

**EVALUACIÓN MEDIANTE MODELÍSTICA Y SIMULACIÓN PARA LA
BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE
TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA**

RAYNIERO ACUÑA BARRIOS
MARTHA LUCÍA BUSTOS REYES

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA D.T.

1997

**EVALUACIÓN MEDIANTE MODELÍSTICA Y SIMULACIÓN PARA LA
BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE
TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA**

RAYNIERO ACUÑA BARRIOS
MARTHA LUCÍA BUSTOS REYES

Proyecto del Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al
título de Ingenieros Industriales

Director.
MISAEL CRUZ MONROY
Ingeniero Industrial

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA D.T.

1997

Cartagena, Abril 4 de 1997

Señores

CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
La ciudad.

Respetados señores:

Adjuntamos nuestro Proyecto de Grado titulado “**EVALUACIÓN MEDIANTE MODELÍSTICA Y SIMULACIÓN PARA LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA**”, como requisito para optar el título de Ingenieros Industriales.

Esperamos que nuestro proyecto sea del completo agrado de ustedes,

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente.

Atentamente,

RAYNIERO ACUÑA BARRIOS

Cartagena, Abril 4 de 1997

MARTHA LUCÍA BUSTOS R.

Señores

COMITÉ DE FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La Ciudad.

Respetados señores:

La presente es para presentarles el Proyecto de grado titulado “**EVALUACIÓN MEDIANTE MODELÍSTICA Y SIMULACIÓN PARA LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA**”, del cual he sido Director. Que fué realizado por RAYNIERO ACUÑA BARRIOS Y MARTHA LUCÍA BUSTOS REYES, como requisito para optar el título de Ingenieros industriales.

Cordialmente,

MISAEL CRUZ MONROY

Ingeniero Industrial

Cartagena, Abril 4 de 1997

Señores

COMITÉ DE FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La Ciudad.

Respetados señores:

La presente es para presentarles el Proyecto de grado titulado “**EVALUACIÓN MEDIANTE MODELÍSTICA Y SIMULACIÓN PARA LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA**”, del cual he sido Asesor. Que fué realizado por RAYNIERO ACUÑA BARRIOS Y MARTHA LUCÍA BUSTOS REYES, como requisito para optar el título de Ingenieros industriales.

Cordialmente,

JORGE A. BUSTOS REYES

Ingeniero de Sistemas

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena, Abril 4 de 1997.

brindado
mejores
estado
mis
han
a
su
mis

A mis Padres y Hermanos,
por todo el amor, el apoyo y la
colaboración que me han
durante toda mi vida. A mis
amigos quienes siempre han
en los momentos especiales. A
Sobrinos los cuales con su amor
alegrado mi vida. Y principalmente
DIOS, que ha sido mi guía, sin
ayuda nunca hubiera alcanzado
objetivos y metas.

MARTHA LUCÍA

de
mis
Amor
instancia

comprensión
ilimitado.

A **DIOS**, por darme la oportunidad
estar morando en este mundo, a
padres y hermanos que sin su
y apoyo no estaría en esta
de mi vida, a mis familiares por su
unidad en esta causa, a mi
compañera por su fe y
y a mi novia por su apoyo

RAYNIERO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Misael Cruz Monrroy. Ingeniero Industrial. Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar, y director de la investigación, por sus orientaciones.

Jorge Antonio Bustos Reyes, Ingeniero de Sistemas, Decano de la facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad San Buenaventura, y Asesor por su gran colaboración a la hora de la realizar el presente proyecto.

Los funcionarios del DATT, por la información y colaboración en datos para este proyecto.

A todas aquellas personas que en alguna forma colaboraron desinteresadamente en la realización del proyecto.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	1
1. PRINCIPIOS TEÓRICOS	4
1.1 TIPOLOGÍA DE FLUJOS	4
1.1.1 Contexto espacio-tiempo	4
1.1.2 Categoría de vehículos	5
1.2 PERÍODO DE REFERENCIA	7
1.3 ÁREA DE REFERENCIA	8
1.4 VARIABLES DE ESTUDIO	8
1.5 EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE	9
1.6 MODELOS	13
1.6.1 Niveles de modelación	14
1.6.2 Construcción y utilización de los modelos del sistema de transporte	16
1.6.3 Modelos de funcionamiento del sistema de transporte	20
1.6.3.1 Modelos de aceleración radial	21
1.6.3.2 Modelos de capacidad	22
1.6.3.3 Modelos de costes de transporte	23
1.6.3.4 Modelo de uso de suelo	23
1.6.3.5 Modelo de impactos del sistema de transporte	24
1.7 SIMULACIÓN	25
2. DOCUMENTACIÓN SOBRE ESTUDIOS EXISTENTES	27

2.1 ESTUDIO DE LA MISIÓN JAPONESA	27
2.1.1 Plan maestro de vías	29
2.1.2. Plan de transporte público de buses	30
2.1.3 Transporte acuático	32
2.1.3.1 Red y Área de Servicio	32
2.2 ESTUDIO REALIZADO POR EL DATT AÑO DE 1995	33
2.2.1 El parque automotor	34
2.2.2 Conclusiones y recomendaciones	35
2.3 PLAN DE DESARROLLO DE CARTAGENA 1995 - 1997	35
2.3.1 Ordenamiento urbano y uso del suelo	36
2.3.2 Espacio público	37
2.3.3 Plan de Tránsito y Transporte	37
3. CONDICIÓN ACTUAL DE LA AV. DON PEDRO DE HEREDIA CARRETERA TRONCAL DE OCCIDENTE, AV. CRISANTO LUQUE AV. DEL ORIENTE Y CARRETERA PRINCIPAL DEL BOSQUE	39
3.1 CAPACIDAD FÍSICA	39
3.2 SATURACIÓN DE LAS VÍAS	42
3.3 SEMAFORIZACIÓN	43
3.3.1 Ausencia de semáforos	43
3.3.2 Semaforización descordinada	45
3.4 SEÑALIZACIÓN DEFICIENTE	46
3.5 ESTADO DE LAS VÍAS	47
3.6 CUADRO SINÓPTICO	48

4. PREDUCCIÓN DE IMPACTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO	52
4.1 IMPACTOS SOCIALES	52
4.1.1 Cambios en el uso de suelo	52
4.1.2 Accidentalidad	53
4.1.3 Costos de conegestión durante la ejecución del proyecto	54
4.1.4 Costo al usuario	54
5. MEDICIONES Y OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	56
5.1 INFORMACIÓN DEL TERRENO	56
5.1.1 Ubicación geográfica	57
5.1.2 Límites	58
5.1.3 Extensión	58
5.1.4 Forma física	59
5.2 URBANISMO Y AMBIENTE	60
5.2.1 Uso de suelo	61
5.3 INFORMACIÓN ESTADÍSTICA	66
5.3.1 Métodos de recolección de la información	67
5.3.2 Diseño muestral	68
5.3.2.1 Muestra y población	68
5.3.2.2 Métodos de muestreo	69
5.3.2.3 Error muestral y sesgo muestral	70
5.3.2.4 Tamaño muestral	71
5.3.2.5 Obtención de la muestra	72

6. ESTUDIOS DE TRÁNSITO	75
6.1 ENCUESTA ORIGEN-DESTINO	76
6.2 FLUJOS VEHICULARES	87
6.3 TASA OCUPACIONAL	90
6.4 CAPACIDADES	99
6.4.1 Determinación de la capacidad	100
6.4.2 Flujos de saturación	100
6.4.3 Intersecciones de conflicto	103
6.5 TIEMPO DE VIAJES	105
6.6 ACCIDENTES	107
6.6.1 Recolección de la información	108
6.6.2 Magnitud y detección de elementos comunes en la ocurrencia de accidentes	108
7. MODELACIÓN Y SIMULACIÓN	114
7.1 ESCOGENCIA DEL MODELO	116
7.1.1 TRANSYT	117
7.1.2 Principios de tránsito del TRANSYT	117
7.1.3 Suposiciones básicas	118
7.1.4 Datos de entrada	119
7.1.5 Datos de salida	119
7.1.6 Representación de la red	120
7.1.7 Tarjetas de datos de entrada	130
7.1.8 Descripción de la salida de datos	131

7.1.9 Copia de datos de entrada	131
7.1.10 Información de ayuda para la selección del tiempo de ciclo	132
7.1.11 Modelo de predicción del tráfico	133
7.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO	142
7.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL SEGÚN RESULTADOS DEL MODELO	143
7.3.1 Descripción de conflictos	144
7.3.2 Detección de los conflictos relevantes	145
7.3.3 Subutilización local de capacidad	146
7.4 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN MEJORADA	148
8. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	153
8.1 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	158
8.2 SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	161
8.3 DESARROLLO A NIVEL DE DETALLE DE LA(S) ALTERNATIVAS ESCOGIDAS	162
8.3.1 Vías alternas preferenciales	163
8.3.1.1 Calle 33 y 34	164
8.3.1.2 Diagonal 21A	167
8.3.2 Mejoramiento de la vía	168
8.3.3 Semaforización y señalización	169
8.3.4 Programa de creación y/o reordenamiento de rutas	183
8.3.5 Programa de paraderos de buses	185
8.3.6 Cierre de islas de separación	190

8.3.7 Programa de reeducación a conductores y peatones	191
9. ESTRATÉGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	194
9.1 UTILIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN	194
9.2 REGULACIÓN DE TRÁNSITO	196
9.3 SEÑALES DE TRÁNSITO	196
9.4 OTROS TIPOS DE INFORMACIÓN	196
9.5 IMPLANTACIÓN	197
10. ASPECTOS ECONÓMICOS	198
10. ASPECTOS ECONÓMICOS	199
10.1 COSTO DE LA INVERSIÓN	201
10.2 BENEFICIOS CALCULADOS	204
10.3 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	207
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	214

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Factores de equivalencia por categoría.	6
Cuadro 2. Semaforización.	48
Cuadro 3. Señalización.	49
Cuadro 4. Estado físico de la vía.	49
Cuadro 5. Nivel de daturación.	49
Cuadro 6. Resumen análisis de la Av. Don Pedro de Heredia.	50
Cuadro 7. Resumen análisis de la Carretera Troncal de Occidente Av. Del Oriente, Carretera Principal del Bosque	51
Cuadro 8. Resumen análisis de la Av. Crisanto Luque.	51
Cuadro 9. Extensión de las vías de estudio	58
Cuadro 10. Uso de suelos de Cartagena	61
Cuadro 11. Encuestas realizadas	73
Cuadro 12. Zonas de Origen - Destino.	82
Cuadro 13. Matriz Origen - Destino horario de la mañana	84
Cuadro 14. Origen destino para el horario de la tarde	85
Cuadro 15. Clasificación ocupacional de buses	91
Cuadro 16. Flujos de saturación de las vías en estudio	101
Cuadro 17. Tiempo de viaje y velocidad de operación	107

Cuadro 18 Principales causas de accidentalidad año 1995	111
Cuadro 19. Índices de accidentalidad año de 1995	111
Cuadro 20. Comparación Heridos y Muertos para años 1994 y 1995	112
Cuadro 21. Principales puntos de accidentalidad	113
Cuadro 22. Porcentaje de Saturación por nodo en el horario de la mañana	147
Cuadro 23. Porcentaje de Saturación por nodo en el horario del Mediodía	147
Cuadro 24. . Porcentaje de Saturación por nodo en el horario de la Tarde	148
Cuadro 25. . Porcentaje de Saturación por nodo en el horario del Mañana	151
Cuadro 26. . Porcentaje de Saturación por nodo en el horario del Mediodía	151
Cuadro 27. . Porcentaje de Saturación por nodo en el horario del Tarde	152
Cuadro 28. Porcentaje de saturación por ciclos en el horario de la Mañana	171
Cuadro 29. Porcentaje de saturación por ciclos en el horario del Medio día	171
Cuadro 30. Porcentaje de saturación por ciclos en el horario de la Tarde	172
Cuadro 31. Semaforización requerida	174

Cuadro 32. Equipos nesesarios	175
Cuadro 33. Señalización requerida para implementación	175
Cuadro 34. Señalización requerida para implementación Diagonal 21A sentido norte sur	181
Cuadro 35. Colocación de paraderos en el sistema uno	187
Cuadro 36. Colocación de paraderos en el sistema dos	189
Cuadro 37. Colocación de paraderos en el sistema tres	18
Cuadro 38. Costos presupuestados del proyecto	199
Cuadro 39. Comparación de situación actual del horaio mañana con situación mejorada	202
Cuadro 40. Comparación de situación actual del horaio mediodia con situación mejorada	202
Cuadro 41. Comparación de situación actual del horaio tarde con situación mejorada	203
Cuadro 42. Ahorro de tiempo disgregado	204
Cuadro 43. Ahorro de combustible	205

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Proceso de planificación del transporte	10
Figura 2. Niveles de modelación	15
Figura 3. Las seis fases fundamentales de ajuste y utilización de modelos en el proceso de planificación del transporte.	17
Figura 4. Motivo viaje horario de la mañana	77
Figura 5. Motivo viaje horario de la tarde	78
Figura 6. Frecuencia de viajes del horario de la mañana	79
Figura 7. Frecuencia de viajes del horario de la tarde	80
Figura 8. Medio empleado para los viaje horario mañana	81
Figura 9. Medio empleado para los viaje horario tarde	81
Figura 10. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema uno, este-oeste	92
Figura 11. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, sistema uno este-oeste.	92
Figura 12. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema uno, oeste-este	93
Figura 13. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, sistema uno, oeste-este	93
Figura 14. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema dos, este-oeste	94
Figura 15. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, sistema dos este-oeste	94
Figura 16. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema dos, oeste-este	95
Figura 17. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, sistema dos oeste-este	95

Figura 18. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema tres, sur-norte	96
Figura 19. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, Sistema tres sur-norte	96
Figura 20. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema tres, norte-sur	97
Figura 21. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, Sistema tres norte-sur	97
Figura 22. Diagrama de nodos y enlaces	129

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formato de Conteo para autos.	216
Anexo B. Resumen y Conversión de conteo de vehículos	217
Anexo C. Resultados de evaluación del TRANSYT, situación actual	228
Anexo D. Resumen de resultados de evaluación del TRANSYT, situación actual.	276
Anexo E. Resultados de evaluación del TRANSYT, situación mejorada	300
Anexo F. Resultados de evaluación del TRANSYT, situación mejorada	348
Anexo G. Mapa de Cartagena de Indias D.T: y C. Demarcación de la zona de estudio.	372
Anexo H. Señales de tránsito.	274

LISTA DE ABREVIATURAS

No:	Norte.
HCS:	Highway Capacity Software.
Kms:	Kilómetros.
Mts:	Metros.
Jica:	Japanese International Cooperati3n Agengy.
Cra:	Carrera.
Dist:	Distancia.
Fig:	Figura.
Seg:	Segundos
Veh:	Vehículos.
S:	Soluci3n
D:	Demoras.
A:	Diferencias en tiempo de las demoras actuales y futuras en cada intersecci3n.
Top:	El n3mero de horas en promedio en que funciona la intersecci3n a un 50%.
Im:	Es el 55% del ingreso medio anual por minuto en Colombia.
GB:	Global.
Und:	Unidad.
Min:	Minuto

Mts: Metro lineal.

M2: Metro cuadrado.

Tb: Tubería.

GLOSARIO

Acera o andén: parte de la Vía destinada exclusivamente al tránsito de peatones, constituida por la zona dura del sector comprendido entre el sardinel y la línea de demarcación.

Ancho de la Vía: longitud comprendida entre líneas de demarcación, de uso público o privado, destinada a andenes, calzadas, separadores y zonas de protección ambiental.

Ciclo: cualquier secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo.

Circulación discontinua: son infraestructuras con elementos fijos para producir interrupciones periódicas en la circulación vial.

Circulación continua: son infraestructuras que no tienen elementos fijos para detener el flujo de tránsito.

Conteos de clasificación: se obtienen los volúmenes clasificados por tipo de vehículo, número de ejes, peso y dimensiones.

Conteos direccionales: se registran los volúmenes clasificado de acuerdo a la dirección o sentido del flujo vehicular.

Conteo de intersecciones: se registran los volúmenes clasificados por tipo de movimiento (izquierda, directo, derecha) y por tipo de vehículo (Auto, bus, camión, moto, colectivo).

Conteos sobre tasa de ocupación vehicular: son registros ejecutados para determinar la distribución de pasajeros por tipo de vehículo.

Duración de ciclo: tiempo total que necesita un semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos.

Fase: la parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos y tránsito que tiene derecho a pasar simultáneamente sobre uno o mas intervalos.

Flujo de saturación: el flujo de saturación es el máximo flujo que puede pasar por el acceso de una intersección en una hora de tiempo verde continuo. Generalmente se expresa en vehículos por hora de tiempo verde por carril.

Intensidad de circulación: la intensidad horaria equivalente al número de vehículos que pasan por un perfil dado o sección de un carril durante intervalos de tiempo dado.

Intervalo: período de tiempo durante el cual todas las indicaciones semaforizadas permanecen constantes.

Isla: son superficies limitadas situadas en la intersección o en las inmediaciones de la misma, sirven para ser más seguro y expedito el tránsito de vehículos y para refugios de peatones.

Línea de demarcación: lindero entre un lote de propiedad privada y una zona de uso público.

Marcas: se denominan marcas, las líneas los símbolos y las letras que se pintan o colocan sobre pavimentos, estructuras, sardineles y objetos dentro o adyacentes a las vías de circulación, a fin de indicar ciertos riesgos, regular o canalizar el tránsito o complementar las indicaciones de otras señales.

Sección transversal de una Vía: es el corte de la Vía que muestra su ancho total y las dimensiones de las calzadas, separadores, andenes.

Separador: es la franja de la Vía pública o privada localizada en dirección paralela a su eje para independizar las calzadas de la misma, canalizar los flujos de tránsito, controlar maniobras inadecuadas y proporcionar protección a los peatones. puede estar conformada por zonas verdes o duras, según su localización en la Vía. Puede ser central, intermedio o lateral.

Señales de prevención o preventivas: tiene como objeto prevenir al usuario de la Vía, la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de esta.

Señales informativas: guía al usuario de la Vía, dándole la información necesaria en cuanto de refiere a la identificación de las localidades, distancias recorridas o por recorrer, etc.

Señales reglamentarias: indican al usuario las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre el uso de la Vía.

Tiempo de cambio: los intervalos entre “Amarillo” mas el “lodo rojo” que tienen lugar entre las fases para permitir evacuar la intersección antes de que los movimientos contrapuestos se pongan en marcha.

Tiempo perdido: el tiempo durante el cual la intersección no esta efectivamente utilizada por ningún movimiento, estos tiempo ocurren durante el intervalo de cambio.

Tiempo verde: tiempo dentro de una fase dadas la cual la indicación “verde” esta a la vista.

Tránsito generado: aquel volumen de tránsito que aparece como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia.

Tránsito inducido: es la suma del tránsito atraído y el tránsito generado.

Velocidad de marcha: corresponde a la distancia total recorrida dividida por la diferencia entre el tiempo total empleado y las demora. Esta velocidad siempre es mayor o igual que la velocidad promedio de recorrido.

Velocidad de operación: la máxima velocidad a la cual un vehículo puede viajar sobre una determinada Vía bajo condiciones atmosféricas favorables y bajo condiciones prevalecientes del tránsito, sin rebasar en ningún caso la velocidad de diseño de una Vía.

Velocidad promedio de recorrido: Esta velocidad corresponde a la distancia total recorrida dividida por el tiempo total empleado, el cual incluye todas las demoras ocasionadas por el tránsito, como son los tiempos de semáforo, la gestión y aquellas demoras ajenas a la voluntad del conductor.

Vía recorrida: Corresponde a la Vía por donde transita el vehículo de prueba.

RESUMEN

El proyecto se divide básicamente en 2 etapas:

En la primera etapa comprendida por los capítulos 2,3,4,5,6,7 y 8 se realiza un estudio del estado actual del problema de tránsito y transporte en las áreas delimitadas del proyecto. Esto está representado en antecedentes del problema, normas generales y estudios de las entidades encargadas del manejo del tránsito y transporte, conocimiento de vías, identificación de los puntos de conflictos en donde se presentan los problemas, estudios de saturación, señalización, semaforización, estado del pavimento y otros como la evaluación mediante modelística y simulación, que nos permitió profundizar en el problema para dar un diagnóstico confiable del sistema actual de transporte de la ciudad de Cartagena.

La segunda está comprendida por los capítulos 9 y 10 en donde se hace el planteamiento de un conjunto de alternativas, las cuales se analizan y evalúan para ver si se ajustan a las verdaderas necesidades que requería el problema, escogiendo así las soluciones óptimas a las cuales se le realiza una evaluación económica para ver la viabilidad de implementación por parte de las entidades interesadas.

INTRODUCCIÓN

Desde principios de este siglo en todo el mundo se hizo más evidente la necesidad de contar con mayores y mejores medios de transporte de carga y/o pasajeros debido al creciente desarrollo de las ciudades y países de América y Europa. El transporte terrestre se constituyó entonces en pilar del desarrollo interno de muchos países y no se desconoce su importante papel en los logros de estos.

Lo anterior fomentó la construcción de grandes vías férreas, carreteras y enormes autopistas que interconectarían los puntos más distantes de la geografía de cada país (como ocurrió en los Estados Unidos), o la unión vial de un continente (como Europa). Debido a sus recursos, fueron los llamados países desarrollados, los primeros que implementaron planes de mejoras a vías de comunicación terrestre.

En Colombia como en la mayoría de los países Latinoamericanos dichos planes y políticas de mejora de vías de transporte, fueron emprendidos mucho después de estos países y la planificación del transporte se relacionó con el diseño y construcción de autopistas y carreteras y muy poco a la evaluación del tráfico urbano y sus problemas con ligeras o nulas referencias a la Modelística por ejemplo.

Todo lo anterior dió como consecuencia que en Colombia sólo con algunas excepciones de ciudades como Santa Fe de Bogotá, Medellín y Cali, no presentaran programas planificados sobre el problema del transporte urbano, que sumado al rápido crecimiento de asentamientos urbanos, generados por procesos migratorios de habitantes del campo hacia las grandes ciudades, arrojaron como resultado problemas como aumento en la oferta del parque automotor público y privado conduciendo al congestionamiento de intersecciones, largas colas, conflictos vehículo-peatones, accidentes de vehículos, la estrechez de las calles, mal funcionamiento de semáforos y la excesiva circulación de automóviles.

Estas son razones por la que se desarrolló el tema de evaluación mediante modelística y simulación del problema del tránsito y transporte en la ciudad de Cartagena, con el fin de buscar soluciones viables técnica y económicamente. Las cuales, están encaminadas a mejorar los niveles de servicio y a disminuir los tiempos de viajes, las demoras, la longitud de las colas y por ende los costos de desplazamiento.

Convencidos además de que las experiencias y conocimientos adquiridos y recopilados no son de beneficio único para los realizadores del proyecto y la universidad, sino que globaliza su campo de acción para el beneficio de la comunidad de Cartagena y su área de influencia.

1. PRINCIPIOS TEÓRICOS

1.1. TIPOLOGÍA DE FLUJO

Los flujos son una medida de los viajes que se realizan en un período y lugar determinados. Pueden entonces referirse a distintos entes físicos que viajan y a diversos contextos espacio-tiempo. Es necesario siempre precisar de qué medida se trata, especificando entes y contextos. Los primeros pueden ser: vehículos, diferenciables por categoría, o personas. Normalmente, los flujos de pasajeros se obtienen multiplicando los de vehículos por una tasa media de ocupación. Salvo que se indique lo contrario, en este estudio la palabra “flujos” se refiere a los flujos vehiculares.

1.1.1. Contexto espacio-tiempo. Los flujos y tasas de ocupación pertinentes en este estudio son los previstos en un área y un período definidos, que se establecen dentro de esa región del espacio-tiempo; ambas variables pueden especificarse de diversas maneras. Desde el punto de vista del espacio, cabe hablar de flujos entre pares de zonas (matriz Origen-Destino) o flujos en una sección determinada de vía.

Según se elija la sección, surgen flujos en un tramo de vía, en un movimiento particular de una intersección o en un acceso a ésta. Lo mismo se puede decir de la tasa de ocupación. A su vez, flujos y tasas de ocupación varían en el

tiempo, de modo que para los cálculos se emplea el valor medio obtenido durante ciertos períodos de razonable homogeneidad interna.

1.1.2. Categoría de vehículos. La Avenida Don Pedro de Heredia, La Carretera Troncal de Occidente, Av. Crisanto Luque, Avenida del Oriente, y Carretera Principal del Bosque como vías principales son utilizadas por una gama de vehículos que difieren en sus características físicas y operacionales (tamaño, número de ejes, clase de combustible etc). Estas diferencias son, al menos a partir de cierto grado, relevantes para el diseño y simulación de este proyecto.

La conversión de flujos heterogéneos a unidades homogéneas se lleva a cabo mediante factores de equivalencia. Estos factores dependen del fenómeno para el cual se requiere establecer la equivalencia. Sin embargo, en el tráfico urbano juegan un rol decisivo las intersecciones y en consecuencia se aplican sólo factores de equivalencia referidos a la capacidad de las mismas. Estos factores pueden incorporar dos aspectos: categoría de vehículos y movimiento, que se tratan normalmente por separado como valores multiplicativos. Tanto los flujos como las capacidades pueden ser afectados por uno de esos aspectos o por ambos a la vez. Lo importante es que las dos variables se encuentren dentro de las mismas unidades de medida. No obstante, hay autores que prefieren la abreviatura veh/hor y otros la abreviatura veq/hr. que equivalen a vehículos por hora. Los flujos, que son medidos o estimados en veh/hr, son afectados por factores según la categoría de vehículo.

El factor que se encuentra en el Cuadro 1 es la medida promedio calculada por los realizadores del proyecto, en que cada uno de los diferentes vehículos equivale en tamaño a la unidad de medida, en este caso se ha tomado como patrón el tamaño de un automóvil.

Cuadro 1. Factores de equivalencia por categoría.

CATEGORÍA	Factor (veq / veh)
Automóviles particulares	1.00
Taxis ocupados	1.00
Busetas	2.00
Buses	3.00
Microbuses	1.5
Camiones	4.00
Motocicletas	0.10

1.2. PERÍODO DE REFERENCIA

El modelo de simulación que se utilizará en este estudio emplea métodos que introducen el efecto de las perturbaciones aleatorias; sin embargo, en el ámbito

urbano las fluctuaciones tendenciales de tipo estacional son rara vez marcadas. Por éste motivo, se considera que una semana es suficientemente representativa de un período anual, ya que en ella se incluyen las variaciones tendenciales de orden horario y diario que son las principales.

La(s) semana(s) representativa(s) de cada corte temporal tiene(n) siete días de 24 horas, advirtiéndose, con todo, que en algunas horas el tráfico tiene niveles muy bajos disminuyendo parcial y/o totalmente los conflictos que se presentan en las horas de mayor congestión, que son en realidad las que más interesan cuando se trata de llevar a cabo el estudio. No se comete mayor error ni en diseño ni en la evaluación, si se reduce la semana a solo tres (3) días (Martes, Miércoles Y Jueves), considerando los días Lunes y Viernes como días atípicos, puesto que en estos días es cuando las personas llevan a cabo actividades no cotidianas.

En resumen, sólo se tomarán tres días de la semana en los tres horarios considerados pico: mañana (7:00 - 8:00), mediodía (12:00 - 1:00) y tarde (6:00-7:00).

1.3 ÁREA DE REFERENCIA

En los numerales precedentes se han establecido pautas para la especificación de la dimensión temporal de flujos y tasas de ocupación. En esta sección, se pretende hacer lo propio con la dimensión espacial. El criterio fundamental es

que los flujos (y tasas de ocupación) requeridos para el diseño y evaluación de un proyecto de viabilidad urbana, son aquellos que circulan al interior del área en que los mismos producirán impactos significativos. Todo lo anterior tiene como objeto: primero, especificar las variables a medir o estimar, segundo, definir los límites de las redes a modelar para la posterior evaluación.

Por ende deben ser consideradas como áreas de referencia la Av. Don Pedro de Heredia, la Carretera Troncal de Occidente, la Av. Crisanto Luque, la Av. Del Oriente y la Carretera Principal del Bosque y su área de influencia.

1.4. VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables a considerar, son dos: flujos y tasas de ocupación. Ambas se definen por la categoría del vehículo y por el contexto espacio-tiempo, que se resumen en los numerales siguientes.

Estas variables se expresan en vehículo por hora (*veh/hor*) y pasajero por vehículo (*pax/veh*), respectivamente, admitiéndose agregaciones de flujo sólo por categoría, en unidades de vehículo por hora (*veh/hor*), mediante los factores de equivalencia correspondientes. El efecto de virajes y otros fenómenos análogos debe ser incluido en la capacidad. Las categorías a emplear fueron estipuladas en el numeral 1.1.2; con miras a obtener una definición temporal de las variables en la situación actual, se debe disponer de información sobre flujos y tasas de ocupación, sea por Movimiento o por Origen-Destino. Para la

primera variable se harán mediciones y para la última, estimaciones. Los valores de las variables, en cada caso, corresponderán a la medida en períodos determinados de una semana tipo, que representan una fracción conocida del año.

1.5. EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

En la **figura 1** aparece una interpretación que es una síntesis del proceso de planificación del transporte. Este diagrama suministra las bases para construir los análisis que vienen a continuación.

En la **etapa I** se intenta definir del modo más preciso posible la naturaleza del problema y de la situación global en que se produce.

En la **etapa II** en función del enunciado del problema, se determinan una serie de metas y objetivos que señalan la dirección hacia la que se deben orientar

todas las acciones, para que puedan ser consideradas como soluciones satisfactorias. También se definen una serie de condiciones que imponen unos límites que ninguna de las soluciones propuestas debe sobrepasar.

En la **etapa III** se construye un modelo del ámbito en el cual ocurre el problema.

En la **etapa IV** se realiza la toma de datos, ya en trabajos de campo ya en consultas de publicaciones específicas. Estos datos se utilizan tanto para obtener una imagen precisa del problema y de su ámbito, como para calcular los parámetros y los valores presentes y pasados de algunas variables de interés.

En la **etapa V** el modelo construido en la **etapa III** se ajusta (se calculan los parámetros) y se utiliza para determinar la futura magnitud del problema en el caso de que:

- a) el planificador no lleve a cabo acciones modificadoras.
- b) se intente implementar la solución propuesta en la **etapa VII**.

En la **etapa VI** se realiza una evaluación:

- a) De la futura situación si no se llevan a cabo acciones modificadoras.
- b) De las soluciones propuestas y en consecuencia se toman decisiones sobre las distintas alternativas.

En la **etapa VII** se generan las soluciones (acciones modificadoras introducidas por el planificador) y se incorporan a la situación global del problema. Estas soluciones se evalúan en la **etapa VI** y ésta evaluación conduce a la definición de nuevas acciones modificadoras. La repetición de éste proceso de retroalimentación se prosigue hasta alcanzar una solución óptima.

En la **etapa VIII** se desarrollan y precisan los detalles de la solución mediante planos, disposiciones legales, etc.

En la **etapa IX** la solución propuesta se materializa mediante la realización de las obras necesarias, la adopción de medidas financieras y presupuestarias, decisiones políticas, etc.

En la **etapa X** la solución implementada se lleva a la práctica y se mantiene. Se realizan nuevas tomas de datos para comprobar hasta que punto la solución ha producido una reducción del problema tal y como estimó el modelo. Si no ha ocurrido así, se hace necesario introducir cambios en el modelo, en las acciones o en ambos. En la medida en que elementos tales como las situaciones y los objetivos estén en constante evolución, el proceso de resolución de problemas se debe aplicar y desarrollar de modo continuo.

Si exceptuamos dos grandes circuitos de retroalimentación, el proceso de diez etapas de la **figura 1** es un proceso secuencial. Cada flecha indica a la vez un sentido de desplazamiento y un flujo de información a lo largo del proceso,

mientras que cada etapa, desde la **I** a la **X**, corresponde a una operación a desarrollar. Generalmente, en los casos reales se suelen desarrollar simultáneamente varias operaciones, como ocurre casi siempre con la toma de datos y la definición de objetivos y condicionantes; sin embargo, este tipo de simplificaciones no va en detrimento del rigor de la descripción global del proceso.

1.6. MODELOS

Para transformar la realidad de la circulación vehicular en las grandes ciudades es necesario conocer las causas que originan los grandes conflictos. Esta es la función de las teorías del transporte, que dan origen a modelos abstractos de la realidad del mismo. La utilidad de estos modelos es doble: por un lado, sirven para imaginar soluciones; por otro, actúan como herramientas operativas para evaluar los efectos de dichas soluciones.

Otra razón práctica para desarrollar modelos es la dificultad de experimentar en laboratorio, a escala reducida, y de medir algunas características de la circulación, aunque sean observables. Hay, pues, lugar para modelos puramente descriptivos (cinemáticos) y de simulación.

1.6.1. Niveles de modelación. El nivel más general es el que cubre todas las relaciones entre los bloques de la **Figura 2**. Configurados de esta forma los sistemas de actividades y de transporte podríamos predecir los flujos en la red,

los impactos en el corto plazo y los cambios inducidos en las Actividades y el transporte. Obviamente, el modelo no estaría completo sin la existencia de otros factores que determinan las modificaciones de las Actividades y el transporte, pero si se introdujeran como parámetros, tendríamos la presentación mas general posible del tránsito en el momento actual. Este es el nivel que podemos llamar planificación del transporte.

En las ultimas dos décadas se han hecho considerables esfuerzos a nivel mundial en esta dirección. Los avances logrados en cuanto a las relaciones de largo plazo sobre actividades y transporte son francamente pobres, pero no así en lo relativo a la determinación de flujos a partir de actividades y transporte, e impactos a partir de flujos. Su estructura básica esta tomada del paradigma económico de equilibrio Oferta-Demanda. Las actividades se describen en forma discreta o discontinua en el espacio y el tiempo-demanda. Estas

actividades, definidas espacial y temporalmente, a su vez, se representan por una red que conecta las zonas (infraestructura) y por vehículos que operan sobre ella sujetos a ciertas formas de gestión, que en conjunto definen la oferta. El nexo entre ambas está dado por la dependencia recíproca de la demanda del nivel de servicio, de los costos ofrecidos, y de estos con respecto al volumen de viajes demandado.

1.6.2. Construcción y utilización de los modelos del sistema de transporte. El desarrollo de los modelos que se han de utilizar para representar las interrelaciones entre el sistema de transporte, el desarrollo urbano, los desplazamientos y otros factores afectados corresponden a la **etapa III** del proceso de planificación del transporte. En la medida en que el ajuste y la utilización de estos modelos (**etapa V**) es también un elemento importante, analizaremos estas dos etapas al mismo tiempo.

En la **Figura 3** se describen seis fases básicas de la etapa de construcción de modelos en el proceso de planificación del transporte. Cada una de estas fases corresponde a un tipo de modelo (o serie de modelos) necesario para obtener la entrada a la etapa siguiente de evaluación y comprobación. Desde el punto de vista didáctico, quizás la fase más importante de las seis sea la correspondiente a la predicción del desarrollo de los usos de suelo por zonas,

en la medida en que esta fase esta directamente relacionada con las otras cinco.

Como entradas de esta fase se necesitan tres tipos de datos:

- 1) Proyecciones de variables correspondientes a los usos futuros del suelo a nivel regional, tales como población, empleo y superficies totales de uso del suelo.
- 2) Determinación de los niveles presentes y futuros de otras variables actuales, tales como abastecimiento de agua, asistencia sanitaria y dotaciones escolares.
- 3) Estimaciones de los rendimientos actuales y propuestos del sistema de transporte, prestando una atención especial a los tiempos de desplazamiento, a los costos previstos y a otras variables de este tipo.

A partir de estos datos se puede ajustar y utilizar un modelo para distribuir los resultados globales de los usos del suelo entre las distintas zonas de la región para obtener de este modo estimaciones zonales del desarrollo de los usos de suelo que, a su vez, se pueden utilizar para prever la demanda de viajes **fase(e)**.

La **fase (f)** del proceso de utilización de modelos es también importante. Es de sobra conocido el hecho de que un sistema de transporte y los viajes que ayuda a generar producen impactos beneficiosos e impactos perjudiciales sobre

muchos otros factores aparte del uso del suelo. Una lista completa de estos factores que seria extensa y variada, incluiría entre otros lo siguiente :

- Contaminación atmosférica
- Ruido
- Recursos financieros de la empresa privada
- Limite de los distritos escolares
- Delincuencia
- Perjuicios a la propiedad privada.

Muchas de las relaciones entre el transporte, los viajes y estos factores no han sido aún establecidas con carácter definitivo. Sin embargo, a medida que avanza la investigación se van definiendo un número considerable de ellas.

En esta descripción general del proceso de utilización de modelos no se ha hecho aún referencia a la representación de las interrelaciones de los tipos de características de funcionamiento del propio sistema de transporte.

Un modo simple de enfrentarse al sistema de transporte es considerarlo como una combinación de cuatro tipos de elementos: vehículos, redes, estaciones y controles, mezclados en una determinada proporción.

El producto resultante de esta combinación se puede caracterizar con las siguientes variables:

- Velocidades
- Capacidades
- Localizaciones
- Dimensiones
- Rutas
- Horarios.

Estos elementos no son independientes los unos de los otros. Así, para especificar el funcionamiento de un sistema concreto de transporte, debemos ser capaces de identificar tanto las características relevantes de los componentes del sistema como las relaciones entre ellas.

1.6.3. Modelos de funcionamiento del sistema del transporte.

Normalmente las modificaciones del sistema de transporte propuestas por planificadores e ingenieros no influyen directamente en los usos del suelo, en los viajes y en los otros impactos importantes; por ejemplo, el tiempo de desplazamiento no puede ser controlado totalmente por el diseñador porque casi siempre es función de los volúmenes de tráfico, de las condiciones atmosféricas, de los accidentes, etc. En general, todas estas cuestiones escapan a las atribuciones del diseñador.

A continuación se van a presentar algunos ejemplos de modelos que se refieren a las modificaciones propuestas por el diseñador y algunas otras que afectan a

los factores relacionados con las características del funcionamiento del sistema de transporte. Estos ejemplos se referirán a las características de aceleración y desaceleración de los vehículos, relaciones entre velocidad, volumen y densidad de un flujo de tráfico, capacidad de las vías y el costo de sistema de transporte.

1.6.3.1 Modelos de aceleración radial. Pocas veces un vehículo se desplaza en línea recta; por el contrario, de vez en cuando se deben tomar curvas para cambiar de dirección. Si el vehículo es un automóvil, un tren, un avión u otro tipo de medio de transporte, hay que tener muy en cuenta, al diseñar las curvas o los caminos a seguir, las fuerzas que actúan sobre los pasajeros. Por eso para facilitar su comprensión se diseñaron estos modelos utilizando algunos principios del diseño de curvas en vías y carreteras.

1.6.3.2 Modelos de capacidad. La capacidad es otra de las características de las vías que tiene gran importancia en la planificación. La capacidad es un volumen, específicamente el volumen máximo que pasa por un punto (una pequeña distancia) durante un período de tiempo dado. Teóricamente, el volumen máximo puede ser muy alto.

Hay que señalar que para una sección dada de un carril o de una vía, la capacidad, puede variar en función de las condiciones climatológicas, de embotellamientos, accidentes, etc. En general y a pesar de todo, la capacidad de una sección se puede considerar constante para la mayoría de los análisis.

Dentro de las consideraciones de la capacidad de la vía se tienen :

- Volumen de tránsito
- Velocidad de operación
- Análisis de intersecciones semaforizadas
- Análisis de intersecciones no-semaforizadas
- Estudio de colas, etc.

Dentro de estos tipos de modelos se tiene el **HCS (Highway Capacity Software)**, surgido de la automatización del manual del *Highway capacity Manual*. Su principal utilidad radica en el análisis de las intersecciones que arrojan resultados sobre capacidad y niveles de saturación.

Otro típico modelo de capacidad es el **TRANSYT**, que funciona de manera análoga al **HCS** con la diferencia de que los resultados arrojados abarcan toda la red y no sólo intersecciones individuales.

1.6.3.3 Modelos de costes de transporte. Una de las características más importantes de cualquier solución propuesta para un problema de transporte es el costo de la solución. No solo hay que tener en cuenta los costos de compra, construcción o instalación del sistema propuesto, sino también los de funcionamiento y mantenimiento al nivel adecuado; también hay que tener en cuenta los costos necesarios para planificar y diseñar los cambios a introducir en la situación presente. Los modelos basados en este tipo de análisis son los llamados modelos de costes.

1.6.3.4 Modelos de uso de suelo. Cualquier modelo de uso de suelo debe incluir entre otras relaciones, la que existe entre uso de suelo y transporte, que, en este caso, viene representada por las flechas entre las fases de la **Figura 3**. Concretamente, el desarrollo completo de los usos de suelo por zonas en cualquier región debe ser función de:

1. Las distribuciones pasadas y presentes de los usos del suelo por zonas.
2. Los sistemas de transporte pasados y propuestos.
3. Los servicios municipales pasados, presentes y propuestos, tales como alcantarillado, el abastecimiento de agua y las instalaciones escolares.
4. Los usos de suelo previstos a escala zonal.

Un modelo para incluir todas estas variables, puede ser complejo y desde un punto de vista práctico debe ser sencillo de entender y fácil de poner inmediatamente en funcionamiento.

1.6.3.5 Modelos de impactos del sistema de transporte. La predicción de los impactos del sistema de transporte es una tarea difícil, por muchas razones. En primer lugar, resulta complicado llegar a identificar los impactos. En segundo lugar, a causa del carácter confuso y poco definido de muchos de los factores que configuran los impactos; como todo el mundo sabe, es muy difícil de definir o de medir la “buena apariencia” de un sistema actual de transporte. En tercer lugar, la razón de la dificultad en la realización de las predicciones de los

impactos de los sistemas de transporte radica muchas veces en la falta de investigaciones sobre el tema; pues aunque se han realizado bastante investigaciones al respecto aún son insuficientes para las tareas que deben emprenderse en este sentido. En cuarto lugar, está la complejidad abrumadora de la dinámica de los sistemas metropolitanos.

1.7 SIMULACIÓN

Se entiende por simulación la creación de un modelo de un sistema real o propuesto con el propósito de evaluar el comportamiento del sistema para un conjunto de condiciones dadas.

Permite al analista trazar inferencias acerca del nuevo sistema, sin necesidad de construirlas, o cambiar los sistemas existentes sin alterar su comportamiento.

Los criterios para un buen modelo son:

- Fácil de entender.
- Orientado al propósito u objetivo.
- Coherente, o sea no da respuestas absurdas.
- Es fácil de controlar.

Se utiliza la simulación para evaluar efectos de:

- Adicionar, reemplazar o eliminar máquinas o personas encargadas del proceso
- Cambiar procesos de flujos.
- Cambiar procesos y/o arreglos de tiempo.
- Introducir nuevos productos o eliminar los existentes.
- Probar métodos de expedición y planeación.
- Adicionar o eliminar trabajadores.
- Mejorar el sistema ya existente
- Optimizar los procesos.

2. DOCUMENTACIÓN SOBRE ESTUDIOS EXISTENTES

Sobre la ciudad de Cartagena se han realizado un sinnúmero de estudios de los cuales sólo algunos se han llevado a cabo. Se comentarán a continuación algunos de los estudios realizados.

2.1. ESTUDIO DE LA MISIÓN JAPONESA

Estos estudios se realizaron a partir del año de 1.992 y fueron realizados por la JICA (Japonesse International Coopertation Agency) como colaboración al gobierno Colombiano. Estos estudios tuvieron como objetivo formular un plan maestro de transporte incluyendo políticas de transporte, un plan de desarrollo y programas a corto y largo plazo, lo mismo que un uso adecuado de la tierra en el área de estudio, que servirá a la presente y futura demanda de transporte y contribuirá al desarrollo urbano del área urbana de Cartagena.

Debido al volumen actual de vehículos y baja proporción de vías en el área de estudio, actualmente el flujo de tráfico en la red vial no está en las mejores condiciones. Sin embargo, para ajustar la demanda de tráfico que crecerá en un futuro, se requiere que dicha red expanda su área de servicio y mejore el nivel mismo.

La propuesta es que para el año 2010 se construyan 123 kilómetros de vías nuevas, se mejoren 81 kilómetros de las vías existentes y se construyan 6.420 metros de nuevos puentes.

Respecto del transporte público de bus se reconoce que hay que mejorar varios puntos en lo que respecta a la condición del transporte tanto en lo referente al sistema de operación como a las facilidades de los paraderos y de los terminales de buses, que deben ser acondicionados con el fin de proveer a los clientes de un mejor servicio y también de lograr que la corriente de tráfico sea más fluida mediante la operación regulada de los vehículos de transporte masivo.

Mediante las funciones del DATT, es posible el mejoramiento del transporte público de buses. La adquisición de nuevos buses y el acondicionamiento de los existentes son un ejemplo típico de este asunto. El esfuerzo se debe hacer no solamente para la construcción de facilidades sino también para el mejoramiento de su operación.

La JICA propone que el sistema de operación actual debe cambiarse por el sistema de operación Troncal-Alimentador para amoldarse al aumento de la demanda futura del transporte. El cambio de este sistema operacional no se realizará fácilmente debido a que es necesario llegar a consensos globales y a la cantidad de organizaciones y personas con intereses diferentes.

2.1.1. Plan maestro de vías. El plan maestro de vías en el año de meta, fue basado en la demanda de tráfico en el 2010. Los viajes de origen-destino en el 2010 fueron asignados a la red vial en el plan a largo plazo, y los proyectos de vías en el plan maestro de vías fueron seleccionados entre estos en el plan a largo plazo de acuerdo al resultado de la asignación de tráfico.

Con el fin de evaluar un plan maestro optimo de vías en el 2010 de acuerdo con cada uno de los aspectos, tales como el tráfico y costo-beneficio, las cinco alternativas se basaron en el plan maestro de caso-básico. Finalmente, entre las alternativas, fue elegida como la más efectiva, la que toma en consideración las estimaciones del tráfico y costo-beneficio.

La longitud proyectada de vías es aproximadamente de 210 kilómetros, de los cuales, 128 kilómetros (incluyendo 5 kilómetros para la construcción de puentes) se destinarán a la construcción de vías nuevas y 82 kilómetros al mejoramiento de vías. La relación de longitud del proyecto en el plan maestro y en el plan a largo plazo será del 80% aproximadamente, porque se ha suspendido la construcción de las nuevas vías que cruzarán las Islas de Barú y Tierra Bomba.

Los proyectos fuera del área urbana fueron excluidos del plan a largo plazo, el cual incluye lo siguiente: anillo vial, vías trans-Barú, vías Barú-Tierra Bomba, vía Nao-Ararca, vía Canteras, vía camino a Turbana, vía Bayunca-Punta Canoas.

Dentro del área urbana, casi todos los proyectos fueron seleccionados en el plan maestro, y son: carretera de Ceballos (2.19 kilómetros de largo), carretera de Boston (0.53 kilómetros de largo), Carrera 51 o carretera Rafael Nuñez (0.58 kilómetros de largo), Carretera 59 o Olaya Herrera (0.89 kilómetros), carretera Campestre-Anillo Vial (1.55 kilómetros de largo), Quinta Avenida de Manga (2.25 kilómetros de largo) y carretera Barú (3.2 kilómetros de largo).

En cuanto a los proyectos de construcción de puentes los de mayor prioridad son: Manzanillo, Pasacaballos, La Escollera, Marbella y Canapote.

2.1.2. Plan de transporte público de buses. El mejoramiento del sistema de buses en la ciudad se concentra en un plan de facilidades para buses y plan de administración.

Respecto al plan de facilidades para buses, es decir, la construcción de paraderos y terminales, constituye la primera etapa para el mejoramiento de los problemas operativos actuales. La renovación de buses muy viejos también es requerida por la guía del DATT.

En cuanto al plan de administración-operación de bus, deben fijarse las tarifas y el sistema de control de horario.

Para el mejoramiento de este problema la JICA establece un sistema denominado Troncal-Alimentador, en que las rutas troncales de buses son asignadas sobre los corredores troncales de buses de pasajeros que conectan las principales terminales de buses. Se espera que las principales terminales

estén localizadas en, por ejemplo, Centro (India Catalina), Mercado de Bazurto, Terminal de Buses Intermunicipal y Mamonal.

La ruta troncal debe ser operada con buses de gran capacidad, (80 pasajeros o más). Pueden utilizarse buses de tipo articulado o de tipo con pasajeros de pie.

Las rutas troncales conectan a las principales terminales de buses. Esta operación variará según los casos. Una sería la de tipo *expreso*, que no para entre las estaciones y la otra sería de tipo *local*, es decir, que sólo se detiene en determinadas paradas.

El bus alimentador servirá para recoger pasajeros en las áreas residenciales y llevarlos a las terminales principales, donde pueden tomar las rutas troncales. Este bus será tipo buseta y servirá una ruta corta con una frecuencia alta, esto no aumentará mucho la relación bus-Km.

La operación de buses en el futuro debería basarse fundamentalmente en el sistema de parada de bus. En el presente, los pasajeros se bajan y suben donde quieren a lo largo de la vía. Esto parece ser conveniente para los pasajeros, pero perjudica la fluidez y seguridad del tráfico. Es más, los mismos pasajeros, desde todo punto de vista, no se benefician mucho con este sistema libre de transporte.

El carril solo-bus es muy efectivo para la operación de buses de alta frecuencia. Puede ser introducido si la vía tiene capacidad suficiente para el volumen de

tráfico. Para el solo-bus se proponen los tramos siguientes: avenida Pedro de Heredia, vía La Cordialidad y la nueva vía a lo largo del Mercado de Bazurto; desde el Pie de la Popa hasta dicho mercado.

2.1.3. Transporte acuático. La idea del transporte acuático fue propuesta como una ruta de tráfico suplementaria para el transporte público, utilizando la vía acuática que se forma al interconectar los canales, lagunas y bahías. Cuando el sistema de mejoramiento de caños, lagunas y ciénagas sea ejecutado, solucionará además los problemas de contaminación acuática y de reordenamiento urbano del transporte.

2.1.3.1. Red y Área de Servicio. Basado en los resultados de estudio previo, están propuestas las tres rutas de Área Bahía, Centro Mamonal y Canal. Considerando la accesibilidad a las rutas de bus público y a las Zonas Comercial/ residencial/ industrial y turístico, varios lugares para los terminales de barco son seleccionados. Las rutas del área de la bahía, la operación tipo viaje redondo, alrededor de Bocagrande - Castillo Grande-Bosque-Mercado de Bazurto-Manga fue prevista primero. Sin embargo, considerando la realización de las mejoras del canal, dentro de algunos años, cuando el transporte acuático esté abierto al público, la operación tipo pistón entre la India Catalina - Bocagrande - Castillogrande - Bosque - Mercado de Bazurto está investigada.

2.2. ESTUDIO REALIZADO POR EL DATT EN EL AÑO 1995

Para este estudio el DATT se basó en datos suministrados por las empresas Cootransurb, Coointracar, Metrocar, Empresa administradora de Rutas ETRANS y de datos recolectados por funcionarios de la entidad.

Desde 1995 un total de 15 empresas prestan el servicio colectivo urbano y servicio de taxis. A su vez el servicio urbano de colectivo lo prestan once (11) empresas. Además hay un número de vehículos que prestan el servicio periférico que la empresa Renaciente ha asumido, y se le agrega un número no determinado de vehículos camperos, camionetas que prestan un servicio no autorizado, creando una competencia desleal con las empresas autorizadas.

Este estudio permitió observar qué empresas estaban cumpliendo con el artículo 18 del Decreto 1787 de 1990 para que pudieran renovar la Licencia de Funcionamiento.

También permitió detectar las causas por las cuales los reguladores de los buses están ubicados en su lugar solamente hasta las seis de la tarde. La inseguridad resultó ser la principal, pues los recaudadores del valor de los despachos corren peligro de ser asaltados. También el estado del tiempo (lluvias) es un factor importante en esta situación, pues mientras dura la lluvia no se controla el tiempo de los buses y busetas, ocasionando congestión y mala operación en las vías.

Los funcionarios del DATT revisaron las rutas en sus tiempos y recorridos, y encontraron que no se cumplen, especialmente por las entidades que conforman a la empresa asociada, lo cual hace que se incremente el desorden, pues los buses entran a competir arbitrariamente.

2.2.1. El parque automotor. El parque automotor de vehículos de servicio público está compuesto por 14 Marcas Nissan, Toyota, Mazda, Chevrolet, GMA, Studebaker, Dodge, Pegaso, International, Austin, Fargo, Mercury, Ford. Se mostró que el parque automotor de 25 años debe buscar un verdadero plan de reposición por medio de las empresas de transporte a las cuales están afiliadas ya que esto representa un riesgo para usuarios, peatones, choferes y propietarios de los vehículos.

Este estudio tiene todas las rutas existentes hasta el año de 1995 en la ciudad, están numeradas y tienen su respectivo decreto que describe el recorrido y su punto de terminal.

2.2.2. Conclusiones y recomendaciones. La malla vial que actualmente tiene la ciudad de Cartagena es insuficiente para lograr el acceso a zonas no servidas, se recomienda mejorar la red vial en algunos sectores, ampliar las existentes y lograr un buen estado de las mismas.

Con relación a los vehículos registrados de Cartagena el tránsito Departamental tiene más vehículos y por ende mayores ingresos; el tránsito municipal, es la inversa y esto le impide crear mecanismos idóneos de control.

2.3. PLAN DE DESARROLLO DE CARTAGENA DE INDIAS 1995-1997

El principal objetivo de este estudio es adecuar las actuales circunstancias de desarrollo de la ciudad a una mayor racionalidad en el uso del suelo urbano, en términos de más eficiencia con los servicios públicos, para lograr una estrategia que racionalice el proceso de toma de decisiones en cuanto a la incorporación de nuevas áreas, a la ampliación, extensión y mantenimiento de los servicios y al equipamiento urbano.

El crecimiento ordenado y la planificación deben partir y estar orientados por un cálculo adecuado, el cual constituye la razón de ser de esta línea estratégica que requiere el esfuerzo y apoyo de todos los sectores de la ciudad.

2.3.1. Ordenamiento urbano y uso del suelo. El objetivo general es el de consolidar el proceso de reglamentación del ordenamiento territorial con base en la investigación y la formulación de propuestas que estudia el ejecutivo dentro de los mecanismos que presentan las modificaciones. Los objetivos específicos de este plan son: el de revisar y adecuar los planes de desarrollo sectoriales, urbanos y rurales. Mejorar los instrumentos y mecanismos fiscales y operativos del Distrito que contribuyan a la implementación del plan y revisar de

acuerdo al objetivo general propuesto, los acuerdos municipales vigentes relacionados con el Plan de Desarrollo Físico de la ciudad, a partir del decreto 152 de 1.978 y los Acuerdos 44 - 45 de 1.985 y demás normas concordantes, elaborando estatutos únicos que se deben tener en cuenta, la forma obligatoria, la participación de la comunidad.

La estrategia a utilizar para lograr los objetivos del plan consisten en la estructuración del de desarrollo urbano en forma integral, articulando la estructura social y económica. Esto se logrará mediante la supervisión de la ejecución del plan de acción actual, mediante el seguimiento de la implementación legal y económica de las propuestas y la operación efectiva de los mecanismos de control. Además, con la implementación de mecanismos para que se dé en forma oportuna la participación de la ciudadanía como contempla la constitución de 1.991 y la ley 152.

2.3.2. Espacio Público. El objetivo general es el de velar por la protección del espacio público en el territorio del distrito de Cartagena para que sea destinado al uso común de los habitantes y que el derecho de propiedad de los ciudadanos y del Estado sea respetado. El objetivo específico de este plan es el de procurar, en lo posible, reubicar el mayor número de vendedores estacionarios que actualmente ocupan el espacio público, a fin de no privarlos de oportunidades de trabajo. Para lograr esto la estrategia a utilizar es la de celebración de reuniones y conferencias conjuntas con autoridades encargadas de control para revisar y conocer normas, trabajos y experiencias, buscando

unidad de criterio en esta materia y adecuada organización en los eventos que emprendan.

2.3.3. Plan de Tránsito y Transporte. El objetivo general de este plan es el de dotar de una moderna y adecuada red vial con el mejor sistema de transporte y con la organización adecuada de tránsito que permita al ciudadano disfrutar de una mejor calidad de vida, mayor seguridad, facilidad de desplazamiento y eliminación de tiempo necesario en su recorrido diario, que además genera un alto costo económico. Para lograr esto se debe hacer la elaboración de un Plan vial para el Distrito que contemple un plan para el futuro y un plan de contingencia para la situación actual. Además hay que optimizar el plan de pavimentación que permita habilitar arterias o vías que resuelvan las necesidades de comunicación rápida y segura entre los puntos extremos de la ciudad y estudiar y solucionar con todo cuidado los nudos de la red vial que afectan el flujo vehicular. Las metas que tiene el plan de desarrollo son la de descongestionar el máximo posible las vías de la ciudad, señalizar las vías y parqueaderos de la ciudad, construcción de 14 terminales de rutas urbanas equivalentes al 100% de los terminales que requiere la ciudad, semaforización electrónica de los 30 cruces críticos de la ciudad, incrementar al 75% el parque automotor utilizado para la vigilancia y control del tráfico en el Distrito, incrementar al 100% las comunicaciones en el cuerpo de patrulleros, adquisición de equipos y construcción del centro de diagnóstico automotor para el distrito y la optimización al 100% de eficacia en la elaboración y entrega de licencias de conducción.

3. CONDICIÓN ACTUAL DE LA AVENIDA DON PEDRO DE HEREDIA, CARRETERA TRONCAL DE OCCIDENTE , AVENIDA CRISANTO LUQUE, AVENIDA DEL ORIENTE Y CARRETERA PRINCIPAL DEL BOSQUE.

Para evaluar la condición actual¹ de las vías en estudio se tienen en cuenta diferentes tópicos, a continuación se presenta la descripción de cada uno de estos, base para determinar las posibles soluciones en los mismos corredores viales.

3.1. CAPACIDAD FÍSICA

La Av. Don Pedro de Heredia es componente importante de la red vial y va en sentido este-oeste (desde la Bomba de Ternera - hasta Castillo San Felipe) y la Carretera Troncal de Occidente se extiende desde el round-point de la Bomba el Amparo hasta la intersección con la Av. Crisanto Luque y la calle del Cauca a la altura del semáforo que se encuentra al frente de la fabrica de concentrados Purina, esta vía tienen sentido este-oeste.

La Av. Del Oriente comienza donde termina la Troncal de Occidente hasta la Transversal 53 y desde este punto empieza la Carretera Principal del Bosque

¹ Actual es en el momento de empezar el proyecto Enero de 1997.

culminando en la unión con la Av. Crisanto Luque, semáforo frente al Restaurante Asia, esta vía tiene dirección sur-norte.

En Dirección sureste-noreste se extiende la Av. Crisanto Luque que comienza desde la intersección de la Troncal de Occidente con la calle del Cauca hasta la unión con la Av. Pedro de Heredia en el Mercado de Bazurto.

La capacidad física esta determinada por el número de carriles y el ancho de estos y es así como se presentan algunas diferencias en este sentido a lo largo de la vías.

Comenzando en sentido este-oeste, desde la Bomba de Ternera, la Av. Don Pedro de Heredia presenta un (1) carril en ambas calzadas, sin isla de separación y aceras. Esta característica se mantiene hasta llegar al round-point de la Bomba El Amparo.

Después del round-point la vía aumenta a tres (3) carriles en ambas calzadas con una isla de separación de 1.20 metros de ancho que se mantiene por el resto de la avenida. Al llegar a la zona en donde se encuentra el estadio de fútbol Don Pedro de Heredia y más exactamente en la intersección de la avenida con el callejón Tesca, la vía cambia bruscamente y reduce el número de carriles a dos en ambos sentidos. La vía se mantiene de esta forma hasta llegar a el punto donde se encuentra la iglesia de María Auxiliadora en donde aumenta el número de carriles a siete dividido en los dos sentidos, esto se

presenta por pocos metros hasta llegar al puente de Bazurto en donde la vía vuelve a tener tres (3) carriles en ambas calzadas; La Av. Don Pedro de Heredia a escasos 30 metros de la bajada del puente vuelve a aumentar sus carriles a siete (7) y continuando así hasta el frente del San Andresito en donde es la única parte de esta avenida que cuenta con cinco (5) carriles, lo cual persiste hasta la Estación de servicio Mobil La Candelaria del Pie de la Popa en donde la vía reduce el número de carriles a dos(2) por cada calzada en un solo sentido (este-oeste), hasta llegar la intersección con la carrera 17 en el semáforo del Fuerte de San Felipe.

La Carretera Troncal de Occidente o Transversal 54 al igual que la Av. Crisanto Luque tienen dos(2) carriles en ambas calzadas. La particularidad que diferencia ambas vías es que la primera no presenta isla de separación en el 70% de su extensión y solo desde la diagonal 29 hasta el fin de esta carretera se presenta isla de separación de 0.80 metros de ancho.

La Av. Del Oriente y La carretera Principal del Bosque presentan un carril en ambas calzadas sin isla de separación y aceras.

3.2. SATURACIÓN DE LAS VÍAS

La Av. Don Pedro de Heredia se denominó **sistema uno**, presenta niveles de saturación vehicular en toda su extensión, debido a que el flujo vehicular es de alta frecuencia y aumenta considerablemente en las horas pico. Dicha saturación se debe en parte a que en muy bajo porcentaje, los conductores de

vehículos públicos o privados, toman vías alternas, sumado a esto que esta avenida es la ruta obligada de muchas empresas de buses.

La carretera Troncal de occidente, Av. Del Oriente y carretera Principal del Bosque, o sea el **sistema dos**, las vías permiten desplazamientos más rápidos debido a la ausencia de semáforos con excepción del localizado al final de la Troncal de Occidente. Los niveles de saturación son moderados en la mayor parte del tiempo y solo aumenta en las horas pico, básicamente entre las 7:00 - 8:00 y 5:30 - 6:30 de la tarde.

La Av. Crisanto Luque, será nombrada para efectos de estudio **sistema tres**, la vía presente niveles de saturación bajos y sus desplazamientos son rápidos hasta la intersección con la transversal 45 en donde se encuentra el semáforo de la entrada al barrio Paraguay. A partir de este punto, la vía aumenta su nivel de saturación en un 30% disminuyendo la velocidad del recorrido.

3.3. SEMAFORIZACIÓN

A lo largo de toda las vías de estudio se encuentran diez (10) intersecciones semaforizadas, siete de las cuales se encuentran en el *sistema uno* (70 %), cero en el *sistema dos* (0 %) y tres en el sistema tres (30%).

El estado de por lo menos el 30% de los semáforos en la actualidad no es bueno, debido a que presentan muchas fallas en su funcionamiento ocasionados por problemas inherentes a su operación ó a factores externos como el invierno. El hecho de que un semáforo no funcione ó funcione a medias genera graves problemas en esa intersección, convirtiéndose en puntos de conflicto.

3.3.1. Ausencia de semáforos. Se logró determinar a lo largo de la avenida Don Pedro de Heredia, dos intersecciones ameritan y hacen necesario la instalación a corto plazo de un regulador automatizado de tránsito o semáforos, ya que las condiciones del tránsito existentes (trancones, conflictos vehiculo-peatones) en la actualidad requieren de ellos.

Las intersecciones en consideración son los puntos en que la Av. Don Pedro de Heredia es interceptada por la calle de la Cruz al norte y la carrera 83 al sur, la cual proviene del barrio San Fernando y el cruce con la Diagonal 32 Bomba de Ternera. En estos lugares la fluencia de vehículos que atraviesan la avenida en su recorrido especialmente de buses y busetas de la ruta Ternera, los automóviles particulares que toman esa vía para llegar por ejemplo a la Universidad San Buenaventura, son numerosos provocando trancones en esta sección de la vía

En la Carretera Troncal de Occidente hay tres intersecciones en donde existe una demanda de semáforos por los continuos problemas vehículo- peatonales.

En los cruces de la transversal 54 con la carrera 68 (salida del barrio Blas de Lezo) y con la carrera 62 (salida de el barrio los Caracoles) debido a que estas son salidas de sectores altamente poblados

El otro semáforo debe ser ubicado en la intersección de la Carretera Troncal de Occidente con la calle 30, que se ha convertido en ruta alterna para aquellos conductores que viniendo por la Av. Don Pedro de Heredia en el Oeste de la ciudad, desean llegar al sur-este de la misma, bajando por esta calle para luego salir a la Transversal 54 y viceversa. En la actualidad se presenta un grave conflicto, especialmente en las horas pico, entre los vehículos que bajan en dirección oeste-este por la Carretera Troncal de Occidente y desean cruzar a dicha calle, y aquellos que se desplazan subiendo por las calzadas de la misma carretera. Esto obliga a la instalación en el menor tiempo posible de un semáforo que regule el tráfico en esa intersección.

En la Carretera Principal del Bosque con la intersección de la Calle Mamón por donde actualmente convergen buses de las rutas Socorro, Campestre y B/lezo a la vía en estudio, requiere la instalación de un regulador automático de tránsito, debido a los muchos conflictos que se presentan por el paso atrevido de los buses anteriormente reseñados y con el atenuante que esta vía es paso obligado de camiones de carga pesada.

3.3.2. SemafORIZACIÓN descordinada. Los tres sistemas en estudio presentan una semaforización con ciclos diferentes, lo que genera que en la actualidad las

llegadas se produzcan de manera aleatoria, de tal manera que se pueden dar indistintamente congestionamientos de tránsito o estados de libre circulación.

Se deberán realizar estudios de tránsito encaminados a establecer cual es la velocidad promedio y la cantidad de flujo vehicular de esta avenida, para tener la información necesaria que conlleve a la calibración de los semáforos, de tal manera que puedan ser coordinarlos, para que los vehículos que utilizan el corredor tengan la oportunidad de alcanzar la llamada *ola verde*, o sea, que en un momento determinado se alcance por lo menos dos intersecciones semaforizadas señalando luz verde.

Algunas intersecciones que poseen semáforos no están programados para permitir giros en algunos sentidos. Este es el caso de Av. Don Pedro de Heredia, donde los vehículos que van a tomar la Carrera 71 no pueden hacerlo, lo que conlleva que los conductores se vean abocados a realizar dicho giro a pesar que exista tráfico en dirección contraria, ocasionando congestionamiento y confusión en dicha intersección.

3.4. SEÑALIZACIÓN DEFICIENTE

Aquí se consideraron la presencia y/o estado de las señales de tránsito tanto informativas, preventivas y reglamentarias, como también las líneas de demarcación en el pavimento (amarillas ó blancas), al igual que los taches reflectivos.

En general la señalización a lo largo de la zona de estudio es deficiente, en el caso de las líneas reflectivas de paso de peatones, solo existen en tres lugares ubicados frente al Instituto Nacional De ciegos en la Carretera Troncal de Occidente, en el cruce del Centro Comercial Los Ejecutivos y en el Pie de la Popa a la altura de la Calle Mompos.

En el **Sistema Uno** los avisos que más sobresalen son los de paradero, no parqueo y velocidad máxima 30 Km. Las señales informativas sobre las vías alternas es casi nula.

En el **Sistema Dos** existen deficiencias en la señalización pero en la Carretera Principal del Bosque, presenta la mejor señalización de las vías en estudio, entre estas se encuentran pare, giro izquierda, giro derecha, zona escolar, velocidad máxima de 30 Km.

En el **Sistema Tres** se presenta la peor señalización de las vías de los tres sistemas, solo encontrándose en ella dos señales de 30 Km como máxima velocidad de las cuales una esta dañada, además aparece un prohibido recoger pasajeros y el anuncio de la presencia del semáforo de la esquina del Restaurante Asia.

3.5. ESTADO DE LAS VÍAS

La Avenida Don Pedro de Heredia presenta regular estado en el tramo comprendido entre la Bomba de Ternera y el semáforo a la altura del Centro Comercial La Plazuela, esta tiene algunos huecos y grietas que ponen en riesgo la seguridad de los vehículos y pasajeros que la transitan. La vía esta diseñada en asfalto sin isla de separación. Luego se modifica su estructura a concreto rígido y se mantiene en general en buenas condiciones hasta el final de la misma.

El sistema dos se encuentra pavimentado desde la bomba el Amparo hasta la diagonal 29 en asfalto y se interrumpe con concreto rígido hasta el comienzo de la Av. Del Oriente en donde vuelve a su estructura de asfalto hasta el final del sistema. La sección de concreto rígido en la actualidad es la que presenta peores condiciones. La vía está en buen estado, pero es expuesta al paso de camiones de gran peso por lo cual debe estar en continuo mantenimiento.

De la avenida Crisanto Luque se puede decir que presenta buenas condiciones y tiene una isla de separación de 1.20 metros que en su mayoría esta arborizadas. Esta vía, esta pavimentada en concreto rígido en su totalidad.

3.6. CUADRO SINÓPTICO

Con el fin de tener una idea general sobre los problemas presentes en la zona de estudio, se han establecidos unos niveles que van de 1 a 3 para calificar

aspectos como la semaforización (A), señalización (B), estado físico (C) y nivel de saturación (D).

A continuación se describen los niveles para cada ítems.

Cuadro 2. Semaforización

A	1	Semáforos coordinados, en buen funcionamiento, correcta ubicación, información suficiente.
A	2	Existencia de semaforización, funcionamiento parcial o nulo ó descoordinado.
A	3	Ausencia total de semaforización, requerimiento inmediato.

Cuadro 3. Señalización

B	1	Presencia total señales de tránsito tanto informativa, preventiva y reglamentaria, al igual que líneas de demarcación en el pavimento y taches reflectivos.
B	2	Presencia parcial de algunos de los parámetros anteriores ó presencia en mal estado.
B	3	Ausencia total de señalización.

Cuadro 4. Estado físico de la vía.

C	1	Pavimento en perfecto estado, permite el flujo vehicular en todas las condiciones.
C	2	Algunas placas del pavimento presentan deterioro parcial y restringe el normal flujo vehicular.
C	3	Existencia de placas semi-destruidas que obliga a la detención total de los vehículos e incluso a un desvío hacia otro carril o calzada.

Cuadro 5. Nivel de saturación

D	1	Flujo vehicular con el nivel B, que incluso se mantiene en las horas pico. Congestionamiento ocasionales.
D	2	Flujo vehicular normalmente nivel C, con tendencia a Congestionamiento total nivel D en las horas pico
D	3	Punto de conflicto. Se presenta congestionamiento total en la vía en ambas direcciones. Agravado problema en las horas pico. Nivel E

Nivel A: Representa la circulación libre.

Nivel B: Esta dentro el campo de flujo estable aunque se empieza a percibir la presencia de otros vehiculos integrantes de la circulación.

Nivel C: Pertenece al campo de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada en forma significativa por las intersecciones por otros usuarios.

Nivel D: Representa la circulación de densidad elevada, aunque estable.

Nivel E: Representa condiciones de funcionamiento en, o cerca de, la capacidad. La velocidad de todo se ve reducida a un valor bajo pero bastante uniforme.

Los resultados de los puntajes dados se resumen en los cuadros 6 a 8 donde aparecen las principales intersecciones a lo largo de las vías.

Cuadro 6. Resumen análisis de la Av. Don Pedro de Heredia.

Sección	Semaforización (A)	Señalización (B)	Estado físico de la vía. (C)	Nivel de saturación (D)
B. Ternera- Alameda la Victoria	3	3	3	2
Alameda la Victoria- Los Alpes	2	2	2	2
Los Alpes - Entrada Gaviotas	2	2	1	1
Entrada Gaviotas- Sena	2	2	2	1
Sena- Comienzo de M. Bazurto	2	2	1	2
Comienzo de M. Bazurto- Fuerte San	2	2	1	3

Cuadro 7. Resumen análisis de la Carretera Troncal de Occidente, Av. Del Oriente y Carretera Principal del Bosque.

Sección	Semaforización (A)	Señalización (B)	Estado físico de la vía. (C)	Nivel de saturación. (D)
Round point Amparo- Plaza Colon	3	2	2	2
Plaza Colon-Purina	2	2	3	2
Purina-Iglesia San Antonio	1	2	1	2
Iglesia San Antonio- Intersección C/Luque	3	2	1	3

Cuadro 8. Resumen análisis de la Av. Crisanto Luque.

Sección	Semaforización (A)	Señalización (B)	Estado físico de la vía. (C)	Nivel de satura. (D)
Purina- Entrada Paraguay	2	2	1	1
Entrada Paraguay - Final vía	2	3	2	2

4. PREDICCIÓN DE IMPACTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Un proyecto de viabilidad urbana provoca efectos adicionales a los considerados en la evaluación económica. Aquí se tendrán en cuenta los denominados ***impactos sociales y ambientales***. Estos impactos, que pueden ser positivos o negativos de acuerdo con su contribución a los objetivos nacionales, regionales o locales, deben ser considerados en el proceso de selección de alternativas, lo cual exige una forma de presentación adecuada.

4.1. IMPACTOS SOCIALES

En términos generales, se puede considerar en esta clasificación todos aquellos impactos no ambientales y que a su vez no estén incluidos en la evaluación económica. Dentro de estos tenemos los impactos sobre el uso de suelo, impactos sobre otros usuarios de las vías, impactos sobre la ocurrencia de accidentes, impactos sobre los usuarios de las vías durante la puesta en marcha de la ejecución del proyecto, etc.

4.1.1. Cambios en el uso del suelo. Un número importante de proyectos de viabilidad urbana implica cambios en el uso del suelo de manera diferente entre las alternativas consideradas incluyendo entre ellas la situación base.

Es necesario, por lo tanto analizar si dichos cambios contribuyen positiva o negativamente a los objetivos del estudio u objetivos de desarrollo locales descartando aquellos cuyo efecto esta recogido en la evaluación económica.

El tipo del uso del suelo y su magnitud o intensidad estará dada directamente por el diseño establecido o por una apreciación de especialistas en el tema apoyados en un estudio específico. En términos generales, el uso del suelo puede dividirse en uso público y uso privado con distintas formas de valoración en cada caso. En el primero su valoración debe responder a un concepto de precio social Aportado por la contraparte del estudio. En el segundo caso su valoración social del uso del suelo privado puede aproximarse al valor del mercado.

4.1.2. Accidentalidad. La ocurrencia de accidentes en el tránsito corresponde a un impacto de gran importancia social, mas allá de la valoración económica de los recursos involucrados. Su no consideración en la evaluación económica junto a los beneficios (costos) a los usuarios directos de las vías corresponde a un fenómeno circunstancial producto de la falta de una metodología confiable de estimación. En ese sentido, la exigencia de una recolección sistemática de la información y realización de un diagnostico de la accidentalidad del área en estudio representa un enfoque orientado hacia el desarrollo próximo de una metodología de evaluación.

Se deben estimar las tasas de reducción (o aumento) de los accidentes, para de esta forma poder calcular los costos sociales de accidentes a todos los

niveles. En daños materiales Los costos son por vehículo, en lesionados son por persona. De esta manera se puede estimar el costo de un accidente específico a través de una suma ponderada de sus consecuencias (número de vehículos participantes, tipo de accidente y nivel de gravedad, número de lesionados y nivel de gravedad).

4.1.3. Costos de congestión durante la ejecución del proyecto. En todo proyecto de vialidad urbana que signifique una alteración importante de las condiciones normales de operación del tráfico, debe estimarse los costos de congestión durante la puesta en marcha del proyecto y/o la construcción de las obras civiles necesarias. Los requerimientos del estudio indicaran si dichos costos se agregan a los costos sociales de inversión, y por ende a la evaluación económica e indicadores de rentabilidad, o a la evaluación complementaria de impactos sociales. La valoración de los recursos afectados serán: tiempo, combustible u otros costos de operación.

4.1.4. Costo al usuario. El costo al usuario esta directamente relacionado con *el nivel de servicio*, que no es más que la medida de la calidad del flujo de tránsito por la vía, en relación con su capacidad.

Los principales beneficiarios son este caso los vehículos que transitan la vía ya que a mayor nivel de servicio para los usuarios mayores tasas de circulación y velocidad de operación. Con este proyecto se espera elevar el nivel de servicio

hasta alcanzar mayores tasas de circulación, repercutiendo en los costos al usuario.

Los costos al usuario son uno de los aspectos más importantes que podrían surgir de las soluciones propuestas, dichos costos en tiempo, especie, dinero y sobre todo en mejor calidad de vida, se esperan que se reduzcan substancialmente.

En el caso de los usuarios del sistema masivo del transporte, estos saldrán muy beneficiados ya que el tiempo de viaje se reducirá, lo que beneficia directamente a los transportadores porque se podrían aumentar la frecuencia de los viajes y disminuir los costos de operación.

5. MEDICIONES Y OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La obtención de la información debe ser entendida como un proceso continuo y flexible a largo plazo de las etapas de estudio de modo que las tareas respectivas, en número, extensión y profundidad puedan ir desarrollándose en la medida que dichas etapas las requieran; esto sin perjuicio de una programación que prevea la división y/o agrupamiento de estas tareas de acuerdo a las conveniencias del estudio en términos de calidad, plazos y costos.

5.1. INFORMACIÓN DEL TERRENO

La etapa de análisis de la situación actual, punto de partida para la generación de alternativas, requiere un mínimo de información inicial relativa a urbanismo, calidad ambiental, infraestructura y equipamiento. Dado que el presente proyecto está considerado como no estructural, esto es, no afectará una vasta región sino un área específica dentro de la ciudad se considera que la información inicial mínima será la que baste para presentar la organización espacial de la plataforma pública en el área de referencia, para describir y localizar las obras de valor significativo allí presentes, para apoyar las

actividades de recolección y presentación de la información en general, y para servir como soporte gráfico del bosquejo de ideas.

5.1.1. Ubicación geográfica. La zona de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Cartagena, capital del departamento del Bolívar, al norte de la República de Colombia. Presenta las siguientes coordenadas: latitud norte $10^{\circ} 26'$, longitud oeste $75^{\circ} 33'$.

El área de estudio se extiende largamente del norte hacia el sur, y el Mar Caribe forma su límite oeste, mientras que el límite este está rodeado por las municipalidades de Sta. Catalina, Sta. Rosa, Turbaco y Turbana.

Las dos rutas nacionales de la carretera del mar (hacia Barranquilla) y de la Carretera Troncal (hacia Medellín) conecta con las ciudades principales de otras regiones a través de la red vial. El aeropuerto internacional está localizado en el margen noreste del área urbana a lo largo de la ciénaga de la virgen. Esto conecta la ciudad con las otras ciudades principales, incluyendo las rutas internacionales a Estados Unidos y Europa.

El puerto de Cartagena es el primero y más importante puerto marítimo en la costa Atlántica. Cartagena como ciudad industrial exporta sus productos a través de los muelles privados de la zona industrial.

5.1.2. Límites. El área de estudio comprende el corredor vial de la Av. Don Pedro de Heredia en sus dos sentidos, delimitada de la siguiente forma: por el

norte con la faja del cinturón de terreno entre la ciénaga de la Tesca y la bahía de Cartagena al sur.

La Carretera Troncal de Occidente tiene como limite norte la Av. Don Pedro de Heredia y al sur con la Bahía de Cartagena, mientras el sistema tres tiene como limite sur y norte las dos vías anteriores descritas respectivamente.

La Carretera Principal del Bosque está limitada por el este con la Av. Crisanto Luque y por el oeste con la Bahía de Cartagena. En el extremo norte con el Mercado de Bazurto, por el sur nuevamente con la bahía de Cartagena. Por el este y el oeste todos los sistemas están limitados por las zonas próximas a su área de influencia (según la ley 200 metros a ambos lados de la vía). Ver

Anexo G.

5.1.3. Extensión. Las vías de estudio poseen las siguientes longitudes:

Cuadro 9. Extensión de las vías en estudio

Nombre de la vía	Extensión
AV. Don Pedro de Heredia	9.6 km.
Carretera Troncal de Occidente	3.5 km.
Carretera Principal del Bosque Y Av. Oriente	2.5 Km.
Av. Crisanto Luque	2.6 Km.

5.1.4. Forma física. La red de vías en Cartagena esta compuesta de pocas vías arterias radiales, vías colectoras y vías locales conectadas a las vías arteriales y colectoras bajo la restricción geográfica.

La zona de estudio presenta marcadas diferencias en su forma. Por un lado el **Sistema Uno** (sección de la Av. Don Pedro de Heredia comprendida entre la Bomba de Ternera y Castillo San Felipe) presenta una estructura o malla vial de tipo reticular. Se compone de arterias principales y otras paralelas que sirven de apoyo a las anteriores.

En el **Sistema Dos** (Carretera Troncal de Occidente y Carretera Principal del Bosque, comprendida entre el Round- Point de El Amparo hasta la intersección con la Av. Crisanto Luque en el semáforo frente al Restaurante Asia) y **Sistema tres** (Av. Crisanto Luque) se nota distorsionado el sistema reticular, esto debido a la construcción de urbanizaciones que no planificaron destinar espacio público suficiente para la construcción de una malla vial que permitiese el adecuado tránsito de vehículos y sumado a esto el pésimo estado de las pocas calles existentes, delegando esta función a algunas vías principales, ocasionando su saturación. Ejemplo de este tipo de urbanización son: Las Delicias, Buenos Aires, San Pedro, San Isidro , Bruselas, el Bosque y otros.

5.2. URBANISMO Y AMBIENTE

Es importante localizar el proyecto cartográficamente en el contexto de la red vial primaria de la ciudad, e identificar además los puntos singulares del entorno urbano que puedan incidir en su operación, por constituir centros importantes

de la atracción o generación de viajes. Por esta razón se hace necesario llevar a cabo un estudio de suelos de la zona delimitada.

La Avenida Don Pedro de Heredia, Carretera Troncal de Occidente y la Carretera Principal del Bosque y la Av. Del Oriente están consideradas como vías arterias, como se contempla en el plan vial urbano básico, el cual considera arterias aquellas vías que normalmente tienen continuidad dentro del área metropolitana y su función principal es atraer el flujo vehicular de larga distancia dentro del área urbana. De modo general, están destinadas a unir el sistema de tránsito entre zonas de uso residencial, industrial y comercial. Estos corredores viales se caracterizan por atender grandes volúmenes de tránsito en distancias relativamente grandes, donde predominan los vehículos particulares y la movilización de pasajeros a través del transporte colectivo. La Av. Crisanto Luque se considera como una vía local que conectan las avenidas arterias y colectoras con las áreas residenciales.

5.2.1. Uso de suelo. La ciudad de Cartagena ha sido zonificada según las diferentes actividades que se realizan en el área metropolitana de acuerdo a su actividad, con el fin de reglamentar sus usos.

La ocupación del área terrestre por uso de suelos puede resumirse de la siguiente forma:

Cuadro 9. Uso de Suelos de Cartagena

DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE	RELACIÓN
Uso Residencial	2.751,3 Has	0.51
Uso Comercial	188,6	0.03
Uso Industrial	643,0	0.12
Uso Institucional	232,7	0.04
Uso Turístico Histórico	310,6	0.06
Uso Recreacional	154,7	0.03
Áreas Proyectos Integrados	258,6	0.05
Áreas Libres Proyectos especiales	177,1	0.03
Áreas de Conservación	525,1	0.10
Áreas de Tratamiento Especial	157,8	0.03
Total	5399,5 Has	1.00

Datos tomados del Plan de Desarrollo de Cartagena de Indias 1.995 - 1.997

Dado que el presente proyecto está dirigido a la Avenidas Don Pedro de Heredia, del Oriente y Crisanto Luque, Carreteras Troncal de Occidente y Principal del Bosque y su área de influencia, el uso de suelo a describir sólo se centrará a lo largo de estos corredores viales.

a) Áreas de actividad industrial. Son aquellas destinadas a la explotación, transformación o elaboración de materia prima y que utilizan como soporte de la actividad industrial, áreas urbanas desarrolladas y edificaciones con características, servicios y especificaciones apropiadas para la industria.

Comprende específicamente la sección de la Carretera Troncal de Occidente desde Diagonal 29 hasta calle del Cauca, en donde se encuentran empresas como Fundiciones San Judas, Industria Metalmeccánica de la Costa (IMEC Ltda) y La Purina, entre otras. En la Avenida del Oriente y Carretera Principal del Bosque se encuentran fabricas como la Licorera de Bolívar, Talleres Castellón, Codegán e Indufrial, etc.

b) Áreas de uso múltiple o comercial. Se denominan zonas comerciales o múltiples, las áreas que por su localización estratégica dentro de la ciudad y por las características adquiridas a través del proceso de formación y consolidación de sus estructuras constituyen sectores o corredores viales de atracción para la prestación de servicios diversos. Por lo tanto, muestran tendencias a la mezcla de usos urbanos y a la intensificación de alguno de ellos especialmente los comerciales.

Toda la avenida Don Pedro de Heredia, Carretera Troncal de Occidente y el 50% de la Av. Crisanto Luque están consideradas como de uso múltiple o comercial aunque su grado de intensidad difiere en algunos sectores. Por ejemplo el tramo comprendido entre la transversal 45 hasta el Mercado de Bazurto presenta una elevada actividad comercial en la avenida Crisanto Luque.

c) Área de uso residencial. Pertenecen al uso residencial todas las edificaciones destinadas como lugar de habitación a los residentes de la ciudad. para efectos de la reglamentación se identifican las siguientes modalidades: Vivienda unifamiliar, vivienda bifamiliar, vivienda trifamiliar, vivienda multifamiliar y agrupaciones o conjuntos.

Se centran en los barrios de las vías y entre estos se destacan Ternera, El Recreo, La concepción, La victoria, Santa Mónica, Santa Lucia, San Pedro, Las Castellana, Los Ejecutivos, Las Gaviotas, Escalón Villa, Armenia, Esperanza, Las Delicias, Blas de Lezo, Caracoles, Almirante Colon, Corales, Nuevo Bosque, San Isidro, Alto Bosque, Los Cerros, Chile, Paraguay, Bruselas, Bosque y otros barrios que están comprendidos en el área de influencia de las avenidas de estudio, y que presentan como principal característica un tipo de vivienda unifamiliar.

d) Área de usos institucionales. Usos cívicos o institucionales son aquellos usos urbanos cuya función es la de prestar los diferentes servicios requeridos como soporte de la actividad de la población, según el servicio que prestan estos pueden ser de los siguientes tipos: asistenciales, educativos, administrativos, culturales, de seguridad, de culto.

A lo largo de la avenida Pedro de Heredia y su área de influencia se encuentran entre otros los siguientes establecimientos cívicos o institucionales:

Central de policías, Colegio de la policía, FIRE, Colegio Confamiliar, Universidad San Buenaventura, Iglesia de la Concepción, Instituto el Rosario, Conavi, Davivienda, Banco de Colombia, Granahorrar, Concasa, Bancoquia, Inscobol, CASD, Colegio Departamental Femenino, SENA, Tránsito Departamental, Unitec, Centro de Atención Inmediata de María Auxiliadora, Iglesia María Auxiliadora, IAFIC, Telecom, Electrificadora de Bolívar y Surtigás.

En el Sistema dos se encuentran los siguientes establecimientos institucionales: Colombo Bolivariano, Instituto Nacional Para Ciegos, Conavi, Granahorrar, El INEM, colegio Sociedad Amor a Cartagena, Iglesia Evangélica Dios Fuerte, Las Villas, Banco del Occidente, Banco Sudameris, Escuela de Cadetes Almirante Padilla, Iglesia San Antonio, Hogar de Paso, colegio Matilde Tono, Asilo San Pedro Claver, Concasa.

En la Avenida Crisanto Luque se encuentran los siguientes establecimientos institucionales: Colegio Fernández Baena, Escuela SAC 21.

e) Área de servicios metropolitanos. Son aquellas zonas complementarias del uso residencial y de las actividades múltiples de intercambio y consumo de la ciudad. Se presenta en establecimientos del orden de los siguientes:

- Servicios de abastecimiento tales como El Mercado de Bazurto.
- Servicios funerarios tal como el cementerio Jardines de Cartagena.

f) Áreas de actividad recreacional. Son áreas aptas para la recreación activa y/o pasiva. predominan los espacios abiertos y su función es preservar y controlar el ambiente natural existente y mejorar la calidad del medio urbano; pueden ser públicos ó privados.

En esta actividad se determinan los parques, zonas verdes, clubes deportivos, clubes sociales, playas y sitios turísticos.

Dentro de lo anterior se tiene:

Parques y zonas verdes aledaños a lo largo del Sistema uno.

Club San Fernando, Campos de la Alameda la Victoria, Parque de La Concepción, Estadio de béisbol Once de Noviembre, Estadio de Fútbol Pedro de Heredia, Plaza de Toros y Centro Recreacional Napoleón Perea, canchas de Microfútbol del Alto Bosque que se encuentran a diferencia de los otros en el sistema dos y tres respectivamente.

5.3. INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

La metodología de recolección de antecedentes de tránsito presenta dos características relacionadas entre si, la primera característica, es que puede ser muy costosa; la segunda, muestra que las características de tránsito están sujetas no solo a variaciones sistemáticas según la hora del día, semana y año, sino también a *variaciones estocásticas*. Estos dos aspectos en conjunto, son cruciales para realizar la toma de datos de tránsito en debida forma. La

siguiente secuencia sencilla de preguntas es importante para abordar el tema adecuadamente:

- Para qué propósito se requiere la información?
- Cuan exactamente podrá ser usada la información para conseguir el propósito?
- Cuan exactamente puede ser recogida la información?.

En las situaciones simples, se podrá contestar la secuencia de preguntas muy fácilmente. Sin embargo, en muchos casos, la segunda cuestiona y retroalimenta a la primera, y la tercera frecuentemente altera la formación de las respuestas a las dos anteriores. esto significa que, en general, se requerirá un proceso de retroalimentación entre el propósito y los métodos correspondientes para conseguirlo, sujetos al presupuesto disponible.

Dadas las características del proyecto, el paso inicial fue definir los estudios que se consideraban necesarios para los propósitos de la investigación, estos fueron: conteo vehicular, tiempos de viaje, tasa ocupacional, y por último una encuesta origen destino. Cada estudio en mención aportara información básica para los objetivos que se pretenden.

5.3.1. Métodos de recolección de la información. En la actualidad se cuenta con equipos muy sofisticados resultado del desarrollo de microcomputadores que permiten recoger datos de tránsito con gran precisión, con precios muchos mas bajos y en mucha mayor cantidad. Sin embargo, a pesar de la oferta que hay de dichos equipos, no es corriente contar con ellos, y los métodos

manuales siguen todavía con gran vigencia, al menos en algunos campos donde es difícil sino imposible remplazar a la versatilidad, flexibilidad y capacidad de distinguir eventos sutiles que es propia de los seres humanos.

En este estudio se emplearan métodos manuales para la recolección de la información ya que en general estos métodos son apropiados en situaciones en que se requiere gran precisión. La clasificación de vehículos, la estimación de factores de ocupación, los diferentes movimientos en intersecciones semaforizadas como prioritarias, la medición de flujos de saturación, son mejor recogidos si se realizan manualmente. Por eso mismo son mas costosos, y debe concentrarse su uso a situaciones donde no se debe medir por demasiadas horas sino solo tomar muestras representativas. Aquí se hará necesaria la contratación de personal de apoyo.

5.3.2. Diseño muestral. Antes de comenzar a describir las principales consideraciones estadísticas, es necesario indicar que el estudio a realizarse corresponde a una encuesta origen destino, que tiene como finalidad, determinar entre otros, los sectores hacia donde se presenta los mayores desplazamientos de pasajeros, que tienen como origen las vías de estudio y su área de influencia.

5.3.2.1 Muestra y población. Se define como población al grupo completo para el cual se desea recolectar la información; por ejemplo: todos los tiempos de recorrido de los vehículos que componen un flujo.

Se define como muestra a una colección de unidades que constituye una proporción de la población, y que es seleccionada para representar a la población total.

En este caso la población en mención corresponde a todos aquellos usuarios del transporte masivo, que utilizan rutas de transporte que recorren parcial o totalmente los sistemas uno, dos y tres, específicamente aquellos que emplean las vías como principal medio de acceso a sus hogares, lugares de trabajo o estudio. La población en este caso se considera infinita por desconocer sus características y tamaños real.

La muestra en este caso estará representada por aquellas personas que se encuentran a lo largo de los tres sistemas y que tienen disposición y/o actitud de tomar algún tipo de vehículo público y/o privado, como medio para desplazarse.

5.3.2.2 Métodos de muestreo. Básicamente se emplean en problemas de tráfico dos métodos:

a) Muestreo aleatorio simple, que no solo es el método mas sencillo sino que constituye la base de los restantes; consiste en asociar un número identificador a cada unidad en la población y luego estos números se seleccionan al azar para obtener la muestra.

b) Muestreo aleatorio estratificado, en que se utiliza información apriori para subdividir la población en estratos de formas que las unidades al interior de cada uno sean tan homogéneas como sea posible respecto a la variable estratificadora, y luego se muestrea aleatoriamente en cada estrado ocupando la misma fracción muestral.

En este estudio el método seleccionado fue el aleatorio simple, ya que es un método muy eficiente cuando la población es grande pero los elementos a muestrear se encuentran en un área restringida, además es fácil y económico hallar las unidades .

5.3.2.3 Error muestral y sesgo muestral. Son los dos tipos de errores en que se puede incurrir al tomar una muestra y que, al combinarse, contribuyen al error de medición de los datos muestrales. El primero surge simplemente porque se está tratando con una muestra y no con la población total; esto es, va a estar siempre presente debido a factores aleatorios. Sin embargo, el error muestral no afecta el valor esperado de los promedios de los parámetros estimados; solo afecta la variabilidad al rededor suyo y determina el grado de confianza que se puede asociar a estos promedios. Este error es fundamentalmente una función del tamaño de la muestra y de la variabilidad inherente al parámetro estimado.

El sesgo muestral, en cambio, surge debido a equivocaciones cometidas al definir la población de interés, al seleccionar el método de muestreo, la técnica de recolección o en muchas otras fases del proyecto.

5.3.2.4 Tamaño muestral. No existe un tamaño único para una muestra. La magnitud surge de un compromiso entre el grado de precisión que se desea y el costo que involucra.

Es necesario resaltar que la encuesta Origen-Destino considera variables de tipo cualitativo, tales como son motivos de viaje, medios empleados, lugar de destino, etc., por esto lo que se pretende determinar, es la proporción como se divide la población en relación con las variables anteriormente nombradas.

Para hallar el tamaño de la muestra se empleo la siguiente formula

$$n = z \cdot p \cdot q / d^2 \quad \text{donde}$$

n = tamaño de la muestra

z= punto porcentual de la distribución normal que estableciendo un nivel de confianza del 95 % es igual a 1.96

p= proporción de la muestra que cumple una condición

q= Proporción de la muestra que no cumple dicha condición $q=1-p$.

d = error muestral máximo permitido. $0.02 < d < 0.06$.

El error muestral incide enormemente en el tamaño de la muestra, por esto hay que tener en cuenta el tipo de población antes de establecerlo. Si la población tiende a ser homogénea, se utilizan valores cercanos a **d=0.06** lo que

disminuye el tamaño de la muestra, ya que debido a su homogeneidad se permitiría un tamaño de n menor.

Si la población es heterogénea, como en este caso, se utilizan valores para d cercanos a 0.03, lo que aumenta el tamaño de la muestra y lógicamente los costos pero disminuye la posibilidad de errores de medición.

Para el caso de p y q , cuando no se tiene conocimiento del valor de p , por lo general se le considera igual a 0.5 ($p=q=0.5$), cuando esto se da y se mantiene constante d y z , encontramos que el tamaño n es el máximo posible, en este estudio se asumió esto a sabiendas de que ocasionaría unos mayores costos debido al número de encuestas a realizar.

El cálculo del tamaño de la muestra es el siguiente:

$$n = (0.5) \cdot (0.5) \cdot (1.96)^2 / (0.03)^2 = 1067 \text{ encuestas}$$

5.3.2.5 Obtención de la muestra. La última etapa del proceso de muestreo es la extracción misma de la muestra. En algunos casos el procedimiento puede ser fácilmente automatizado, ya sea en terreno o en oficina (en cuyo caso se debe tener cuidado con que el procedimiento sea efectivamente seguido en terreno), pero siempre debe hacerse con referencia a un proceso aleatorio. A pesar de que los únicos procesos realmente aleatorios son de tipo físico, generalmente son demasiado consumidores de tiempo, por esto generalmente

se recurre a algún proceso pseudo-aleatorio que genere de forma rápida y fácil un conjunto de números aleatorios para utilizar en el muestreo.

La muestra para la encuesta se tomo a lo largo de todas las vías en estudio, fijándose para esto 14 puntos de muestreo en ambos sentidos (ver cuadro 11), Estos puntos se ubicaron de tal forma que coincidieran con lugares de alta demanda de transporte por parte de los usuarios, como algunas intersecciones o paraderos y el número de personas encuestadas fue de acuerdo a la cantidad de personas que se observaron concentradas en cada lugar previamente.

Cuadro 11. Encuestas Realizadas

Lugar de las Encuestas	Número de encuestas realizadas
Muelle de los Pegasos	70
Parque Centenario	70
Reloj Floral	80
Mercado Bazurto	90
SENA	90
Esquina Barrio Gaviotas	80
Bomba El Amparo	90
Santa Lucía	90
Universidad San Buenaventura	80
Esquina de Blas de Lezo	60
Esquina Supermercado Buenos Aires	90
Entrada a Mamonal	60
Bomba Las Murallas	60
Esquina del Paraguay	60

El cuestionario se consideró debería ser sencillo y específico en sus preguntas, de tal manera que pudiese tomarse la información de manera rápida y no consumiese mucho tiempo a los encuestados (ver formato de encuesta en el capítulo 6).

6. ESTUDIOS DE TRÁNSITO

En este capítulo se detallan cada uno de los estudios de tránsito que fueron llevados a cabo con la finalidad de obtener información específica para ser empleada en el modelo, e información general que describa la situación actual de la zona de estudio. Los estudios se describen a continuación.

6.1. ENCUESTA ORIGEN-DESTINO

Para el diseño de la encuesta *Origen-Destino* se tuvo en cuenta los aspectos legales que rigen a este tipo de estudios, que están consagrados en el decreto 1787 del tres (3) de agosto de 1990, dictado por la presidencia del doctor Virgilio Barco. Dicho decreto establece que:

“ Se define como encuesta Origen-Destino, la toma de información que se hace directamente al usuario sobre su procedencia (origen), destino, clase de vehículo, costumbres (frecuencia) y motivos de un viaje”. Establecidas estas pautas se diseñó el siguiente cuestionario:

ENCUESTA ORIGEN - DESTINO

FECHA _____ HORA _____
 NOMBRE ENCUESTADOR _____
 ORIGEN _____ DESTINO _____
 LUGAR DONDE VIVE _____

1. TIPO DE TRANSPORTE UTILIZADO

BUS MICROBUS PARTICULAR
 BUSETA TAXI

2. MOTIVO DE VIAJE

COMPRAS TRABAJO REG. A CASA
 ESTUDIO DILIGENCIA OTROS

CUALES? _____

3. FRECUENCIA.

1 VEZ AL DIA 2 VECES AL DÍA 3 VECES AL DIA
 OTROS _____

4. HACE TRANSBORDO? SI NO

DONDE? _____

En la encuesta como puede verse, se busca una información general como el nombre del encuestador, la fecha, punto de encuesta, hora de inicio, hora final, estado climatológico y sentido. Esta parte del cuerpo de la encuesta debe ser diligenciada y llenada por el encuestador.

El segundo cuerpo de la encuesta esta compuesto por el cuestionario en sí, y está diseñado de tal forma que facilite el trabajo del encuestador al llenarlo (con

el empleo de casillas) y al encuestado con preguntas sencillas y con orden lógico. Por aspectos económicos, se colocaran en cada hoja tamaño oficio dos (2) cuestionarios para ser llenados.

Después de entrevistar aproximadamente mil setenta (1070) personas se obtuvieron los siguientes resultados, para las diferentes horas pico:

a) Motivo del viaje:

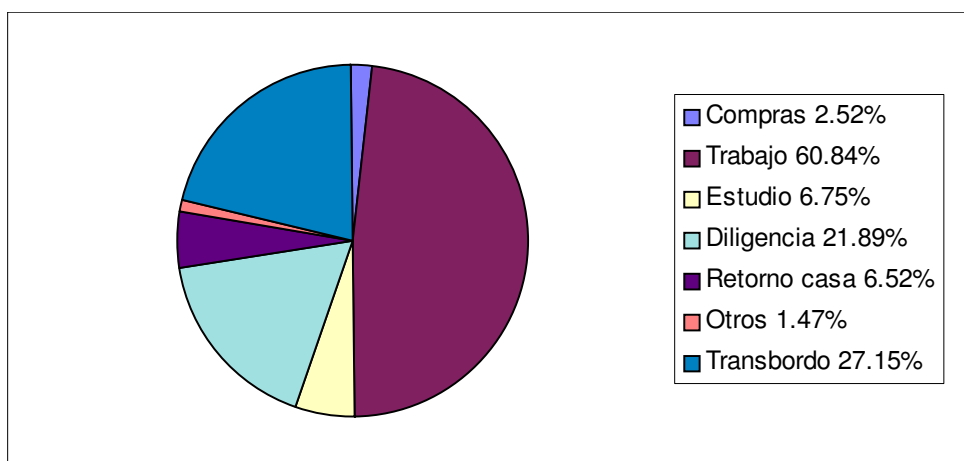


Figura 4. Motivo de viaje mañana (7:00 - 8:30) , n = 475

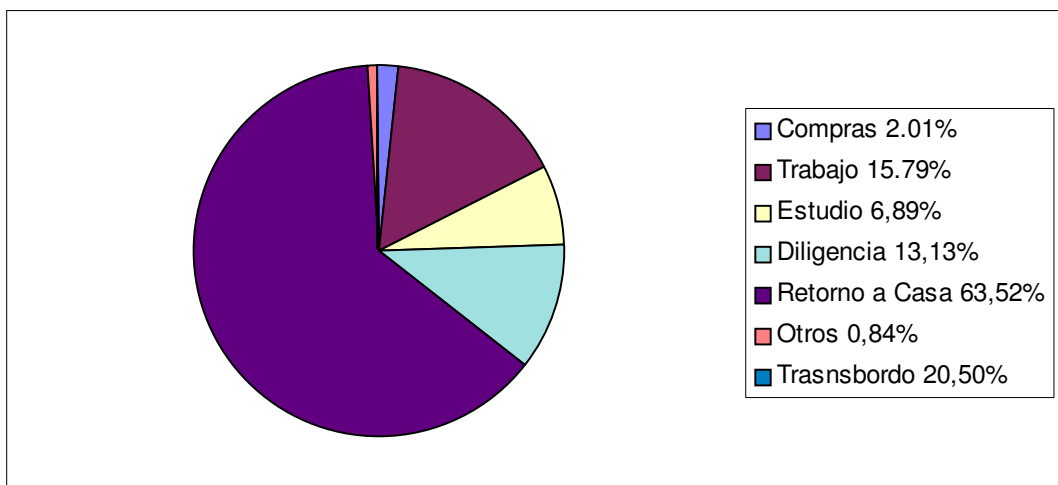


Figura 5. Motivo de viaje tarde (5:00 - 7:00), n = 575.

Los resultados mostrados en las anteriores figuras son reflejo de la variación que se presenta en la zona de estudio, respecto a la movilización de la población según sea la hora del día.

En las horas de la mañana el desplazamiento de las personas se da básicamente en sentido este-oeste, y lo hacen principalmente por motivos de trabajo (60.84 %) y diligencia (21,89 %), se entiende por diligencia todas las labores que sean de índole personal, por ejemplo, visita al médico, pago de servicios públicos, búsqueda de información, etc. ver Figura 4.

En la tarde, el flujo cambia y se da ahora básicamente en sentido oeste-este. Es de resaltar que el motivo retorno a casa presenta el mayor porcentaje con un 63.52%, lo que es lógico teniendo en cuenta que la hora en que se realizaron

las encuesta concuerda directamente con la salida del trabajo y/o estudio. En segundo lugar aparece en ambos horarios de toma de datos el motivo transbordo, lo que demuestra que a pesar de la creación de muchas rutas, las personas siguen recurriendo a transbordos para llegar a sus sitios de destino.

Y el tercer lugar en los motivos de viaje en la tarde es el trabajo (15.79%) representados en los asalariados de la jornada nocturna de empresas, entidades, y/o institutos. Figura 5.

b) Frecuencia.

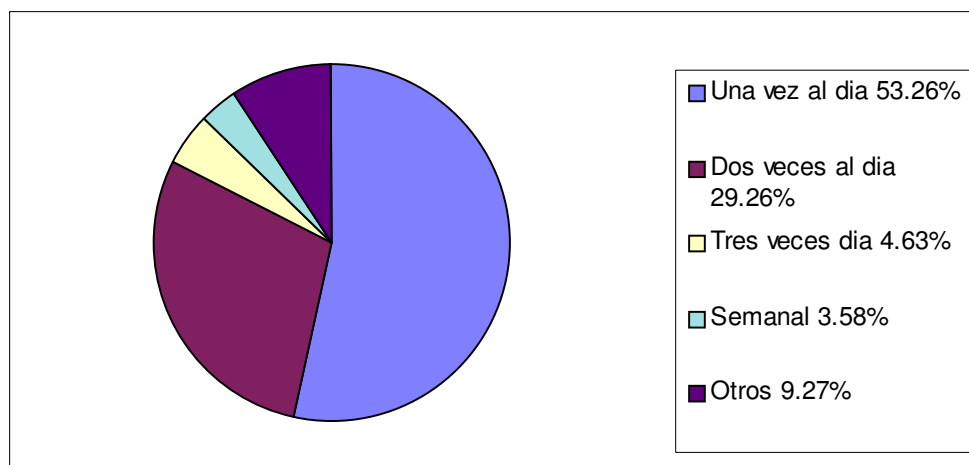


Figura 6. Frecuencia de la mañana (7:00 - 8:30) , n = 475.

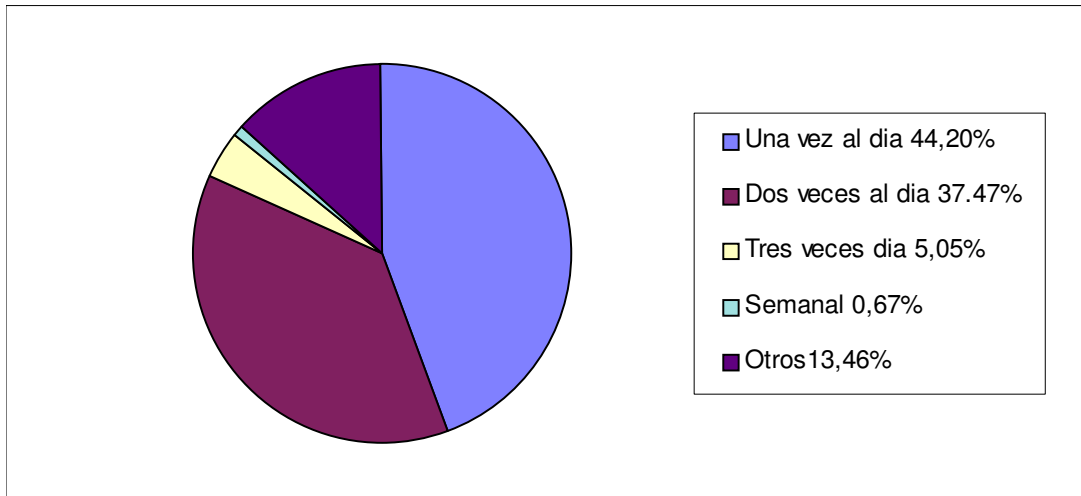


Figura 7. Frecuencia de la tarde (5:30 - 7:00), n = 575.

Es notorio, podría decirse lógico, el hecho de que la frecuencia de viaje más común es la de una vez al día, incluso en las 2 horas pico, esto se explica por el hecho de que las actividades que más motivan los viajes son el trabajo la cual es de carácter continuo y permanente. Figuras 6 y 7.

Otro hecho a resaltar es el porcentaje relativamente elevado que obtuvo la respuesta otros, compuesta por personas que viajan por motivos tales como diligencias de documentos, bancos, pago de recibos (servicios, colegios etc), Visitas etc. Estas personas son las más sensibles ante condiciones climáticas adversas como días muy nublados, pequeñas lloviznas etc. Ya que por carecer normalmente su motivo de viaje de obligatoriedad, simplemente lo pospone.

c) Medio empleado:

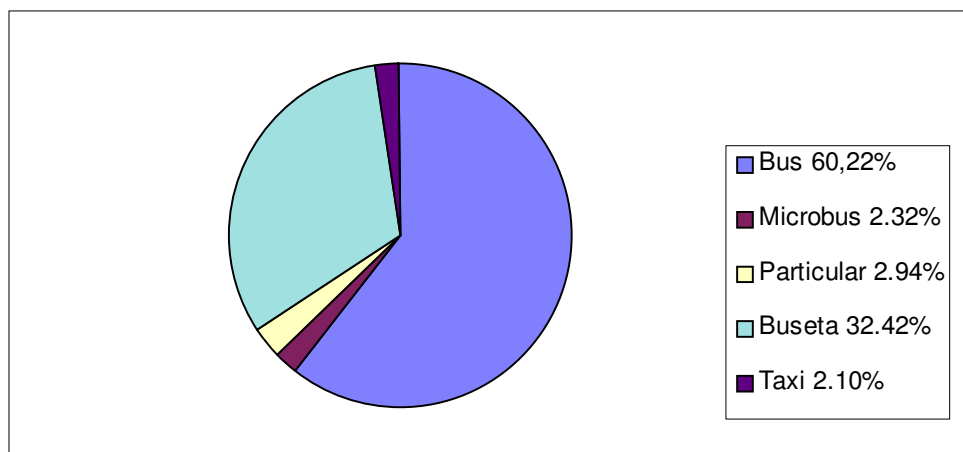


Figura 8. Medio empleado de la mañana (7:00 - 8:30), n =475

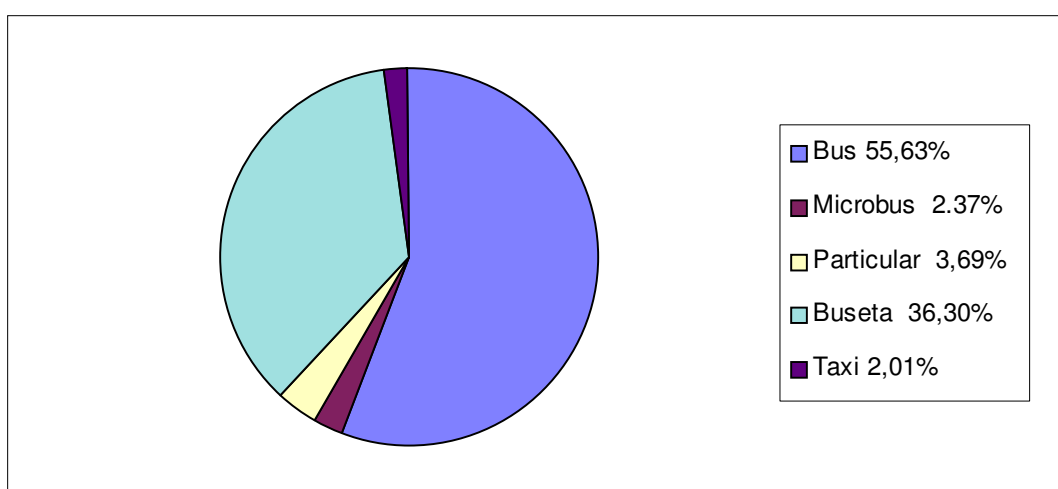


Figura 9. Medio empleado tarde (5:30 - 7:00), n = 595.

El medio de transporte masivo de pasajeros mas empleado es el bus, en las dos (2) horas pico. Hay que resaltar que el empleo de busetas ocupa un segundo lugar muy destacado, esto gracias a las puestas en marcha, en los

años recientes, de numerosas rutas de busetas que cubren la ciudad. Figuras 8 y 9.

Lo anterior confirma ó sirve de base para justificar la búsqueda de soluciones que le den prioridad al transporte masivo de pasajeros al momento de plantear alternativas.

d) Origen - destino.

Para efectos de un mejor análisis de la información con respecto a la relación Origen-Destino de los viajes, se diseñó una matriz, donde aparecen los posibles orígenes y destinos de los viajes. Previo a esto se divide la ciudad en 22 zonas ,dentro de estas a las avenidas en estudio le correspondieron catorce (14) zonas, todas las zonas se van a nombrar para facilitar la comprensión y ubicación según los barrios que se encuentran circundando las vías de estudio.

Cuadro 12. Zonas de Origen - Destino

ZONAS	LIMITES (Barrios)
Z1	Centro, Manga, B/grande, Laguito, Crespo, Castillogrande
*Z2	La Quinta, Pie de La Popa, Amador, Espinal.
*Z3	Paraguay, Bruselas, Prado, Martínez Martelo.
*Z4	La conquista, República de Chile, Bosquecito, San Isidro
Z5	José A. Galán, Anda Lucía, Nueve de Abril, Las Brisas
*Z6	Armenia, Escalón Villa, Zaragocilla
*Z7	Nuevo Bosque, Los Calamares
*Z8	Los Almendros, Tacarigua, Buenos Aires, Las Delicias, Villa

	Sandra, Los Ángeles
*Z9	La Floresta, Chipre, Contadora
Z10	Costa Linda, Rafael Nuñez, Olaya Herrera.
*Z11	Alcibia, Boston, Esperanza
*Z12	Los Corales, Almirante Colon, Urb. Bahía
*Z13	Blas de Lezo, Caracoles,
*Z14	San Pedro, Santa Mónica, La Plazuela, Socorro
*Z15	La Victoria, San Fernando, Berlín, Simón Bolívar
*Z16	La Concepción, El Recreo, Ternera
Z17	San Pedro Mártir, Los Jardines Villa Angela, El reposo
Z18	13 de Junio los Alpes , Urbanización la India
Z19	Ricaurte, José Obrero, Chapacué, Las palmeras el Gallo,
*Z20	Bosque, Alto Bosque, Mazanillo Martínez Martelo
Z21	Mamonal, Albornoz, Puerta de Hierro
Z22	Pozón, Terminal de Transportes

* Se encuentra dentro de las Vías de estudio

Se Consideró para ello aspectos como uso de suelo y homogeneidad, el análisis se hizo para dos horas pico. Los resultados para la horario matinal (7:00 - 8:30) aparecen en el siguiente cuadro, en la que aparecerá las zonas de origen(columna) y los destinos(fila).

Cuadro 13. Matriz Origen-Destino horario de la mañana

Zonas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	39	3	2	0	0	1	2	1	1	7	4	0	3	5	0	5	1	0	1	14	3	0
3	20	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	27	4	1	0	0	4	1	0	1	3	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	5	0
7	53	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	2	0	0	0	0	9	7	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	26	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
13	15	1	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	5	0	1	0	2	7	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	32	3	1	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
18	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	2	22	0	0	2	0	0	10
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De la matriz se pueden sacar las siguientes conclusiones:

Las zonas de origen , que se encuentran sobre todos los sistemas, presentan como principal sitio de destino la zona 1 (noroeste de la ciudad). Esto se explica por el gran número de personas que se dirigen hacia el centro de la ciudad, siendo la Av. Don Pedro de Heredia la vía más empleada para hacerlo. Por otro lado se observa que los demás destinos están repartidos en forma más o menos homogénea, representando aquellas personas que a estas horas de la

mañana se dirigen a sus sitios de trabajo, estudio y a realizar diligencias, y en una pequeña proporción las personas que regresan a sus hogares después de una jornada nocturna de trabajo.

Un aspecto a resaltar es el destino de a la zona 21 (Mamonal), en donde se presenta la fluencia de personas del 68% de los sectores en que se ha dividido la ciudad, lo cual es un factor de alerta para la implementación de rutas que conduzcan a este sector, teniendo en cuenta además, que la entrada a Mamonal es el segundo punto en donde se presenta el mayor número de transbordos en la ciudad, después de la Bomba el Amparo.

Los resultados para el horario de la tarde aparecen en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Origen destino para el horario de la tarde.

Zonas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	2	1	10	1	0	8	5	8	10	1	10	12	13	5	4	22	7	3	4	5	3	3
2	22	14	2	1	0	5	4	1	2	6	1	0	2	2	0	0	0	0	0	6	0	5
3	8	7	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	1	1	1	2	0	0	0	5	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	0	1	1	1	2	2	3	2	1	1	6	5	0	8	1	0	0	0	1	3
7	11	2	2	1	0	1	5	0	1	2	5	2	1	0	0	0	0	0	0	11	21	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	6	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	1	1	0	0	20	2	0	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	3	0	6	0	0	4	4	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	2	4	2	0

14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	29	3	1	0	0	4	0	3	8	2	2	1	3	7	2	11	1	3	1	0	4	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	7	2	15	3	0	2	0	1	10
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

La matriz origen destino, en las horas de la tarde muestra que la población se desplaza en dos sentidos, desde el noroeste hacia el sureste y del sureste al noroeste, teniendo en cuenta que ambos sentidos son las personas que trabajan o estudian en las diferentes zonas y retorna a casa.

En la Tabla apreciamos como desde el centro de la ciudad (Z1) las personas se desplazan directamente a la mayoría de zonas de la ciudad debido a la gran cantidad de rutas de buses que tienen como eje central este punto. Los sitios de transbordos más utilizados son los de la Bomba la Amparo, la entrada a Mamonal y la entrada a las Gaviotas, en donde el número de transbordo es alto debido a las personas que se dirigen a los barrios El Pozón, Albornoz y 13 de Junio respectivamente.

En ambos horarios se presenta como relevante el hecho que la bomba El Amparo es utilizada como eje de transbordo por los transeúntes que viajan de

las Av. Don Pedro de Heredia hacia los sistemas dos y tres. Esto sirve como marco de referencia para buscar una solución para unir las vías en estudio y de esta forma disminuir el número de transbordo y por ende los costos en que incurren los pasajeros.

6.2 FLUJOS VEHICULARES

Los conteos de flujos vehiculares buscan contestar varias preguntas: volúmenes, tipos de vehículos y movimientos a los que pertenecen estos parámetros. Básicamente hay dos formas de realizar esta tarea, en forma manual o por medios automáticos.

Las mediciones automáticas se realizan sobre ejes arteriales, y no permiten distinguir con precisión los tipos de vehículos. Son apropiadas para situaciones donde se necesita medir por largos periodos de tiempo, los flujos circulantes. No es posible distinguir movimientos, es decir, los destinos de los flujos tratándose de una intersección. Entre los instrumentos a utilizarse encuentran los "clasificadores", que pueden distinguir automáticamente entre tres y cinco distintos tipos de vehículos por sus longitudes.

Los conteos manuales son mas apropiados en intersecciones. Aparte del hecho que la clasificación se hace manualmente, cuando se realiza este tipo de conteo, es importante tomar en cuenta las siguientes características:

- Los conteos deben dividirse en periodos de quince (15) minutos.

- Un observador no deberá contar mas de 400 vehículos por hora; para esto es necesario estimar previamente el orden de magnitud de los volúmenes a medir, a través de un pequeño muestreo en horas aparentemente mas cargadas del día. Cuando se disponga de varios observadores para realizar la medición, es recomendable especializarlos por pistas o por tipo de vehículo, en caso de altos porcentajes de locomoción colectiva, en este caso fueron localizados uno (1) por cada salida de la intersección.

- Antes de enviar observadores a terreno, debe verificarse a través de conteos simulados la forma del material a usar : papel que se pliegue fácilmente, tamaño apropiado y conveniente, y debe darse obviamente entrenamiento adecuado a los observadores que se envían a terreno y especialmente capacitarlos en la forma como se llena el formato de conteo vehicular **Anexo A**. El tiempo consumido en capacitación deberá considerarse siempre como bien invertido porque elimina muchos costos posteriores de repeticiones costosas y no siempre fiables. El entregar así mismo antecedentes sobre los objetivos del trabajo a realizar y la importancia de la labor a realizar, es una tarea extremadamente útil para que el personal rinda con mas eficiencia y precisión en su trabajo.

- Es necesario contar con un supervisor por cada 15 observadores, aunque en este caso cada investigador (2) manejaba o se encargaba de la supervisión de

un grupo, conformado por 3 observadores, cada grupo tenía asignado una intersección en especial y periódicamente eran rotados de intersección para realizar comparaciones en los datos obtenidos. El supervisor se encarga no sólo de la capacitación detallada del personal, sino que llevara la bitácora del trabajo en terreno. Dicha bitácora permitirá detectar posteriormente las causas de anomalías observadas cuando se procese la información, y eliminar así los errores cometidos.

- Cada formulario de recolección de datos de flujos manuales debe contener un conjunto claro de instrucciones precisas para que el observador tenga contestada cualquier duda sobre su trabajo.

- Es recomendable efectuar las mediciones a las salidas de las intersecciones a fin de detectar los movimientos o diferentes destinos de flujos. Sin embargo, cuando se observen colas que no se disipan completamente durante el verde, se debe cambiar la localización los lugares de medición desde la línea de parada hacia un lugar aguas arriba que permita detectar la real demanda del arco en cuestión, y no la oferta que esta saliendo a las tasas máximas desde la línea de parada . Como norma, si los vehículos deben de esperar por mas de un rojo frente al semáforo, es conveniente realizar las mediciones aguas arriba.

- Es aceptable, cuando los conteos cubren un área de cierta extensión, no medir algunos flujos y obtenerlos por continuidad. Esto, sin embargo, solo debe

hacerse para flujos de magnitud considerable y que no hagan virajes en una intersección.

6.3. TASA OCUPACIONAL

Dentro de los estudios que se llevaron a cabo en los tres sistemas, para determinar la situación actual de la vía, se tiene el de la tasa ocupacional, el objetivo de este es determinar el índice de ocupación de los vehículos tanto particulares como los de transporte masivo, las conclusiones que se saquen de estudio son de mucha importancia.

Como se recordará el estudio se dirigió a los vehículos particulares y a los buses y busetas conjuntamente, en distintas horas pico, en los dos sentidos. En el caso de vehículos particulares y taxis se contaron el número de personas que se desplazaban en cada vehículo (incluido al conductor). La escala para esto va de 1 a 6 pasajeros por vehículo anotado. La tasa de ocupación media es precisamente el promedio de las cifras obtenidas. Cabe remarcar en este caso, como en el anterior, la necesidad de ubicar al observador en un lugar donde se produzcan detenciones para observar mas fácilmente a los pasajeros.

La obtención de tasas de ocupación en este caso presenta dificultades especiales, por la imposibilidad físico-temporal de poder contar las personas que ocupan cada vehículo muestreado. En el caso de los buses y busetas se

analizaran conjuntamente y se dividieron en tres (3) categorías que aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Clasificación ocupacional de buses

A	Sillas vacías (algunas). No van pasajeros de pie. < 20 pasajeros
B	Todas sillas ocupadas, con pasajeros de pie, ocupación parcial del bus. $20 < \text{pasajeros} < 50$
C	Ocupación total del bus, pasajeros incluso en las salidas y accesos. > 50 pasajeros

Los resultados que se obtuvieron de estos conteos aparecen en las figuras 10 hasta 21.

MARTES 4 DE FEBRERO. HORARIO 7:15 - 7:45 AM

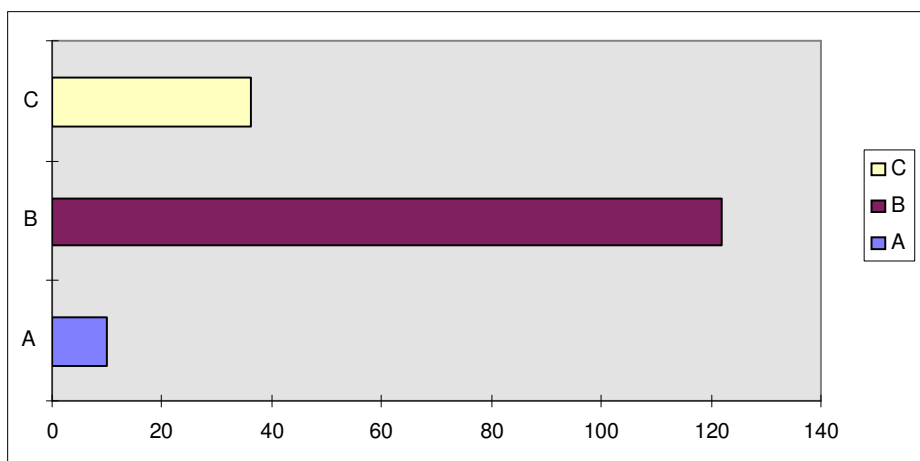


Figura 10. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema uno, este-oeste

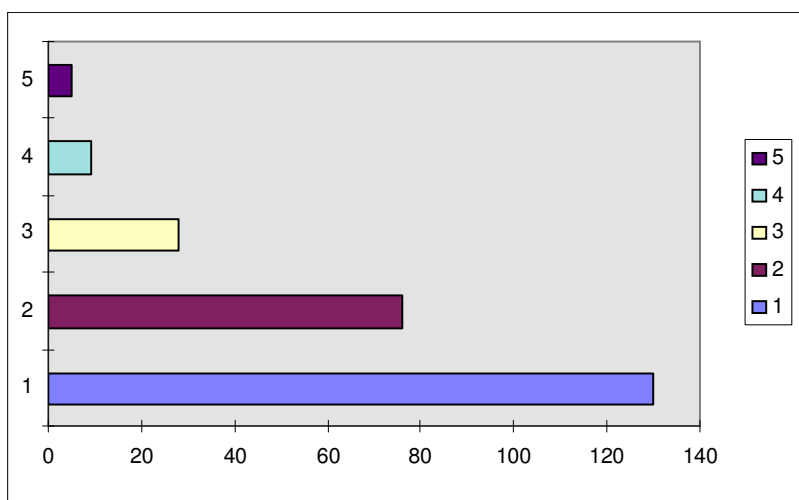


Figura 11. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, Sistema uno, Este-Oeste

MARTES 4 DE FEBRERO. HORARIO 6:30 - 7:00 PM

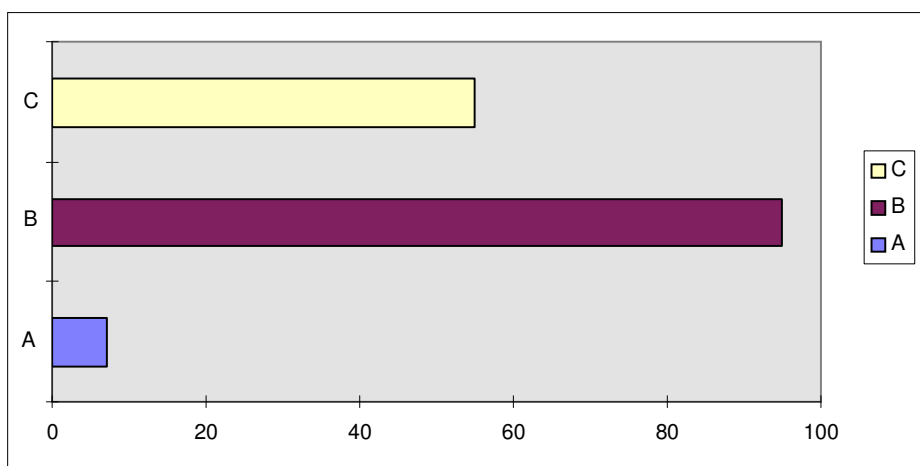


Figura 12. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema uno, oeste-este

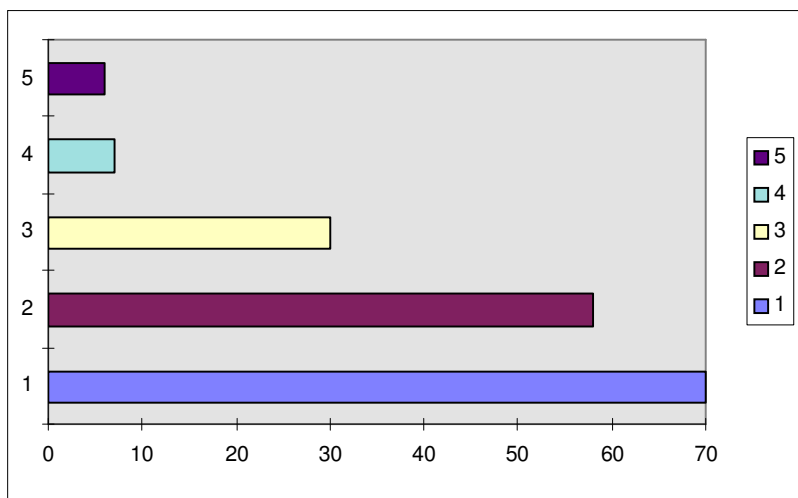


Figura 13. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, Sistema uno, oeste-este

MIÉRCOLES 5 DE FEBRERO. HORARIO 7:15 - 7:45 AM

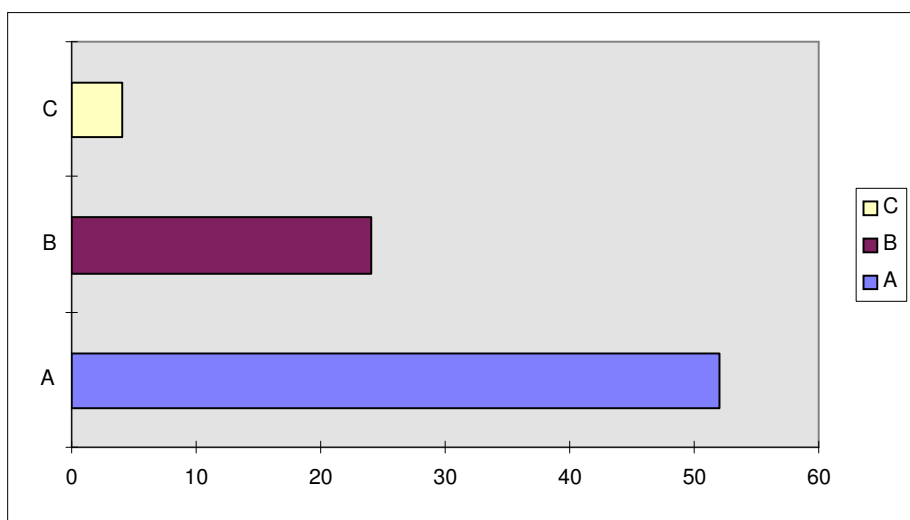


Figura 14. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema dos, este-oeste

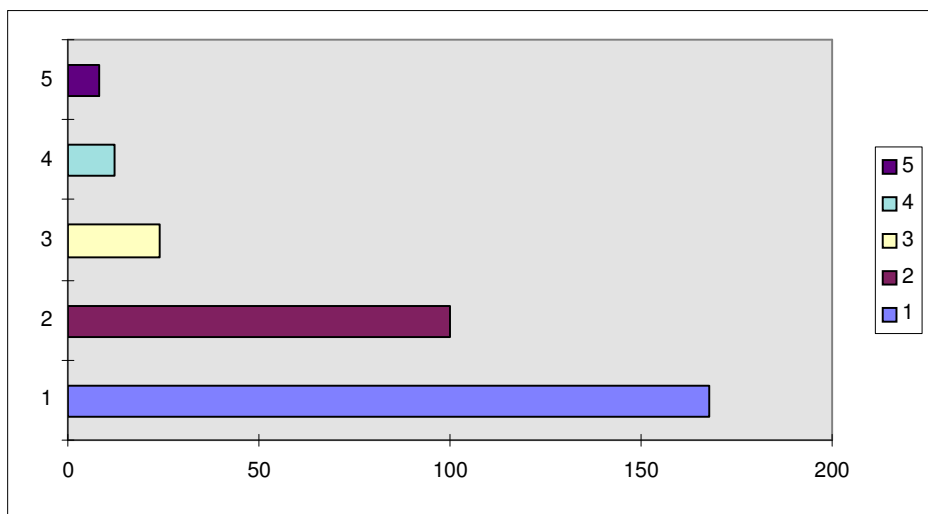


Figura 15. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, Sistema dos, este- oeste

MIÉRCOLES 5 DE FEBRERO. HORARIO 6:30 - 7:00 PM

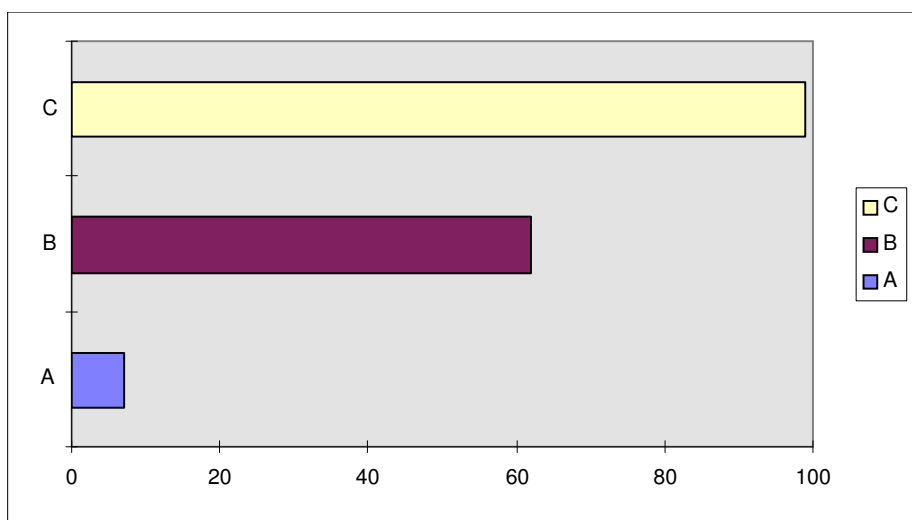


Figura 16. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema dos, oeste- este

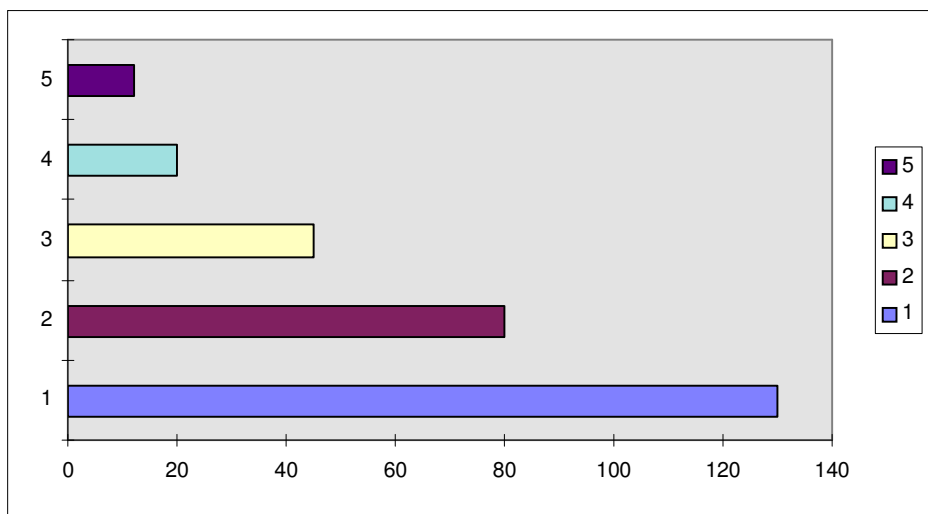


Figura 17. Tasa de ocupación de taxis y autos particulares, Sistema dos, oeste-este

JUEVES 6 DE FEBRERO. HORARIO 7:15 - 7:45 AM

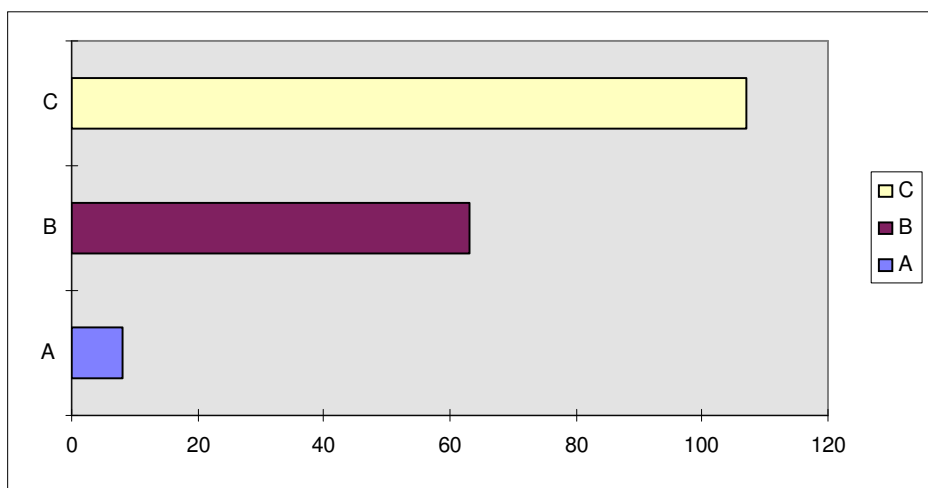


Figura 18. Tasa de ocupación de buses y busetas, Sistema tres, sur-norte

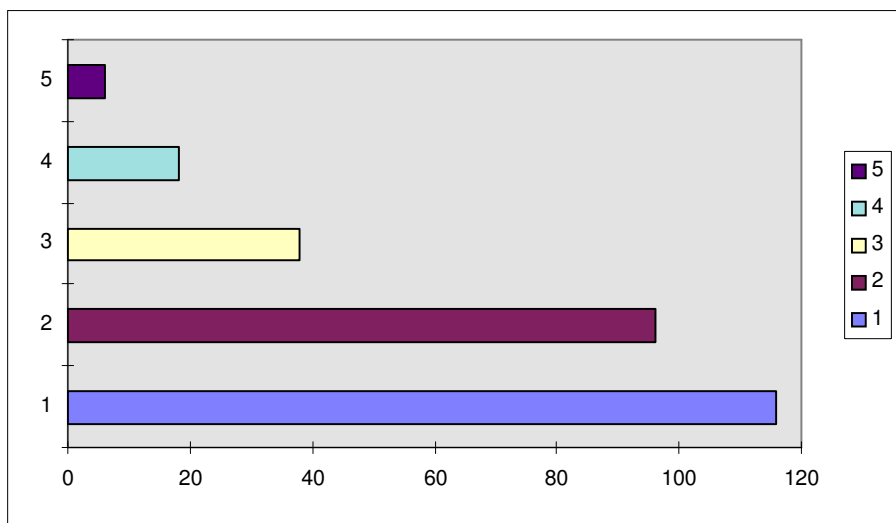


Figura 19. Tasa de ocupación de taxis y autos particular, Sistema tres, sur- norte

JUEVES 6 DE FEBRERO. HORARIO 630 - 700 AM

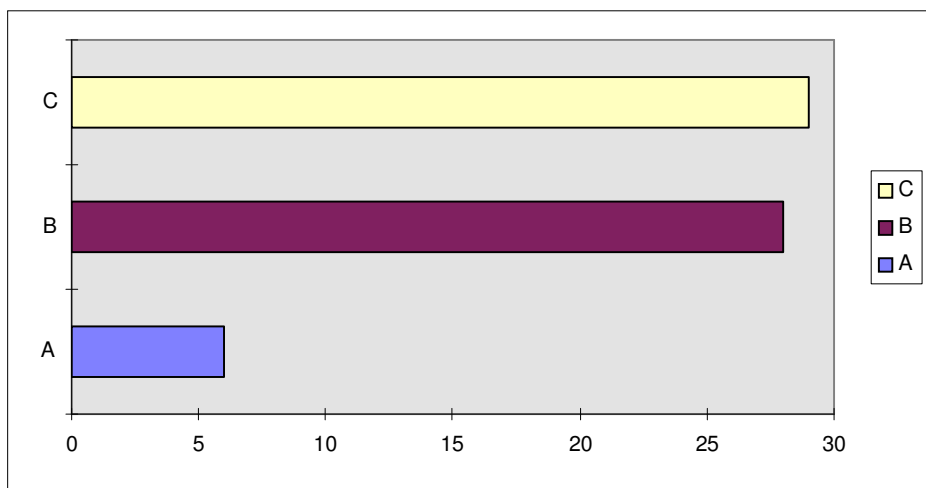


Figura 20. Tasa de ocupación de buses y busetas, sistema tres, Norte-Sur

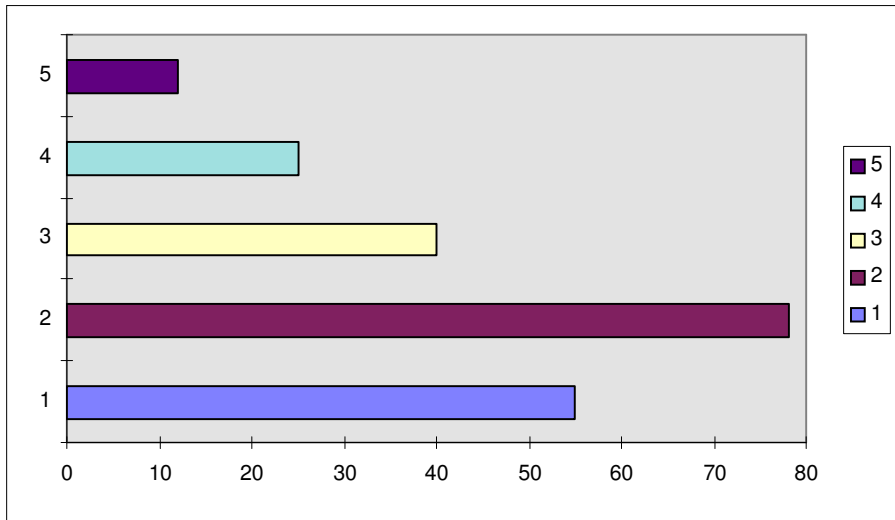


Figura 21. Tasa de ocupación de taxis y autos particular, Sistema tres, norte-sur

De los resultados obtenidos se puede observar que existen una gran lógica relación entre los desplazamientos de la población hacia lugares de trabajo y estudio y la tasa ocupacional, esto es, existen 2 períodos del día que son definitivamente relevantes y que son llamados horas pico, estos son:

7:00 a 8:00 AM y por último de 6:00 a 7:00 PM.

En el primer periodo el flujo vehicular, se da principalmente en sentido este-oeste y de sur-norte en el caso de la Av. Crisanto Luque, representado por los habitantes de los barrios que circundan a los tres sistemas, que se desplazan a sus lugares de trabajo y centros educativos ubicados en el centro de la ciudad; en los sentidos contrarios, el flujo vehicular es comparativamente más bajo (10%), se concluye entonces que el conflicto y la saturación de la vía se presenta en ambos sentidos.

El último período, es el principal ya que convergen en el toda la población estudiantil y laboral, que regresa a sus hogares, la ocupación se presenta en ambos sentidos, pero en el sentido oeste-este se incrementa el número de conflictos.

Las figuras de tasa ocupacional de buses y busetas en los diferentes horarios muestran que la mayor cantidad de buses en el horario de la mañana son los de tipo A y en la tarde los de tipo C, esto se puede explicar teniendo en cuenta que el horario de salida de los trabajadores y estudiantes en la tarde coinciden con el periodo de estudio, mientras que en la mañana hay menos coordinación en la hora de entrada a estos sitios. Además, esta diferencia de tasas es causada por las personas que se dirigen a trabajos nocturnos, diligencias después de salir del trabajo y centros educativos como se puede apreciar en las figuras de motivo de viaje (figura 5).

Otro hecho importante que hay que resaltar es que se comprobó que la tasa ocupacional de los vehículos y taxis es relativamente baja, ya que según puede observarse en las figuras, el promedio de personas que se desplazan en los vehículos es de (1) un solo pasajero, seguido de dos(2) y en menor proporción de tres(3) en adelante, incluso estos se mantienen en las distintas horas pico y en ambos sentidos. Lo anterior justifica el hecho de buscar vías alternas a las vías en estudio de tal forma, que una proporción de vehículos livianos que actualmente toman estas vías empleen las rutas alternas, o sea que se de lo que se conoce como tráfico atraído, beneficiándose con tiempos de viaje más

cortos, mayores velocidades de circulación y mejores condiciones de tráfico. De lograrse esto en los sistemas se le estaría dando prioridad al transporte masivo de pasajeros objetivo de este estudio

6.4. CAPACIDADES

Para medir capacidades no solo hay que determinar los flujos de saturación. También comprende los retardos iniciales y ganancias finales propios de las intersecciones semaforizadas, y el concepto de capacidad variable (función de los flujos prioritarios circulantes) para las intersecciones de prioridad, no basta solamente con la determinación de esos parámetros y/o funciones, sino que el análisis de capacidad propiamente tal se realiza después, ya sea através de modelos según sea el caso, que son alimentados con los datos antes mencionados.

6.4.1. Determinación de la capacidad . Para hallar la capacidad de un arco de vehículos equivalentes (p.c.u) se emplea la siguiente ecuación:

Capacidad del arco(p.c.u) = $(L.A * F.S) / (5.75 * 1850)$ donde,

L.A: Longitud del arco en metros.

F.S: Flujo de saturación en (p.c.u/ horas)

Se asume que cada p.c.u en cola ocupa 5.75 metros a lo largo de la vía con un flujo de saturación estándar de 1850 p.c.u/ hr de verde.

La anterior ecuación es la que emplea el modelo matemático para realizar internamente los cálculos de capacidad, comparándolos con los flujos que presenta la vía para luego hallar el grado de saturación de esta.

6.4.2 Flujos de saturación. Para la recolección de flujos de saturación en intersecciones semaforizadas, se llevó a cabo un conteo vehicular (**Anexo B**) en cada una de las intersecciones para de esta forma calcular los flujos de saturación, recordando que por esto se entiende, el número de vehículos por periodo de tiempo de una hora que pueden pasar por una vía con un semáforo en luz verde efectiva bajo el ideal de una cola de vehículos infinita. Los resultados que se obtuvieron para cada una de las intersecciones fue el siguiente.

Cuadro 16. Flujos de saturación de las vías en estudio.

INTERSECCIÓN	NODO	ACCESO	ARCO	FLUJO DE SATURACION
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	0	1.1	700
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	0	1.2	1400
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	N	1.3	700
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	N	1.4	700
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	N	1.5	700
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	E	1.6	700
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	E	1.7	1400
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	S	1.8	1400
Semáforo Centro Comercial La Plazuela	1	S	1.9	700
Semáforo Entrada a las Gaviotas	2	O	2.1	700
Semáforo Entrada a las Gaviotas	2	O	2.2	700
Semáforo Entrada a las Gaviotas	2	N	2.3	700
Semáforo Entrada a las Gaviotas	2	N	2.4	700
Semáforo Entrada a las Gaviotas	2	E	2.5	700

Semáforo Entrada a las Gaviotas	2	E	2.6	1400
Semáforo del Sena	3	O	3.1	700
Semáforo del Sena	3	O	3.2	1400
Semáforo del Sena	3	N	3.3	700
Semáforo del Sena	3	N	3.4	700
Semáforo del Sena	3	N	3.5	700
Semáforo del Sena	3	E	3.6	1400
Semáforo del Sena	3	E	3.7	700
Semáforo del Sena	3	S	3.8	700
Semáforo del Sena	3	S	3.9	700
Semáforo del Sena	3	S	3.10	700
Semáforo Bajada Popa	4	N	4.1	700
Semáforo Bajada Popa	4	N	4.2	700
Semáforo Bajada Popa	4	E	4.3	700
Semáforo Bajada Popa	4	E	4.4	1400
Semáforo Bajada Popa	4	E	4.5	700
Semáforo Bajada Popa	4	S	4.6	700
Semáforo Bajada Popa	4	S	4.7	700
Semáforo Pie Popa	5	E	5.1	1400
Semáforo Pie Popa	5	S	5.2	700
Semáforo Castillo San Felipe	6	N	6.1	700
Semáforo Castillo San Felipe	6	N	6.2	1400
Semáforo Castillo San Felipe	6	E	6.3	700
Semáforo Castillo San Felipe	6	E	6.4	1400
Semáforo Castillo San Felipe	6	E	6.5	700
Semáforo Castillo San Felipe	6	S	6.6	700
Semáforo Castillo San Felipe	6	S	6.7	1400
Semáforo Entrada a Blas de Lezo	7	O	7.1	700
Semáforo Entrada a Blas de Lezo	7	O	7.2	1400
Semáforo Entrada a Blas de Lezo	7	E	7.3	1400
Semáforo Entrada a Blas de Lezo	7	E	7.4	700
Semáforo Entrada a Blas de Lezo	7	S	7.5	700
Semáforo Entrada a Blas de Lezo	7	S	7.6	700
Semáforo Entrada a Los Caracoles	8	O	8.1	700
Semáforo Entrada a Los Caracoles	8	O	8.2	1400
Semáforo Entrada a Los Caracoles	8	E	8.3	1400
Semáforo Entrada a Los Caracoles	8	E	8.4	700
Semáforo Entrada a Los Caracoles	8	S	8.5	700
Semáforo Entrada a Los Caracoles	8	S	8.6	700
Semáforo de Purina	9	O	9.1	700
Semáforo de Purina	9	O	9.2	700
Semáforo de Purina	9	E	9.3	700
Semáforo de Purina	9	E	9.4	700
Semáforo de Purina	9	S	9.5	700

Semáforo de Purina	9	S	9.6	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	O	10.1	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	O	10.2	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	O	10.3	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	N	10.4	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	N	10.5	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	N	10.6	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	E	10.7	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	E	10.8	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	E	10.9	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	S	10.10	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	S	10.11	700
Semáforo entrada al Paraguay	10	S	10.12	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	O	11.1	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	O	11.2	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	O	11.3	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	N	11.4	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	N	11.5	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	N	11.6	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	E	11.7	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	E	11.8	1400
Semáforo del Restaurante Asia	11	S	11.9	700
Semáforo del Restaurante Asia	11	S	11.10	1400

6.4.3. Intersecciones de conflicto. La determinación de las intersecciones de conflicto es un aspecto muy importante por cuanto son estas las que requieren de la implementación de medidas que contrarresten o eliminen las causas que ocasionan dichos conflictos.

Para esto se recurrió a una serie de estudios (observaciones) que consistían en hacer recorridos a lo largo de la vía, en ambas direcciones a las distintas horas pico.

A lo largo de la avenida Don Pedro de Heredia se establecieron según el grado de congestiónamiento vehículo-peatonal, dificultades de circulación y tasas de accidentalidad, las siguientes intersecciones: Diagonal 32, Carrera 83, Carrera 71, Entrada a las Gaviotas, Esquina del Sena, Iglesia de María Auxiliadora, Mercado de Bazurto, Castillo San Felipe de Barajas.

De estas solo la Diagonal 32 y la Carrera 83 no se encuentran semaforizadas y se hace indispensable la instalación de reguladores automáticos de tránsito. En el punto de conflicto denominado Iglesia de María Auxiliadora, se está implementado un semáforo cobijado por el proyecto de semaforización electrónica que abarca, además, el cambio de todos los semáforos actuales de la ciudad. Es de suma importancia recalcar que el proyecto desarrollado por la Alcaldía de la ciudad, no perjudicara en lo más mínimo este proyecto y por el contrario lo beneficiaría por algunos datos que se suministrará para el funcionamiento óptimo de los mismos. La semaforización electrónica no tuvo un estudio previo. Se nos informó por medio de fuentes del manejo administrativo de la ciudad que para la puesta en marcha de este proyecto se observó el comportamiento que ha tenido el mismo en ciudades como Santa Fe de Bogotá.

En el sistema dos (Carretera Troncal de Occidente, Av. Oriente y Carretera Principal del Bosque) los puntos de conflictos se presentan en las intersecciones de la Calle 30, Carrera 68, Carrera 62, Supermercado Buenos Aires, Calle del Cauca, Calle Mamón.

La única de estas intersecciones que se encuentra semaforizada es la intersección de la Carretera Troncal de Occidente con la Calle del Cauca, al Frente de la empresa de concentrados Purina. En la intersección con la Calle Mamón se hace necesario la instalación de un semáforo a corto plazo, en las Carreras 68 y 63, Entrada a Blas de Lezo y Caracoles respectivamente, se están instalando dos reguladores automáticos de tránsito.

En la Av. Crisanto Luque se pueden observar como puntos de conflicto el de la intersección con la transversal 45, en donde hay un semáforo que rige el paso a la entrada al Barrio Paraguay. Otros puntos de conflicto son el de la Transversal 40 y el de la intersección de la Carretera Principal del Bosque con la Av. Crisanto Luque, la cual se encuentra semaforizada.

6.5. TIEMPOS DE VIAJES

La recolección de los tiempos de viajes, es una tarea que puede hacerse de diferentes maneras. El método de recolección que se utiliza será el **Método del vehículo flotante modificado**, Este método sirve para determinar flujos y tiempos de viajes. Cuando sólo se utiliza para la determinación de los tiempos, consiste básicamente en la realización de recorridos en el tramo en que se mide, por parte de un vehículo llamado *piloto*; este trata de mantenerse en la corriente, sin ser sobrepasado ni sobrepasar . Se registraran como eventos, no solo las líneas de paradas en los diferentes nodos, sino que acontecimientos tales detecciones extras por interferencias en los paraderos y detecciones por

cualquier evento. Dado que el instrumento anterior entrega no solo los tiempos de viajes sino que también las distancias, es posible conseguir una visión mucho mas clara de las velocidades desarrolladas a lo largo de los tramos y de la influencia de las detenciones parciales.

Las vías fueron medidas para determinar el espacio de cada uno de ellas , de tal forma que solo restaría el tiempo para obtener la velocidad promedio total del recorrido (recordar que la velocidad es igual a espacio sobre tiempo).

Antes de proceder a determinar los tiempos de viaje en los sistemas, es necesario recordar que esta presenta distintos tipos de flujo según sea el período del día que se considere, aumentando o disminuyendo según la hora, en este caso se tomo el período del mediodía por ser representativo en ambas direcciones.

Con los datos anteriores se elaboraron cuadros de espacio Vs. tiempo, donde pueden observarse la velocidad de operación media del recorrido total.

Los resultados obtenidos por los investigadores, al utilizar el método del vehículo flotante , se resumen en el cuadro siguiente.

Cuadro 17. Tiempo de viaje y velocidad de operación

Vía	Sentido	Distancia recorrida. Km.	Tiempo Hr.	Velocidad operación Km/hr
Av. Don Pedro de Heredia	Este-Oeste	9.6	0.35	27.42
Av. Don Pedro de Heredia	Oeste-Este	7.6	0,366	20.72
Carretera Troncal de Occidente	Este-Oeste	3.5	0.18	19.44
Carretera Troncal de Occidente	Oeste-Este	3.5	0.17	20.58
Av. Del Oriente	Este-Oeste	0.6	0.05	12
Av. Del Oriente	Oeste-Este	0.6	0.05	12
Carretera Principal del Bosque	Sur-Norte	1.9	0.08	23.75
Carretera Principal del Bosque	Norte-Sur	1.9	0.09	21.11
Av. Crisanto Luque	Sur-Norte	2.6	0.12	21.66
Av. Crisanto Luque	Norte-Sur	2.6	0.11	23.63

6.6. ACCIDENTES

Los accidentes en el tránsito se reconocen como un fenómeno aleatorio, multicasual y de baja frecuencia. Cada uno de ellos, responde, en general, a la concurrencia simultánea en el tiempo y en el espacio de una gran cantidad de factores.

A nivel mundial las estadísticas de accidentes son de incalculable valor. La determinación de zonas, vías o carreteras con alta frecuencia de accidentalidad indican la necesidad de estudios técnicos, vigilancia policiva y de campañas educativas.

El objetivo fundamental de todo estudio de accidentalidad es el de salvar vidas, disminuir el número de lesionados que pueden quedar lisiados para siempre y por último el ahorro de grandes pérdidas económicas .

6.6.1. Recolección de la información. Interesa recopilar datos de accidente de diferentes ciudades para construir cuadros comparativos que muestren el comportamiento local de accidentalidad mediante una escala establecida para juzgar la magnitud del problema . Es por todo esto que la Secretaria Distrital De Tránsito y Transporte viene recopilando desde los últimos años la información concerniente a la accidentalidad de la ciudad. La información más reciente que se tiene es del año 1995. La información que se presenta en este numeral corresponde a este último estudio, aquí están incluidos los accidentes de tránsito que involucran pérdidas humanas.

6.6.2. Magnitud y detección de elementos comunes en la ocurrencia de accidentes. El procesamiento de los datos de accidentes deben estar orientados fundamentalmente a realizar un diagnostico de la accidentalidad del área en estudio. Se debe tener conocimiento de la magnitud del problema. Para esto se obtuvieron las tasas anuales de accidentes separadamente según intersección o arco y tipo de accidente, de acuerdo con el nivel de degradación que permita la información disponible.

En términos generales es posible clasificar los accidentes de acuerdo con la siguiente tipología; atropello, choque frontal, choque lateral, colisión frontal,

colisión cruzada, colisión posterior, volcadura y caída de vehículo, cada uno de ellos según accidentes con o sin lesionados y según tipo de vehículo participante. Como cifra de referencia, una intersección con mas de cinco (5) accidentes totales al año puede identificarse como un foco de riesgo de accidente, sobre el cual debiera adoptarse algún tipo de contramedida.

La detección de elementos comunes en la ocurrencia de accidentes que permitan extraer relaciones de causalidad, ayudara a encontrarle solución al problema de la accidentalidad. El uso de métodos gráficos, en que se lleve a un plano la ubicación espacial de cada accidente codificado según tipo, constituyen buenas herramientas para esta etapa de diagnostico.

Los resultados de este análisis deberán permitir, junto con detectar la importancia del problema, introducir elementos a considerar en la definición de la situación actual.

En el último estudio sobre accidentalidad realizado (Cuadro 21), se concluyo entre otras cosas, que el sistema uno (Av. Don Pedro de Heredia) es donde se presenta el mayor número de accidentes en la ciudad. El sistema dos le sigue en importancia lo que demuestra la necesidad de buscar mecanismos que permitan disminuir las tasas de accidentalidad que actualmente presenta estas vías.

Otra conclusión importante es que a pesar que el número de vehículos particulares es aproximadamente tres (3) veces mayor que el de los vehículos públicos, estos últimos participaron en el 52.9 % de los accidentes que se presentaron, mientras que los primeros lo hicieron sólo con el 38.4 % del total de accidentes (Cuadro 19).

Los accidentes en su gran mayoría son de responsabilidad del conductor ya que las violaciones de mayor frecuencia fueron no mantener distancia de seguridad, no respetar prelación, adelantar cerrando, no respetar señales de tránsito, exceso de velocidad y exceso de alcohol (Cuadro 18) .

Otro hecho relevante es que los accidentes ocurren con mayor frecuencia en las horas pico (mañana, mediodía y tarde), que coinciden con las horas de mayor congestión en los tres sistemas.

Las anteriores consideraciones están resumidas en los cuadros 18 a 21, todos los datos fueron suministrados por el departamento de Estadística del DATT.

Cuadro 18. Principales causas de Accidentalidad año de 1995

TIPO DE VIOLACIÓN		NÚMERO	%
01	No mantener distancia de seguridad	720	14.9

02	No respetar prelación	670	13.8
03	Adelantar cerrando	530	10.9
04	Girar bruscamente (general) a la izquierda	528	10.9
05	Fallas mecánicas (frenos)	390	8.0
06	Reverso imprudente	380	7.8
07	No respetar señales de tránsito	360	7.4
08	Invasión de carril	350	7.2
09	Recoger o dejar pasajeros en lugares no permitidos	300	6.2
10	Mal parqueo	270	5.6
11	Exceso de velocidad	190	4.0
12	Exceso de alcohol	160	3.3

El tamaño de la muestra = 4848

Cuadro 19. Índices de accidentalidad año de 1995

Tipos de vehículos	Ene %	Feb %	Mar %	Abr %	May %	Jun %	Jul %	Ago %	Sep %	Oct %	Nov %	Dic %	Prom %
Públicos													
Automóviles	29	29	26	27	29	27	29.9	29.7	31.4	28.8	29.7	27.7	28.6
Buses	12	13	14	12	11	13	11.3	14.5	13.7	12.1	11.3	12.9	12.5
Busetas	7	8	9	10	10	9	7.1	5.4	10.5	7.1	8.7	5.3	8.0
Camiones	1.4	1	1.6	1.6	1.8	1.7	2.3	1.6	1.6	1	1.4	1.1	2.4
Vehículos articulados	2.7	3	3	2.8	3	4	2.3	2.7	2.0	1.3	1.4	1.1	2.4
Particulares													
Automóviles	22	23	23	22	21	22	23	22.5	19.8	21.6	18	22.2	19.7
Camionetas	8.6	7.6	8.8	9	7	7.5	8.5	9.3	8.9	8.6	9.5	9.5	8.6
Motos	4.8	5	6	5	4.5	5	3.5	3.6	3.8	4.8	6.1	4.8	4.7
Camperos	4.4	5.6	5.5	4.2	4.3	4.6	5.6	4.6	5.5	4.2	4.4	5.1	4.4
Microbuses	1.4	1.6	1.5	1.4	0.5	1.3	0.5	0.5	0.5	1.0	1.3	1.4	1
Camionetas oficiales	0.2	0.1	0.2	0.3	0.0	0.5	0.4	0.3	0.1	0.6	0.2	0.1	0.25
Camiones	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.08

oficiales													
Motos oficiales	1	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.7	0.3	0.2	0.1	0.3
Otros	5.4	2.6	0.8	4.3	7.5	4.3	4.3	5.4	5.2	1.4	8.6	7.7	5.4

Cuadro 20. Comparación Heridos y Muertos para los años 1994 y 1995

MES	Accidentes				Heridos				Muertos			
	1994	1995	Δ	%	1994	1995	Δ	%	1994	1995	Δ	%
Ene	500	531	31	6.2	65	73	8	12	2	1	-1	-50
Feb	472	503	31	6.6	77	79	2	2.6	0	2	2	200
Mar	532	540	8	1.5	79	82	3	3.8	8	1	-7	-87
Abr	520	510	-10	-1.9	72	68	-4	5.5	3	1	-2	-66.6
May	564	521	-43	-7.6	73	75	2	2.7	1	1	0	0
Jun	519	550	31	5.9	75	77	2	2.6	1	4	3	300
Jul	503	530	27	5.3	79	81	2	2.5	2	0	-2	100
Ago	503	570	67	13.3	67	85	18	26.8	2	2	0	0
Sep	541	580	39	7.2	69	76	7	10.1	1	3	2	200
Oct	530	570	40	7.5	75	79	4	5.3	0	1	1	100
Nov	525	580	55	10.5	89	82	-7	-7.8	5	1	-4	-80
Dic	509	618	109	21.4	81	87	6	7.4	2	3	1	50
Prom	518	550	32	6.1	75	78.6	3.58	4.7	2.25	1.67	-0.58	-25.8
Total	6218	6603	385	5.8	401	944	43	4.7	27	20	-7	-25.8

Cuadro 21. Principales puntos de accidentalidad

LUGARES	TOTAL	%
AV. Pedro de Heredia	740	26.8
Av. Crisanto Luque	139	8
Troncal de occidente	164	5.9

Carretera principal del Bosque	306	11
Bomba del Amparo	105	3.8
Bocagrande	400	14.5
Centro	282	10.2
Ave. Santander	143	5.1
Manga	199	7.2
Ave. Blas de Lezo	75	2.7
Mamonal	93	3.3
Cordialidad	112	4.0

7. MODELACIÓN Y SIMULACIÓN

Los modelos para la gestión de tránsito pueden referirse al uso de la red o a la operación de diversos modos de transporte. Nos abocaremos en lo sucesivo sólo al primer aspecto. Obviamente, existen medidas de gestión que se aplica a pequeñas secciones de la red (forma de regular una determinada intersección, por ejemplo) y otras que comprometen porciones sustantivas de ellas (coordinación de semáforos). Las exigencias concretas de la modelación difieren según la situación pero siempre aludirán a determinados elementos comunes. Se ha dicho que, supuesta la demanda, el proceso a modelar es eminentemente físico.

La red comprende vías y sus intersecciones y terminales, que son los puntos de entrada y salida de vehículos y usuarios se representa mediante un grafo compuesto por nodos (intersecciones y terminales) y arcos direccionales (tramos de vía). Este grafo es pues el modelo de una red.

Una propiedad importante del grafo es su conexidad, es decir, la posibilidad de viajar entre cualesquiera dos de sus nodos. La existencia de un arco entre ellos (si son adyacentes) o de una secuencia direccional (si no lo son) determina que hay conexión. Es una propiedad puramente topología cuya importancia práctica radica en que mediante ella se especifican regulaciones tales como la fijación

de sentidos de tránsito, la prohibición de virajes, las normas sobre estacionamiento y paradas o la asignación de ciertas vías específicas de vehículos.

Una segunda propiedad es la capacidad, o sea, la máxima cantidad de vehículos (o peatones) que puede pasar, en un periodo dado, por un punto de la red. En áreas urbanas, la capacidad de las vías está dominada por las intersecciones de modo que a cada arco se le asocia la que ofrece en su nodo de salida. Por otra parte los terminales tienen también su capacidad de paso (paradas) o de almacenamiento (estacionamientos) que es convenientemente asignada a los arcos que los alimenta. Estas capacidades dependen de características geométricas de la vía y otros factores pero, además, de la forma en que se operan intersecciones y terminales (Por ejemplo la programación de los semáforos).

Los usuarios y vehículos se representan como flujos, en periodos determinados. En los terminales serán de ingreso y/o salida de la red y en los arcos, de paso. normalmente los usuarios van dentro de los vehículos (excepto los peatones) en los arcos, lo que hace suficiente considerar solo los flujos vehiculares en ellos.

Los flujos se caracterizan por las siguientes propiedades : Origen y Destino en la red, composición por tipo de vehículo, intensidad y tasa de ocupación (relación usuario-vehículo).

Tanto la red como los flujos están definidos en el espacio tiempo. La red tiene una estructura espacial sometida a un sistema de covariable en el tiempo; las propiedades espaciales de los flujos se modifican a lo largo del tiempo.

Todas las anteriores situaciones y variables se combinan de alguna manera y deben ser tenidas en cuenta a la hora de resolver problemas de gestión de tránsito.

7.1. ESCOGENCIA DEL MODELO

De los diferentes tipos de modelos que existen se escogió el **TRANSYT** que corresponde a un modelo de capacidad. Este modelo tiene como ventajas el hecho de modelar toda una red (comprende varios tramos e intersecciones de una vía), y no puntos específicos como intersecciones, como lo hacen otros modelos (ejemplo el H.C.S), además suministra los datos aproximados de los ahorros en combustible y tiempo (reducción de demoras) lo que representa una valiosa información a la hora de entrar a considerar las diferentes alternativas.

El análisis de la información obtenida de los estudios de tránsito, se realizó mediante El programa TRANSYT, para representar las redes del área en estudio.

El programa se simuló para los tres horas pico del día, tanto para la situación actual como la condición mejorada. Con base en los resultados arrojados se realiza un análisis de beneficios y costos, base para la selección de alternativas.

7.1.1. TRANSYT. El programa trabaja en un modelo prioritario de control que permite modelar corrientes de tránsito que van en una misma dirección y direcciones opuestas. Los resultados incluyen costos de demoras y detenciones y estima de consumo de combustible.

Un resultado preliminar suministra ayuda para seleccionar tiempos de ciclos y ciclos de señales dobles. se suministra una opción para reducir la posibilidad de largas colas en una sección seleccionada de la vía.

7.1.2. Principios de tránsito del TRANSYT. Este modelo tiene 2 elementos principales:

- El modelo de tránsito.
- La optimización de señales.

El modelo representa el comportamiento del tránsito en una red vial en la cual muchas intersecciones son controladas por semáforos. El modelo predice el valor de un índice de rendimiento para la red, para algún plan de tiempo fijo y un conjunto promedio de corrientes de interés. El índice de funcionamiento es una medida del sobre costo de la congestión de tránsito y es usualmente una combinación de la cantidad total de demoras y el número de paradas que experimenta el tránsito.

El proceso de optimización arregla los tiempos de señales y chequea, usando el modelo, si los arreglos reducen el índice de rendimiento ó no, adaptando solamente estos arreglos los cuales reducen el índice de rendimiento, los tiempos de ciclo son mejorados sucesivamente.

7.1.3. Suposiciones básicas. El programa TRANSYT hace las siguientes presunciones para la modelación:

- En una intersección de prioridad la rama prioritaria conserva el derecho de vía y no es interferida por el flujo del ramal no prioritario.
- Las variables permanecen constantes durante el período analizado.
- El tipo de simulación utilizado por TRANSYT es determinístico y microscópico. El elemento básico del análisis es el pelotón (las llegadas a las intersecciones son en pelotón y no aleatorias, los efectos del apelonamiento se mantiene hasta 500 metros). Excepto en los arcos de entrada a la red, de contribución uniforme, donde la llegada es aleatoria.
- TRANSYT no considera bloqueos.

7.1.4. Datos de entrada. La red es representada como un conjunto de nodos conectados directamente por vínculos (arcos ó enlaces).

Los datos son suministrados por tarjetas y son los siguientes:

- Datos comunes a la red (tiempos de ciclo).
- Control del proceso de optimización.

- Movimientos específicos horarios y características del tránsito en los enlaces.
- Repartos de tiempo de ciclo.

7.1.5. Datos de salida.

- Copia de datos de entrada.
- Información para ayudar a seleccionar tiempo de ciclo.
- Modelo de predicción de tránsito para :
 - * colocación de señales iniciales.
 - * Señales intermedias en pendientes.
 - * Colocación de señales finales.

En lo referente al modelo de predicción presenta información de :

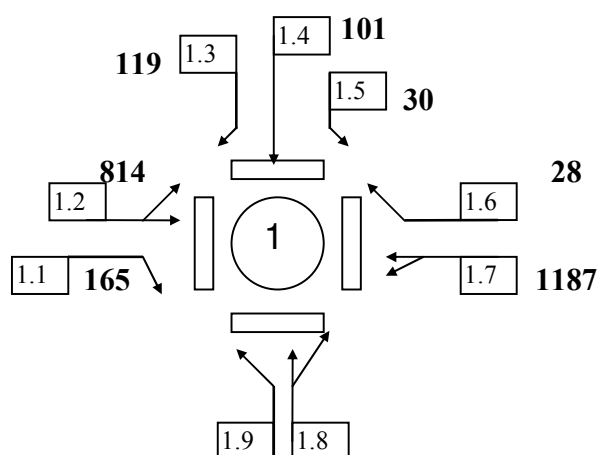
- Flujo de saturación.
- Grado de saturación.
- Tiempo de cruce principal.
- Tiempo demora.
- Costo detenciones.
- Máximo de colas.
- Índice de funcionamiento.
- Tiempo de verde.
- Velocidad.

7.1.6. Representación de la red. La red es representada por nodos interconectados o enlazados, cada intersección semaforizada es un nodo y cada corriente de tránsito que llega al nodo es representada por un enlace.

Un enlace puede representar uno o más carriles de tránsito y éste en un acceso puede ser representado por uno o varios arcos. En general, un enlace es necesario para representar cada movimiento. Por lo tanto no se justifica representar por enlaces separado las colas poco importantes, pero la corriente de tránsito que gira a la derecha y tenga un flujo significativo deberá ser representada por un enlace, el cual se separa de la representación del tránsito que viaja en línea recta a través de la intersección. Un enlace puede representar uno o más carriles siempre y cuando el tránsito sea parecido para unir la cola en cualquiera de los carriles y que las señales indicativas mostradas para esos carriles sean idénticas. Se muestra el correspondiente diagrama de nodos y enlaces. Los números en los recuadros indican el nodo y el flujo, de cada punto, los números al lado significan la cantidad de automóviles que pasan por esa determinada sección del nodo.

HORA: 7-8 Am

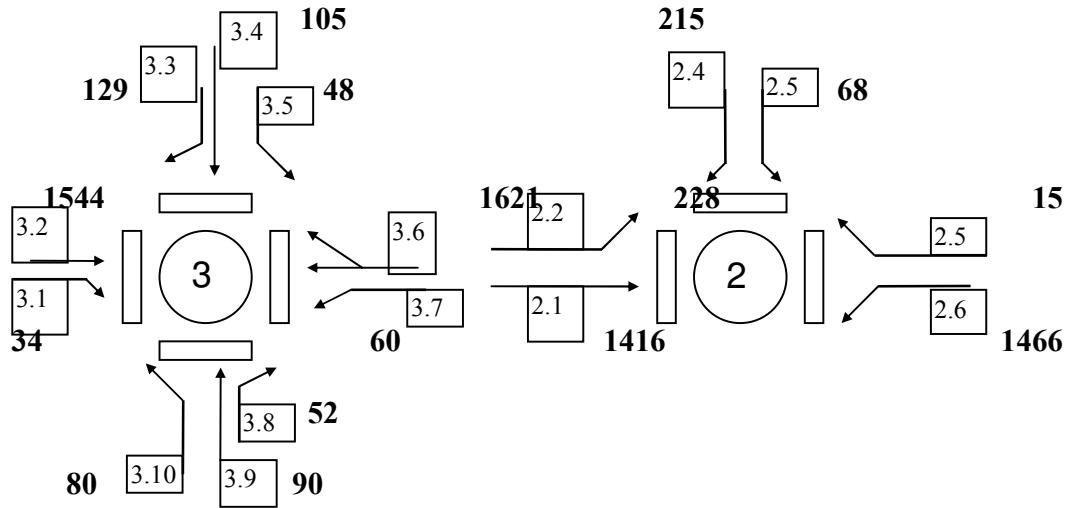
Semáforo del Centro Comercial La Plazuela.



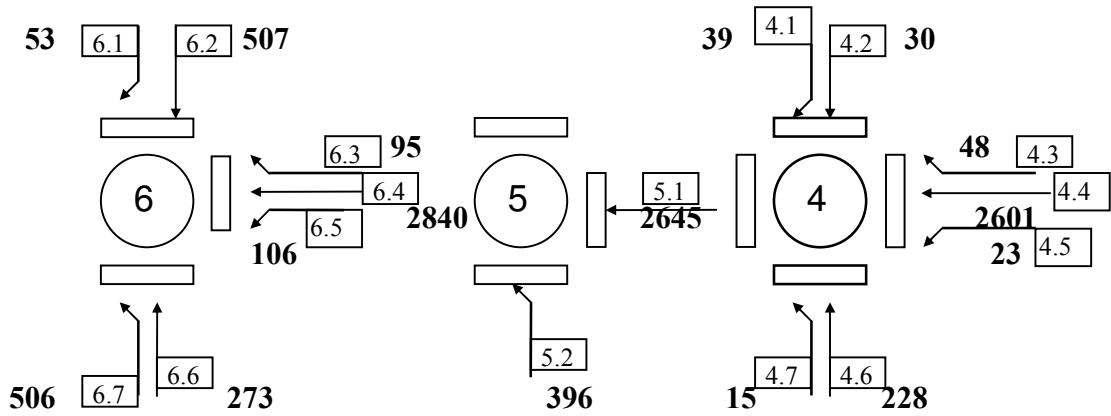
282

228

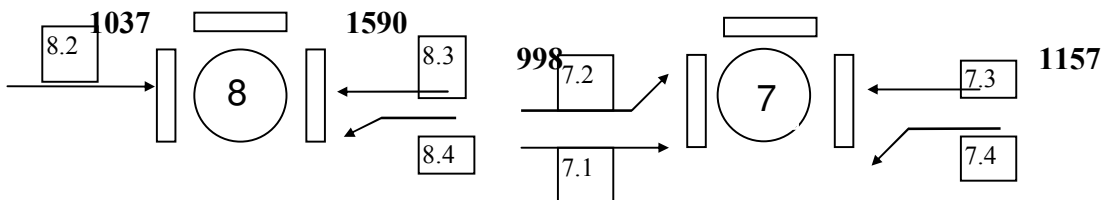
Semáforo Ley - Sena

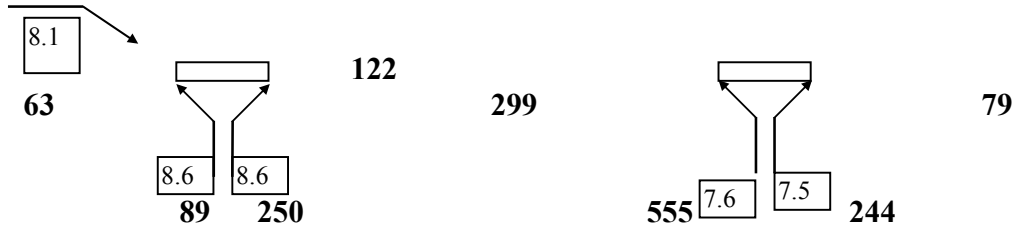


Semáforos: B.Popa - P.Popa - Castillo San Felipe.

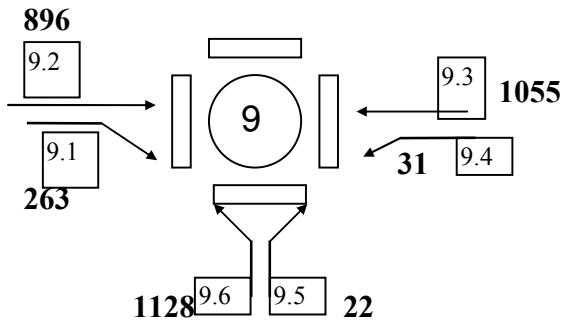


Semáforos: Blas de Lezo - Caracoles .

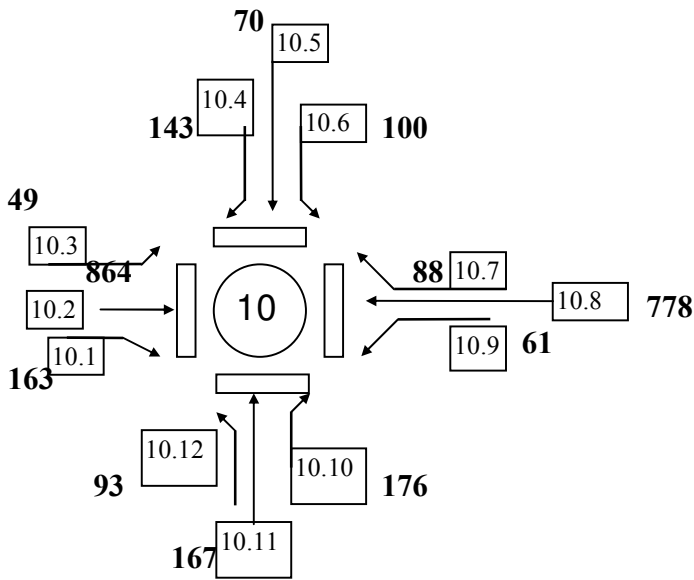




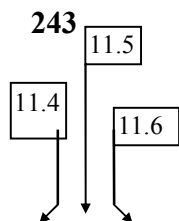
Semáforo: Fabrica de Concentrados Purina.

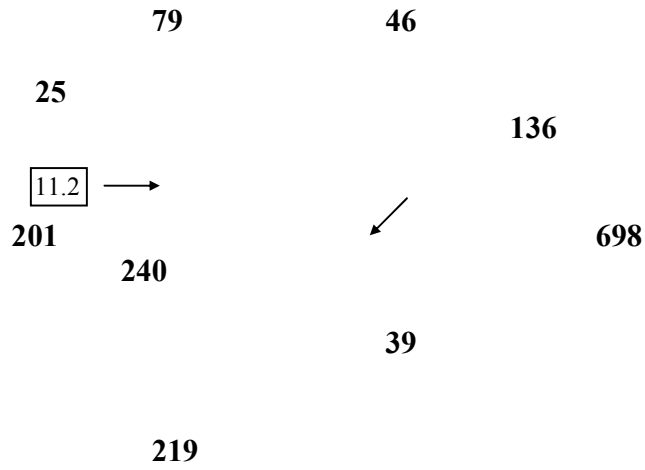


Semáforo: Entrada al Paraguay.



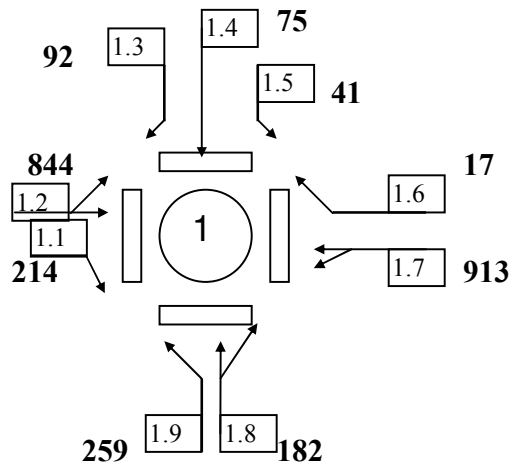
Semáforo: Restaurante Asia.



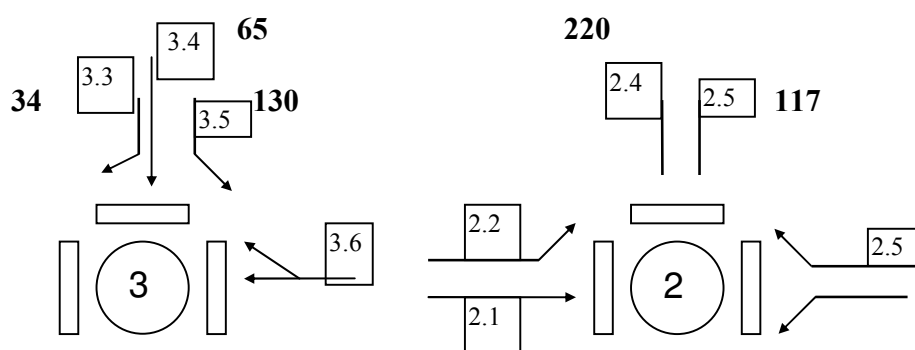


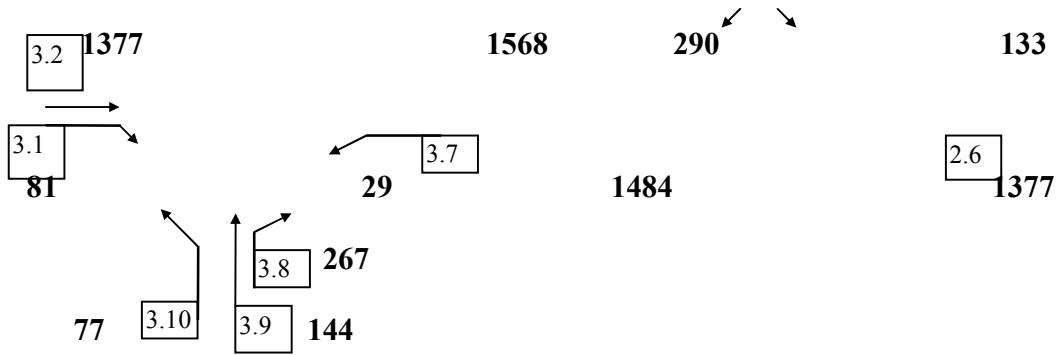
HORA: 6-7:00 Pm.

Semáforo del Centro Comercial La Plazuela.

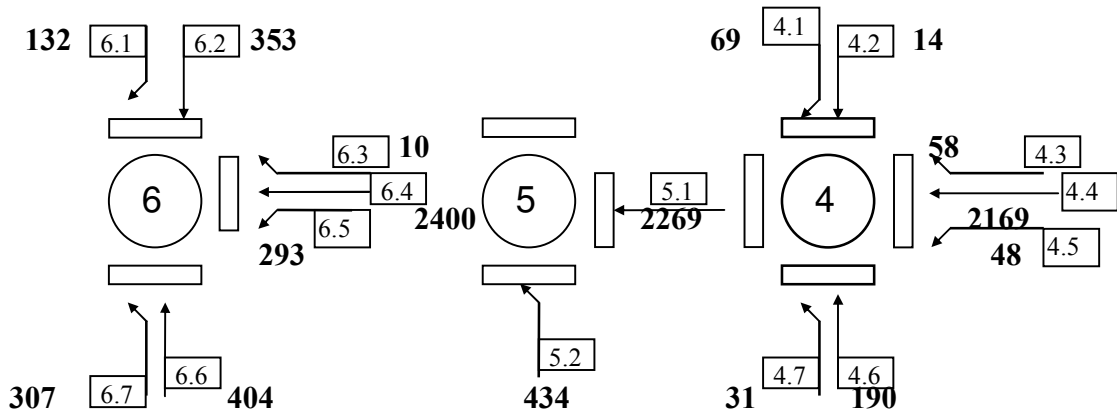


Semáforo Ley - Sena

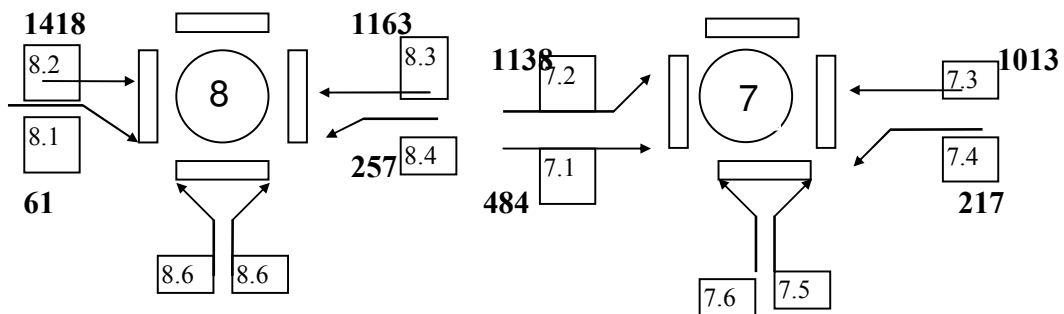




Semáforos: B.Popa - P.Popa - Castillo San Felipe.



Semáforos: Blas de Lezo - Caracoles .

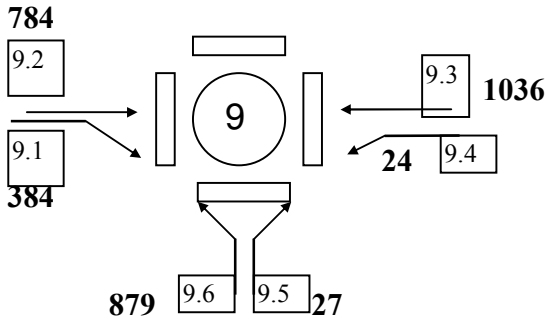


84 204

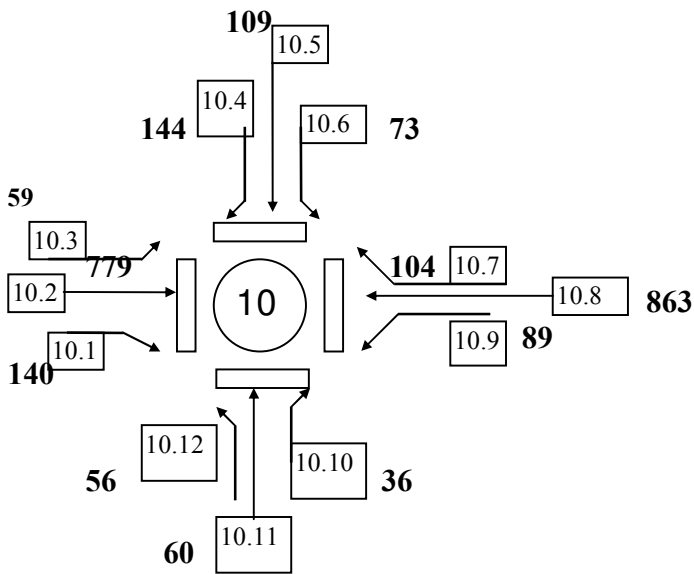
407

217

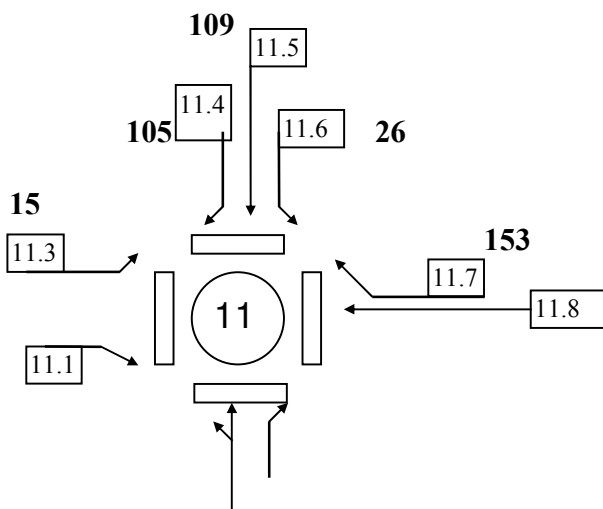
Semáforo: Fabrica de Concentrados Purina.

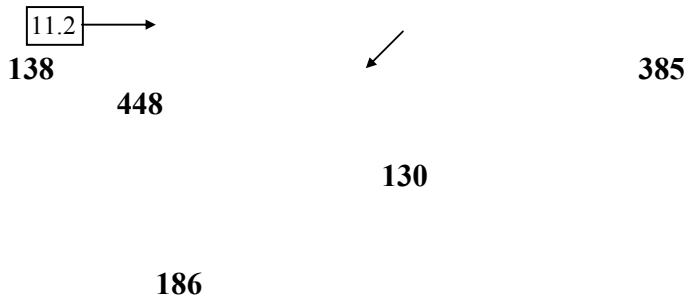


Semáforo: Entrada al Paraguay.



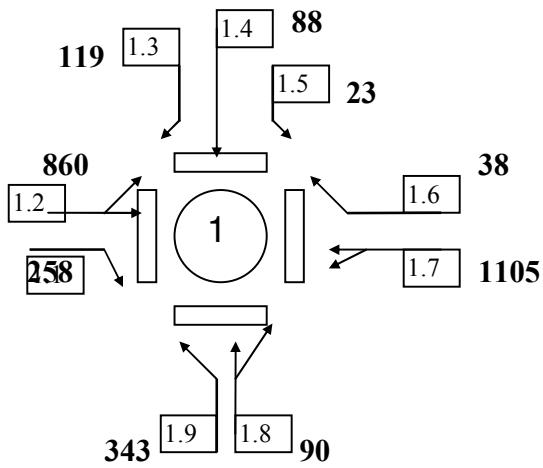
Semáforo: Restaurante Asia.



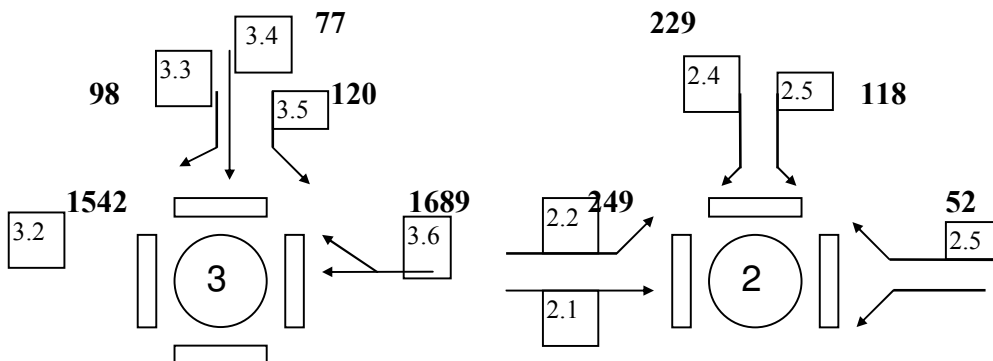


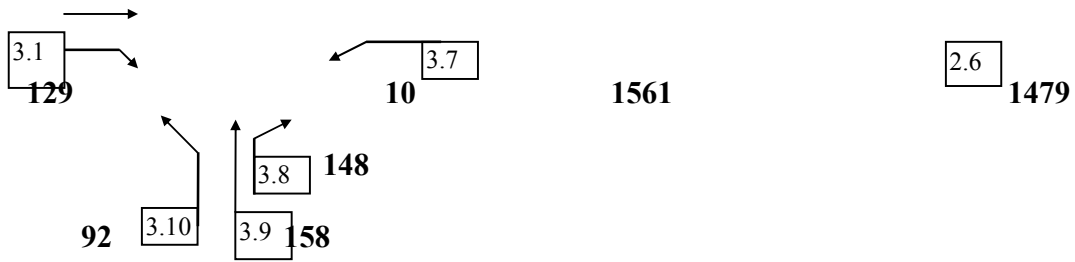
HORA: 12-1 Pm.

Semáforo del Centro Comercial La Plazuela.

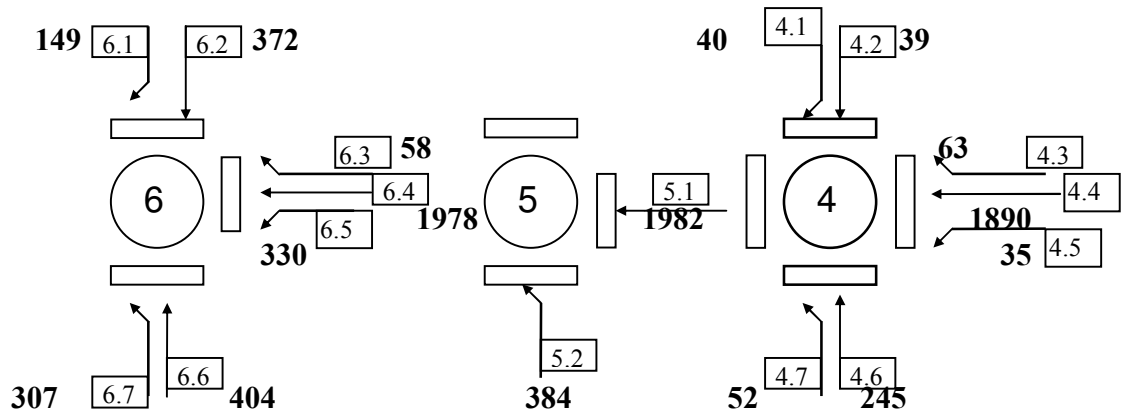


Semáforo Ley - Sena

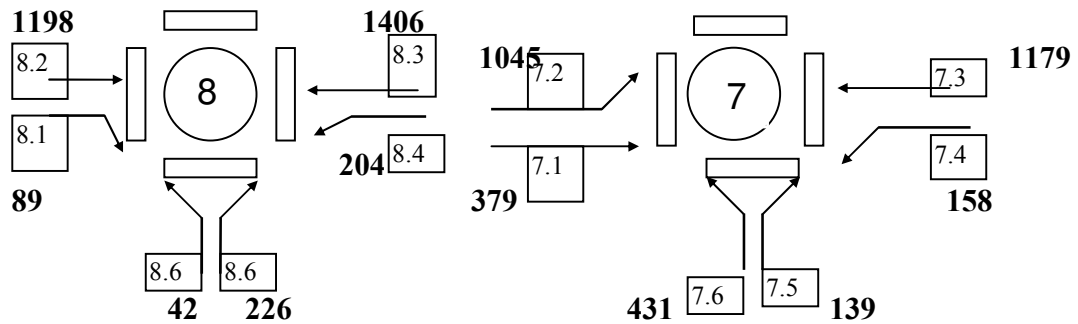




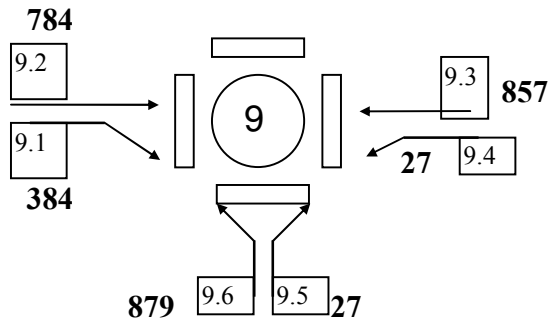
Semáforos: B.Popa - P.Popa - Castillo San Felipe.



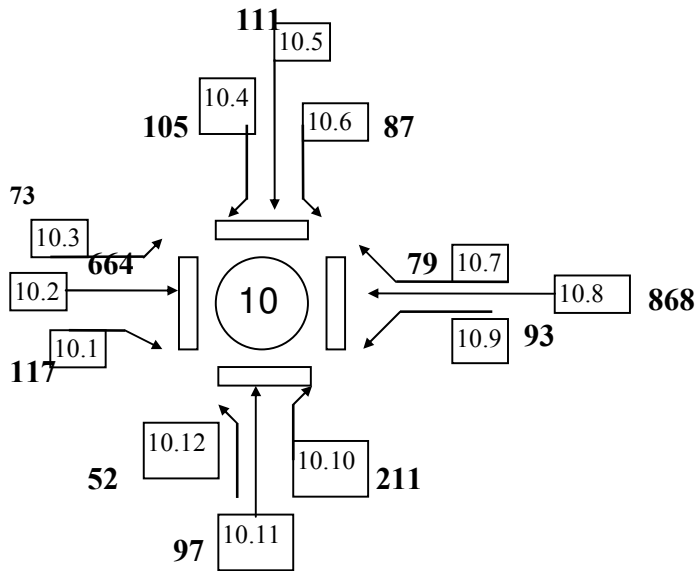
Semáforos: Blas de Lezo - Caracoles .



Semáforo: Fabrica de Concentrados Purina.



Semáforo: Entrada al Paraguay.



Semáforo: Restaurante Asia.

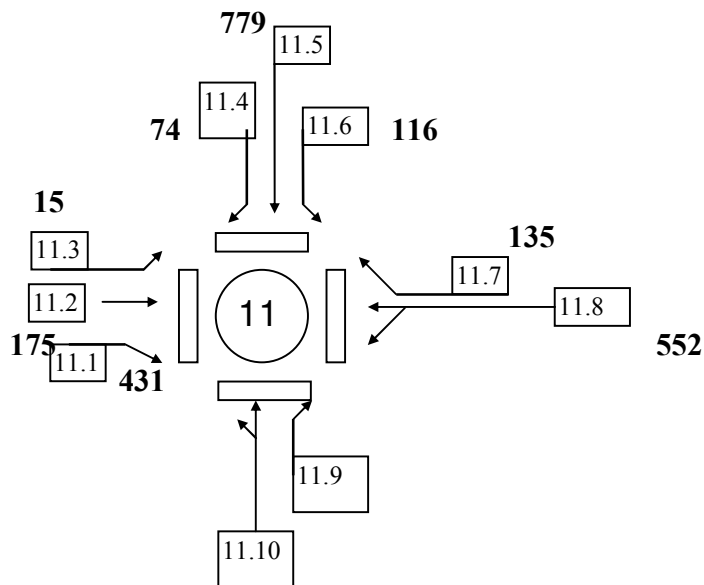


Figura 22. Diagrama de Nodos y Enlaces

7.1.7 Tarjetas de datos de entrada. Hay varios tipos de tarjetas usadas para suministrar al programa los siguientes datos:

- Los datos comunes a toda la red por ejemplo el tiempo de ciclo.
- Control del proceso de optimización.
- Especificar flujos (corrientes) horarios y otras características del tránsito en la intersección.
- Especificar los tiempos de las señales en los nodos.

Los datos deben ser números enteros. Los números son justificados a la derecha en cinco (5) columnas, si alguna es dejada en blanco, el programa lo interpreta como cero. El número tipo de la tarjeta se coloca siempre en las primeras cinco (5) columnas en la izquierda de la tarjeta.

Las tarjetas deben ser suministradas en orden ascendente de acuerdo al número tipo de cada una, excepto los tipos de la 11 a la 23, las cuales pueden ser suministradas en cualquier orden.

Los datos deben estar precedidos por un título, este no llevará el número tipo, y las letras ó números escritos servirán para identificar la salida de datos.

Los números de los enlaces, necesarios para cada tipo de tarjeta están en un rango de 1 a 9999. excepcionalmente se usaran números negativos (-1 a-9999), éstos tendrán todos los cálculos de flujo, colas, etc.; pero las demoras y detenciones deben ser omitidas de toda la red y del índice de servicio.

Se recomienda numerar los enlaces de tal forma que los primeros dígitos correspondan a los nodos de la corriente de abajo y los siguientes dígitos a los enlaces que llegan al nodo: La numeración debe hacerse en sentido horario.

7.1.8 Descripción de la salida de datos. La secuencia de la salida de datos del TRANSYT / 8 aparecen en los **Anexos C y D**. Se presentan las siguientes informaciones:

- Copia de los datos de entrada.
- Información de ayuda para la selección del tiempo del ciclo (opcional).
- Modelo de predicción del tránsito para:
 - * Arreglo de señales iniciales.
 - * Arreglo intermedio en ascenso.
 - * Arreglo de señales finales.

7.1.9 Copia de datos de entrada. El programa imprime los datos de entrada en la misma forma en que son suministrados al computador. Los errores encontrados por el programa son subrayados. Dependiendo del tipo de error, el programa puede o no proceder con la optimización.

Sólo ciertos tipos de errores pueden ser encontrados por el programa. La responsabilidad de suministrar datos acertados ó correctos descansa sobre el usuario.

7.1.10 Información de ayuda para la selección del tiempo de ciclo. La información es impresa en forma de dos tablas junto con símbolos que indican el resultado que puede obtenerse si se emplean dichos valores.

La primera tabla proporciona el máximo grupo de saturación por nodo y ciclo, este valor es el mayor de todos los arcos controlados por el nodo después que el EQUISAT ha realizado los arreglos de tiempo de verde.

La segunda tabla lista el coeficiente de rendimiento por nodo y por ciclo. Estos valores son calculados considerando los nodos como intersecciones aisladas. Los valores de coeficientes de rendimiento no incluyen el hecho de que se permiten detenciones, las cuales son incluidas en el modelo de la red; y los cálculos de demoras y detenciones sobre la vía (ocasionadas en los arcos) son aproximados: Estas simplificaciones son hechos para reducir el tiempo de computación.

7.1.11 Modelo de predicción del tráfico. Cada predicción es hecha para un grupo de señales en particular, es decir iniciales, intermedia o finales. La predicción siempre lleva este formato:

Título

Arreglo de señales

Predicciones de arco : Para cada arco se presenta la siguiente información en el orden numérico del mismo:

- * Número del arco.
- * Flujo en el arco (PCU / Hr ó veh / Hr). Esto es el flujo contado en la entrada del arco. Usualmente es igual al producto al valor especificado en la tarjeta 32 (columna 15). Sin embargo en la medida en que el flujo especificado cause un arco sobresaturado, el flujo de arcos aguas abajo debe ser reducido ya sea mediante el arreglo de señales o mediante el proceso de ascenso-ladera. En cada caso el flujo que entra al arco debe ser menor que el valor especificado en la tarjeta 32 en 10 PCU/hr.

El valor del flujo de entrada es marcado con el siguiente símbolo “ < “. En un arco sobresaturado por si mismo, usualmente debe especificarse el flujo de entrada y así no será marcado su flujo de salida, sin embargo será menor que el esperado, especialmente cuando el grado de saturación sea mayor que cien por ciento (100 %).

- * Flujo de saturación (PCU / hr de verde). este es el valor especificado en la columna 70 de a la tarjeta 31 (ó en la columna 70 de la tarjeta 30, si la 31 no existe). Los arcos que tienen línea de detención compartida (tarjeta 7) son identificadas, en la predicción de arcos, por la letra S ó L después del número en la columna de flujo de saturación.

La **L** indica que el número que le precede no es un flujo de saturación, pero es el número del arco que contiene el dato en el tiempo de verde y el flujo de saturación para la línea de detención compartida.

La **S** indica que el arco comparte su línea de detención con otros arcos. En este caso el número que le precede es el flujo de saturación en la línea de detención compartida.

* Grado de saturación (%). Es la relación:

$$\frac{\text{Flujo total que entra al arco} \cdot \text{tiempo de ciclo} \cdot 100}{\text{Flujo de saturación} \cdot \text{tiempo efectivo de verde}}$$

El grado de saturación es una medida importante de la disponibilidad del tiempo de verde e indica que tan cerca están los arcos de su máxima capacidad. Un valor mayor de 100 corresponde a la sobresaturación y la cola crecerá dependiendo de las condiciones del flujo existente.

* Tiempo medio de cruce (segundos). Este es el tiempo medio de viaje sin demoras a lo largo del arco obtenido, hasta para cuatro (4) posibles entradas de cruce, del tiempo especificado en la tarjeta 32; estos tiempos de cruce son pesados en proporción al flujo afluente. Si opcionalmente, las velocidades son especificadas, los tiempos de cruce se calculan primero que las velocidades a lo largo del arco.

* Tiempo medio de demora (segundos). Este es un promedio de valor obtenido de dividir la rata total de demora (uniforme y aleatoria + sobresaturación) por el flujo que entra al arco.

* Demora uniforme (PCU- hr/hr). Es el componente uniforme de la rata total en la que se produce la demora en el arco. El componente uniforme es equivalente al número promedio de PCU en la cola en el arco durante el ciclo típico.

* Demora aleatoria + sobresaturación (PCU-hr / hr). La tasa de demora aleatoria es el componente de la tasa total de demora, la cual es causada por fluctuaciones aleatorias del tránsito que llega al arco. Si el grado de saturación del arco excede el 100 % la rata total de demora incluye otra componente de la sobresaturación, la cual cuenta para un incremento constante en la cola durante el período debido al exceso que llega.

La demora total es igual a la suma de los valores dados en las columnas de “uniforme” y “aleatoria + sobresaturación”.

Este total es equivalente al número promedio en CPU en cola en el arco durante el período especificado en las columnas 16 a 20 de la tarjeta 1.

* Costos de la demora (\$ / hr). La rata de la demora total para el arco es multiplicado por el valor especificado en las columnas 71-75 de la tarjeta 1, y

dividido por 100 para dar el costo por hora en pesos. Un asterisco después del costo de la demora indica una demora más pesada que la unidad que ha sido especificada en la tarjeta 30 ó 31 para este enlace.

* Detenciones medias por CPU (%). Esto es el porcentaje promedio de detenciones por P.C.U. entrando al arco, por ejemplo 100, es 100 detenciones media por PCU. La estimación tiene en cuenta tanto las detenciones uniformes como las aleatorias y también las detenciones parciales. Las detenciones/PCU excederán a 100 % en los enlaces donde el afluente esté cercano a la capacidad porque algunos vehículos se detienen 2 veces.

* Costo de detención (\$/hr). El número total de detenciones por hora es inicialmente obtenido como el producto de detenciones media/PCU y el flujo que llega al arco. Este total es entonces incrementado o disminuido teniendo en cuenta la energía cinética perdida en la velocidad durante el cruce en el enlace y así compararlo con una detención estándar de 12 segundos.

El nuevo total de detenciones equivalentes estándar por hora es multiplicado por el valor especificado en las columnas 76-80 de la tarjeta 1 y dividido por 10000 para dar el costo por hora en libras. Un asterisco después del costo de la detención indica que esta detención pesa más que la unidad que ha sido especificada en la tarjeta 30 ó 31 para este enlace.

* Cola máxima media (P.C.U). El valor dado es estimado de dos componentes como sigue:

- Durante el ciclo típico modelado por TRANSYT, una señal es mantenida en la posición de vehículos que se adicionan a la cola (medida en números de P.C.U. hacia atrás en la línea de detención en unidades de longitud).

- Durante el período de verde el tránsito descarga desde el frente de la cola, pero otro flujo puede unirse a la cola. La “máxima cola hacia atrás” es la posición (en PCU) alcanzada por detrás de la cola justo cuando ella se vacía. Este valor es un promedio obtenido asumiendo que llegadas en cada ciclo son idénticas a las modeladas durante el ciclo típico.

El segundo componente es el promedio de la cola aleatoria + sobresaturación, (numéricamente igual a la llegada aleatoria + sobresaturación en el enlace), la cual se suma a la máxima cola hacia atrás para dar valor impreso en la salida. El segundo componente es una corrección al máximo de cola hacia atrás, la cual se hace permitiendo algunas variaciones en el tamaño de la cola de ciclo a ciclo, pero el valor que se imprime es solo una aproximación promedio del máximo de cola posible, y puede ser excedido en 50 % del tiempo.

* Exceso promedio de la cola (P.C.U). En los enlaces se ha especificado un límite de la cola (tarjeta 38), la máxima cola media es comparada contra el límite de cola durante cada fase del ciclo típico. Si durante alguna fase el límite es excedido, el exceso es totalizado y por lo tanto se computa un exceso

promedio de cola para el enlace. En esta forma se requiere que el valor impreso esté relacionado no solo con la cantidad por la cual el límite es excedido sino también con la duración del bloqueo.

Cada exceso promedio de cola, pesado por el valor especificado en la tarjeta 38, es adicionado al índice de rendimiento y las señales optimizadas tenderán a evitar la formación de colas. Para los enlaces especificados en la tarjeta 38, se realiza la siguiente operación, para hallar la capacidad del arco en P.C.U.

$$\text{Capacidad del arco (P.C.U.)} = \text{L.A.} * \text{F.S} / 5.75 * 1850$$

donde: L.a = longitud del arco en metros.

$$\text{F.S} = \text{flujo de saturación en P.C.U. / hr.}$$

Se asume que cada PCU en cola ocupa 5,75 metros a lo largo de la vía con un flujo de saturación estándar de 1850 PCU / hr de verde.

Si el valor máximo de cola excede la capacidad del arco, la salida es marcada con símbolo +, para indicar un posible problema, el cual recomienda al usuario chequear si las señales son implementadas en la práctica.

* Índice de rendimiento (\$/h). Es la suma de los costos de demoras y detenciones para el enlace más la multa por incumplir el límite de cola (tarjeta 38). los componentes son pesados, (para cualquier enlace los pesos de demoras y detenciones ; tarjeta 30 o 31) y después sumados. Si se desea incluir en el costo dado por el índice de rendimiento un análisis de costos-

beneficios, es conveniente considerar que los factores de peso de las demoras, detenciones y colas, resultan de una estimación real de costos.

* Salida del nodo. Es el número del nodo en el enlace tal como se especifica en la columna 15 de la tarjeta 31.

* Tiempo de verde (segundos). Aquí se listan el comienzo y final de los tiempos para uno o dos períodos de verde mostrados para el tránsito en el enlace. Los tiempos son los actuales tiempos de verde; para obtener un tiempo efectivo de verde sumando al desplazamiento especificado en la tarjeta 1.

RESUMEN DE LA RED. Las predicciones para el arco y otros datos importantes son resumidos como sigue:

Primera línea: Para todos los enlaces, el índice de rendimiento usado para la optimización de señales.

Segunda línea Para enlaces de bus.

Tercera línea Otros enlaces.

La segunda y tercera línea aparecerán solamente si hay enlaces de buses.

* Distancia total viajada (PCU-km / hr). Es el promedio del flujo total que llega al enlace y la longitud del mismo, sumada para todos los enlaces. Representa la demanda del tránsito en la red. Si algunos enlaces están sobresaturados, parte del tránsito no podrá pasar a enlaces corriente abajo, en consecuencia, el valor total de la distancia puede ser menor que la que se presentaría si no hubiese sobresaturación. En la práctica, tal reducción en el viaje probablemente hace más lenta la dispersión de la cola, pero esto podría ocurrir antes del final del período (columna 20, tarjeta 1) para el cual el TRANSYT realiza los cálculos.

* Tiempo total gastado (PCU-hr / hr). Es el producto del flujo en el enlace y la suma del tiempo medio de demora más el tiempo medio de cruce sumando para todos los enlaces.

Otra interpretación es el número promedio de vehículos prestados en la red durante el período especificado. Algunos vehículos estarán en cola. El número estimado para la demora promedio total (uniforme y aleatoria+ sobresaturación), los restantes estarán viajando entre intersecciones.

* Velocidad media de viaje (km / hr). Es la diferencia total dividida por el tiempo dado para la velocidad promedio, la cual representa la velocidad de viaje típica en la red. Otros valores son totales apropiados de valores para el enlace en la misma columna; donde los valores aplicables al enlace son multiplicados por el peso individual del enlace (indicado por un asterisco si es mayor que la unidad), antes de sumar el total.

* Estimación del consumo de combustible. La estimación es subdividida en 3 componentes:

- Combustible usado en el enlace.
- Combustible usado en la demora.
- Combustible para detenciones y arranques.

Los valores son totales para la red con el supuesto de la mezcla de vehículos tipos desde el principio hasta el final.

TRANSYT permite modelar enlace solo para buses, sin embargo esta alternativa no fue utilizada en la simulación porque en la ciudad de Cartagena no existe ninguna vía con carriles destinados exclusivamente para buses.

7.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO

Es necesario realizar una corrección de los flujos vehiculares que se hayan obtenido de los conteos de dichos flujos, dado que el hecho de realizar los conteos en diferentes días ocasiona una natural variación y a esto se suma el haber utilizado el método manual que de por sí implica errores por exceso o defecto que distorsiona los resultados obtenidos.

La corrección se hizo para todas aquellas intersecciones consecutivas, de tal manera que se mantuviera el principio de conservación de flujos. Debe tenerse en cuenta que el **TRANSYT** internamente hace un ajuste de flujos, pero los datos deben ser corregidos para lograr modelarlos en los programas de computador en una forma más real.

Los ajustes abarcaron las siguientes intersecciones, Entrada a las Gaviotas, Esquina del Sena, Bajada del Convento de la Popa, Pie de la Popa Castillo San Felipe de Barajas, entrada a Blas de Lezo, entrada a Los Caracoles. Las otras intersecciones, Carrera 71, esquina de la fábrica de concentrados Purina, entrada al Paraguay, la intersección de la Carretera Principal del Bosque con la Av. Crisanto Luque, se evaluaron con los flujos tales como fueron tomados en los

respectivos conteos. Para efectos de introducción de los datos al TRANSYT las intersecciones fueron enumeradas en forma de nodos que son 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 1, 9, 10, y 11 respectivamente, de las cuales seis (1,2...6) son del **sistema uno**, los tres siguientes del **sistema dos** y las otros hacen parte del **sistema tres**. La representación gráfica de estos nodos se mostraron en la Figura 22; la cual contiene en los tres horarios los flujos vehiculares de cada intersección y su respectivo sentido.

7.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL SEGÚN RESULTADOS DEL MODELO

El diagnóstico entregado por el TRANSYT acerca de los tres sistemas, muestra el alto grado de saturación que presentan las vías a lo largo de su trayectoria, así como los afluentes que la surten o que la cruzan en algún sector. Ejemplo de esto es lo que ocurre en los enlaces 2.1,2.2,2.3,4.4,5.2,6.6,9.3,9.6 correspondientes básicamente a los sistemas uno y dos en las horas de la mañana, donde se alcanzan índices de sobresaturación hasta del 250% y más, ver **Anexo C y D**.

Este fenómeno ha ocasionado, que se alcancen promedio de velocidad en algunos sectores cercanos a los 3.6 Km/hr lo que se refleja en la gran cantidad de tiempo que se emplea para recorrer los tramos más transitados. Los altos índices de demora y el gran número de detenciones que experimentan los vehículos que circulan por estas vías, conlleva a que se consuman grandes

cantidades de combustible, se estima que en promedio los vehículos que transitan por la vía requieren de 7.956 Lts/hr de combustible elevando el costo de la operación del total de vehículos que utilizan estos sistemas.

Los conflictos locales tienen su origen en diferencias de velocidad, dirección o función que desempeñan en un lugar determinado ciertas corrientes vehiculares o peatonales. Pueden pues aparecer en gran cantidad aún en una zona pequeña y de hecho así ocurre. La regulación del tránsito condiciona su desarrollo, llegando a prohibir algunos de ellos, por lo que no es suficiente para fines de diagnóstico observar los existentes o hacerlo con independencia de la regulación. Los conflictos se detectan a través de sus manifestaciones físicas y, típicamente, cuando alcanzan una intensidad apreciable son catalogados como problemas. Interesa entonces precisar cómo describirlos, detectarlos, y luego, atribuirles causas.

7.3.1 Descripción de conflictos. Hay dos variables claves: participantes e intensidad. Las primeras pueden representarse como movimientos, incorporado así directamente Origen-Destino (zonas o accesos) y categoría de vehículos. La segunda como intensidad, está relacionada con manifestaciones de los conflictos, de las cuales destacan dos: congestión y accidentes. Indicadores adecuados de congestión son el grado de saturación (Cuadro 22, 23 y 24), si se trata de movimiento en una intersección, o la velocidad media, en un tramo de vía. Los accidentes se cuantifican recurriendo a su tasa anual por clase de accidente (Cuadro 18), se puede así hablar de conflictos entre movimientos con

una determinada intensidad. Un grupo especial, al que se le supone alta intensidad, está constituido por los movimientos impedidos.

7.3.2 Detección de los conflictos relevantes. Se hace basándose en la intensidad. Nótese que ésta no aporta una individualización automática de los movimientos involucrados. Por ejemplo, un grado de saturación alto de un movimiento en una intersección semaforizada no puede adscribirse sin más al de otro movimiento. Entonces, la intensidad sirve para detectar movimientos críticos a lo que debe suceder un análisis más fino que permita detectar los conflictos a que responden. Los requerimientos establecidos para la simulación de la situación actual aseguran que se dispondrá de la información necesaria a estos efectos.

Seleccionado un conjunto de conflictos en cada elemento de la red que interese, hay que estudiar sus causas. Gran parte de los conflictos en cada elemento son inevitables y su origen evidente. Pero se trata de algo más: comprender por qué alcanzan cierta intensidad. Dos aspectos son, en principio, esenciales: si son conflictos derivados y si responden a subutilización de capacidad. El primero remite a eventuales encadenamientos por bloqueo y apunta a identificar cuellos de botella auténticos. El segundo lleva a discernir si hay margen de mejora en el terreno de la eficiencia o se está en presencia de un desequilibrio mayor entre flujo y capacidad. Los conflictos que se prueben derivados deben ser descartados para el análisis posterior, en que se buscan causas específicas.

7.3.3 Subutilización local de capacidad. Son dos las principales situaciones en que ella existe.

a) Desequilibrio de grados de saturación. Es el caso en que en una intersección hay movimientos que presentan un alto grado de saturación mientras otros que son conflictivos con ellos están notoriamente menos saturados. Puede deberse a que la forma de control de la intersección sea inapropiada. O, si está semaforizada, a que la programación, especialmente el diseño de fases o el reparto es deficiente.(Cuadros 22, 23, 24).

b) Capacidad anómala. Es el caso en que un movimiento, o una combinación de ellos, posee en la situación calibrada una capacidad significativamente inferior valor estándar correspondiente. Esto puede originarse por un flujo de saturación básico reducido, por pérdida excesivas o, si no es una intersección semaforizada.

Cuadro 22. Porcentaje de Saturación por nodo en el horario de la mañana

Nodo	Ciclo (seg)	Porcentaje de saturación
1	90	134
2	90	383

3	90	145
4	70	241
5	45	283
6	120	268
7	90	174
8	90	161
9	90	337
10	90	161
11	120	89

Cuadro 23. Porcentaje de Saturación por nodo en el horario del Medio día

Nodo	Ciclo (seg)	Porcentaje de saturación
1	90	138
2	90	327
3	90	156
4	70	188
5	45	288
6	120	110
7	90	158
8	90	143
9	90	269
10	90	167
11	120	183

Cuadro 24 Porcentaje de Saturación por nodo en el horario de la Tarde

Nodo	Ciclo (seg)	Porcentaje de saturación
1	90	111
2	90	318
3	90	163
4	70	201

5	45	254
6	120	275
7	90	150
8	90	140
9	90	296
10	90	154
11	120	87

7.4 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN MEJORADA

El propósito fundamental de esta actividad es proveer una sustentación adecuada a la formulación de alternativas de diseño. Todo lugar sujeto a estudio presenta una cantidad significativa de características susceptibles de ser mejoradas. El problema es precisar cuáles de ellas son más importantes en cada caso e identificar medidas promisorias para obtener los efectos deseados con mayor eficacia, ya que fenómenos como congestión en un acceso pueden provenir de muy distintas causas. Las situaciones reales son complejas, con múltiples factores interactuantes. Abordarlas desde la perspectiva del diseño es una arte que no se atiene a reglas formales estrictas. Pero es beneficioso disponer de ciertas orientaciones que contribuyen al manejo sistemático de la información y a la consideración de los diversos intereses en juego.

Los requerimientos para el estudio de cada proyecto especificarán los objetivos definidos para él y el ámbito de acción deseado, que se traduce en su clasificación. Esto resulta de un diagnóstico previo y determina el marco general en que debe inscribirse el análisis de la situación actual. La situación de ésta en

los períodos correspondientes, los otros datos recolectados y las impresiones recogidas en terreno por el analista constituyen los antecedentes inmediatos en que se basa esta actividad.

Las actuaciones sobre la vialidad urbana repercuten en numerosos planos, que los métodos de evaluación de este proyecto procuran incorporar. El análisis de la situación actual debe tener en vista todos ellos. No obstante, esta sección contiene recomendaciones sólo en lo relacionado con los problemas de tráfico. A medida que se vayan desarrollando pautas de diagnóstico en materia urbanística, se irán incluyendo.

Implementando las alternativas que se propondrán más adelante, tales como adecuar la diagonal 21A para que transiten los buses y taxis en sentido sur-norte paralela a la Carretera Principal del Bosque, además, la habilitación de las calles 33 y 34 para dirigirse en la misma dirección de la avenida Don Pedro de Heredia a la altura del mercado de Bazurto, así como el fomento de la utilización de otras vías que permiten los mismos recorridos de los corredores viales en estudio como son: diagonal 22, transversal 45, calle 30, Av. Pedro Romero y Diagonal 32, se esperaría que un 30% de los vehículos que utilizan los tres sistemas se desplacen hacia estas vías.

Simulando ésta y las demás alternativas en el modelo TRANSYT este arroja mejoras considerables en los enlaces que presentaban altos índices de saturación en la situación actual.

El promedio de velocidad en los sectores mas congestionados aumenta a 5.4 Km/hr, reduciendo el tiempo necesario para transitar por estos tramos al igual que disminuyen las demoras y el número de detenciones que experimentan los vehículos. De esta manera el consumo de combustible que requiere la totalidad de los autos que utilizan la red se reduce a 3.825 Lts/hr, o sea, se presenta un ahorro comparándolo con la situación actual de 4.131 Lts/hr, disminuyendo igualmente los costos de operación para transitan por esta vía, ver **Anexo E y F.**

El porcentaje de saturación en los nodos por horario mañana (7:00-8:00) Medio día (12:00-1:00), Tarde (6:00-7:00), disminuye como se muestra en los siguientes Cuadros (25, 26 y 27).

Cuadro 25. Porcentaje de Saturación por nodo en el horario de la Mañana

Nodo	Ciclo	Porcentaje de saturación
1	90	94
2	90	223
3	90	101
4	70	169
5	45	198
6	120	187
7	90	122
8	90	112
9	90	236
10	90	113
11	120	63

Cuadro 26. Porcentaje de Saturación por nodo en el horario del Mediodía

Nodo	Ciclo	Porcentaje de saturación
1	90	96
2	90	229
3	90	109
4	70	132
5	45	159
6	120	147
7	90	110
8	90	100
9	90	180
10	90	117
11	120	128

Cuadro 27. Porcentaje de saturación por nodo en el horario de la Tarde

Nodo	Ciclo	Porcentaje de saturación
1	90	78
2	90	223
3	90	114
4	70	141
5	45	178
6	120	195
7	90	185
8	90	98
9	90	207
10	90	108
11	120	61

Como se puede observar a pesar de el 30% que se le introdujo al TRANSYT como mejora por los factores antes mencionados, algunos nodos (2 y 9), por estar demasiado saturados en la situación actual¹, todavía no bajan del 200% de saturación. Estos nodos son los del la Esquina de Las Gaviotas y el de la Entrada a Blas de Lezo. Hay que tener en cuenta este aspecto, para tener una mayor atención en el futuro en estos dos puntos.

¹ Actual es al inicio de este estudio, Enero de 1997.

8. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .

Después de realizar un análisis detallado de los conflictos que se presentan en la zona de estudio, se establecieron las siguientes alternativas de solución.

a) VÍAS ALTERNAS PREFERENCIALES

Se busca formar una vía alterna a la Av. Don Pedro de Heredia a la altura del Mercado de Bazurto. Esta operaría en la Calle 33 y 34 desde la carrera 30 hasta la intersección con la Av. Al Aeropuerto, en un solo sentido, este-oeste actuando como vía preferencial.

En la Carretera Principal del Bosque se quiere crear una vía alterna solamente en sentido sur-norte en la Diagonal 21A, desde la Av. Del Oriente hasta la Transversal 45A, de igual manera actuaría como vía preferencial.

b) SEMAFORIZACIÓN Y SEÑALIZACIÓN.

En la evolución que han tenido los métodos de control de tránsito se ha pasado de semáforos automáticos de tiempos fijos con períodos determinados, a aquellos donde existe la alternativa de utilizar programas controladores de períodos. La propuesta de solución a los graves conflictos que se presentan actualmente en los sistemas, implica la coordinación de los semáforos de tal

forma que se genere la ola verde, apoyada claro está en otras medidas de gestión de tránsito.

De igual manera se hace necesario la instalación de semáforos en varias intersecciones a lo largo de la Avenida Don Pedro de Heredia, Carretera Troncal de Occidente y Carretera Principal del Bosque.

Este programa de semaforización debe ir acompañado de un agresivo plan de señalización tanto vertical como en el pavimento, de tal forma que facilite y haga posible los objetivos propuestos.

c) MEJORAMIENTO DEL ESTADO DE LA VÍA.

Los **sistema dos y tres** presentan un aceptable estado físico del pavimento, pero en el primero de estos la sección de concreto rígido tiene algunos imperfectos, ocurre lo mismo con el **sistema uno** desde los inicios de esta hasta la Alameda la Victoria, donde en algunos tramos se encuentra completamente destruida la vía. Siendo este tramo el que peor diseño geométrico presenta por su número de carriles y la no presencia de islas de separación. Esta vía debería redundar en mayores velocidades de circulación y menores tiempos de viajes, hechos que en la actualidad no ocurren por el mal estado del pavimento. Se hace necesario para los fines propuestos iniciar en el menor tiempo posible la reconstrucción de este tramo de la Avenida Don Pedro de Heredia y mejorar el pavimento del tramo de concreto rígido en la Carretera

Troncal de Occidente, como solución a los bajos niveles de servicio que actualmente presenta.

Las vías alternas propuestas necesitan ser adecuadas en aspectos de mejoramiento del pavimento de la vía así como en cuanto a mejoras geométricas.

d) CREACIÓN Y/O REORDENAMIENTO DE RUTAS.

De los resultados obtenidos en la encuesta origen-destino, se pudo estimar de manera aproximada, cuales son las zonas de la ciudad hacia donde se desplazan con mayor proporción los usuarios de las vías en estudio en su área de influencia.

De estos resultados se podría entrar a analizar la posibilidad de crear nuevas rutas o reordenar algunas de las existente de tal manera que satisfagan las necesidades de movilización de los usuarios del transporte colectivo.

d) PROGRAMAS DE PARADEROS DE BUSES.

Actualmente un porcentaje muy elevado de los conflictos que se presentan en los sistemas, en cuanto a tránsito se refiere, son ocasionados por los vehículos

de servicio público colectivo, específicamente los buses, busetas y microbuses, que al no tener reglamentado los paraderos para dejar ó recoger pasajeros, lo hacen en cualquier lugar de la vía, ocasionando graves problemas de desorden en el flujo vehicular y colocando en riesgo de los usuarios que utilizan este servicio.

Se hace necesario, por todo lo anterior, definir y reglamentar los sitios de parada de los buses y los colectivos, de tal manera que estos vehículos contribuyan con el buen funcionamiento del flujo vehicular en la avenidas en estudio.

e) CIERRE DE LAS ISLAS DE SEPARACIÓN.

El cierre de algunas islas de separación busca aumentar la velocidad de operación y disminuir la ocurrencia de accidentes.

La velocidad de operación aumentaría ya que el tráfico no se vería interrumpido por aquellos vehículos que se detienen en el canal rápido a la espera de cruzar a la derecha o a la izquierda. Esto obligaría a que los conductores que deseen hacer dichos cruces lo hagan por intersecciones semaforizadas que lo permitan.

Los accidentes disminuirían ya que cada vez que un vehículo realiza un cruce de estos, pone en peligro a los conductores que se desplazan en la misma

dirección así como de aquellos que por la otra calzada se desplazan en sentido contrario.

f) PROGRAMA DE REEDUCACIÓN A LOS CONDUCTORES Y/O PEATONES.

Implementar en el menor tiempo posible un programa de reeducación a conductores y/o peatones es indispensable por dos aspectos relevantes.

El primero es el hecho de que muchos de los conflictos que actualmente se presentan son ocasionados por la violación de las leyes y normas de tránsito por parte de los conductores y los peatones.

El segundo aspecto es que cualquier medida destinada a buscar soluciones a la actual problemática está destinada al fracaso si no es acompañada de un plan de reeducación que concientice a los usuarios de la vía de la importancia de cumplir y hacer cumplir las normas actualmente establecidas.

8.1 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Las alternativas de solución tienen por objeto reforzar los patrones de desarrollo recomendado por el plan de desarrollo de ciudad de Cartagena y que buscan dar prioridad a la elaboración de programas viales de las zonas más densamente pobladas que presenten deficiencia de vías y de servicio de

transporte, como es el caso de los sectores comprendidos en las zonas de estudio.

Las inversiones necesaria para la implementacion de las alternativas de solución, buscan encauzar dichas inversiones a fin de obtener el máximo de beneficio social, redundando además, en beneficios económicos para la ciudad y especialmente para la zona de influencia de los tres sistemas, por el incremento de los valores de la tierra, factor incidente en los procesos de oferta y demanda de bienes y raíces y en la mejor utilización del suelo por razón de los mayores valores de la tierra.

Enumeradas las alternativas de solución propuestas, se considera que todas son viables desde el punto de vista técnico y económico.

La viabilidad técnica, se basa en el hecho de que la mayoría de las propuestas son de tipo operacional y de gestión, como por ejemplo: cambio en el sentido de algunas vías, prohibición de giros, semaforización coordinada, ubicación de paraderos de bus, programas de reeducación etc, aspectos en que las autoridades competentes encargadas de implementar dichas propuestas de solución, ya tienen experiencia, por cuanto anteriormente han desarrollado e implementado proyectos similares como el reordenamiento de las vías del Centro de la ciudad.

La viabilidad económica, se apoya en el hecho de que se es consciente que el municipio de Cartagena no cuenta con suficientes recursos que permitan ejecutar obras de gran envergadura por lo menos en un corto plazo, no descartando su posible ejecución en un mediano y largo plazo.

Por esta razón las alternativas se apoyan en herramientas como gestión de tránsito y el aprovechamiento de los recursos existentes como algunas vías sub-utilizadas.

El plan de control de semáforos, apoya su viabilidad técnica y legal, en el hecho de que esta considerado como obra prioritaria, dentro del plan de manejo de tránsito a largo plazo que fijo el estudio de la misión japonesa - JICA (Japanesse International Cooperation Agency).

La creación de las vías alternas descritas podrán satisfacer eficientemente los requerimientos de movilidad de personas y bienes, haciendo uso adecuado de la infraestructura existente y de sus recursos disponibles, lo que servirá como mecanismo de control del desarrollo urbano de la ciudad.

Esta modificación de la red vial, dará flexibilidad necesaria para que satisfaga las necesidades actuales y permita su adaptación a los cambios de la ciudad en el presente y en el futuro.

Se espera que el mayor porcentaje de los costos del proyecto este representados en el programa de semaforización y señalización, así como en reparación de vías y mejoras geométricas de las mismas, pero dichos costos de inversión serian compensados por los enormes beneficios que traerían a la comunidad cartagenera, beneficios que estarían representados en tiempos de viajes más cortos, disminución en los consumos de combustible y tiempo, disminución de los niveles de contaminación, mayor comodidad a los usuarios, descongestionamiento de las vías en estudio, conservación del pavimento, etc.

Esta evaluación de alternativas se hace teniendo en cuenta que entrarán en juego variables sobre las que los planificadores ejercerán control total, o un control indirecto e incluso existirán fuera del control del planificador. En este caso se prevé que las primeras sean mayoritarias sobre las demás variables, pero en todo caso, las alternativas de solución que se implementen deberán ser evaluadas de forma técnica periódicamente después de su ejecución, creando así un proceso de retroalimentación en busca de los objetivos propuestos.

8.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Dada la viabilidad técnica y económica de cada una de las alternativas de solución propuestas, se establece que:

Se escogió la propuesta de formar dos vías alternas, empleando la Calle 33 y 34, la Diagonal 21A para este propósito. Se considera que esta alternativa es la

que más contribuye a la solución de los conflictos que actualmente presentan las vías, y principalmente a disminuir la actual tasa de congestión vehicular.

Se considera que aspectos como reeducación a los conductores y/o peatones, coordinación de semáforos, cierre de las islas, fijación de paraderos, reordenamiento de rutas de transporte, etc, son sumamente importantes, pero se es consciente que por si solas no serian suficientes para la solución a los grandes conflictos vehículo-peatonales que se dan en las avenidas en estudio.

Por todo esto se recomienda la creación de las vías alternas descritas anteriormente como principal solución, además del fomento de la utilización de otras vías que cumplan el mismo recorrido de las principales como son: diagonal 22, transversal 45, calle 30, Av. Pedro Romero y Diagonal 32 , pero debe ser reforzado con las demás alternativas propuestas que actuarían en forma de apoyo, aprovechando así el hecho de no ser mutuamente excluyentes y por el contrario se entienden como correlacionadas en la contribución a la búsqueda de soluciones al problema de tránsito y transportes de las vías principales de la ciudad de Cartagena.

8.3 DESARROLLO A NIVEL DE DETALLE DE LA(S) ALTERNATIVA(S) ESCOGIDAS

La optimización del tránsito y el transporte en las principales vías de la ciudad de Cartagena es el objeto principal de este estudio, la búsqueda de soluciones estará encaminada a aquellas que sean viables técnica y económicamente.

Es de recordar que el área delimitada comprende a la Av. Don Pedro de Heredia, Carretera Troncal de Occidente, Av. Del Oriente, Carretera Principal del Bosque y la avenida Crisanto Luque, en sus dos sentidos y sin que excluya por esto su área de influencia.

Las propuestas a continuación enumeradas están apoyadas por los estudios de tránsito que fueron realizados a lo largo de las vías en los tres sistemas, con la dirección de expertos en la materia. Las alternativas no son excluyentes, y por el contrario son complementarias unas a las otras.

8.3.1 Vías alternas preferenciales. Las altas tasas de ocupación vehicular en las diferentes avenidas, indican que están muy por encima de su capacidad generando zonas de conflicto los tres sistemas, con bajos niveles de servicio altos tiempos de viaje, altos niveles de accidentalidad y contaminación ambiental, todo lo anterior concluye que es necesario buscar vías alternas, de tal manera que estas generen un *tráfico inducido y atraído* de automóviles livianos que descongestione el flujo a lo largo de la vía.

Esta propuesta está apoyada en un estudio de tasa ocupacional que se llevo a cabo, con el fin de determinar el número de personas promedio que se

desplazaban en los vehículos particulares y taxis, sabiendo que estos son los que en mayor número se desplazan por la vía.

Los resultados obtenidos, para las diferentes horas y sentidos, aparecen en la figura 10 a la 21. En promedio se desplazan dos (2) personas en cada vehículo (incluyendo al conductor). Por ejemplo, desplazar ochenta (80) personas, requeriría movilizar cuarenta (40) vehículos, y considerando que estos en promedio miden tres (3) metros cada uno y requieren un espacio de separación entre ellos de aproximadamente dos (2) metros, Lo que daría en total una longitud ocupada de doscientos metros (200) equivalentes. El mismo número de personas (80) pueden moverse sin problema en dos (2) buses con su capacidad total, que ocupan sumados una longitud de veinte metros (20) incluido la separación.

Lo anterior comprueba que si se lograra que los vehículos livianos tomaran vías alternas para un mismo destino, las vías en estudio se descongestionarían y estaría dándose prioridad al transporte masivo de pasajeros que se verían enormemente beneficiados al disminuir los tiempos de viajes, además de beneficios de los transportadores que disminuirían sus consumos de combustible y aumentarían la frecuencia de los viajes por bus.

Se busca crear una vía alterna a la avenida Don Pedro de Heredia que sería la Calle 33 y 34 y una vía alterna en la Carretera Principal del Bosque que se

extendería a lo largo de la Diagonal 21A, con el fin de disminuir demanda en la vía.

8.3.1.1 Calle 33 y 34. La calle 33y 34 es paralela a la avenida Don Pedro de Heredia en un 23 % de su longitud, esto puede aprovecharse para tomarla como vía alterna a esta.

En este caso la vía se consideraría como vía preferencial y en un solo sentido (este-oeste) y comprende desde la carrera 30 hasta la intersección con la Av. Al Aeropuerto, o sea, paralela a la Av. Don Pedro de Heredia desde el Mercado de Bazurto hasta el Fuerte de San Felipe.

En su longitud la calle 33 y 34 no presentan un buen ancho, ya que promedia los 6 metros, suficientes para una vía de dos carriles. Existen algunas excepciones, o sea que se presentan disminuciones en su ancho, que dificultan el desplazamiento normal y la velocidad de los vehículos, estos tramos son particularmente cortos comparados con la longitud de la vía, pero no impiden o son obstáculos para colocarla como alterna.

La Calle 33, presenta un ancho de 6.60 Mts en el acceso en la Carrera 30, disminuyéndose luego a 6.25 Mts hasta llegar a la Calle 34, donde parte de la vía tiene 6.60 metros de ancho. Esta anchura de la vía se mantiene hasta la Carrera 19, después de la cual disminuye a 4.35 metros de ancho, lo que es perjudicial para el objetivo que se pretende.

La Calle 33 la cual posee en la actualidad una extensión de 500 Mts habilitados, presenta una leve capa de brea que no reúne las especificaciones técnicas de una vía, por lo que se requiere su pavimentación. Además, el tramo que une la calle 33 y 34 se debe habilitar, para ello se necesita la remoción de tres(3) postes y el pavimentado de estos 400 Mts. Los 1300 Mts restantes de la vía se encuentra en perfecto estado y una óptima señalización.

Puede ser necesario en algunos casos la compra por parte del municipio de algunos terrenos para facilitar el diseño geométrico más adecuado a los fines propuestos, pero en su gran mayoría estos corresponderán a espacios de uso público como aceras.

El establecimiento de la Calle 33 y 34 como vía preferencial hace necesario la instalación de señalización solamente en tres de las diez intersecciones donde no existen actualmente, Carreras 23, 22 y por último con la Carrera 21. Estas vías se comunican directamente con la Don.Pedro de Heredia.

Un hecho a resaltar es que se pudo observar que la Calle 34, presenta tasas de ocupación vehicular muy bajas incluso en las horas pico, al consultar con algunos conductores comentaban que no la tomaban por el desconocimiento de la misma; esto motivó a tomar esta calle como alternativa para descongestionar la avenida Don Pedro de Heredia, especialmente en la zona donde se encuentra ubicado el Mercado de Bazurto, por ser este punto en el que se

observan los mayores índices de congestamiento si se compara con los demás.

8.3.1.2 Diagonal 21A. Esta alternativa busca crear un par vial a la Carretera Principal del Bosque, colocando la Diagonal 21A, en sentido Sur-Norte como vía preferencial.

Como se especificó anteriormente la Calle Diagonal 21A funcionaría inicialmente en un solo sentido preferencial desde la Intersección de esta con la Av. Del Oriente hasta la Calle Mamon.

Se hicieron mediciones para determinar el ancho promedio de la vía, el resultado fue 8.10 metros, que se considera como un ancho de vía adecuado para el funcionamiento de dos (2) carriles destinados a uso de vehículos livianos.

La señalización que presenta la vía puede considerarse aceptable, pero habría que realizar algunos cambios en este aspecto de llegar a implementarse las alternativas propuestas.

El primero de ellos es la ubicación de los pares, que actualmente están ubicados sobre la Diagonal por ser las carreras vías preferenciales. Dichos pares deberán ser reubicados de acuerdo a las circunstancias de cada intersección.

El segundo aspecto es el cambio de la señalización que indica los giros permitidos y el sentido de la vía.

Tanto los pares como las indicaciones de sentido de la vía, así como las demás señales informativas y preventivas son indispensables para disminuir la resistencia al cambio de los usuarios de la vía y prevenir la ocurrencia de accidentes. la señalización requerida se resume en el Cuadro 34.

En cuanto al estado físico de la vía, esta presenta un buen estado en el concreto rígido y no necesita mejoras geométricas. El único inconveniente es la utilización de la vía como zona de parqueo por los camiones que cargan y descargan mercancía en las bodegas y en fabricas del lugar, que podría solucionarse con la prohibición de parqueo y la presencia oportuna y eficaz por parte de los organismos encargado de esto.

Como puede observarse las mejoras en señalización, no necesitan grandes inversiones incluso si se les compara con los beneficios que traerían.

8.3.2 Mejoramiento de la vía. La Vías en estudio para efectos de su mejor comprensión, fue dividida en tres zonas, el **Sistema Uno** que representa toda la avenida Don Pedro de Heredia desde la Bomba de Ternera hasta el Fuerte de San Felipe, el **Sistema Dos** la cual encarna la Carretera Troncal de Occidente,

La avenida del Oriente y la Carretera Principal del Bosque y el **Sistema Tres** que representa toda la Av. Crisanto Luque.

El estado de la vía en el **sistema uno** puede considerarse como óptimo a pesar de la elevada circulación vehicular, con la excepción del tramo desde la Bomba de Ternera hasta la Alameda la Victoria en donde ésta Avenida presenta problemas con el estado del asfalto que ameritan reparcho en 170 M².

El **sistema dos** presenta inconvenientes en el tramo de la Carretera Troncal de Occidente a la altura de la entrada al barrio Nuevo Bosque y las bodegas de Almaviva S.A., en estos sectores ameritan la demolición y construcción de 182 M² de lozas de pavimento ya que disminuye los tiempos de viajes y contribuye al desajuste de los vehículos.

En el **sistema Tres** el estado de la Vía está en perfectas condiciones en el 95% de su extensión, con la excepción de seis placas de concreto las cuales necesitan de reparcho.

8.3.3 Semaforización y señalización. Una de las formas básicas de regular los conflictos entre corrientes vehiculares o entre estas y flujos peatonales, es el semáforo. este asigna el derecho a vía alternativamente a los movimientos, evitando así los conflictos. Por eso se considera que los semáforos tienen un efecto crucial sobre la capacidad de cada *rama* concurrente a la intersección.

En la actualidad, los semáforos instalados en las Avenidas en estudio no están coordinados, se hace necesario que el tiempo de ciclo entre ellos sea común (o múltiplo entero). La programación óptima debe encontrarse para todos los semáforos relacionados simultáneamente. y suponiéndose que se lograra determinar, se requiere que los equipos de control sean capaces de mantener físicamente la coordinación.

El modelo TRANSYT a emplear, contiene un modulo de simulación de tránsito, sensible a características de la red, de los flujos y a la programación de los semáforos, que computa demoras y detenciones en cada *arco*; un modulo de optimización, cuya función objetivo es una suma ponderada de estos indicadores, encuentra los repartos y desfases que minimizan esta función objetivo (ver Cuadros 28, 29, 30). Numerosos impactos pueden asociarse a demoras y detenciones: nivel de servicio, consumo de combustibles, emisiones contaminantes, algunos tipos de accidentes etc.

Cuadro 28. Porcentaje de Saturación por ciclos en el horario de la mañana

Nodo	Ciclo (seg)					
	90	100	120	140	160	180

1	94%	94%	93%	92%	91%	91%
2	223%	218%	215%	214%	211%	209%
3	101%	100%	99%	99%	98%	97%
4	165%	163%	161%	160%	159%	158%
5	186%	184%	182%	180%	179%	175%
6	191%	189%	187%	186%	185%	184%
7	222%	121%	120%	119%	119%	118%
8	112%	112%	111%	109%	109%	108%
9	236%	235%	230%	229%	228%	226%
10	103%	111%	110%	109%	108%	108%
11	64%	64%	63%	62%	62%	62%
Total	236.2%	234.6%	230.3%	228.9%	228.2%	226.2%

Cuadro 29. Porcentaje de Saturación por ciclos en el horario del Mediodía

Nodo	Ciclo(seg)					
	90	100	120	140	160	180
1	96%	96%	95%	94%	93%	93%
2	229%	226%	223%	219%	217%	216%
3	109%	108%	106%	106%	105%	105%
4	229%	128%	126%	125%	124%	124%
5	149%	148%	145%	144%	143%	143%
6	151%	150%	147%	146%	145%	145%
7	110%	109%	108%	107%	106%	107%
8	100%	99%	98%	97%	97%	97%
9	180%	179%	178%	176%	175%	174%
10	117%	116%	115%	114%	113%	112%
11	130%	130%	128%	127%	126%	125%
Total	228.5%	226.2%	223.0%	218.6%	217.2%	216.1%

Cuadro 30. Porcentaje de Saturación por ciclos en el horario de la Tarde

Nodo	Ciclo(seg)					
	90	100	120	140	160	180
1	78%	76%	76%	75%	75%	74%
2	223%	222%	217%	214%	212%	210%
3	114%	112%	111%	110%	110%	109%
4	137%	136%	134%	133%	132%	132%
5	163%	162%	161%	160%	158%	157%
6	196%	197%	195%	193%	191%	190%
7	105%	104%	104%	102%	102%	101%
8	98%	97%	97%	95%	95%	95%
9	207%	204%	203%	201%	200%	198%
10	108%	108%	107%	105%	105%	104%
11	62%	62%	61%	61%	60%	60%
Total	222.6%	221.5%	217.4%	214.2%	212.0%	210.3%

En la Avenida Don Pedro de Heredia existen dos (2) intersecciones que requieren la instalación de reguladores automáticos de tránsito (semáforos), estas son las intersecciones en que la Av. Don Pedro de Heredia se encuentra con la Carrera 83, la cual proviene del barrio San Fernando y el cruce con la Diagonal 32. En estos lugares la fluencia de vehículos que atraviesan la avenida especialmente de buses y busetas es considerable, provocando trancones en la avenida.

El semáforo en la intersección de la Carretera Troncal de Occidente con la calle 30 se hace necesario debido al creciente aumento de la demanda por parte de las personas que bajan por esta calle buscando la Carretera Troncal de Occidentes desde la avenida Don Pedro de Heredia, el conflicto que allí genera aumenta considerablemente en la horas pico principalmente en la tarde.

En la Carretera Principal del Bosque en el punto donde se intercepta esta vía con la Calle Mamon, se necesita un semáforo que permita el cruce de los vehículos que vienen por la Diagonal 21A y que desean tomar la Carrera Principal del Bosque.

En los cruces de la transversal 54 con la carrera 68(salida del barrio Blas de Lezo) y con la carrera 62 (salida de el barrio los Caracoles) debido a que estas son salidas de sectores de alta población se necesitan reguladores automáticos de tránsito, los cuales ya se están instalandos cobijados por el proyecto de semaforizacion electotronica, estos no se contabilizarán como solución y no se tendrán en cuenta en la evaluación económica, pero que resaltamos en el transcurso del presente estudio por no encontrarse en funcionamiento en la fecha de realización del mismo.

El número de semáforos y equipos necesarios para la implementación de la alternativa propuesta se resume a continuación en el Cuadro 31 y 32

Cuadro 31. Semaforización requerida

Intersección	Semáforo mensula	Semáforo pedestal	Número de pedestales	Número de mensulas	Control	Registros
Av. Don Pedro de Heredia-Diagonal 32	2	3	2	2	1	4
Av. Don Pedro de Heredia-Carrera 83	2	4	2	2	1	4
Carretera Troncal de Occidente-calle 30	2	3	2	2	1	4
Av. Principal del Bosque-Calle Mamon	2	4	2	2	1	4
TOTAL	6	14	8	8	4	16

Cuadro 32. Equipos para semaforización requerida

Intersección	caja para control	caja para registro	Metros de cable para control	Metros de cable eléctrico	Metros de tubo PVC	Metros de canaliz/ tubo
Av. Don Pedro de Heredia-Diagonal 32	1	4	22	30	20	20
Av. Don Pedro de Heredia-Carrera 83	1	4	40	30	40	40
Carretera Troncal de Occidente -calle 30	1	4	25	35	30	30
Av. Principal del Bosque-Calle Mamon	1	4	40	35	25	25
TOTAL	4	16	127	130	115	115

En los sistemas se observa una señalización parcial , por lo que se requiere un plan riguroso de colocación de señales de tránsito que se encuentra resumida

en el siguiente cuadro, el cual contiene para mejor entendimiento las señales (1,2,3, etc.) en cada orientación.

Cuadro 33. Señalización requerida para la implementación.

INTERSECCIÓN	ORIENTACIÓN			
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
Carretera Principal del Bosque - Transv 40	7,10	6	1,3,4	N.N
Carretera Principal del Bosque - Transv 41	7	6,10	1,5	N.N
Carretera Principal del Bosque - Transv 42	7	6	1,6,10	N.N
Carretera Principal del Bosque - Transv 44	7	6	1,6	N.N
Carretera Principal del Bosque - Calle Mamon	5,6,13	4,5,13	3,9,10,13	6,10,13
Carretera Principal del Bosque - Transv 45A	6,10	5	1,6	3,6
Carretera Principal del Bosque - Transv 47	6	6	1,6	1,6,10
Carretera Principal del Bosque - Transv 48	6	6,10	1,6,10	1,6,10
Carretera Principal del Bosque - Transv 49	4	4	1,3,6,9	1,3,6,9
Carretera Principal del Bosque - Transv 51	6,11	6	1,6,10	1,6,10
Carretera Principal del Bosque - Transv 52	6	6,11	1,6,10	1,6,10,11
Carretera Principal del Bosque - Transv 52A	6,10	6,10	1,6	9,12
Carretera Principal del Bosque - Transv 53	6	6	1,6,10	1,6,10
Av. Del Oriente - Curva de Postobon	14	1	10,14	1,9
Av. Del Oriente - Callejón entre Diagonal .21 y 21A	1,6,10	1,6,10	6	5
Av. Del Oriente - Diagonal 21A	9,10	1,6	6	3,6
Av. Del Oriente - Diagonal 21B	1,6,10	1,6,10	6	6
Av. Del Oriente - Diagonal 21C	3,10	1, 6	5,10	4
Av. Del Oriente - Diagonal 21D	N.N	1,6	10	6,13
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 22	1,6,9	1,6,10	6,13	6
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 22A	1,6	N.N	6	N.N
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 23	1,6	1,6	15	15
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 24	1,6	N.N.	6,10	N.N
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 25	1,6	N.N.	6,15	15
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 26	1,6	1,6,10	6	7
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 27	1,6	N.N.	6	N.N.
Carretera Troncal de Occidente - Entrada a Nuevo Bosquesito	1,6,10	N.N	6	N.N.
Carretera Troncal de Occidente - Carrera 51	3	N.N.	8	N.N
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 29	1,6	N.N.	6,10	7

Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 30	1,6	1	6	8,10
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 37	N.N.	1,6	N.N.	6
Carretera Troncal de Occidente - Diagonal 38	N.N.	1,6	N.N.	6,11
Carretera Troncal de Occidente - Calle nueva	1,6	N.N.	6	5
Carretera Troncal de Occidente - Entrada a Almirante Colón	N.N.	1,6,10	7	6,10
Carretera Troncal de Occidente - ISS	N.N.	N.N.	11	11
Carretera Troncal de Occidente - Tentaciones	1,6	N.N.	6,10	N.N.
Carretera Troncal de Occidente - Wampy	1,6	N.N.	6	N.N.
Carretera Troncal de Occidente - Wikan	1,6	N.N.	6,10	N.N.
Carretera Troncal de Occidente - Entrada a los Caracoles	N.N.	13	13	13
Carretera Troncal de Occidente - Entrada a Tacarigua	1,6	N.N.	6	5
Carretera Troncal de Occidente - Entrada a Los Caracoles	N.N.	8, 13	7,10,13,	6,10,13
Carretera Troncal de Occidente - Entrada a Blas de Lezo	N.N.	8, 13	7,13	6,13
Av. Don Pedro de Heredia - Diagonal 32	8,13	N.N.	6,13	7,13
Av. Don Pedro de Heredia - Calle de La Cruz	8,13	8,13	7,13	6,13
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 82	1,6	1,6	6	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 81	1,6	1,6	6,10	6,10
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 80D	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 80C	1,6	1,6	6,11	6,11
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 80B	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 80A	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 2	1,6,10	1,6,10	6	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 1	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a la Concepcion	1,6	1,6	6	6
Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a la Sta. Mónica	1,6,10	1,6,10	6	6
Av. Don Pedro de Heredia - Centro Comercial la Plazuela	8,13	8,13	8,13	8,13
Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a Sta. Lucía	1,5,6	1,6	6,10	6,10
Av. Don Pedro de Heredia - Round Point	N.N.	1	14	6
Av. Don Pedro de Heredia - Transversal 74	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Transversal 73	1,6,10	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Transversal 72	1,6	N.N.	6,10	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a Contadora	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a Chipre	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a los Ángeles	N.N.	1,6,10	12	6,12
Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a Villa Sandra	N.N.	1,6.	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Solseg	10	1,6,10	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a las Gaviotas	1,8,13	N.N.	6,13	7,13
Av. Don Pedro de Heredia - Ley	1,6	1,6	6	6

Av. Don Pedro de Heredia - Entrada a Chiquinquirá	1,6	N.N.	6,12	12
Av. Don Pedro de Heredia - Av. 11 de Noviembre	N.N	1,6.	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Av. Bifi	N.N	1,6.	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 32	N.N	1,6.	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Callejón Tesca	1,6,10	N.N.	6,10	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 49	N.N	1,6.	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 48	N.N	1,6.	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 46	N.N	1,6.	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 44D	1,6	1,6.	6,12	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 44C	NN	1,6.	10	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 44B	1,6	1,6	6	6
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 44	N.N	1,6.	N.N.	6
Av. Don Pedro de Heredia - Camino Medio	1,3	1,6.	4	6
Av. Don Pedro de Heredia - Transversal 33	N.N	1,6,13	7,13	6,13
Av. Don Pedro de Heredia - Av. Pedro Romero	1,6	9,10	4,6	6,10
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 27 A	1,6	N.N.	6,12	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 27	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 24	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 27 A	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Bomba Texaco	N.N	N.N.	6,10	10
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 21	1,6,13	1,4,13	6,13	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Calle Mompos	N.N.	1,4,13	6,13	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 20E	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 20D	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 20C	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 20A	1,6	N.N.	6,12	10
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 20	1,6	N.N.	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - Carrera 19	3	10	6	N.N.
Av. Don Pedro de Heredia - IAFIC	1,6	5,10	6,11	N.N..
Av. Don Pedro de Heredia - Fuerte San Felipe	1,6,13	1,6,13	6,13	N.N.
Av. Crisanto Luque- Transversal 25	6	NN	N.N	9
Av. Crisanto Luque- Transversal 26	4	5	N.N.	1,3,6
Av. Crisanto Luque- Transversal 27	6	7	N.N	9,10
Av. Crisanto Luque- Transversal 28	6	7	N.N	9,10
Av. Crisanto Luque- Transversal 29	6	7	N.N.	1,7,10
Av. Crisanto Luque- Transversal 30	6	7	N.N	9
Av. Crisanto Luque- Transversal 33	6	7	N.N	1, 6,10
Av. Crisanto Luque- Transversal 33A	6	4	N.N	9
Av. Crisanto Luque- Transversal 37	5	6,15	1,6	N.N

Av. Crisanto Luque- Transversal 38	7,13	6,13,15	1,6,13	1,6,13
Av. Crisanto Luque- Transversal 40	5	7	6	9,10
Av. Crisanto Luque- Transversal 41	6	7	1,6	NN
Av. Crisanto Luque- Transversal 42	7	6,15	1,6	N.N.
Av. Crisanto Luque- Transversal 44	7,13	13	1,6,13	13
Av. Crisanto Luque - Transversal 47A	7	6,15	1,6	N.N.
Av. Crisanto Luque- Transversal 48B	6,15	7,15	N.N.	N.N
Av. Crisanto Luque- Transversal 49	6,15	7,15	1, 6, 10	1,6,10
Av. Crisanto Luque- Transversal 50	N.N	6,15	1,6	NN
Av. Crisanto Luque- Calle del oeste	6	6	1,6	1,6
Av. Crisanto Luque- Transversal 51A	6	N.N	1,6	1,6
Av Crisanto Luque- Transversal 51B	6	N.N	1,6	1,6
Av. Crisanto Luque- Transversal 52	6,11	11	1,6	1,6
Av. Crisanto Luque- Transversal 52A	6	6	1,6	1,6
Av. Crisanto Luque- Transversal 52B	7, 15	6,15	N.N	1, 6
Av. Crisanto Luque- Transversal 53	6,	6,15	1,6, 10	1,6,10
Av. Crisanto Luque- Diagonal 21E	6,13	5	1,6, 10	1,6,10
Av. Crisanto Luque- Diagonal 22	5	4,10	1, 10	N.N

SISTEMA UNO:

1. Pare metal = 62
2. Pare concreto = 0
3. Una vía = 1
4. Prohibido giro a la derecha = 2
5. Prohibido giro a la izquierda = 1
6. Giro permitido a la derecha = 121
7. Giro permitido a la izquierda = 4
8. Giro permitido a la derecha e izquierda = 8
9. Contravía = 0
10. Prohibido parquear = 22

- 11. Zona escolar = 3
 - 12. Circulación de vehículos livianos solamente = 6
 - 13. Cruce semaforizado= 24
 - 14. Curva peligrosa = 0
 - 15. Prohibido giro en U= 0
- N.N: No necesita señalización

SISTEMA DOS:

- 1. Pare metal = 48
- 2. Pare concreto = 0
- 3. Una vía = 7
- 4. Prohibido giro a la derecha = 5
- 5. Prohibido giro a la izquierda = 6
- 6. Giro permitido a la derecha = 88
- 7. Giro permitido a la izquierda = 9
- 8. Giro permitido a la derecha e izquierda = 2
- 9. Contravía = 7
- 10. Prohibido parquear = 38
- 11. Zona escolar = 6
- 12. Circulación de vehículos livianos solamente = 1
- 13. Cruce semaforizado=15
- 14. Curva peligrosa = 2
- 15. Prohibido giro en U= 2

SISTEMA TRES:

1. Pare metal =34
2. Pare concreto = 0
3. Una vía = 2
4. Prohibido giro a la derecha = 3
5. Prohibido giro a la izquierda = 4
6. Giro permitido a la derecha = 54
7. Giro permitido a la izquierda = 14
8. Giro permitido a la derecha e izquierda = 0
9. Contravía = 6
10. Prohibido parquear = 13
11. Zona escolar = 2
12. Circulación de vehículos livianos solamente = 0
13. Cruce semaforizado= 9
14. Curva peligrosa = 0
15. Prohibido giro en U = 11

Cuadro 34. Señalización requerida para la implantación Diagonal 21A sentido Sur-norte

INTERSECCIÓN	ORIENTACIÓN			
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
Diagonal 21A - Calle Giraldo	9	8,10	1,5	1,4
Diagonal 21A - Calle la Paz	9	3,8,10	1,5	1,4
Diagonal 21A - Transversal 51	9	8	1,5	1,4
Diagonal 21A - Transversal 50	9	6	1,5,10	N.N
Diagonal 21A - Transversal 49	9	8	1,5	1,4

Diagonal 21A - Transversal 48	9	8,11	1,5	1,4
Diagonal 21A - Transversal 47	9	8	1,5	1,4
Diagonal 21A - Transversal 45	N.N	1,8	6,5	4

DIAGONAL 21A:

1. Pare metal = 12
2. Pare concreto = 0
3. Una vía = 1
4. Prohibido giro a la derecha = 7
5. Prohibido giro a la izquierda = 6
6. Giro permitido a la derecha = 2
7. Giro permitido a la izquierda = 0
8. Giro permitido a la derecha e izquierda = 7
9. Contravía = 7
10. Prohibido parquear = 3
11. Zona escolar = 1
12. Circulación de vehículos livianos solamente = 0
13. Cruce semaforizado = 0
14. Curva peligrosa = 0
15. Prohibido giro en U = 0

Las normas de ubicación de los semáforos así como su diseño y las señales de carácter informativo y preventivo se muestran en el **Anexo H**.

Existen otro tipo de señales como los cruces peatonales, que en la actualidad, o están en mal estado o sencillamente no existen, su importancia radica independientemente de los aspectos de seguridad para el peatón, que respetando esta señal el conductor logra una perfecta visualización de la luz del semáforo, de tal manera que sabrá permanentemente cuando iniciar su marcha. Esto se trae a colación por cuanto se observó muy comúnmente que los conductores al no ver la señal se adelantaban incluso a los semáforos, perdiendo la visión de la luz, y al momento del cambio a luz verde por no estar observando el semáforo, se pierden valiosos segundos, ya que solo viene a arrancar cuando siente los pitos de los que están atrás. Es por esto que se hace indispensable el masificar el número y/o la calidad de esta señal.

Establecer un plan de semaforización y señalización masiva no sirve de nada sino va acompañada de una reeducación a los conductores y peatones para que respeten las señales de tránsito.

8.3.4 Programa de creación y/o reordenamiento de rutas. Al analizar los resultados obtenidos en la encuesta origen - destino, se observa que existe una necesidad de crear dos rutas, según el desplazamiento de la población y el número de transbordos que realizan diariamente.

Estas rutas deben tener como características la de realizarse en tiempos cortos, y sin hacer recorridos internos por los barrios. Para esto se propone la

utilización de vehículos rápidos y con baja capacidad como los microbuses. Las rutas a crear se describen a continuación:

La primera de ellas se desplazará en forma constante a través de las arterias principales de la ciudad, con el fin de enlazar estas vías, para disminuir el número de transbordos. Los recorridos propuestos se hacen por la Carretera Troncal de Occidente pasando por el round-point de El Amparo para luego tomar la Av. Don Pedro de Heredia hasta la Transversal 33 (semáforo de Alcibia) y así de esta forma llegar a la Av. Crisanto Luque para poder retomar la Carretera Troncal de Occidente y continuar con el mismo recorrido.

Un aspecto a resaltar es que esta ruta contará con vehículos que realicen el mismo recorrido, pero en sentido contrario, es decir unos a favor y otros en contra de las manecillas de reloj con el fin de evitar demoras para los pasajeros.

La otra ruta, tiene por objeto el de comunicar a las personas que habitan el área de influencia de las vías en estudio, con el sector de Mamonal.

El recorrido propuesto para esta ruta es partir de la carretera a Mamonal llegando a la intersección con la Transversal 54 o Carretera Troncal de Occidente, se toma ésta vía en dirección oeste - este hasta el round-point de El Amparo, para continuar por la Av. Don Pedro de Heredia hasta intersección con la Diagonal 32 (Bomba de Ternera) por donde baja y llega a la Carretera la Cordialidad, en la cual, tomando la dirección este-oeste se llega nuevamente a

la Carretera Troncal de Occidente, para luego entrar por la Av. del Consulado y salir por la diagonal principal del barrio Tacarigua, en donde se retoma la Transversal 54 y luego finaliza su recorrido tomando la Carretera a Mamonal hasta el turno ubicado en dicho sector.

En los diferentes recorridos realizados por las vías en estudio, se observó un conflicto generado por la ruta de buses de Nuevo Bosque-Terminal la cual sale a la Carretera Troncal de Occidente por la Diagonal Principal del barrio Tacarigua, atravesando la Troncal para tomar el sentido oeste-este, causando por el volumen de tráfico y el tamaño de los buses trastornos en el flujo vehicular. Por lo que se propone que dicha ruta se enlace con la Carretera Troncal de Occidente por la Av. Del Consulado, donde el cruce no será traumático debido al semáforo propuesto en este proyecto.

8.3.5 Programas de paraderos de buses. En la actualidad se presentan muchos problemas en lo que respecta a la forma como los sistemas masivos de transporte (buses, busetas y microbuses) recogen y dejan los pasajeros en la vía, sin guardar ningún orden ni respetando las disposiciones establecidas lo que genera enormes congestiones en el flujo vehicular, ya que estos conductores están enseñados a detenerse en cualquier lugar incluso en aquellos en los que esta prohibido detenerse o en el peor de los casos donde pone en riesgo la seguridad de los pasajeros como lo es la mitad de la vía.

Bajo las actuales circunstancias se hace indispensable llevar a cabo un programa de reeducación tanto a los peatones como a los conductores, estableciendo para ello, paraderos obligados de buses, busetas y microbuses, de tal forma que se constituyan en los únicos sitios de parada de los buses y por ende el sitio obligado para que los peatones tomen y/o dejen el bus. Dicho programa deberá estar respaldado por todos los medios de comunicación para efecto de los peatones y con cursos especiales para los conductores.

Dichos paraderos deberán estar separados por una distancia mínima de trescientos metros (300) el uno del otro, debidamente demarcados y señalizados para efectos de orientación a los pasajeros potenciales, los costos de la señalización vertical pueden ser cubiertos parcial o totalmente con la venta de publicidad con empresas del sector privado que deseen hacerlo, lo mismo puede hacerse con la instalación de casetas.

Es importante recordar que para la escogencia de dichos paraderos se tuvo en cuenta el comportamiento de los usuarios que han definido en forma natural algunos paraderos, así como ubicarlos en sitios donde haya sombra como debajo de arboles.

A la par de esta campaña educativa se deben establecer mecanismos de control por parte de los agentes de tránsito, definiendo una reglamentación que tenga un respaldo jurídico legal, de tal forma que aquellos que incurran en la violación de estas normas, se hagan acreedores de algún tipo de sanción

ejemplar, lo que llenaría el vacío de autoridad que actualmente se ve en la ciudad en lo que respecta a las normas de tránsito.

Para la determinación de los sitios propuestos para ubicar los paraderos, se realizaron recorridos por las vías en ambos sentidos teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente descritas. Los sitios exactos con su respectiva nomenclatura a lo largo de los sistemas son los siguientes.

Cuadro 35. Colocación de paraderos en sistema uno

Sentido: ESTE-OESTE	Sentido: OESTE- ESTE
Bomba de Texaco	Terpel
Polvos Para Teñir IRIS	Bomba Texaco
Entrada el Recreo(E)	Urb. La Bonga
Tienda donde Chucho(E)	-
Entrada a la Concepción(E)	70-26
-	Entrada Sta. Mónica
San Pedro Lote 8-14(E)	Centro Comercial Sta.. Lucia
51-75	-
71-35(E)	54-97(E)
31 A 10	Paseo Castellana
-	Artefele
59-47	Decor Glass
58-73(E)	Musicosta(E)
50-126(E)	Ejecutivos(E)
Colegio Departamenta(E)	-
Plaza de Toros(E)	Bomba de Texaco
Estadio de Futbol	51-10

-	Entrada del Sena
-	Surtigas(E)
-	44-110
-	Poly Plásticos
-	Colegio Bachillerato María Auxiliadora(E)
34-07(E)	Maderas Magdalena
Banco Comercial Antioqueño	Drogas la Rebaja (mercado)
23-127	19-53
22-07	-
Galos Motos	-
20B-67	-
19A-23	-
TELECOM	-
18A-63	-

E: Paradero existente en la actualidad

Cuadro 36. Colocación de paraderos en sistema dos

Sentido: ESTE - OESTE	Sentido: OESTE - ESTE
22-135	54-85
Devanados de la Costa	27-06
Taller Eléctrico Industrial	Fundiciones San Judas
Santillana de Los Parques	Centro Comercial Mamonal
Buenos Aires(E)	Entrada a Los Corales
Urb. Santillana de los Parques(E)	Conjunto Residencial Bahía(E)
ICA(E)	INEM(E)

INCI	Entrada Almirante Colon
Pizzeria Kentoki(E)	-
64-19	M54-L13
Clínica Blas de Lezo	Asadero YoYo
-	San Pedro L6-10(E)

E: existe el paradero en la actualidad

Cuadro 37. Colocación de paraderos en sistema uno

Sentido: NORTE - SUR	Sentido: SUR - NORTE
29-43	Subestación el Bosque
39-98	37-29
42-02	42-03
Ferro Centro Ecuador	44C-95
48-06	47-29
21D-130	51-67
53-86	53-53

8.3.6 Cierre de islas de separación. En la vías en estudio y mas específicamente en los sistemas dos y tres en los tramos entre las intersecciones diagonal 27 y 21E y Calle David Florez y Calle Guillermo Valencia respectivamente, permiten por sus condiciones geométricas y ausencia de semáforos, mayores velocidades de desplazamiento de los

vehículos, pero existen ciertos inconvenientes que frecuentemente son causa de la mayoría de los accidentes que ocurren en el sector.

Muchos vehículos que se desplazan en un sentido y que desean cruzar hacia la otra calzada para tomar por alguna de las diagonales o transversales, sencillamente, detienen su marcha en el carril de vía rápida, para esperar la oportunidad de cruzar, poniendo en peligro no solo los vehículos que se desplazan en el mismo sentido sino también a aquellos que se desplazan por la otra calzada, en sentido contrario, a lo que se suma la presencia de árboles sembrados en la isla de separación, que dificultan enormemente, la visión de los conductores e incluso la de los peatones que van a cruzar la vía.

Es por esto que se propone el cierre de algunas de estas islas de separación y obligar a los conductores que deseen cruzar a la otra calzada, a hacerlo por algunas intersecciones que se dejarían abiertas; esta medida aumentara incluso la velocidad y a su vez disminuiría el índice de accidentalidad que actualmente presenta las zonas.

Las intersecciones a cerrar son las siguientes : Callejón Tesca en el **Sistema uno**, Diagonal 22A, 24 y 27 del **sistemas dos** y en el **sistema tres** transversal 41, 44 y 51.

En la transversal 42 del **sistema tres** se debe ampliar la abertura de la isla de separación, debido a que por esta pasa la ruta de busetas Popa-Junin lo cual es causa de innumerables conflicto por la estrechez de la isla de separación.

Los costos de la implementación de esta propuesta son relativamente bajos si los comparamos con los beneficios que traerían, e incluso, antes de llevarse a cabo podrán realizarse pruebas empleando para esto conos de señalización fluorescentes, acompañados lógicamente de personal de la secretaria de tránsito y transporte que evaluaran el comportamiento de los conductores, las ventajas, desventajas y posibles inconvenientes de la alternativa.

8.3.7 Programa de reeducación a conductores y peatones. Muchos de los conflictos vehículo-peatonales que se presentan en la actualidad son ocasionados por el desconocimiento y/o violación de la mayoría de las normas de tránsito establecidas. La violación por parte de los conductores se ve reflejada en el no respeto a las señales de tránsito, como semáforos, pares, excesos de velocidad (ó lo contrario), giros prohibidos etc. Por parte de los peatones se manifiesta en el no respeto a los semáforos peatonales y a los sitios de parada de los buses.

Toda esta mezcla de variables son causante de un gran porcentaje de los problemas de tránsito que actualmente se presentan en las vías de Cartagena.

Se hace indispensable emprender en el menor tiempo posible un programa de reeducación a conductores y/o peatones, que busque concientizarlos de la

importancia del respeto de las leyes de tránsito, el respeto a las normas de circulación y sobre todo el respeto a los demás seres humanos que comparten la vía como usuarios.

Es importante que la ciudadanía en general, vea a los agentes de tránsito como verdaderos representantes de la autoridad, que existen para colaborar y no para buscar beneficios propios.

Esta campaña educativa podría ser llevada a cabo, después de diseñada, a través de los distintos medios de comunicación radio, televisión, periódico etc., incluso con la participación de la empresa privada que en su publicidad podría resaltar la importancia de mantener las normas, y los buenos valores, todo con el fin primario de lograr una mejor calidad de vida.

Dicha campaña deberá ser respaldada con la aplicación de drásticas sanciones a los infractores, tarea competente para hacerlo como lo son la Departamento administrativo de tránsito y transporte de Cartagena (DATT) y sus agentes como representantes de la ley.

9. ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACION DE LA SOLUCIÓN.

Las pautas para la implementación de estrategias a utilizar deben estar basadas en criterios bien definidos con la problemática de los usuarios, porque definir cambios siempre existirán personas que no estarán de acuerdo con estos como es ya común. La información a utilizar debe ser adecuada y bien especificada porque todo cambio siempre tiene una reacción, y esperamos que esta reacción de los usuarios sea positiva de acuerdo a las soluciones.

Para disminuir los traumatismos a distintos usuarios necesitamos contrarrestar la resistencia al cambio que pueda darse en estos y en los transportadores, es por esto que se recomienda seguir de alguna manera las siguientes pautas.

9.1 UTILIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Es sin lugar a duda la forma más eficiente es hacer llegar a los usuarios tanto directos como indirectos la información adecuada para satisfacer sus necesidades al ser implementados los cambios.

Se debe crear una campaña publicitaria a nivel ciudadano para que despierte la curiosidad y las personas conozcan bien los cambio, estos pueden ser a nivel de televisión , radial o prensa.

Lo importante es mantener la información aproximadamente un mes antes del que este proyectando los cambios , esta información se deberá colocar en los horarios de mayor sintonía específicamente el horario nocturno y los días feriados que es donde la gente ve y escucha noticias, esta publicidad deberá realizarse de manera continua, progresiva y se deberá intensificar a medida que llega la fecha del cambio, de aquí en adelante mantenerse la misma publicidad, hasta disminuirla lentamente durante un periodo de 15 días. Y lo más importante es que deberá hacerle caer en cuenta que los cambios son para el beneficio propio y el de la comunidad.

Algo muy importante a la puesta en marcha de las soluciones, el departamento de tránsito y transporte publicara en la prensa una información de manera que explique los estudios y estadísticas o procedimientos que se utilizaron y dar una visión global de que se espera con estos cambios, para que así la ciudadanía espere su beneficio.

Para la parte de difusión de utilización de otras vías que cubren el mismo recorrido, se deben colocar información que contenga hacia donde se dirige la vías, al inicio o entrada a las mismas, para que los usuarios se orienten.

9.2 REGULACIÓN DE TRÁNSITO

Para garantizar que no suceda accidentes, debido a equivocaciones que pueden suceder es necesario que el departamento de tránsito y transporte coloque reguladores de tránsito para que de una u otra manera den orientación de tipo organizacional e informativo, de manera que el usuario o transportador desinformado encuentre otra guía que permita agilizar el movimiento.

9.3 SEÑALES DE TRÁNSITO

Se deben colocar avisos como pasacalles donde se requerirá que digan pare, además de algunas señales de tránsito que no existían y que con el cambio hay que colocarlas, estas deben ser reglamentarias, preventivas e informativas, porque es un peligro para las personas que transitaban frecuentemente por estas que no tenían carácter preferencial y que ahora lo son.

9.4 OTROS TIPOS DE INFORMACIÓN

Se deben utilizar además de los medios descritos anteriormente el sistema de repartir folletos en las horas pico en las principales zonas comerciales a lo largo de las vías que requieran, además de información de teléfonos donde la gente pueda llamar y consultar para aclarar dudas respecto a los cambios establecidos.

9.5 IMPLANTACIÓN

Se sugiere que el día que se inicie la puesta en marcha la norma vial debe ser el día domingo, ya que es un día donde hay poco tránsito y se pueden hacer maniobras de tránsito para que vayan induciendo en los usuarios y pasajeros los nuevos cambios, y de esta manera visualicen claramente las rutas y direcciones para evitar la ocurrencia de accidentes y congestionamientos.

Como las medidas son complementarias deben ser aplicadas simultáneamente, con la ayuda de los policías bachilleres y voluntarios en los puntos críticos por lo menos unos 15 días, además que estos presenten unas sugerencias o seguimientos de tránsito para hacer los ajustes necesarios.

10. ASPECTOS ECONÓMICOS

La evaluación económica de una(s) alternativa(s) corresponde esencialmente a una comparación de los beneficios económicos que ella produce durante su vida útil con los costos de inversión necesarios para su puesta en funcionamiento.

Los costos de inversión aquí presentes consideran fundamentalmente los costos asociados al suelo urbano, a la construcción de obras civiles, los costos de los sistemas de operación y control de tránsito así como aspectos operativos de señalización.

En cuanto a los beneficios provenientes de las alternativas de solución, estos están representados en los beneficios económicos producto del ahorro de recursos asociados al desplazamiento de vehículos que se obtuvieron directamente de los resultados de la simulación de tránsito al emplear el modelo **TRANSYT** y básicamente comprenden ahorros en combustible y ahorros de tiempo por demoras. Dentro de los beneficios no se incluyen aquellos sociales que son de difícil cuantificación pero que son de una gran importancia como son:

- Impactos con dificultad de estimación por no poseer una unidad clara de medida (por ejemplo, efectos estéticos).

- Impactos con dificultad de predicción en los cambios provocados por cada alternativa (por ejemplo , ruido, contaminación del aire , accidentes etc.).
- Impactos sobre bienes no transables por lo cual no poseen un precio de mercado de referencia (por ejemplo, vida humana, tiempo de viaje, uso de áreas verdes etc.).

Se detallarán inicialmente los costos de inversión, seguidamente se estimarán los beneficios y finalmente se hará un análisis de la evaluación financiera del proyecto.

10.1 COSTOS DE INVERSIÓN

A continuación se describe el presupuesto del proyecto en cantidades y precios unitarios(costos directos).

Cuadro 38. Costos presupuestados del proyecto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTALES
1	EXPLANACIONES				
1.1	Demolic en islas de separación	M ²	2	7.865	15.730
1.2	Remoción de postes	UN	3	187.550	562.650
2	FIRMES Y PAVIMENTOS				
2.1	Concreto rig. Vía E=20 cms*	M ²	2500	60.000	150'000.000
2.2	Aceras en concreto E=10 cms*	M ²	800	50.000	40'000.000
2.3	Demolición y construcción de	M ²	182	90.000	16'200.000

	placas de concreto E=20 cms				
2.4	Reparqueo en asfalto E= 12 cms	M ²	170	30.000	5'100.000
2.3	Islotes de Concreto	UN	49	3.945	193.305
2.4	Canaliz. Tb PvC 3" anden	ML	98	6.570	643.860
3	SEÑALIZACIÓN CONTROL Y PROTECCIÓN				
3.1	Provisión y colocación de señales de tránsito	UN	688	79.860	54'943.680
3.2	Demarcaciones(pintura)	M ²	386	4.235	1'634.710
4	SEMAFORIZACIÓN				
4.1	Equipo de control de cruce tipo MP	UN	4	23'219.772	92'879.088
4.1.1	Instalación y puesta en servicio	UN	4	1'265.600	5'062.400
4.1.2	Cable de control tipo 4 × 16 AWG	Mts	127	4.862	617.474
4.1.3	Conexiones red eléctrica cable 2 × 8 AWG	Mts	130	7.249	942.370
4.1.4	Conjunto de repuestos para equipo MP	UN	1	22'819.429	22'819.429
4.2	Semáforo para mensula	UN	6	802.704	4'816.224
4.2.1	Instalación	UN	6	22.659	135.954
4.3	Semáforo para Pedestal	UN	14	673.502	9'429.028
4.3.1	Instalación	UN	14	22.655	317.170
4.4	Postes tipo mensula	UN	8	829.177	6'633.416
4.4.1	Instalación	UN	8	100.689	805.512
4.5	Postes tipo pedestal	UN	8	438.993	3'511.944
4.5.1	Instalación	UN	8	68.651	549.208
4.6	Registros	UN	16	54.450	871.200
4.7	Caja para registros	UN	16	206.910	3'310.560
4.8	Caja para control	UN	4	206.910	827.640
4.9	Tubo PVV 3" para cable	ML	115	7.260	834.900

4.10	Codo PVC 3"	UN	26	4.675	121.550
	TOTAL				\$423'779.002

10.2 BENEFICIOS CALCULADOS

En este numeral se consideran los beneficios que traerían la implementación del proyecto y que están representadas básicamente por lo ahorros en combustible y los ahorros en tiempo.

Los anteriores valores son arrojados por el modelo TRANSYT como resultado de evaluar la situación actual y posteriormente realizar el mismo procedimiento para evaluar la situación mejorada.

Para el cálculo de los ahorros en tiempo es necesario recordar que en el Colombia el ingreso promedio anual per capita es 2.053 U.S(\$2'064.060) equivalente a \$ 172.005 mensual y semanal de \$43.001 que al llevar a \$/hr, dió como resultado 478 \$/hr, efecto de considerar el costo de una hora de trabajo por un % del 53% aproximadamente. Por lo tanto el modelo considera el costo promedio de 1 Hr de demora en 478 y los resume en la columna denominada performance index (índice de rendimiento en \$/hr) que no es más que la sumatoria de las demoras, detenciones y penalización por exceso de colas.

Los consumos totales de combustible (lts/hr) corresponden al consumo durante el recorrido en los arcos, sumado al de las detenciones y por último el consumo

durante las paradas. El modelo arroja estos resultados basados en unos estándares de consumo de combustible según la velocidad, detención y distancia total recorrida. Los resultados obtenidos para la situación actual y mejorada fueron los siguientes.

Cuadro 39. Comparación de situación actual del horario 7:00 a 8:00 AM con mejorada

Ítem	actual	Mejorada	Delta
índice de rendimiento	186.584\$/hr	86.775\$/hr	99.809\$/hr
consumo de combustible	8.653 Lts/hr	4.309 Lts/hr	4.344 Lts/hr

Cuadro 40. Comparación de situación actual del horario 12:00 a 1:00 PM con situación mejorada

Ítem	Actual	Mejorada	Delta
índice de rendimiento	166.359 \$/hr	70.588 \$/hr	95.771 \$/hr
consumo de combustible	7.548 Lts/hr	3.435 Lts/hr	4.113 Lts/hr

Cuadro 41. Comparación de situación actual del horario 6:00 a 7:00 AM con situación mejorada

Ítem	Actual	Mejorada	Delta
índice de rendimiento	171.675 \$/hr	79.122 \$/hr	92.553 \$/hr
consumo de combustible	7.668 Lts/hr	3.731 Lts/hr	3.937 Lts/hr

Hay que considerar que los tres sistemas presentan las mayores tasas de ocupación vehicular en el horario comprendido entre las 7.00 AM y 7.00 PM, o sea, durante 12 horas del día. Lo que conlleva a tomar un promedio de la diferencia de los índices de rendimiento y consumo de combustible de la situación actual y la mejorada de los tres horarios pico, para calcular el ahorro de tiempo desgregado y ahorro en combustible en un año.

Por lo tanto se tiene que:

Cuadro 42. Ahorro de tiempo desgregado

Ahorro de tiempo	\$/hr	\$/día	\$/mes	\$/año
	96.044	1'152.528	34'575.840	414'910.080

Cuadro 43. Ahorro de combustible

Ahorro en combustible	Lts/ hr	Lts / día	Lts/mes	Lts/año	×	\$/ Lts	\$/año
	4.131	49.572	1'487.160	17'845.920	×	261	4'657'785.120

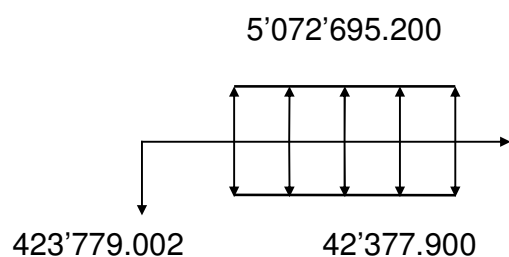
Beneficios por ahorros totales = 414'910.080 \$/año

4'657'785.120 \$/año

\$ 5'072'695.200/año

10.3 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

El análisis financiero se hará para una proyección hacia el futuro de cinco años, donde se supone que la inversión inicial para la implementación se hará en el año cero y asciende a \$423'779.002. Los costos de mantenimiento y operación que requiere la implementación, corresponden básicamente a mantenimiento preventivo y/o correctivo del sistema de semaforización y señalización y asciende anualmente a \$42'377.900 los que se consideran como egresos. Como se recordará los beneficios económicos ascendieron a \$5'072'695.200 anuales. El diagrama de inversión es el siguiente



A continuación se muestra el cuadro comparativo de ingresos y egresos, de donde se obtiene el flujo neto.

Cuadro 44. Comparación entre ingresos y egresos

Año	Ingresos	Egresos	Flujo Neto
0		423'779.002	(423'779.002)
1	5'072'695.200	42'377.900	5'030'317.300
2	5'072'695.200	42'377.900	5'030'317.300

3	5'072'695.200	42'377.900	5'030'317.300
4	5'072'695.200	42'377.900	5'030'317.300
5	5'072'695.200	42'377.900	5'030'317.300

La evaluación económica determina el rendimiento económico de los recursos que se van a invertir y tiene como fin establecer si el proyecto es viable desde el punto de vista económico, es decir, si es rentable. Esta evaluación se hace utilizando los métodos que tienen en cuenta el valor del dinero en el tiempo, tales como el valor presente neto y la tasa interna de rendimiento. Las cuales no se calcularon debido a que los beneficios del proyecto están regidos por aspectos de tipo cualitativos, y varían según el usuario, lo que conlleva a que sea difícil su cuantificación para cada uno de los beneficiados con el proyecto, que en este caso es la comunidad de Cartagena. Un ejemplo de esto es el ahorro de tiempo desgregado, el cual depende del tipo de actividad a que se dedica una persona. A todo esto se le suma, que el ente que realiza la inversión, es decir el municipio, no logrará beneficios de tipo económico y no necesitan conocer el rendimiento de la inversión.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Al evaluar las condiciones de tránsito que presenta la Avenida Don Pedro de Heredia, Carretera Troncal de Occidente, Avenida del Oriente, Carretera principal del Bosque y la Avenida Crisanto Luque por medio de la modelística y la simulación, se encontró que se presentaban problemas tales como la sobresaturación de flujo vehicular, semaforización descordinada, Subutilización de las vías alternas entre otros. De está manera se dispuso a proponer alternativas de solución tales como vías alternas, un plan de semaforización , señalización, creación y/o reordenamiento de rutas y de paraderos entre otros que en conjunto podrán suplir las deficiencias de tránsito en la vía.

Los estudios de tránsito llevados a cabo arrojaron valiosa información respecto a los flujos vehiculares, a las tasas de ocupación, lugares hacia donde mayormente se desplazan los habitantes de la zona de estudio, motivos de los viajes, frecuencia, medio empleado etc., además se hicieron observaciones a lo largo de la vía para determinar las variables que influían en el comportamiento de la vía, así como los sitios e intersecciones de conflicto.

La zona delimitada de estudio se dividió en tres sistemas para la mejor comprensión del problema, el primer sistema comprendía la Av. Don Pedro de

Heredia desde la Bomba de Ternera hasta el Fuerte de San Felipe, el segundo desde el round - point de El Amparo hasta el cruce con la Av. Crisanto Luque en la transversal 34 y .el tercero toda la avenida Crisanto Luque desde la intersección de la Troncal de Occidente hasta cruce con la Av. Pedro de Heredia en el Mercado de Bazurto. Esta división se hizo considerando aspectos como uso de suelos, homogeneidad y condiciones de la Vía.

De la información recopilada de la encuesta origen-destino se pueden resaltar los siguientes aspectos:

- Las vías estudiadas presentan un diferente y marcado comportamiento según el período del día que se trate, es así como en la hora pico de la mañana el flujo de vehículos-personas se presenta casi exclusivamente en sentido Oeste - Este y Sur - Norte en el caso de Av. Crisanto Luque. Flujo representado por las personas que se dirigen a sus sitios de trabajo, diligencias y estudio principalmente.

En la hora pico de la tarde se presenta el mismo fenómeno de la mañana con la diferencia que el flujo se presenta en sentido oeste - este y norte - sur.

Otras conclusiones que arrojaron los estudios de tránsito fueron:

- El **Sistema uno** presenta mejores condiciones geométricas que el **Sistema dos y tres**, específicamente mayor ancho de Vía, lo cual repercute en mayores velocidades de viaje.

El **Sistema uno** presenta mal estado de la vía en el tramo comprendido entre la Bomba de Ternera y la entrada a la Alameda la Victoria, y **el sistema dos** a la altura de el barrio Nuevo Bosque y la Bodega de Almaviva S. A., lo que obliga a los conductores a detenerse completamente por las condiciones de las lozas, e incluso a tomar la otra calzada generando enormes riesgos.

- Muchos de los conflictos vehículo-peatonales son generados o tienen su origen en la violación por parte de los conductores y peatones, de las leyes de tránsito, las violaciones más comunes que se observaron fueron, no mantener la distancia de seguridad, no respetar prelación, cruces prohibidos, no respetar señales de tránsito, parqueo de vehículos en zonas prohibidas, no respeto de línea de demarcación del cruce peatonal, los buses recogen los pasajeros en zonas prohibidas, los usuarios del servicio colectivo no respetan los sitios demarcados como paraderos de buses, entre otros.

- La tasa de ocupación de los vehículos particulares se considera baja (un pasajero en promedio, seguido de dos pasajeros), entonces, están circulando por las Vías una gran cantidad de vehículos que movilizan una proporción de personas sumamente baja, esto sustenta el darle prioridad a las vías principales

para el transporte colectivo (buses y microbuses) y buscar alternativas a los autos particulares.

De los modelos de tránsito existentes el que mejor se ajustaba para el estudio de zona fue el TRANSYT, ya lo que se quería era conocer el comportamiento en conjunto de la red vial formada por los tres sistemas con sus intersecciones. El módulo fue de gran utilidad tanto para conocer las condiciones de tránsito existentes, como para predecir el comportamiento de la red con las mejoras propuestas.

La evaluación mediante modelística y simulación de la situación actual y mejorada arrojó resultados como porcentaje de saturación de vías, y tiempo de ciclo de semáforos teniendo en cuenta la saturación de la vía, que son necesarios para la búsqueda de soluciones del problema de tránsito y transporte en la ciudad de Cartagena, además de proporcionar resultados de ahorro de combustible y tiempo disgregado en busca del beneficio económico de los usuarios del transporte en la ciudad.

La búsqueda de soluciones partió del hecho de proponer alternativas basadas en la gestión de tránsito y que fuesen viables técnica y económicamente. Es así como se propuso entre otras cosas las siguientes alternativas:

Creación de dos vías alternas una a la Av. Don Pedro de Heredia (Calle 33 y 34) y otra a la Carretera Principal del Bosque (Diagonal 21), la difusión de

utilización de vías existente (Calle 30, la Transversal 45, la Diagonal 21, la Av. Pedro Romero y la diagonal 32), instalación de nuevos semáforos y coordinación de los existentes, aumentar las señales de tránsito informativas y preventivas, establecer y demarcar los paraderos de buses a lo largo de los tres sistemas, crear campañas educativas dirigidas a los conductores y peatones que fomenten el respeto por las normas de tránsito, cerrar algunas islas de separación y por último mejorar el estado físico de la vía.

Las anteriores alternativas son viables técnica y económicamente, y se considera todas muy importantes pero se determinó que la primera alternativa, la creación de dos (2) vías alternas y la utilización de otras rutas que cubren el mismo trayecto que las principales, es la que mejor posibilidades ofrece para lograr los objetivos propuestos. No indica esto que las demás alternativas no deban ser acogidas, por el contrario, su ejecución y puesta en marcha daría una solución integral a los problemas existentes. Lo que se quiere indicar es que las demás alternativas por si solas no garantizan a corto plazo la solución a la problemática expuesta, pero si constituyen factores de apoyo a la alternativa de solución principal.

La implementación de estas dos vías alternas implican la ejecución de obras civiles de mediana envergadura, como es la pavimentación de 2500 metros cuadrados con espesor de 20 cms comprendidos entre la Calle 33 y 34, además, habría que llevar a cabo un programa de señalización donde seria necesario el traslado de algunas señales y la instalación de algunas nuevas

principalmente las de pare, dado que el sentido preferencial de las vías cambiaría. El plan completo de señalización necesaria se detalló anteriormente; por otra parte la difusión de la utilización de otras rutas esta basada en la gestión de tránsito, cuyo objetivo es el aprovechamiento al máximo de los recursos ya existentes.

Otro tipo de mejoras son de tipo geométrico, tales como ampliación de isla de separación, ubicación de separadores de concreto, cierre de algunas islas de separación etc.

Se deben reglamentar los paraderos de los buses, de tal manera que se optimize el transporte colectivo en los sistemas, la concientización por parte de los conductores de buses y usuarios es indispensable para lograr los objetivos que se pretenden, la ciudadanía debe saber que esta medida solo busca mejorar las condiciones del flujo vehicular en la vía, esto previendo la resistencia al cambio por parte de los directos afectados.

Los costos de la inversión requerida para la implemetación de las alternativas propuestas, que ascienden aproximadamente a \$423'779.002 pueden ser obtenidos mediante la financiación de alguna entidad crediticia, de manera directa por la alcaldía de Cartagena o incluso recurrir a mecanismos como impuestos por valorización o sobretasa a la gasolina y en algunos aspectos como señalización y programas educativos, buscando el apoyo y la vinculación de la empresa privada.

Se espera que esta investigación contribuya de alguna manera a mejorar las condiciones actuales que presentan las vías estudiadas en cuanto a transporte y tránsito se trata y que su implementación se haga en el menor tiempo posible de tal forma que los estudios llevados a cabo no pierdan vigencia.

BIBLIOGRAFÍA.

REPÚBLICA DE CHILE, COMISIÓN DE TRANSPORTE URBANO, Secretaria ejecutiva. MANUAL DE DISEÑO Y EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE VIALIDAD URBANA., Santiago de Chile. 1988.

Sapag Chain, Nassir , Sapag kain ,Reinaldo . . FUNDAMENTOS DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas Dpto. de Admón. Mc Graw-Hill. 1985.

Margarita Gerlein Villa, Francis Breton Badel, LA GESTIÓN, UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA PARA LE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE TRÁNSITO, APLICADO ALA ZONA NOROCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA . BARRANQUILLA UNIVERSIDAD DEL NORTE, DIVISIÓN DE INGENIERÍA, Programa de Ingeniería Civil, Tesis 1.993

R.A Vincent, A.I Mitchell AND D.I. Robertson.USER GUIDE TO TRANSYT VERSIÓN 8 , BY

W. Dickey Jhon, C. Stuart Robert. MANUAL DEL TRANSPORTE URBANO, INSTITUTO DE ESTUDIOS DE ADMINISTRACIÓN LOCAL, Madrid 1.977. Edit. McGraw-Hill Book Company.

GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACION. PROGRAMA ICFES-ICONTEC, NORMALIZACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN. SANTA FE DE BOGOTÁ, D.C. 1.996