1600
CARRERA 23 CALLE 46 A y CALLE 46	9(4)	3200	1600
	4	2800	1400
	9(4)	2800	1400
	7	1200	1200
CARRERA 23 CALLE 45	9(1)	2500	1250
	3	3000	1500
	6	2500	1250
	4	3042	1521
CARRERA 21 CALLE 31	8	1400	1400
	4	3284	1642
	9(4)	3284	1642
	2	2493	831
CARRERA 18 CALLE 28	9(2)	2493	831
	2	4926	1642
	4	3284	1642
	9(4)	3284	1642
	7	1100	1100

FLUJO DE SATURACION			
INTERSECCION	MOVIMIENTO	FLUJO DE SATURACION TOTAL POR ACCESO	FLUJO DE SATURACION DEL CARRIL QUE GENERA EL MOVIMIENTO
CARRERA 18 CALLE 26	4	4398	1466
	8	973	973
	1	2452	1226
	5	2452	1226
	9(1)	2452	1226
	3	5028	1676
	9(3)	5028	1676
CARRERA 18 CALLE 25	3	5028	1676
	7	838	838
	2	2454	1227
	6	2454	1227
	9(2)	2454	1227
	4	5028	1676
	9(4)	5028	1676
CARRERA 20 CALLE 17	3	1867	934
	2		
	9(2)	1735	868
AV. GILBERTO ALZATE CALLE 17	4	4578	1526
	9(4)	4578	1526
	3	5888	1596
	7	1100	1100
	2	2980	1490
	9(2)	2980	1490
CARRERA 20 CALLE 20	3	1994	997
	7	1994	997
	2	1994	997
	9(2)	1994	997
CARRERA 20 CALLE 21	1	1994	997
	5	1994	997
	3	2393	1197
	9(3)	2393	1197
CARRERA 21 CALLE 20	4	1994	997
	9(4)	1994	997
	2	1994	997
	6	1994	997
CARRERA 21 CALLE 21	1	1994	997
	9(1)	1994	997
	4	1877	939
	8	1877	939
CARRERA 22 CALLE 20	4	2111	1056
	9(4)	2111	1056
	2	2229	1115
	6	2229	1115
CARRERA 22 CALLE 21	1	2230	1115
	9(1)	2230	1115
	4	2229	1115
	8	2229	1115
CARRERA 16 CALLE 19	5	848	848
	2	3096	1548
	9(2)	3096	1548
CARRERA 15 CALLE 19	1	3116	1558
	2	3114	1557
	8	1363	1363
	9(4)	1363	1363