

**DEFINICION DE ZONAS PARA LA APLICACION DE LA MEDIDA DE PICO Y
PLACA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

**RICARDO ANDRÉS DÍAZ CASELLES
YAMID ALEXANDER OSORIO CASTAÑEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

**DEFINICION DE ZONAS PARA LA APLICACION DE LA MEDIDA DE PICO Y
PLACA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

**RICARDO ANDRÉS DÍAZ CASELLES
YAMID ALEXANDER OSORIO CASTAÑEDA**

Trabajo de investigación para optar al título de Ingeniero Civil

Director

**Hernán Porras Díaz
Ingeniero Civil, M. Sc, Ph. D**

Co director

YERLY MARTINEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

DEDICATORIA

A nuestros padres por estar ahí cuando más los necesitamos y nos han formado con respeto y demás valores que conllevan a este logro.

A toda nuestra familia por el apoyo que significan para nuestra vida.

A nuestros amigos y compañeros de carrera por todos los buenos momentos compartidos.

Para todas estas personas está dedicado este logro.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Yerly Fabián Martínez E. nuestro codirector por su colaboración y disposición a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Eduardo Castañeda por brindar la idea principal de esta tesis de grado.

Al M. Sc, Víctor Manuel Castellanos por sus indicaciones para un ordenado desarrollo de la metodología de trabajo.

A nuestro director de proyecto el Dr. Hernán Porras Díaz por acoger nuestra idea de tal manera que se pudiera llevar a cabo en conjunto de la oficina de Geomática.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL PICO Y PLACA EN COLOMBIA	24
4.1.1 En Bogotá	24
4.1.2 Pico y placa para servicio público	26
4.1.3 Pico y Placa en Medellín	26
4.1.4 Pico y Placa en la frontera Colombo-Venezolana	27
4.2 OPOSICIÓN Y APOYO A LA MEDIDA	28
4.3 PICO Y PLACA EN BUCARAMANGA	28
4.3.1 Qué tipo de vehículos están exentos de cumplir la restricción?	31
4.3.2 Qué sectores de Bucaramanga se exceptúan de cumplir la restricción?	32
4.3.3 Periodos calendarios para la socialización e implementación de la medida	32
4.3.4 Resoluciones de pico y placa expiradas	33
4.4 CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO EN CALLES URBANAS	35
4.4.1 Concepto de capacidad vial	35
4.4.2 Nivel de servicio ó LOS (Level Of Service, en inglés)	36
4.4.3 Calles urbanas	38

4.4.3.1	Calculo de capacidad vial en intersecciones semaforizadas	38
4.4.3.2	Clasificacion de una calle urbana.	40
4.4.3.3	Clasificacion según la velocidad de flujo libre ó FFS.	41
4.4.3.4	Longitudes de estudio.	42
4.4.3.5	Tabla de volúmenes de servicio.	42
4.4.3.6	Niveles de servicio en calles urbanas (Level Of Service, LOS	44
4.4.4	Conceptos e información necesaria para el procedimiento de cálculo del nivel de servicio de la calle urbana semaforizada.	46
4.4.4.1	Segmentos en calle urbana.	46
4.4.4.2	Determinacion del tiempo de recorrido o de carrera Tr.	48
4.4.4.3	Determinacion del control de demora y nivel de servicio en un corredor con intersecciones semaforizadas.	49
4.4.4.4	Tipo de llegada a la interseccion y relacion de pelotón.	51
4.4.4.5	Factor de ajuste de progresión PF.	53
4.4.4.6	Ajuste de la demora incremental para controles accionados.	54
4.4.4.7	Factor de ajuste de medida o filtración vehicular entre intersecciones anteriores.	56
4.4.4.9	Determinación del nivel de servicio ó LOS.	58
4.4.5	Control de demora y nivel de servicio de una intersecciones controladas por señales de pare	58
4.4.5.1	Criterio de nivel de servicio.	59
4.4.5.2	Prioridad de los corredores.	59
4.4.5.3	Trafico conflictivo.	61
4.4.5.4	Espacios de tiempo o brechas para efectuar cruces.	63
4.4.5.5	Capacidad potencial del movimiento $C_{p,x}$.	65
4.4.5.6	Capadidad del movimiento $C_{m,x}$.	66
5.	METODOLOGÍA	70
5.1	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	70
5.1.1	Información secundaria de aforos vehiculares	70

5.1.2 Estudios previos para la formulación del plan maestro de movilidad urbana para el municipio de Bucaramanga.	71
5.1.3 Registro de información característica para cálculo y aplicación del concepto de capacidad vial y nivel de servicio.	71
5.1.4 Tráfico promedio diario de zonas no aforadas	72
5.1.5 Valores de tiempo en los ciclos de semaforos	72
5.1.6 Velocidades de recorrido sobre las vías	73
5.2 JUSTIFICACION DE LAS ZONAS ELEGIDAS PARA EL ESTUDIO	73
5.2.1 Origen y destino de los viajes en Bucaramanga	76
5.2.3 Los corredores de la movilidad	79
5.3 CARACTERIZACION DE LOS SECTORES QUE SE COSIDERARON APROPIADOS PARA EL ESTUDIO: IDENTIFICACIÓN Y APLICABILIDAD DE LAS ZONAS EN CUESTIÓN.	82
5.3.1 Sector 1→ Barrio Tejar Moderno y Barrio Lagos	82
5.3.2 Sector 2→ Barrio La Floresta y Pan de Azúcar	84
5.3.3 Sector 3 → Barrios Diamantes y San Luis	85
5.3.4 Sector 4 → Barrios Mutis, Colombia, Estoraques, San Gerardo II, Bucaramanga	86
5.3.5 Sector 5 → Barrio Campo Hermoso, 1 de Mayo, La Joya y Alfonso López:	87
5.3.6 Sector 6→ Norte	88
5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA.	90
5.4.1 Calculo tipo de TPDS, porcentaje representativo y volumen en hora de máxima demanda	90
5.4.2 Aplicación de la metodología del manual de capacidad vial hcm 2000 en cada sector usando la información recopilada.	96
5.4.3 Corredor urbano semaforizado	96
5.4.3.1 Capacidad vial en corredores con intersecciones semaforizadas	97
5.4.3.2 Corredores principales estudiados con intersecciones semaforizadas.	103
5.4.4 Estudio de intersecciones urbanas controladas por señales de pare	120

6. PLANTEAMIENTO FINAL DE LAS ZONAS LIBRES DE PICO Y PLACA EN BUCARAMANGA	129
6.1 SECTOR 1	132
6.2 SECTOR 2	133
6.3 SECTOR 3	134
6.4 SECTOR 4	135
6.5 SECTOR 5	136
6.6 SECTOR 6	137
6.7 MAPA DE ZONAS PROPUESTAS	140
6.8 UBICACIÓN DE ZONAS EXENTAS DE PICO Y PLACA ACTUALMENTE	142
7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS TECNICAS DE LA APLICACIÓN DE LA IDEA	144
7.1 DESVENTAJAS:	144
7.2 VENTAJAS:	144
BIBLIOGRAFÍA	146
ANEXO	147

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Tipos de segmentos en calles urbanas	47
Figura 2: Movimientos posibles en las intersecciones	61
Figura 3: Movimientos de Rango 1 y 2, y cálculo de su tasa de flujo conflictivo	62
Figura 4: Movimientos de Rango 3, y cálculo de su tasa de flujo conflictivo	62
Figura 5: Movimientos de Rango 4, y cálculo de su tasa de flujo conflictivo	63
Figura 6: Control de demora vs tasa de flujo	68
Figura 7: Distribución por motivo del viaje	75
Figura 8: Distribución de viajes por ocupación del usuario	76
Figura 9: Generación de viajes de transporte público	77
Figura 10: Atracción de viajes de transporte público	78
Figura 11: Corredores de movilidad del transporte privado	80
Figura 12: Corredores de movilidad del transporte público	81
Figura 13. Fuente: Elaboración propia	132
Figura 14. Fuente: Elaboración propia	133
Figura 15. Fuente: Elaboración propia	134
Figura 16. Fuente: Elaboración propia	135
Figura 17. Fuente: Elaboración propia	136
Figura 18. Fuente: Elaboración propia	137
Figura 19. Fuente: Elaboración propia	141
Figura 20. Fuente: Elaboración propia	142

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Organización temporal de placas en Bogotá	26
Tabla 2. Organización temporal de placas en Medellín	27
Tabla 3. Organización temporal de placas en la frontera Colombo-Venezolana	27
Tabla 4. Organización temporal de placas en Bucaramanga	29
Tabla 5. Organización temporal de placas de motos en Bucaramanga	29
Tabla 6. Tipo de vehículos exentos de Pico y Placa	31
Tabla 7. Sectores de Bucaramanga actualmente sin restricción	32
Tabla 8. Fechas propuestas para socialización de la nueva medida	32
Tabla 9. Resolución 2009 de pico y placa a particulares expirada	33
Tabla 10. Resolución 2010 de pico y placa a particulares expirada	34
Tabla 11. Resolución 2010 de pico y placa a motos expirada	34
Tabla 12: Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación	39
Tabla 13: Según categoría de diseño	41
Tabla 14: Según densidad de intersecciones semaforizadas	41
Tabla 15: Defecto de FFS según clase de calle	42
Tabla 16: Ejemplo de volúmenes de servicio según clase urbana	43
Tabla 17: Nivel de servicio de la calle urbana por clase	46
Tabla 18: Tiempo de carrera por milla.	48
Tabla 19: Relación entre el AT y el Rp	53
Tabla 20: Factores de ajuste de progresión PF para cálculo de demora uniforme	54
Tabla 21: Valores de k para tipos de controladores	56
Tabla 22: Valores recomendados para I en intersecciones consecutivas	57
Tabla 23: LOS para intersecciones no semaforizadas	59
Tabla 24: Brechas críticas base y tiempos de seguimiento	64
Tabla 25: Ejemplo de organización de aforos (Taxis)	91
Tabla 26: Registro de equivalentes cada 15 minutos en cada día de la semana	92

Tabla 27: Autos equivalentes 24/7	95
Tabla 28: Tiempos de semáforo en intersección de la K15	98
Tabla 29: Ejemplo de registro de TPD por segmento	98
Tabla 30: Ejemplo de cálculo del valor representativo del TPD en cada lugar	100
Tabla 31: Factores de corrección a la capacidad vial	101
Tabla 32: Coeficientes ejemplo usados para el cálculo de la capacidad	101
Tabla 33: Intensidad máxima resultante	102
Tabla 34: Longitudes de los segmentos estudiados en la K 15	104
Tabla 35: Ciclo semafórico del corredor Sur-Norte de la K 15	105
Tabla 36: Relación g/C (tiempo verde / duración del Ciclo)	106
Tabla 37: TPD equivalente representativo de cada segmento	107
Tabla 38: Relación v/c (volumen / capacidad)	108
Tabla 39: Tasa de pelotón	110
Tabla 40: Factor de ajuste adicional	110
Tabla 41: Proporción de vehículos que llegan al semáforo estando en verde	111
Tabla 42: Factor de ajuste de progresión	112
Tabla 43: Tiempo de recorrido T_r	113
Tabla 44: Factor de filtración I	114
Tabla 45: Demora incremental d_2	115
Tabla 46: Control de demora d	116
Tabla 47: Tiempo de carrera ST	116
Tabla 48: Velocidad de viaje SA	117
Tabla 49: Cambio de Kilómetros a Millas	117
Tabla 50: Determinación del nivel de servicio ó LOS	118
Tabla 51: Resumen del proceso realizado en los corredores semaforizados	119
Tabla 52: Intersecciones no semaforizadas en el sector 6	121
Tabla 53: Nivel de servicio en las intersecciones	130

RESUMEN

TITULO: DEFINICIÓN DE ZONAS PARA LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA DE PICO Y PLACA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA*.

AUTORES:

RICARDO ANDRES DIAZ CASELLES

YAMID ALEXANDER OSORIO CASTAÑEDA**

PALABRAS CLAVE: Definición de zonas, Pico y Placa, Capacidad Vial, Nivel de Servicio.

DESCRIPCION:

La aplicación de un sistema de restricción vehicular a particulares y de importación temporal y/o matrícula extranjera, con el ánimo de descongestionar, economizar y reducir el deterioro en el ecosistema de la capital Santandereana, es totalmente justificado y necesario. Sin embargo, se considera que hay zonas de la ciudad que se pueden usar a manera de movilización interna en horarios de restricción para mantener, a lo menos, el tráfico vehicular para el que fueron diseñados, es decir, no subutilizar esos corredores y de la mano brindar mejor calidad de vida y confort en lo que a eso respecta a los ciudadanos; es preciso mencionar en este espacio que la falta de cultura urbana concede un sin número de posibilidades de trastornar la idea del proyecto.

Se debe tener en cuenta que los sectores o zonas seleccionables, deben, necesariamente, demostrar una movilización y congestión menor a la que presentan las vías arteriales primarias y secundarias de Bucaramanga en las horas pico establecidas que son de 6:00 am 9:00 y de 17:00 a 20:00. Como justificaciones se tiene la necesidad de transporte interno en un barrio residencial-escolar-universitario, para actividades comerciales menores (compras en una tienda, ir a almorzar, estaciones de servicio, etc.). Se obtiene, de cada sector, un Nivel de Servicio relacionado a la capacidad vial del mismo, amén de proponerlo como excluible.

De ninguna manera, se aclara, esta idea o proyecto tiene como intención, desmeritar o criticar vagamente la medida de pico y placa adoptada por la dirección de tránsito y la alcaldía dela ciudad, por el contrario, lo que motiva su realización es la optimización del sistema vigente. Se presenta la metodología utilizada, resultados y zonificación gráfica.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico- mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, Codirector Yerly Martínez

ABSTRACT

TITULO: ZONING FOR THE APPLICATION OF THE MEASUREMENT OF "PICO Y PLACA" IN THE CITY OF BUCARAMANGA*.

AUTHORS:

RICARDO ANDRES DIAZ CASELLES

YAMID ALEXANDER OSORIO CASTAÑEDA**

KEY WORDS: Zoning, Pico y Placa, Vial Capacity, Level of Service.

DESCRIPTION:

The application of a vehicle restraint system for individuals and temporary import and foreign registration, with the aim of reducing congestion, saving and reduce the deterioration of the Bucaramanga's ecosystem, is fully justified and necessary. However, it is considered that there are areas of the city that can be used by way of internal movement restrictions at times to maintain, at least, traffic for which they were designed, i.e. not under-use these corridors and hand to provide better quality of life and comfort as far as it regards the citizens need to be mentioned in this space that the lack of urban culture provides a number of possibilities to disrupt the project idea.

It should be noted that the selectable sectors or areas, they must necessarily prove less mobilization and less congestion than the established as primary and secondary arterial roads in Bucaramanga, during peak hour (6:00 am to 9:00 and 17:00 to 20:00). As justifications have the internal transport needs in a residential-school-university to lower business (shopping in a store, go to lunch, gas stations, etc.). Is obtained, from each sector, a Level of Service related to the same Vial Capacity, in order to proposing it or not, as excludable.

This idea or project is not intended to vaguely demerits or criticize the Pico y Placa resolution, adopted by the direction of travel; on the contrary, what motivates their implementation is the optimization to the current system. The document contains the methodology used, results and zoning chart.

* Graduation Project

** Faculty of Physical and mechanical engineering. School of Civil Engineering. Director: Hernán Díaz Porras, Co Director Yerly Martinez

INTRODUCCION

La ciudad de Bucaramanga y su administración tienen en este tiempo un problema con la movilidad. Es bien sabido que todo usuario partícipe de una urbanización siempre anhela un nivel alto en su calidad de vida y confort, circunstancias que siempre van de la mano con el desarrollo económico y social de una ciudad; y la congestión o tráfico, que afectan dicho tema, siempre están en boca de todos cuando se discute acerca de Bucaramanga. Por tal motivo, surgió la idea de optimizar una resolución tomada que está relacionada al concepto de movilidad, el pico y placa. No necesariamente el pico y placa es una verdad absoluta para la solución de los problemas de tránsito en una urbe y como consecuencia siempre está en constante cambio con la intención de encontrar su mejor funcionamiento. El lector puede encontrar contradictorio que la idea principal de este documento sea excluir sectores de la ciudad de la medida, cuando se quiere evitar la excesiva circulación de vehículos, sin embargo, en donde se piensa eliminar, es en barrios o sectores de Bucaramanga que no presentan mayor circulación, y el incremento de esta en los últimos años con la medida no son significativos comparado con lo que mueven día a día las arterias principales y secundarias de la ciudad, se garantizará en el proceso claro está, con argumentos precisos que en el caso de adoptar la propuesta no se presenten problemas en un margen de tiempo prudente en razón al crecimiento del parque automotor.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tránsito en las ciudades es un tema de gran importancia y que día a día en el mundo, protagoniza un punto de referencia fundamental en el crecimiento sostenible de las mismas. Es por eso que los expertos del mundo en el tema han hecho propuestas para mejorar día a día la calidad del tránsito en ellas, propuestas que abarcan medidas de infraestructura tales como metros, subterráneos, sistemas integrados de transporte masivos como el que hoy en día posee la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana, todas con el afán de aliviar la congestión y mejorar la movilidad, en tanto existen otras medidas que han surgido como soluciones para mitigar los impactos que genera el crecimiento vehicular como lo es la medida de pico y placa, medida que se ha aplicado en diversas ciudades de Colombia como en Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, entre otras.

La medida consiste en una restricción de uso del vehículo en un determinado horario basados en los dígitos presentes en la placa del vehículo, esta medida ha provocado efectos secundarios producto de la necesidad que ha tenido la ciudadanía para evadir o mitigar el impacto que les genera esta medida. Tales efectos son como la compra de un segundo vehículo en aquellas familias que tienen el poder adquisitivo para hacerlo, en este caso no hay forma de que el pico y placa surta efecto, la misma persona o grupo de personas va seguir poniendo un vehículo en circulación en la hora de restricción, donde se pretendía que usara cualquier otro tipo de transporte por ejemplo el transporte público. El pico y placa en la ciudad de Bucaramanga, se planteó como propuesta de contingencia temporal a los problemas de congestión que iba a sufrir la ciudad a causa del proceso constructivo de las obras del sistema de transporte masivo METROLINEA, pero que en la actualidad sigue su aplicación, con una serie de

modificaciones que se le ha venido haciendo desde su puesta en marcha como la ampliación de horarios de aplicación incluso la medida a llegado a abarcar a los taxis y a las motocicletas.

Pero lo que ha venido mostrando el comportamiento de la medida es que en algunos sectores de la ciudad esta se ha visto que su efecto no ha sido tan impactante, viéndose a diario la conformación de colas y de aumento del os tiempos de espera, pero caso contrario ocurre en otros sectores donde la medida pareciera no tener incidencia ya que el flujo vehicular es muy bajo. Esta situación motiva a realizar unos ajustes u optimización a esta medida. Ya que el pico y placa quedo instaurado de forma permanente, esto conlleva a plantearse un interrogante ¿Es necesario la aplicación de la medida de pico y placa en toda la jurisdicción urbana del municipio de Bucaramanga, o sería más efectivo determinar una zonificación para la aplicación de la misma? Una propuesta de reajuste, podría ser una zonificación para la aplicación de la medida, teniendo en cuenta que ya existen tres zonas dentro de la ciudad que se encuentran fuera de la cobertura, lo cual permite pensar en algunas nuevas zonas, que puedan contar con este mismo beneficio. Si bien es cierto que en horas pico, es evidente que en algunas zonas de la ciudad es casi intransitable debido a la alta congestión por parte de los vehículos que transitan por ella, también se puede apreciar zonas donde el transito es regularmente bajo, lo que lleva a plantear una posible excepción de esta norma en ciertos sectores de la ciudad de Bucaramanga, una posibilidad de implementar ciertas zonas dentro de las mallas viales, que permitan mejorar aspectos de la calidad de vida de los ciudadanos que tienen vehículos.

2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana circulan aproximadamente 86,970¹ automóviles, debido a un crecimiento regular durante los últimos 20 años. Una de las causas de este incremento, es el crecimiento de la población del área metropolitana, además del bajo costo y las facilidades que representa hoy en día hacerse a un nuevo vehículo.

La aplicación de un sistema de restricción vehicular a particulares y de importación temporal y/o matrícula extranjera, con el ánimo de descongestionar, economizar y reducir el deterioro en el ecosistema de la capital Santandereana, es totalmente justificado y necesario. Sin embargo, se considera que hay zonas de la ciudad que se pueden usar a manera de movilización interna en horarios de restricción para mantener, a lo menos, el tráfico vehicular para el que fueron diseñados, es decir, no subutilizar esos corredores y de la mano brindar mejor calidad de vida y confort en lo que a eso respecta a los ciudadanos; es preciso mencionar en este espacio que la falta de cultura urbana concede un sin número de posibilidades de hacerle, vulgarmente, “el quite” al sistema.

Se debe tener en cuenta que los sectores o zonas mencionables, deben, necesariamente, demostrar una movilización y congestión menor a la que presentan las vías arteriales primarias y secundarias de Bucaramanga en las horas pico establecidas que son de 6:00 am 9:00 y de 17:00 a 20:00. Como justificaciones se tiene la necesidad de transporte interno en un barrio residencial-escolar-universitario, transporte interno para actividades comerciales menores (compras en una tienda, ir a almorzar, estaciones de servicio, etc.). Las ventajas

¹Ministerio de Transporte 2010

son subjetivas ya que sólo encierran lo que se mencionaba en el párrafo anterior sobre confort, lo que hace que se pueda establecer una discusión sobre qué circunstancias pueden dar la razón y poner este anexo a la brevedad posible.

De ninguna manera, se aclara, esta idea o proyecto tiene como intención, desmeritar o criticar vagamente la medida de pico y placa adoptada por la dirección de tránsito y la alcaldía de la ciudad, por el contrario, lo que motiva su realización es la optimización del sistema vigente. Un ejemplo que argumenta que demuestra que es posible está exclusión de circuitos viales es que la Vía Anillo Vial jurisdicción del Municipio de Bucaramanga, en el sector comprendido entre el Puente Terpel (sobre la Quebrada "La Rosita") y Puente Tierra (Corregimiento Vijagual, vía al mar); la Calle 105 entre la carrera 33 (carretera antigua a Floridablanca) y la Terminal de Transportes de Bucaramanga; la calle 67 de los Barrios La Salle, La Victoria y Pablo VI hacia la Terminal de Transportes y hacia el Municipio de Girón y el sector comprendido entre el Parque del Agua y Morrórico hacia el oriente de la ciudad se exceptúan de cumplir la restricción. Estos tramos están ubicados en el perímetro urbano y la idea es que sectores residenciales en la jurisdicción de Bucaramanga que se deberían eximir de la medida, cabe aclarar que una de los principales inconvenientes para la aplicación de un posible control por zonas, radica en ello, en el control que deberían ejercer las autoridades de tránsito y que se hace muchas veces muy complicado.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Colaborar en una posible solución al mejoramiento de la movilidad del municipio de Bucaramanga a raíz de proponer una zonificación de cobertura de la medida del pico y placa.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las ventajas y desventajas técnicas que traería establecer la zonificación.
- A partir de la información primaria recopilada por el grupo de Geomática, proponer una zonificación.
- Elaborar un informe técnico del estudio realizado para suministrar a la autoridad competente, que sirva de apoyo en la toma de decisiones en cuanto a la medida del pico y placa en la ciudad.
- Diseñar un instructivo con la orientación y señalización de las zonas resultantes como medida informativa para la ciudadanía en general.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL PICO Y PLACA EN COLOMBIA

El pico y placa es un programa de restricción vehicular implementado inicialmente en la ciudad de Bogotá durante la primera alcaldía de Antanas Mockus y posteriormente en otras ciudades de Colombia y Venezuela, en los primeros días del mes de enero del 2010, se anunció la aplicación de esta medida en la ciudad de Quito en Ecuador debido a la congestión que se presenta en la ciudad.

Esta norma de tránsito impone una restricción de circulación obligatoria en el área urbana a automóviles particulares y de servicio público en horarios "pico" (horarios con mayor afluencia de tráfico), dependiendo del último número de placa el automóvil, pretendiendo reducir con ella el colapso circulatorio que se formaba en estas horas. Dentro de su aplicación, cada año se rota el día de restricción de acuerdo al número de placa del vehículo. La organización de pico y placa se cambia en las ciudades semestral o anualmente, con la intención de observar y estudiar los cambios en el comportamiento de la movilidad de la ciudad.

4.1.1 En Bogotá

Se implantó en 1998 en la alcaldía de Antanas Mockus, como solución al tan caótico tráfico de la ciudad, que por ese entonces, se encontraba con mayores problemas de movilidad, que los habituales, debido a la construcción de la primera fase del sistema de transporte masivo, Transmilenio, después de la finalización de dicha troncal, la medida siguió vigente; la medida inicialmente fue implementada en el horario de 6:30 a 9:00, y de 16:00 a 19:30, horas de mayor demanda vial; luego de que se descubriera, por parte de la autoridades, que algunos ciudadanos estaban seleccionando el último dígito de la placa para que la medida no los

afectara de un manera tan drástica y también había gente que seleccionaba la placa para poder salir los viernes en la tarde; esto provocó que hubiera una gran cantidad de automotores con placas terminadas en 1,2,3 y 4, al cual le correspondía el día lunes, y debido a que el país cuenta con varios festivos en los días lunes, esto evitaría tener restricción dos días a la semana, por esto desde el año 2002 se implementó la rotación anual, consistente en modificar los días restringidos para los carros en el mes de julio.

A partir del 6 de febrero de 2009, la medida se amplió a todo el día, de 6:00 a 20:00, debido a que se comenzó la construcción de la fase tres de Transmilenio, según lo dictaminado por el alcalde Samuel Moreno, ya que se tenía el precedente de tránsito caótico que vivió Bogotá durante la construcción de la fase II del mismo sistema, ya que se presentaron grandes represamientos viales.

Esta medida ha obligado a que muchos Habitantes de la ciudad busquen nuevas maneras de transportarse tanto con transporte público como transportes alternativos como la bicicleta. Otras empresas se las han ideado para ofrecer servicios que atiendan este público, como lo es el alquiler de vehículo durante un día.

Durante la alcaldía de Luis Eduardo Garzón en Bogotá se implementó el pico y placa ambiental, extendiendo la medida a vehículos de carga. La configuración vigente desde julio de 2009 hasta junio de 2010 es:

Tabla 1. Organización temporal de placas en Bogotá

Día	Número
Lunes	9-0-1-2
Martes	3-4-5-6
Miércoles	7-8-9-0
Jueves	1-2-3-4
Viernes	5-6-7-8

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Pico y placa para servicio público

Debido a la gran cantidad de vehículos de servicio público existentes en Bogotá, el alcalde Antanas Mockus decidió, inicialmente, implantar una restricción de Pico y Placa para todos los vehículos de servicio público durante dos días completos a la semana haciendo que cada placa tuviera siempre restricciones durante los mismos días de la semana.

Esta medida fue rechazada por los afectados; para protestar, algunos taxistas sacaron sus vehículos a las calles el 2 de agosto y bloquearon las vías principales de la ciudad generando un caos que paralizó a todos los sectores, afectando inclusive a los niños que iban en los buses escolares y a las ambulancias. Finalmente el alcalde acordó establecer la medida para restringiera a los vehículos un día completo a la semana según la placa, de lunes a sábado y con una rotación permanente de placas, de manera que cada semana varía el día restringido para cada carro.

4.1.3 Pico y Placa en Medellín

Hace pocos años el alcalde Sergio Fajardo implementó la misma medida en la ciudad de Medellín, con la diferencia de que los días se rotan cada 6 meses. Las horas pico en Medellín son: de 6:30 am - 8:30 am, y de 5:30 pm a 7:30 pm.

La restricción del Pico y Placa en la ciudad de Medellín, se aplicó para el primer semestre del 2011, de la siguiente manera:

Tabla 2. Organización temporal de placas en Medellín

Día	Número
Lun y Mie	0 – 1
Lun y Jue	2 – 3
Mar y Jue	4 – 5
Mar y Vie	6 – 7
Mie y Vie	8 – 9

Fuente: Elaboración propia

En todas las ciudades colombianas el incumplimiento de esta norma conlleva a la retención del vehículo y a una posterior multa.

4.1.4 Pico y Placa en la frontera Colombo-Venezolana

Las autoridades viales del estado del Táchira, Venezuela decidieron implementar la medida del pico y placa para regular el tráfico en el paso fronterizo entre Colombia y Venezuela. La alcaldía de Ureña, población cercana a la frontera colombo-venezolana, tomó la decisión de implementar el día de la parada, medida que restringe el paso por la frontera, para agilizar el paso por el puente internacional Francisco de Paula Santander, esta restricción solo se mantiene para vehículos particulares de la siguiente manera:

Tabla 3. Organización temporal de placas en la frontera Colombo-Venezolana

Día	Número
Lunes	05-jul
Martes	0 – 1
Miércoles	03-jun
Jueves	04-ago
Viernes	02-sep

Fuente: Elaboración propia

4.2 OPOSICIÓN Y APOYO A LA MEDIDA

A pesar de los problemas de tráfico que siguen presentándose, del caos vehicular, del cambio climático que afectó directamente a Bogotá, y de que la población que tiene vehículo propio no sobrepasa el 15%, existen personas interesadas en atacar la medida, inclusive, en el Senado de la República, se pretende que la cantidad de horas de la medida durante la semana tenga un límite.

La medida de pico y placa suele tener entre sus principales opositores a personajes de la clase alta de la sociedad, quienes suelen pertenecer, entre otros, a los medios de comunicación.

Por otro lado, durante la alcaldía de Enrique Peñalosa se realizó un ejercicio en el que los ciudadanos votaron a favor de que la medida de pico y placa ocurriera todos los días hábiles de la semana desde las 6 y las 9 de la mañana y de las 4:30 a las 7:30 de la noche a partir del año 2015.

4.3 PICO Y PLACA EN BUCARAMANGA

Mediante la Resolución N°408 del 24 de mayo de 2011 se derogan las Resoluciones N° 637, N° 641 y N° 673 de 2010 las cuales modificaron el sistema de Pico y Placa en el perímetro urbano de Bucaramanga, implementado inicialmente por las Resoluciones 277 del 27 de Abril de 2006, 475 del 23 de Junio de 2006, 487 del 30 de Junio de 2006, 195 del 24 de Abril de 2008, 271 del 21 de Julio de 2009 y 298 del 5 de Agosto de 2009.

De acuerdo a lo establecido en la nuevas disposiciones se implementa el Sistema de Pico y Placa en el perímetro urbano de la ciudad de Bucaramanga, restringiendo la circulación de vehículos automotores de servicio particular clase automóviles, camperos, camionetas de todo tipo de carrocerías, microbuses,

busetas, buses y vehículos de importación temporal y/o matrícula extranjera, durante los periodos comprendidos entre las 06:00 a las 21:00 horas, durante los días hábiles (Lunes a Viernes), teniendo en cuenta el último dígito de la placa del vehículo como se establece a continuación:

Tabla 4. Organización temporal de placas en Bucaramanga

DIA DE LA SEMANA	RESTRICCIÓN A LAS PLACAS TERMINADAS EN
Lunes	5 y 6
Martes	7 y 8
Miércoles	9 y 0
Jueves	1 y 2
Viernes	3 y 4

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se implementa la rotación de la medida del Pico y Placa en el perímetro urbano de la ciudad de Bucaramanga, restringiendo la circulación de vehículos automotores de servicio particular clase Motocicletas, motocarros, mototriciclos, cuatrimotos durante los periodos comprendidos entre las 06:00 a las 09:00 horas y de las 17:00 las 20:00 Horas, durante los días hábiles (Lunes a Viernes), teniendo en cuenta el último dígito de la placa de la motocicleta como se establece a continuación:

Tabla 5. Organización temporal de placas de motos en Bucaramanga

DIA DE LA SEMANA	RESTRICCIÓN A LAS PLACAS TERMINADAS EN
Lunes	5 y 6
Martes	7 y 8
Miércoles	9 y 0
Jueves	1 y 2
Viernes	3 y 4

Fuente: Elaboración propia

De manera adicional a lo dispuesto en la Resolución N°408 de 2011, en el trayecto vial comprendido entre el Puente de Provenza y la Puerta del Sol (Carrera 27) de la Autopista Floridablanca Bucaramanga, sentido vial Sur-Norte, en el horario de 06:00 a las 09:00 y 13:30 a las 14:30 horas, durante los días hábiles (Lunes a Viernes), la restricción vehicular par e impar, a la circulación de vehículos automotores de servicio particular clase automóviles, camperos, camionetas de todo tipo de carrocería, microbuses, busetas, buses y vehículos de importación temporal y/o matrícula extranjera, así: Si el día numérico de la semana es par, solo podrán transitar sin la restricción establecida en este trayecto vial, los vehículos cuyo último dígito de la placa sea par y si el día numérico de la semana es impar, solo podrán transitar sin la restricción establecida en este trayecto vial, los vehículos cuyo último dígito de la placa sea impar. Para la aplicación de esta medida se determinan como números pares el 2, 4, 6, 8 y 0 e impares el 1, 3, 5, 7 y 9.

Esta numeración establecida será objeto de rotación cada cuatro (4) meses para lo cual la Dirección de Tránsito de Bucaramanga, expedirá el acto administrativo señalando los días en que operarán los nuevos dígitos. Los vehículos de Servicio de Transporte Colectivo e individual de pasajeros (taxis) continuarán regulados por las disposiciones vigentes.

4.3.1 Qué tipo de vehículos están exentos de cumplir la restricción?

Tabla 6. Tipo de vehículos exentos de Pico y Placa

Los vehículos que conforman las caravanas presidenciales y los de servicio diplomático.
Los de servicio de asistencia médica especializada identificados externamente y los de emergencia en salud demarcados con identificación permanente (ambulancias, bomberos y todos los que transportan equipo y material logístico).
Los vehículos de servicio especial para el transporte de estudiantes, asalariados, turistas (prestadores de servicios turísticos) o particulares, vinculados a una empresa legalmente constituida y debidamente habilitada en esta modalidad.
Los que están dotados de equipos que no permitan ser reemplazados por otro vehículo automotor para el mantenimiento de redes de servicios públicos esenciales (energía, semaforización, telefonía, acueducto, alcantarillado y gas) demarcados con identificación permanente de propiedad de las empresas y/o que estén vinculados mediante contrato debidamente certificado.
Los vehículos de propiedad de medios de comunicación que estén dotados de equipos que no permitan ser reemplazados por otro vehículo, como el caso de trans-móviles u otros de características especiales debidamente identificados.
Los vehículos que estén ocupados por los Magistrados, Jueces, Procuradores Judiciales y Fiscales del municipio de Bucaramanga.
Los recolectores de basura, debidamente identificados y acreditados.
Los vehículos debidamente identificados y acreditados para el transporte de valores.
Los vehículos que ingresen y lleguen a la Ciudad de Bucaramanga provenientes de otras ciudades diferentes a las que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga, acreditando el recibo de pago del peaje actualizado a la fecha de ingreso, exceptuando las motocicletas, motocarros, mototriciclos, cuatrimotos que se regirán por lo establecido en el artículo tercero de la Resolución 408 de 2011.
Los que sean de propiedad de las Fuerzas Militares, Policía Nacional, DAS, INPEC y Fiscalía, para el transporte de personal detenido y en general los Organismos de Seguridad del Estado, debidamente identificados.
Los vehículos prestadores del servicio de protección y seguridad a las personas que previa certificación de los organismos de seguridad del Estado requieran de este servicio.
Los destinados al control de tráfico, las grúas y carros talleres o de asistencia técnica debidamente identificados.
Para los vehículos de carga, seguirán vigentes las restricciones establecidas para esta clase de transporte, exceptuando las camionetas de todo tipo de carrocería,

las cuales se regirán por lo establecido en el artículo 1 de la Resolución 408 de 2011.

Los conducidos por conductores discapacitados, cuyos vehículos se encuentren debidamente acondicionados y los utilizados para el transporte de personas discapacitadas, siempre y cuando él o los discapacitados estén ocupando el vehículo.

Los vehículos de blindaje igual o superior a nivel tres (3).

Los vehículos conducidos por los miembros activos de la policía cívica, para lo cual deben portar la identificación correspondiente.

Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

4.3.2 Qué sectores de Bucaramanga se exceptúan de cumplir la restricción?

Tabla 7. Sectores de Bucaramanga actualmente sin restricción

Vía Anillo Vial, jurisdicción de Bucaramanga, en el sector comprendido entre el puente TERPEL (sobre la quebrada La Rosita) y el Puente Tierra (Corregimiento Vijagual, vía al mar).

El corredor vial de la calle 105 entre la carrera 33 (vía antigua entre Bucaramanga-Floridablanca) a la carrera 16 y el tramo de la Transversal Metropolitana desde la carrera 16 y el Puente el Bueno en ambos sentidos.

La calle 67 de los barrios La Salle, La Victoria y Pablo Sexto hacia la Terminal de Transporte de Bucaramanga y hacia el municipio de Girón.

Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

4.3.3 Periodos calendarios para la socialización e implementación de la medida

Tabla 8. Fechas propuestas para socialización de la nueva medida

Del 24 de Mayo al 06 de Junio de 2011, las autoridades de Tránsito socializarán la medida contenida en la Resolución N°408 de 2011.

Del 07 al 11 de Junio de 2011, las autoridades de Tránsito amonestarán a los conductores que incumplan la medida contenida en la Resolución 408 de 2011. La amonestación consiste en la obligación de asistir a un curso de educación vial, so pena de ser sancionado con una multa de cinco (5) salarios mínimos diarios legales vigentes de conformidad con el literal H.03, del artículo 1 de la Resolución No. 3027 del 26 de Julio de 2010 expedida por el Ministerio de Transporte en concordancia con el artículo 123 de la Ley 769 de 2002.

A partir del 13 de junio de 2011, quien incumpla lo dispuesto en la Resolución 408 de 2011, será sancionado de conformidad con el artículo séptimo de este mismo acto.

Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

4.3.4 Resoluciones de pico y placa expiradas

Estas son algunas restricciones que han existido en el perímetro urbano. Atraves del tiempo han tenido algunos cambios en su horario de aplicación y rotación de los números en los días.

RESOLUCIÓN No. 419 DE 2009

(SEPTIEMBRE DE 2009)

Horario: 6:30 A.M a 9:00 A.M y 4:30 P.M a 7:00 P.M

Tabla 9. Resolución 2009 de pico y placa a particulares expirada

DIA DE LA SEMANA	RESTRICCIÓN VEHICULAR PLACAS TERMINADAS EN
Lunes	1, 2, 3 y 4
Martes	5, 6, 7 y 8
Miércoles	9, 0, 1 y 2
Jueves	3, 4, 5 y 6
Viernes	7, 8, 9 y 0

Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

RESOLUCION N° 637 DE 2010

(OCTUBRE DE 2010)

Horario: 6:00 A.M a 9:00 A.M y 5:00 P.M a 8:00 P.M

Tabla 10. Resolución 2010 de pico y placa a particulares expirada

DIA DE LA SEMANA	RESTRICCIÓN A PLACAS TERMINADAS EN
Lunes	7,8,9 y 0
Martes	1,2,3 y 4
Miércoles	5,6,7 y 8
Jueves	9,0,1 y 2
Viernes	3,4,5 y 6

Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

MOTOS

Tabla 11. Resolución 2010 de pico y placa a motos expirada

DIA DE LA SEMANA	RESTRICCIÓN A PLACAS TERMINADAS EN
Lunes	1 -2
Martes	3-4
Miércoles	5-6
Jueves	7-8
Viernes	9-0

Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

Con respecto a la última medida tomada por el tránsito en la ciudad, se realizó una encuesta por la dirección de tránsito en su página de internet, con la siguiente pregunta ¿la implementación del pico y placa en la ciudad de Bucaramanga lo ha? con opción de tres respuestas como: 1) perjudicad, 2) beneficiado, 3) no ha tenido efectos sobre usted. Y las respuestas tienen un porcentaje de 80.3%, 10.6%, 9.1%, respectivamente, con un número total de encuestados de 1609. Claramente se puede observar como la nueva medida ha logrado indisponer a un representativo número de conductores de la ciudad.

4.4 CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO EN CALLES URBANAS

4.4.1 Concepto de capacidad vial

Según la Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones de Rafael Cal y Mayor, en las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta.

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

En el trabajo de investigación realizado para este documento fue necesario el estudio de corredores o calles de circulación discontinua ya que se están analizando corredores dentro de una zona urbana, los cuales, si bien en la mayoría de los casos no presentan semaforización, existen corredores analizados con semaforización continua que mueven tráficos promedios diarios generalmente inferiores a su capacidad. Infiere, de tal manera, en este capítulo la hipótesis de si estos sectores o barrios se encuentran funcionando correctamente de acuerdo a su capacidad.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad y calidad de operación. Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de capacidad, es estimar el máximo número de vehículos que un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad durante

un periodo específico. Sin embargo, los sistemas operan pobremente a capacidad; pero generalmente ellos raramente se planifican para operar en este rango. A su vez, mediante los análisis de capacidad, también se estima la cantidad máxima de vehículos que el sistema puede acomodar mientras se mantiene una determinada calidad de operación, abriendo paso al concepto de NIVEL DE SERVICIO.

4.4.2 Nivel de servicio ó LOS (Level Of Service, en inglés)

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. Por lo general no se realizan estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de una carretera o calle; lo que se hace es tratar de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con que flujos, o volúmenes, y a qué plazo se llegara a la capacidad de esa parte del sistema vial.

La ingeniería de transito de Cal y Mayor Fundamentos y Aplicaciones comenta, por otro lado, que en una investigación realizada en Colombia sobre capacidad y niveles de servicio para carreteras de 2 carriles (Un carril por sentido. Mayoría en este texto proyecto), con base en observaciones de campo, se encontró que la capacidad ideal es de 3200 automóviles/hora/ambos sentidos. Estos valores de capacidad son bastante consistentes con los encontrados en el HCM 2000, que varían entre 3200 y 3400 automóviles/hora/ambos sentidos.

En el otro extremo, la capacidad puede llegar hasta valores de 300 vehículos/hora/carril, en una zona urbana de calles viejas y angostas, con un gran porcentaje de vehículos pesados, un fuerte volumen de vueltas y presencia frecuente de intersecciones con semáforos. El manual de capacidad vial HCM 2000 del TRB (Transportation Research Board de los EE.UU.) ha establecido 6 niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua, como se verá más adelante.

Se resalta que el Highway Capacity Manual 2000, editado por el Transportation Researchboard de los Estados Unidos, constituye el más extenso trabajo realizado hasta la fecha sobre la capacidad de cualquier componente de un sistema vial rural y urbano, y aunque muchos de los factores pueden corresponder a condiciones específicas de la vialidad en los EE.UU, se ha utilizado en otros países con resultados muy positivos, y en donde los procedimientos lo han permitido, se ha incorporado información de estudios locales, adaptando y calibrando el manual a las condiciones propias de cada país.

El nivel de servicio en las calles de una ciudad está basado en el promedio de la velocidad de viaje de un vehículo para un segmento o un corredor completo. La velocidad de viaje es la medida básica de servicio para las calles urbanas. La velocidad de viaje es computada de los tiempos de recorrido o carrera sobre la calle urbana y del control de demora de los movimientos que pasan a través de la intersección semaforizada. Esta explicación continúa más adelante.

4.4.3 Calles urbanas

ALCANCE DE ESTA METODOLOGIA:

El HCM 2000 en su capítulo 15 de Calles Urbanas dice que la metodología puede ser usada para evaluar la movilidad en una calle urbana. El grado de movilidad provisto es evaluado en términos de la velocidad de viaje para el tráfico que circula todo un corredor. Las entradas a urbes o vías intermunicipales no son evaluadas con este proceso. Sin embargo, el nivel de acceso provisto por una calle debería ser considerado cuando se está evaluando su desempeño, especialmente si la calle esta supuesta a proveer acceso. Factores que favorecen la movilidad frecuentemente reflejan niveles mínimos de acceso y viceversa. La metodología descrita en el capítulo 15 del HCM 2000 se concentra en la movilidad; regularmente se evalúa esa movilidad a las calles urbanas de al menos 1 mi (1,6 km), que son consideradas arterias principales en una ciudad. Las de menor tamaño también se pueden analizar pero son consideradas de menor importancia o de acceso a vías primarias. El capítulo 17 del HCM contiene la información necesaria para obtener la funcionalidad de una intersección señalizada por Stop o Pares.

4.4.3.1 Calculo de capacidad vial en intersecciones semaforizadas. En el estudio de capacidad y nivel de servicio para intersecciones semaforizadas se estudian por aparte cada uno de los accesos que convergen en la intersección, mas no se estudia la intersección como un todo. Esto resulta de advertir que como consecuencia de los semáforos los accesos se comportan en forma independiente y por ende se deben estudiar por separado y no como un todo.

Cuando el semáforo está en fase verde en un acceso por este podrá pasar un determinado número de vehículos por unidad de tiempo, a dicha relación de vehículos por tiempo se le conoce como Intensidad y en el caso de ser máxima se

denomina Intensidad de saturación (S). Del concepto de Intensidad de saturación se deriva el concepto de Capacidad (C) entendido como el máximo número de vehículo que pasan por un acceso en una unidad de tiempo. La capacidad se determina como sigue:

$$C = S * \frac{V}{T}$$

Donde V (mas adelante denotado por la letra g) y T (mas adelante denotado C) son los tiempos de fase verde y total del ciclo del semáforo, respectivamente, expresados en segundos. La Intensidad de saturación se determina, según el HighwayCapacity Manual 2000, de acuerdo al producto de una serie de factores que caracterizan la intersección y al número de carriles que posee.

$$S = 1900 N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_{gd} f_{gl}$$

Donde los valores de los coeficientes se determinan según la siguiente tabla:

Tabla 12: Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación

Factores de corrección			
f	Corrección por	Fórmula	Variable
f_a	Anchura del carril	$(5,4+A)/9$	A : anchura del carril (m)
f_{vp}	Vehículos pesados	$100/(100+P)$	P : Porcentaje de pesados (%)
f_i	Inclinación de la rasante	$1-I/100$	I : Inclinación de la rasante
f_e	Estacionamiento	$1-(0.1+M/20)/N$	M : Movimientos de estacionamiento en una hora
f_b	Paradas autobús	$1-B/(250N)$	B : Autobuses que paran por hora
f_z	Situación	$(0,9-1)$	En centro urbano 0,9, en otras zonas 1
f_{gd}	Giros a la derecha	$1 - 0.15P$	P : Proporción de vehículos que giran a la derecha
f_{gl}	Giros a la izquierda	$1/(1+0.05P)$	P : Proporción de vehículos que giran a la izquierda

Fuente: HCM 2000 TRB

Cabe resaltar que la anterior expresión es válida para cada grupo de carriles dentro de cada acceso y que tales grupos se conforman por carriles en los cuales se permite uno o varios giros. Un ejemplo de grupo de carriles son los carriles exclusivos para un giro a la izquierda que se diferencian del resto de carriles, conformándose así dos grupos y evaluando S para cada uno.

4.4.3.2 Clasificación de una calle urbana. Basados en la metodología elaborada por el HCM 2000 TRB en sus capítulos 10, 15, 16 y 17, adoptamos un procedimiento que clasifica las calles urbanas y les asigna un nivel de servicio (LOS Level of Service en inglés). El capítulo plantea lo siguiente:

El sistema de clasificación de calles urbanas es un tanto diferente de la utilizada por la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportación (AASHTO) (1). Las clases funcionales AASHTO se basan en el volumen de viaje, kilometraje, y la característica de servicio que el paisaje urbano está destinado a proporcionar. El método de análisis en este manual hace uso de la distinción entre AASHTO arterial principal y de menor importancia arterial. Sin embargo, un paso de segunda clasificación se utiliza aquí para determinar la categoría de diseño apropiado para la arteria vial. La categoría de diseño depende del límite de velocidad, la densidad de la señal, la densidad de entrada / punto de acceso y otras características de diseño. El tercer paso es determinar la clase apropiada de la calle urbana sobre la base de una combinación de categoría funcional y la categoría de diseño. Los títulos 10-3 y 10-4 del HCM son útiles para establecer la clase de la calle urbana. Cuatro clases de calle urbana se definen en este manual. Las clases son designadas por número (es decir, I, II, III y IV) y reflejan una combinación única de la función y el diseño de la calle. El componente funcional se divide en dos categorías: arterias principales y secundarias. El componente de diseño se divide en cuatro categorías: de alta velocidad, cercanías, media y urbana. Las características asociadas con cada categoría se describen en el resto de este capítulo. Las tablas 10-3 y 10-4 del

capítulo 10 fueron utilizadas para clasificar las calles de estudio según sus categorías de diseño y su funcionalidad. Otros rasgos que clasifican a una calle urbana son la velocidad de flujo libre, la densidad de intersecciones semaforizadas y la longitud del tramo en estudio.

Tabla 13: Según categoría de diseño

Design Category	Functional Category	
	Principal Arterial	Minor Arterial
High-Speed	I	N/A
Suburban	II	II
Intermediate	II	III or IV
Urban	III or IV	IV

Fuente: HCM 2000 TRB

Tabla14: Según densidad de intersecciones semaforizadas

Urban Street Class	Default (signals/mi)
I	0.8
II	3
III	6
IV	10

Fuente: HCM 2000 TRB

4.4.3.3 Clasificación según la velocidad de flujo libre ó FFS. La velocidad de flujo libre, según el HCM 2000, se utiliza para determinar la clase de calle urbana y estimar el tiempo de funcionamiento del segmento. Si la FFS (Free Flow Speed, velocidad de flujo libre en español) no se puede medir en el campo, el analista debe tratar de tomar medidas en una instalación similar en la misma área o debe recurrir a establecer las políticas locales. A falta de cualquiera de estas opciones, el analista puede confiar en el límite de velocidad sugerido (o algo de valor en torno a ese límite) o en los valores por defecto del HCM 2000. Por ejemplo la velocidad límite sugerida para la Av. Quebradaseca es 50 Km/h eso es alrededor de 30 mi/h, lo que la clasificaría en tipo IV. Ver figura x.

La FFS en una vía urbana es la velocidad de un vehículo que viaja en condiciones de bajo volumen, cuando todas las señales en las calles urbanas son de color verde durante todo el viaje. Por lo tanto, todo retraso en las intersecciones semaforizadas, incluso bajo condiciones de flujo bajo, se excluye del cálculo de las zonas urbanas FFS calle. La mejor ubicación para medir las FFS en las calles urbanas, es a mitad de cuadra y lo más lejos posible de la intersección más cercana señalizada o parada controlada. Esta medición debe hacerse bajo condiciones de flujo bajo (menos de 200veh / h / carril).

Tabla 15: Defecto de FFS según clase de calle

Urban Street Class	Default (mi/h)
I	50
II	40
III	35
IV	30

Fuente: HCM 2000 TRB

4.4.3.4 Longitudes de estudio. La porción de la calle urbana que está siendo analizada debe ser al menos de 1 mi (1,6 km) en una zona central de la ciudad y de 2 millas en cualquier otra en las afueras. Sabemos que en las afueras de la ciudad no hay circuitos con semaforización antigua, por tanto los corredores estudiados del centro tienen al menos más de 1 km en el estudio. El corredor de la K 27 desde el mesón de los búcaros hasta la glorieta en la UIS tiene un poco menos de 1 km de recorrido semaforizado y el HCM cita que si es menos de 1 milla podría no ser significativo el nivel de servicio, debido a se deja clara esa parte a nivel de ese corredor vial.

4.4.3.5 Tabla de volúmenes de servicio. En el HCM 2000 se observa en la tabla 10-7 de su capítulo 10, un ejemplo de volúmenes de servicio para 4 clases de calles urbanas. Esta tabla es útil para estimaciones de cuantos vehículos puede contener una calle urbana según el nivel de servicio dado, para una clase

particular y número de carriles (por sentido). Eso es mucho más aproximado cuando se usan los valores por defecto también mostrados en dicha tabla son aplicables. Si las condiciones sobre una calle dada, varían considerablemente de estos valores por defecto usados para crearla, no es recomendado relacionarla con un resultado de ese estudio.

Tabla 16: Ejemplo de volúmenes de servicio según clase urbana

Lanes	Service Volumes (veh/h)				
	A	B	C	D	E
Class I					
1	N/A	860	930	1020	1140
2	N/A	1720	1860	2030	2280
3	N/A	2580	2780	3050	3430
4	N/A	3450	3710	4060	4570
Class II					
1	N/A	N/A	670	850	890
2	N/A	N/A	1470	1700	1780
3	N/A	N/A	2280	2550	2670
4	N/A	N/A	3090	3400	3560
Class III					
1	N/A	N/A	480	780	850
2	N/A	N/A	1030	1600	1690
3	N/A	N/A	1560	2410	2540
4	N/A	N/A	2140	3220	3390
Class IV					
1	N/A	N/A	540	780	800
2	N/A	N/A	1200	1570	1620
3	N/A	N/A	1900	2370	2430
4	N/A	N/A	2610	3160	3250

Nota: N/A, No apropiado para las condiciones base de la siguiente imagen.

	Class			
	I	II	III	IV
Signal density (sig/mi)	0.8	3	5	10
Free-flow speed (mi/h)	50	40	35	30
Cycle length (s)	110	90	80	70
Effective green ratio	0.45	0.45	0.45	0.45
Adj. sat. flow rate	1850	1800	1750	1700
Arrival type	3	4	4	5
Unit extension (s)	3	3	3	3
Initial queue	0	0	0	0
Other delay	0	0	0	0
Peak-hour factor	0.92	0.92	0.92	0.92
% lefts, % rights	10	10	10	10
Left-turn bay	Yes	Yes	Yes	Yes
Lane utilization factor	According to Exhibit 10-23, Default Lane Utilization Factors			

Fuente: HCM 2000 TRB

Traducción: Signal density: Densidad de señales; Free-flow speed: velocidad de flujo libre; Cyclelength: Duración del ciclo de semáforo; Effectivegreen ratio: Tasa de verde efectiva; Adj. Sat. Flowrate: Tasa de flujo de saturación; Arrivaltype: tipo de llegada; Unit extensión: unidad de extensión; Initial queue: Fila inicial; Otherdelay: Otras demoras; Peak-hour factor: Factor de hora pico; %lefts, %rights: Porcentaje de giros; Leftturnbay: Bahía para girar a la izquierda; Laneutilization factor: Factor de utilización del carril.

Queda claro entonces que se puede usar esta tabla en caso de condiciones de estudio en Bucaramanga parecidas a las tomadas por defecto. Sin embargo, sabiendo que la capacidad vial de nuestro país para dos carriles 3200 veh/h, se usó este como valor máximo para no presentar saturación en una calzada (siendo 1600 veh/h la de un solo carril). Esa información de las tablas se tiene en cuenta para el estudio de corredores con intersecciones semaforizadas, por tanto, el capítulo 15 del HCM ofrece la metodología que es posible usar.

4.4.3.6 Niveles de servicio en calles urbanas (Level Of Service, LOS). La velocidad promedio de viaje a través de los vehículos a lo largo de una calle urbana es la determinante del nivel de operación de servicio (LOS). La velocidad de desplazamiento a lo largo de un segmento, una sección o todo lo largo de una calle urbana depende de la velocidad que corre entre las intersecciones semaforizadas y la cantidad de retraso que incurra al control de las intersecciones semaforizadas. (LOS está basado en el promedio de la velocidad de desplazamiento a través del segmento de la calle urbana). El LOS de las calles urbanas está basado en el promedio de velocidad de los viajes de los vehículos para el segmento, sección o toda la calle urbana en consideración. Las siguientes observaciones generales caracterizan el LOS a lo largo de las calles de la ciudad.

LOS A: Describe principalmente las operaciones de flujo libre a una velocidad promedio de viaje, por lo general alrededor del 90 por ciento de la FFS

(velocidad de flujo libre) para la clase de calle determinada. Vehículos son completamente libres en su capacidad de maniobra en el tráfico corriente. Retraso de control en las intersecciones semaforizadas es mínimo.

LOS B: Se describen las operaciones razonablemente libre a una velocidad promedio de viaje, por lo general alrededor del 70 por ciento de la FFS para la clase de calle. La capacidad de maniobrar dentro de la corriente de tráfico es sólo un poco restringido, y retrasos en el control en las intersecciones semaforizadas no son significativos.

LOS C: Describe las operaciones con estabilidad, sin embargo, la capacidad de maniobra y cambiar de carril en lugares a mitad de cuadra puede ser más restringido que en LOS B, y las colas más largas. Si hay coordinaciones de señales inadecuadas, pueden contribuir a menor velocidad de desplazamiento promedio de alrededor del 50 por ciento de la FFS para la calle.

LOS D: De las fronteras en un rango en el que pequeños aumentos en el flujo pueden causar aumentos sustanciales en la demora y la disminución de la velocidad de desplazamiento. LOS D pueden ser debido a la progresión adversa de las señales, frecuencia de la señal inadecuada, altos volúmenes, o una combinación de estos factores. Las velocidades medias de viaje son 40 por ciento de la FFS.

LOS E: Se caracteriza por importantes retrasos y las velocidades medias de viaje del 33 por ciento o menos de la FFS. Estas operaciones son causadas por una combinación de factores adversos, la densidad de la señal de alto, grandes volúmenes, demoras en los cruces críticos, y la señal con tiempo inadecuado.

LOS F: Se caracteriza por el flujo de las calles urbanas a velocidades extremadamente bajas, generalmente equivalen de un tercio a una cuarta parte de

la FFS. La congestión de la intersección es probablemente en lugares críticos señalizados, con retrasos pronunciados, altos volúmenes y colas extensas.

4.4.4 Conceptos e información necesaria para el procedimiento de cálculo del nivel de servicio de la calle urbana semaforizada.

Única teoría a aplicar en este tema, HCM 2000. Establecida la velocidad de flujo libre FFS (Tomada la observada en campo o la máxima sugerida de circulación). Depende del sector y un nivel de servicio se mira la siguiente tabla para obtener el resultado final:

Tabla 17: Nivel de servicio de la calle urbana por clase

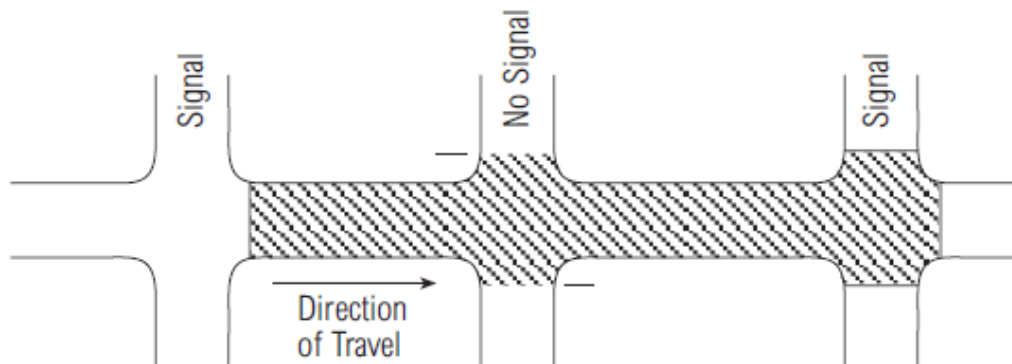
Urban Street Class	I	II	III	IV
Range of free-flow speeds (FFS)	55 to 45 mi/h	45 to 35 mi/h	35 to 30 mi/h	35 to 25 mi/h
Typical FFS	50 mi/h	40 mi/h	35 mi/h	30 mi/h
LOS	Average Travel Speed (mi/h)			
A	> 42	> 35	> 30	> 25
B	> 34-42	> 28-35	> 24-30	> 19-25
C	> 27-34	> 22-28	> 18-24	> 13-19
D	> 21-27	> 17-22	> 14-18	> 9-13
E	> 16-21	> 13-17	> 10-14	> 7-9
F	≤ 16	≤ 13	≤ 10	≤ 7

Fuente: HCM 2000 TRB

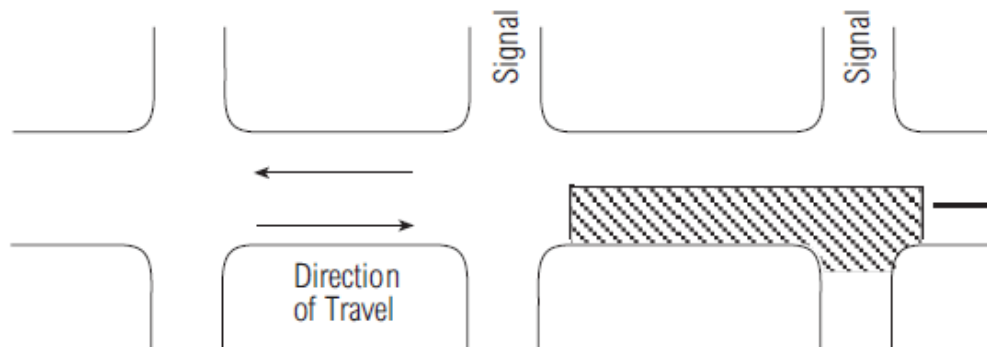
4.4.4.1 Segmentos en calle urbana. En el inicio del análisis, la ubicación y longitud de la calle urbana considerada será definida. Todo relevante físico, señales, y datos de tráfico deberán ser identificados. Se debe considerar a lo largo de la calle por lo menos 1 milla en las áreas centro y 2 millas en otras áreas y si se adiciona segmentos deberán ser incluidos.

El segmento es la unidad básica del análisis; es una distancia de una sola dirección de una intersección semaforizada a la siguiente. La figura 15-13 ilustra el concepto de un segmento y en las calles de doble sentido.

Figura 1: Tipos de segmentos en calles urbanas



- Segmentos en un sentido



- Segmentos en dos direcciones.

Fuente: HCM 2000 TRB

Hay un conjunto de criterios distintos de LOS para cada clase de calles urbanas. Estos criterios se basan en las diferentes expectativas que los conductores tienen de los diferentes tipos de vías urbanas. Tanto la FFS de la población en la calle urbana y las definiciones del LOS de intersecciones se toman en cuenta. Estos criterios varían con la clase: a menor nivel de la calle urbana (es decir, cuanto mayor sea su número de clasificación), la expectativa del conductor es más baja para dicha instalación y menor será la velocidad asociada a el

LOS. Por lo tanto, Clase III trazado urbano proporciona un LOS B a una velocidad inferior a la Clase I en las calles urbanas. El analista debe estar consciente de esto en la explicación de antes y después de los procesos de las calles urbanas que se han actualizado. Si hay reconstrucción o mejoras de una instalación de Clase II a Clase I, es posible que el LOS no cambie (podría incluso decrecer), a pesar de la velocidad media más alta y otras mejoras, porque las expectativas son mayores. El concepto de LOS en calle urbana sólo tiene sentido cuando todos los segmentos en la calle analizada se encuentran en la misma clase.

4.4.4.2 Determinación del tiempo de recorrido o de carrera T_r . Hay dos componentes principales del tiempo total que un vehículo gasta en un segmento de una calle urbana: El tiempo de carrera y el control de demora en las intersecciones semaforizadas. Para calcular el tiempo de carrera de un segmento, el analista debe saber la clasificación de la calle, la longitud de sus segmentos y la velocidad de flujo libre FFS. Con estos datos se puede encontrar entonces el tiempo de recorrido o de carrera usando la tabla 15-3:

Tabla 18: Tiempo de carrera por milla.

Urban Street Class	I			II			III		IV		
FFS (mi/h)	55 ^a	50 ^a	45 ^a	45 ^a	40 ^a	35 ^a	35 ^a	30 ^a	35 ^a	30 ^a	25 ^a
Average Segment Length (mi)	Running Time per Mile (s/mi)										
0.05	b	b	b	b	b	b	-	-	-	227	265
0.10	b	b	b	b	b	b	145	155	165	180	220
0.15	b	b	b	b	b	b	135	141	140	150	180
0.20	b	b	b	109	115	125	128	134	130	140	165
0.25	97	100	104	104	110	119	120	127	122	132	153
0.30	92	95	99	99	102	110	d	d	d	d	d
0.40	82	86	94	94	96	105	d	d	d	d	d
0.50	73	78	88	88	93	103	d	d	d	d	d
1.00	65 ^c	72 ^c	80 ^c	80 ^c	90 ^c	103 ^c	d	d	d	d	d

Pie de nota:

a) Lo más recomendado es tener un estimado de la FFS. Si no lo hay usar los valores por defecto de la tabla 10-5.

b) A las calles de clase III y IV (objeto de estudio), con segmentos mayores a 0.25 mi (0.4 km) podrían ser revaluados (confirmar si realmente corresponde a esa clase urbana) ó extrapolar de la tabla los valores mayores. Aunque esta tabla no lo muestre, el tiempo de recorrido por segmento depende de las tasas del flujo de tráfico, sin embargo, la demora en la intersección afecta el flujo de tráfico en gran proporción lo que lo hace muy importante en el cálculo de la velocidad de viaje.

Fuente: HCM 2000TRB

4.4.4.3 Determinación del control de demora y nivel de servicio en un corredor con intersecciones semaforizadas. Los cálculos sobre las calles urbanas o la velocidad en secciones requieren el control de demora. Porque la función de una calle urbana es servir al tráfico que la atraviesa por la vía principal, y el grupo de carriles para ese tráfico es usado para caracterizar la calle urbana. El control de demora para el tráfico que atraviesa por la principal es la demora apropiada para usar en la evaluación de una calle urbana. En general, el analista debe tener esta información ya que las intersecciones es recomendado evaluarlas individualmente como parte de un análisis general. Las siguientes ecuaciones se usan para calcular la demora uniforme y la demora incremental y posteriormente el control de demora:

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

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

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$$

Donde:

d: Control de demora [s/veh]

d1: Demora uniforme [s/veh]

d2: Demora incremental [s/veh]

d3: Demora por fila inicial [s/veh]

PF: Factor de ajuste de progresión

X: relación volumen a capacidad v/c para el grupo de carriles también llamado grado de saturación)

C: Duración del ciclo de semáforo [s]

c: Capacidad del grupo de carriles [veh/h]

g: Tiempo en verde efectivo para el carril [s]

T: Duración del análisis [h]

k: Ajuste para demora incremental para los controles accionados

l: Ajuste a la demora incremental para la filtración de parte de las señales anteriores

DEMORA UNIFORME d1

La ecuación da un estimado del control de demora asumiendo llegadas perfectamente uniformes y un flujo estable. Es aceptado como una representación aproximada de la demora para un caso ideal de llegadas uniformes. Valores de X (v/c) mayores que 1 no son usados en el cálculo de $d1$.

DEMORA INCREMENTAL d2

La ecuación estima la demora incremental debida a llegadas no uniformes y falla en los ciclos semafóricos individuales (demora aleatoria), así como la demora causada por sostenidos periodos de sobresaturación. La ecuación interrelaciona el grado de saturación (X) del grupo de carriles, la duración del periodo de análisis (T), la capacidad del grupo de carriles (c) y el control de la señal (k). La ecuación asume que toda la demanda de flujo ha sido servida en el periodo de análisis anterior, eso quiere decir, que no hay fila inicial. Si la hay, se puede calcular el efecto en el tráfico de esa fila inicial. La demora incremental es válida para todos los grados de saturación.

DEMORA POR FILA INICIAL

Cuando una fila de vehículos de un periodo de análisis previo está presente al comienzo del análisis, los vehículos nuevos llegando experimentan una demora por fila inicial. Esta demora resulta por el tiempo adicional requerido para liberar la fila inicial. Su magnitud depende del tamaño inicial de la fila, la duración del periodo de análisis, y la relación v/c para ese periodo. La cantidad de vehículos en una fila inicial se mide en campo.

4.4.4.4 Tipo de llegada a la intersección y relación de pelotón. Una característica crítica que debe ser cuantificada para el análisis de una calle urbana o una intersección semaforizada es la calidad de la progresión. El parámetro que describe esta característica es el tipo de llegada AT (arribaltype), para cada grupo de carril. Ese parámetro aproxima la calidad definiendo seis tipos de flujo de llegada dominantes.

Tipo de llegada 1 (AT1): Es caracterizado por un denso pelotón de más del 80% del volumen del grupo del carril llegando en el comienzo de la fase roja. Este tipo de llegada representa enlaces de la malla que experimentan pobres tasas de progresión debida a varias condiciones, incluyendo la falta de coordinación.

Tipo de llegada 2 (AT2): Es caracterizada por un moderadamente denso pelotón que llega en el medio de la fase roja o por un disperso pelotón del 40 al 80 por ciento del volumen del grupo de carriles llegando a lo largo de la fase roja. Este tipo de llegada representa una desfavorable progresión en una calle urbana.

Tipo de llegada 3 (AT3): Consiste en llegadas aleatorias en las cuales el pelotón principal contiene menos del 40% del volumen del grupo de carriles. Este tipo de llegada representa operaciones en señalizaciones no interconectadas y aisladas con pelotones altamente dispersados. También puede ser usado para representar una operación coordinada con mínimos beneficios de progresión.

Tipo de llegada 4 (AT4): Pelotones moderadamente densos llegando en el medio de la fase verde o pelotones dispersos conteniendo entre el 40 y el 80 por ciento del volumen de circulación del carril llegando a lo largo de la fase verde. Este tipo de llegada representa una progresión favorable en una calle urbana de dos sentidos.

Tipo de Llegada 5 (AT5): De denso a moderadamente denso pelotón conteniendo más del 80% del volumen del carril llegando a la intersección en el comienzo de la fase verde. Este AT es representativo de una altamente favorable calidad de progresión, la cual puede ocurrir en rutas con bajas a moderadamente bajascantidades de entradas a la vía y que tengan alta prioridad por parte de la semaforización.

Tipo de Llegada 6 (AT6): Es reservado para calidades excepcionales de progresión en rutas con características cercanas a las ideales. Representa una densa progresión de los pelotones en varios cruces muy seguidos con entradas mínimas o insignificantes de las calles laterales.

El tipo de llegada es mejor observarlo de campo pero puede ser aproximado examinando los diagramas de tiempo-espacio para la calle. El tipo de llegada debe ser determinado tan preciso como se pueda porque tiene un impacto significativo en la estimación de la demora y el LOS. A pesar de que no hay parámetros definitivos para cuantificar el tipo de llegada, la siguiente relación es útil:

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

Donde:

R_p: Razón del pelotón,

P: Proporción de todos los vehículos llegando en verde,

C: Duracion del ciclo del semáforo (s),

g: tiempo de verde efectivo para el movimiento (s).

El valor de P puede ser estimado u observado en campo, mientras C y g son computados de la sincronización del semáforo. El valor de P no debe exceder 1. Los rangos aproximados de R_p se relacionan con el tipo de llegada como se muestra en la siguiente tabla, la cual también sugiere valores por defecto para cálculos subsecuentes.

Tabla 19: Relación entre el AT y el Rp

Arrival Type	Range of Platoon Ratio (Rp)	Default Value (Rp)	Progression Quality
1	≤ 0.50	0.333	Very poor
2	> 0.50–0.85	0.667	Unfavorable
3	> 0.85–1.15	1.000	Random arrivals
4	> 1.15–1.50	1.333	Favorable
5	> 1.50–2.00	1.667	Highly favorable
6	> 2.00	2.000	Exceptional

Fuente: HCM 2000 TRB

4.4.4.5 Factor de ajuste de progresión PF. Una buena progresión en las intersecciones semaforizada conlleva en la llegada de una gran proporción de vehículos en verde. Por el contrario una pobre progresión hace que sean muy pocos vehículos los que lo logren. El factor de ajuste de progresión, PF, aplica para todos los grupos de carriles coordinados, si el control es pre-programado o no accionado en un sistema semi-accionado. La progresión ante todo afecta la demora uniforme; por esta razón, el ajuste es aplicado solamente sobre d1. El valor de PF puede ser determinado por la ecuación:

$$PF = \frac{(1 - P)fPA}{(1 - \frac{g}{C})}$$

Donde:

PF: Factor de ajuste de progresión

P: Proporción de vehículos llegando en verde

g/C: Razón de verde efectivo

fPA: Factor de ajuste suplementario para la llegada del pelotón en verde.

El valor de P puede ser medido en campo o estimado del diagrama de tiempo-espacio. El valor de PF también puede ser computado de valores medidos de P usando los valores por defecto de fPA. Como alternativa se puede usar la siguiente tabla para determinar PF como función del tipo de llegada AT basado en

los valores por defecto para P y fPA asociándolos con cada AT. Si PF es estimado con la ecuación anterior, su valor no debe ser mayor a 1.0 para AT4 con valores de g/C extremadamente bajos; como práctica, PF debe ser asignado a un máximo valor de 1.0 para AT4.

Tabla 20: Factores de ajuste de progresión PF para cálculo de demora uniforme

Green Ratio (g/C)	Arrival Type (AT)					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
f _{PA}	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
Default, R _p	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000

Notas:

La tabulación es basada en los valores por defecto de fPA y Rp.

$P = R_p * g/C$ (no debe exceder 1.0).

PF no debe exceder a 1.0 desde AT3 hasta AT6

Fuente: HCM 2000 TRB

El factor de ajuste de progresión, PF, requiere el conocimiento de las compensaciones, de velocidades de viaje y de las intersecciones. Cuando la demora es estimada para futuras coordinaciones, particularmente en el análisis de alternativas, AT4 debe ser asumido como condición base para los grupos de carriles coordinados (a excepción de los giros a la izquierda), y los AT3 deben ser asumidos para todos los grupos de carriles sin coordinación.

4.4.4.6 Ajuste de la demora incremental para controles accionados. En la ecuación 15-3 al término k incorpora el efecto del control de demora. Para señales pre programadas, es usado una valor de 0,5 para k. esto se basa en colas con llegadas aleatorias y el servicio uniforme equivalente a la capacidad del grupo de carril. Controles accionados, sin embargo, permite adaptar el tiempo de verde a la

demanda actual, reduciendo el incremento de demora general. La reducción de demora depende en parte de la extensión de la unidad del controlador y el grado de saturación.

Las investigaciones han indicado que la reducción en unidades de extensiones (es decir, operación de cruce rápido) se traducen en menores valores de k y d_2 . Sin embargo, cuando el grado de saturación se aproxima a 1.0, un control de accionamiento actuará como un controlador pre programado, produciendo valores de 0.5 para k al grado de saturación más grande o equivalente a 1.0. En la imagen 15-6 ilustra los valores de k recomendados para controladores accionados con diferentes unidades de extensión y grados de saturación.

Para valores de unidades de extensión, que no se muestran en la tabla 15-6, deben ser interpolados. Si la formula se la tabla 15-6 es usada, el valor de K_{min} (es decir, el valor k de $X=0.50$) en primer lugar debe ser interpolado para la unidad de extensión y luego debe usarse en la formula.

En la tabla 15-6 debe ser extrapolarse los valores de unidad de extensión cuando supere el valor de 5.0, pero al extrapolar el valor de k nunca debe exceder de 0.50.

Tabla 21: Valores de k para tipos de controladores

Unit Extension (s)	Degree of Saturation (X)					
	≤ 0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
≤ 2.0	0.04	0.13	0.22	0.32	0.41	0.50
2.5	0.08	0.16	0.25	0.33	0.42	0.50
3.0	0.11	0.19	0.27	0.34	0.42	0.50
3.5	0.13	0.20	0.28	0.35	0.43	0.50
4.0	0.15	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50
4.5	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50
5.0 ^a	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
Pretimed or Nonactuated Movement	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Notas:

Para una unidad de extensión y valores de K_{min} a $X=0.5$: $k = (1-2K_{min})(X-0.5) + K_{min}$, donde $k > k_{min}$, y $k \leq 0.5$.

Fuente: HCM 2000 TRB

4.4.4.7 Factor de ajuste de medida o filtración vehicular entre intersecciones anteriores. El término de ajuste de la demora incremental I tiene en cuenta el efecto de flujo filtrado en llegadas de intersecciones anteriores. Un valor de $I = 1.0$ es usado para una intersección aislada (es aislada cuando la intersección está a más de una milla de la intersección anterior). Este valor está basado en un número aleatorio de vehículos llegando por ciclo de semaforización, de manera que la variación en la llegada es igual a la media.

Un valor menor que 1.0 es usado para intersecciones no aisladas. Esto refleja la forma en que las intersecciones anteriores decrecen la variación en el número de llegadas por ciclo a la intersección en estudio. Como resultado, la cantidad de demora debida a llegadas aleatorias es reducida.

La siguiente tabla lista los valores para intersecciones no aisladas. Los valores de I en esta tabla son basados en X_u , que es el promedio ponderado de las relaciones v/c de todas las contribuciones por los movimientos arriba que contribuyeron con el volumen del carril en la intersección en estudio. Esta razón se

calcula como el promedio ponderado de la relación v/c de cada movimiento que contribuye arriba, ponderado por su volumen. Para un análisis del performance de la calle urbana, es suficiente aproximar X_{ual} la razón v/c del movimiento atravesando la intersección anterior.

Tabla 22: Valores recomendados para I en intersecciones consecutivas

	Degree of Saturation at Upstream Intersection, X_u						
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
I	0.922	0.858	0.769	0.650	0.500	0.314	0.090

Pie de Nota:

Opción de cálculo de I: $I = 1 - 0.91 X_u^{2.68}$ and $X_u \leq 1.0$

Fuente: HCM 2000 TRB

5.4.4.8 DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE VIAJE, S_A

La ecuación 15-6 es usada en cada segmento y en la sección entera para calcular la velocidad de viaje.

$$S_A = \frac{3600L}{T_R + d}$$

Donde

S_A : velocidad media de viaje a través de los vehículos del segmento (km / h);

L: longitud del segmento (mi);

T_R = tiempo total de recorrido en todo el segmento de la sección definida

d= control de retardo para a través de movimientos en la intersección señalizada(S).

En casos especiales, puede haber retrasos causados por paradas a mitad de cuadra por un vehículo en el cruce de peatones, o otras demoras causadas por

paradas de buses o bahías. Estos retrasos pueden ser añadidos al denominador de la ecuación 15-6.

4.4.4.9 Determinación del nivel de servicio ó LOS. Hay un conjunto de criterios distintos de LOS para cada clase de calles urbanas. Estos criterios se basan en las diferentes expectativas que los conductores tienen de los diferentes tipos de vías urbanas. Tanto la FFS de la población en la calle urbana y las definiciones del LOS de intersecciones se toman en cuenta. Estos criterios varían con la clase: a menor nivel de la calle urbana (es decir, cuanto mayor sea su número de clasificación), la expectativa del conductor es más baja para dicha instalación y menor será la velocidad asociada a el LOS. Por lo tanto, Clase III trazado urbano proporciona un LOS B a una velocidad inferior a la Clase I en las calles urbanas. El analista debe estar consciente de esto en la explicación de antes y después de los procesos de las calles urbanas que se han actualizado. Si hay reconstrucción o mejoras de una instalación de Clase II a Clase I, es posible que el LOS no cambie (podría incluso decrecer), apesar de la velocidad media más alta y otras mejoras, porque las expectativas son mayores. El concepto de LOS en calle urbana sólo tiene sentido cuando todos los segmentos en la calle analizadase encuentran en la misma clase.

4.4.5 Control de demora y nivel de servicio de una intersecciones controladas por señales de pare

En la organización de una zona urbana, sobretodo en zonas residenciales o suburbios, se presentan intersecciones de dos sentidos no semaforizadas que para el conductor implican un nivel más alto de servicio y más comodidad que las semaforizadas, ya que el tiempo de espera se supone menor.

El análisis de capacidad de una intersección de dos sentidos controladas por pares depende de una clara descripción y entendimiento de la interacción de los

conductores en la señal de pare de la vía secundaria (la que no lleva la vía) que se aproximan sobre la vía principal. Ambas, la aceptación de las brechas o momentos para cruzar y los modelos empíricos han sido desarrollados para describir esa interacción.

4.4.5.1 Criterio de nivel de servicio. El nivel de servicio (LOS) para este tipo de intersecciones es determinado por el computo o medición del control de demora y es definido para cada movimiento menor. El LOS no es definido para la intersección como un todo sino para un movimiento específico. El criterio de nivel de servicio se da en la siguiente tabla:

Tabla 23: LOS para intersecciones no semaforizadas

Level of Service	Average Control Delay (s/veh)
A	0–10
B	> 10–15
C	> 15–25
D	> 25–35
E	> 35–50
F	> 50

Fuente: HCM 2000 TRB

4.4.5.2 Prioridad de los corredores. Cuando se usa esta metodología, debe ser identificada la prioridad en los giros dada para cada corredor que llega a la intersección. Algunos corredores tienen absoluta prioridad, mientras otros tienen que dar la vía o ceder los pasos a las corrientes de orden superior. La siguiente figura muestra la prioridad relativa para cada calle según el tipo de intersección (tipo T – una principal una secundarias y la otra de una principal y dos secundarias).

Movimientos de Rango 1: Es el tráfico a través de la intersección por la principal y los giros a la derecha desde la principal a la secundaria (el giro a la derecha es representado en la siguiente figura por los números 3 y 6).

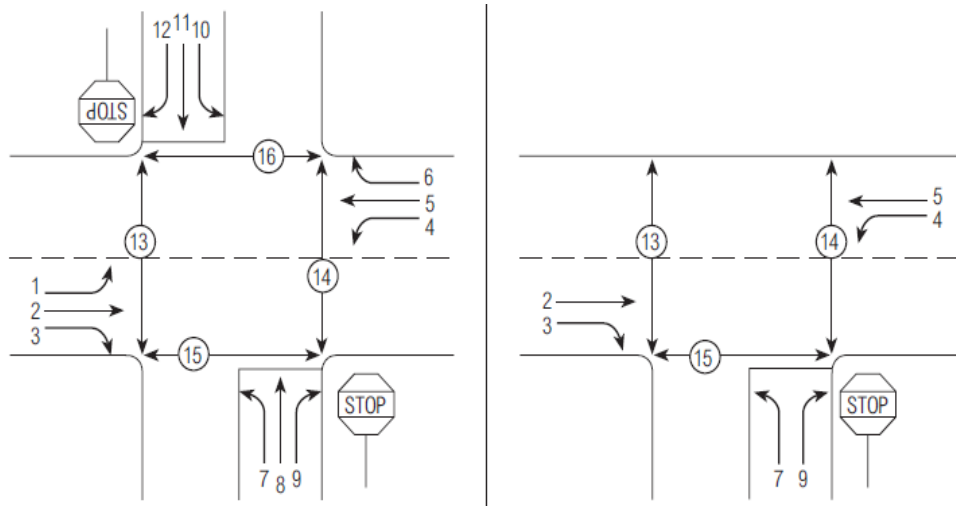
Movimiento de rango 2: Incluye los giros hacia la izquierda desde la principal hacia la secundaria y el giro a la derecha de la secundaria a la principal. En caso de ser una intersección de corredores de un solo sentido no se presenta este tipo de movimientos.

Movimiento de rango 3: (Subordinado a los rangos 1 y 2) Incluye entre otros el tráfico a través de la intersección desde la calle secundaria. Y los casos de giro a la izquierda cuando es una intersección tipo T.

Movimientos de Rango 4: Incluyen los giros hacia la izquierda desde la calle secundaria. Solo ocurren en una intersección de 4 bocas cuando cada una de ellas es de dos sentidos, es decir la principal y la secundaria son de doble vía.

En este texto principalmente calculo el control de demora por los movimientos del rango 2, que son los que potencialmente podrían demorar mayormente el tráfico de la vía principal que es lo primordial de este estudio. Existen casos como cuando una de las calles (CII) de la ciudad que generalmente no llevan la vía, tiene alto TPD, deben cruzar la intersección realizando un pare (movimiento de rango 3 en zonas no únicamente residenciales); este caso es característico en algunos sectores de Bucaramanga, sin embargo, la vía principal es de un solo sentido al igual que la secundaria.

Figura 2: Movimientos posibles en las intersecciones

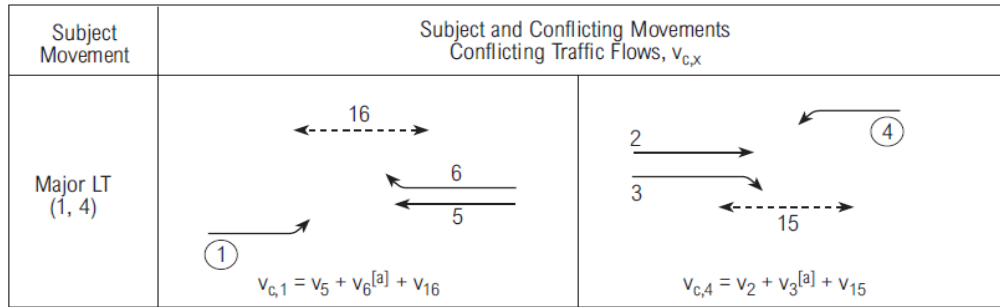


Fuente: HCM 2000 TRB

Los movimientos son representados por números. Del 1 al 12 son los movimientos de los vehículos y del 13 al 16 son peatonales. El estudio que más se presenta en este texto son del rango 2 y 3 que son los movimientos 1, 4, 8 y 11 de las figuras.

4.4.5.3 Trafico conflictivo. Cada movimiento en este tipo de intersecciones enfrenta diferentes grupos de conflictos que están directamente relacionados a la naturaleza del movimiento. Este tráfico conflictivo se representa por el parámetro $V_{c,x}$ que es la tasa de flujo conflictivo, donde x es el numero del movimiento así un posible calculo de volumen conflictivo $V_{c,1}$ y el $V_{c,4}$ se expresa en vehículos por hora (veh/h). $V_{c,1}$ y $V_{c,4}$ y los demás según el movimiento, se determinan de la siguiente manera:

Figura 3: Movimientos de Rango 1 y 2, y cálculo de su tasa de flujo conflictivo



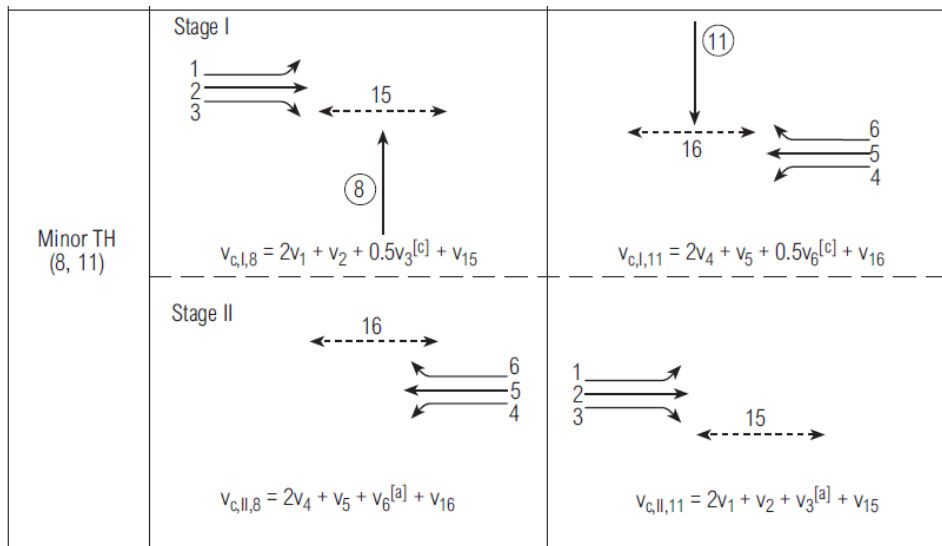
Pie de nota:

a) Si hay un triángulo para desviar los vehículos sin pare no se tienen en cuenta v_3 y v_6

Fuente: HCM 2000 TRB

En el caso de que se presente una intersección entre dos calles de un solo sentido se podría calcular el volumen de tráfico conflictivo tomando una de las etapas del cruce mostrado en la siguiente figura:

Figura 4: Movimientos de Rango 3, y cálculo de su tasa de flujo conflictivo

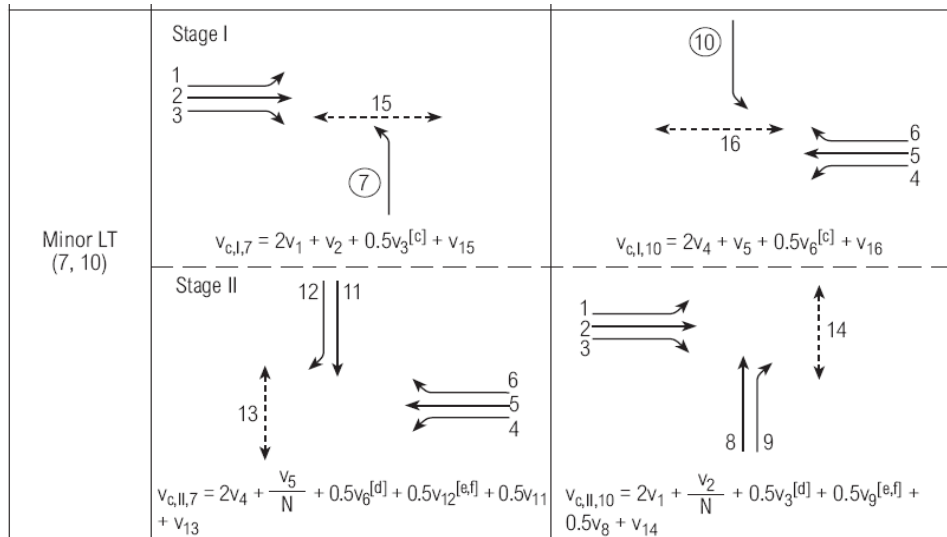


Pie de nota:

c) En caso de solo tomar la etapa uno y no ser doble vía la secundaria v_3 y v_6 se hacen 0.

Fuente: HCM 2000 TRB

Figura 5: Movimientos de Rango 4, y cálculo de su tasa de flujo conflictivo



Nota: Para el movimiento 7 o 10, en este estudio sólo hay intersecciones de tipo T; N: número de carriles

Fuente: HCM 2000 TRB

4.4.5.4 Espacios de tiempo o brechas para efectuar cruces. La Brecha crítica, t_c , es definida como el mínimo intervalo en el tráfico de la calle principal que permite la entrada en la intersección de los vehículos provenientes de la vía secundaria. Así la brecha mínima del conductor es el mínimo espacio que él podría aceptar. Un conductor regular rechaza las brechas menores a la mínima y cruza con las mayores o iguales. La medición de la brecha crítica puede ser hecha basada en la observación de espacios grandes rechazados y las cortas aceptadas para la intersección dada.

El tiempo entre la salida de un vehículo desde la calle secundaria y la salida del siguiente usando la brecha en la principal cuando hay una condición de fila en la secundaria, es llamado tiempo de seguimiento, t_f . En consecuencia, t_f es lo que define la tasa de flujo de saturación para la aproximación si no había vehículos en conflicto sobre los movimientos de mayor rango. La siguiente tabla ofrece valores de t_c y t_f base según el movimiento a realizar y según la cantidad de carriles en la

intersección. Los valores son basados en estudios a lo largo de los Estados Unidos y son representativos de una alta gama de condiciones base.

Tabla 24: Brechas criticas base y tiempos de seguimiento

Vehicle Movement	Base Critical Gap, $t_{c,base}$ (s)		Base Follow-up Time, $t_{f,base}$ (s)
	Two-Lane Major Street	Four-Lane Major Street	
Left turn from major	4.1	4.1	2.2
Right turn from minor	6.2	6.9	3.3
Through traffic on minor	6.5	6.5	4.0
Left turn from minor	7.1	7.5	3.5

Fuente: HCM 2000 TRB

Para calcular $t_{c,x}$ y $t_{f,x}$, donde x es el movimiento, se usan las siguientes formulas:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} * PHV$$

Donde:

$t_{c,x}$: Brecha critica para el movimiento x [s],

$t_{c,base}$: Obtenido de la figura anterior[s],

$t_{c,HV}$: Factor de ajuste para vehículos pesados [s] (1.0 para una principal de 2 carriles y 2.0 para una principal de 4).

PHV: Proporción de vehículos pesados para el movimiento x.

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} * PHV$$

Donde:

$t_{f,x}$: Tiempo de seguimiento para el movimiento x [s],

$t_{f,base}$: Obtenido de la figura anterior [s],

$t_{f,HV}$: Factor de ajuste para vehículos pesados (0.9 para una principal de 2 carriles y 1.0 para una principal de 4),

PHV: Proporción de vehículos pesados para el movimiento x.

4.4.5.5 Capacidad potencial del movimiento Cp,x. El modelo de aceptación de la brecha usado en este método computa la capacidad potencial de cada tráfico con un movimiento de segunda prioridad de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$C_{p,x} = V_{c,x} \frac{e^{-V_{c,x}t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-V_{c,x}t_{f,x}/3600}}$$

Donde:

Cp,x: Capacidad potencial del movimiento x [veh/h],

Vc,x: Tasa de flujo conflictivo del movimiento x [veh/h],

tc,x: Brecha crítica para el movimiento x [s],

tf,x: Tiempo de seguimiento para el movimiento x [s].

Constante 3600: Este valor es la capacidad estandarizada para EE.UU. Para efectuar el cálculo de la capacidad de movimiento usar 3200 (valor obtenido de capacidad en Colombia)

La capacidad de un movimiento es denotada como Cp,x y es definida como la capacidad para realizar cierto movimiento, asumiendo las siguientes condiciones base:

- El tráfico de una intersección cercana no se regresa a la intersección de estudio.
- Un carril separado es provisto para el uso exclusivo de cada movimiento de la calle menor.
- Una señal anterior no afecta el patrón de llegada del tráfico de la vía principal.
- No hay otro movimiento aparte de los rangos 2, 3 y 4 que afecte el movimiento en estudio.

4.4.5.6 Capacidad del movimiento $C_{m,x}$. Capacidad real del movimiento alterada de la potencial por la impedancia generada por otros movimientos.

Efectos de la impedancia:

Los vehículos usan las brechas o espacios para cruzar en una forma priorizada. Cuando el tráfico se congestiona en un movimiento de alta prioridad, puede impedir los movimientos de menos importancia (rango 3) de usar brechas en la corriente de tráfico, reduciendo la capacidad potencial de esos movimientos. Los movimientos de rango 1 se asume que no tienen ningún impedimento, este rango también implica que el tráfico en la vía principal no supone experimentar demora o desaceleración. Observaciones en campo han mostrado que esas demoras ocurren ocasionalmente, pero no son significativas.

Los vehículos a realizar un movimiento de rango 2 debe únicamente ceder el paso a los vehículos que atraviesan la intersección en la vía principal y a los que giran a la derecha desde la misma a la secundaria. No hay impedancias adicionales por otra corriente menor de tráfico, y entonces la capacidad del movimiento de cada corriente de tráfico de rango 2 es igual a su capacidad potencial, es decir, $C_{m,x} = C_{p,x}$.

La capacidad de movimiento del tráfico de rango 3 es igual también a su potencial, debido a que las características de las intersecciones estudiadas en este texto para estos movimientos no presentan tráfico de rango 2, en consecuencia la única impedancia es provocada por el rango 1 que está contemplada en la capacidad potencial.

4.4.5.7 Control de demora para determinar el nivel de servicio. La demora experimentada por un conductor está hecha por un número de factores que relacionan al control, la geometría, el tráfico y los incidentes. La demora total es la diferencia entre el tiempo de viaje que en ese momento se presenta y el tiempo de

viaje de referencia que resulta mientras hayan condiciones base, ausencia de incidentes, control, tráfico cambios geométricos en corredor que promuevan demoras. En este estudio sólo se cuantifica la demora cuando hay condiciones base. El control de demora incluye la desaceleración inicial, tiempo de movimiento de una fila de vehículos, y la demora en la aceleración.

Con respecto a las mediciones de campo, el control de demora es definido como el tiempo total consumido desde que el vehículo se detiene en la fila de espera (si la hay) o en la línea de pare, hasta el momento en el que deja esa línea. Este tiempo total consumido incluye el tiempo requerido por el vehículo para viajar desde la última posición en la fila hasta la primera posición, incluyendo la desaceleración de los vehículos que vienen con la FFS hasta la velocidad de movimiento de la fila.

El promedio de control de demora para un movimiento de prioridad secundaria es una función de la capacidad de la aproximación y del grado de saturación. El modelo analítico usado para estimar el control de demora asume que la demanda es menos que la capacidad para el periodo de análisis. Si el grado de saturación es mayor a 0.9, el promedio del control de demora es significativamente afectado por la duración del periodo de análisis. En la mayoría de los casos, se recomienda periodos de análisis de 15 minutos. Si la demanda excede la capacidad en un periodo de 15 minutos, la demora calculada por este procedimiento puede no ser aproximada. En este caso, el periodo de análisis debería ser prolongado para incluir el periodo de sobresaturación. La ecuación es la siguiente:

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5$$

Donde:

d: Control de demora (s/veh),

V_x : Tasa de flujo para el movimiento x (veh/h),

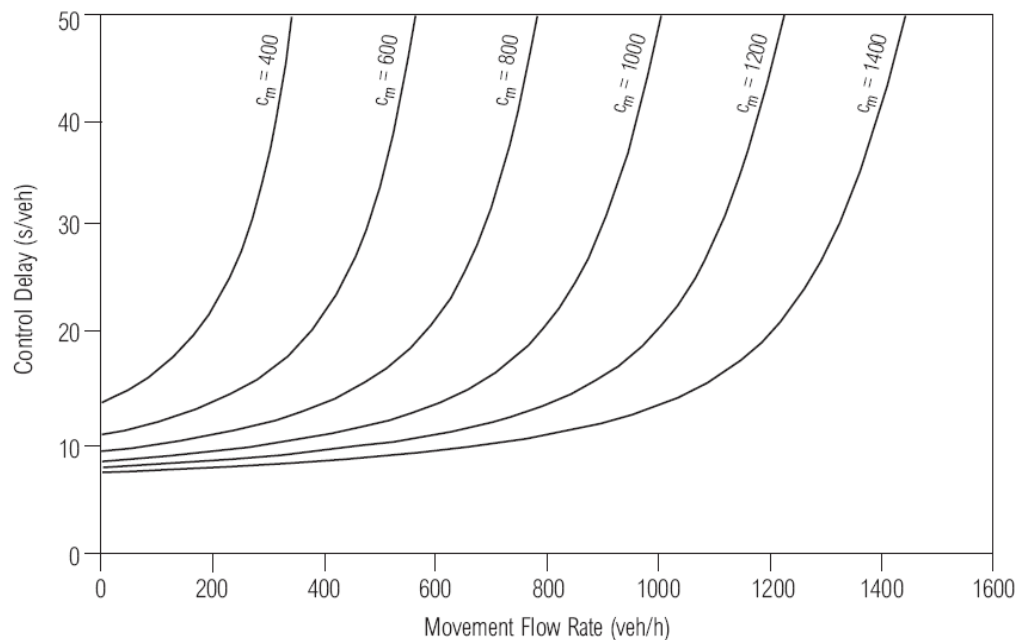
$C_{m,x}$: Capacidad del movimiento x (veh/h),

T : Duración del periodo de análisis (h) ($T = 0.25$ por un periodo de 15 min)

La constante 3600 como se mencionó anteriormente es la capacidad estandarizada en EE.UU, en consecuencia para este estudio ese valor se debe sustituir por 3200 que es la capacidad estandarizada para Colombia.

La constante de valor 5 s/veh es incluida en la ecuación anterior para tener en cuenta la desaceleración de los vehículos que vienen con FFS hasta la velocidad de los vehículos en la fila y también la demora por la posterior aceleración hasta recuperar la FFS. La ecuación de demora se representó gráficamente en la siguiente figura para un rango discreto de capacidades y un periodo de análisis de 15 minutos.

Figura 6: Control de demora vs tasa de flujo



Fuente: HCM 2000 TRB

Debido a los bajos TPD en los lugares que se presentan intersecciones con 2 sentidos en la vía principal, se asume que la demora máxima que se presenta para el tráfico de rango 1 es la espera del movimiento de rango 2, sabiendo que en algunos casos es posible evitar el carro detenido aún cuando hay un solo carril por sentido. Después de ser obtenido una demora de la anterior gráfica o bien usando la ecuación se mira la tabla 17-2 para obtener un nivel de servicio (LOS).

5. METODOLOGÍA

Para lograr el cumplimiento de las metas trazadas según los objetivos se propone seguir la siguiente metodología:

5.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

5.1.1 Información secundaria de aforos vehiculares

Se hará uso de la información de aforos vehiculares que realizó en el año 2009 y 2010 el grupo de investigación de Geomática en la escuela de ingeniería civil de la universidad. Esta data sirve como muestra del comportamiento de la movilidad a nivel de vehicular en intersecciones críticas de la ciudad. Se realizaron conteos de todo tipo de vehículos motorizados durante las 24 horas del día, en 3 días y para otros los 7 días de la semana, discriminado por horas.

Los lugares de los cuales se tomó la información de aforos fueron:

- 7 Bocas
- Mega Mall Carrefour
- Puente el Bueno
- Puente Provenza
- Carretera Antigua
- Mesón de los Búcaros
- Puerta del Sol
- Centro
- La Flora

Comprendiendo una gran parte de la malla vial de la ciudad, contiene información de toda la intersección en todos los sentidos de circulación.

5.1.2 Estudios previos para la formulación del plan maestro de movilidad urbana para el municipio de Bucaramanga.

De los estudios previos para la formulación del plan maestro de movilidad urbana para el municipio de Bucaramanga, se obtiene la información necesaria de la caracterización de la movilidad, para el caso de esta investigación, en lo que está relacionado con las rutas utilizadas por el usuario en transporte privado y público en toda el área metropolitana de Bucaramanga. Esto con el fin de justificar la inclusión de los sectores propuestos como excluibles de la medida de pico y placa. Este informe, presentado por la Universidad Industrial de Santander en el año 2009 contiene información de un estudio realizado en 2003 dentro del cual se encuentra una investigación para obtener la tendencia de los viajes realizados al interior del área metropolitana señalando y porcentuando origen y destino, además de los corredores viales preferidos por el usuario en transporte privado y las rutas obligatorias de transporte público.

5.1.3 Registro de información característica para cálculo y aplicación del concepto de capacidad vial y nivel de servicio.

Basado en la teoría aplicada por el HCM 2000 (Highway Capacity Manual Capítulos 10 y 15) y el capítulo 12 de Ingeniería de tránsito Fundamentos y Aplicaciones de Rafael Cal y Mayor; es necesaria cierta información para establecer el nivel de servicio que presta cierta vía en una zona urbana o rural, vías que se clasifican de distintas maneras y en el caso particular de esta investigación son estudiadas con el fin de justificar si son excluibles de la aplicación de una restricción vehicular.

Los datos que se toman de los lugares en cuestión sondean entre: Longitud de tramo y vías principales, velocidad máxima sugerida de circulación, volumen máximo de demanda (hora pico), tiempos de duración de los ciclos de semáforos, tráfico promedios diarios semanal TPD, entre otros.

5.1.4 Tráfico promedio diario de zonas no aforadas

Para obtener datos referentes al TPD (tráfico promedio diario), de zonas las cuales no cuentan con aforos vehiculares de ningún tipo, se procedió hacer uso de una herramienta muy útil para este estudio, una base de datos de tráfico transformada por medio de un software llamado Transcad, en un portal de internet con datos de TPD en cada una de las vías que conforman el perímetro urbano de la ciudad, discriminado por vehículos, buses y camiones que transitan por las calles, realizado por parte del grupo de Geomática de la Universidad Industrial de Santander. Para mayor referencia el siguiente es link donde se puede ubicar <http://garza.uis.edu.co/observatoriosig/>. Brindando de esta forma todos los datos necesarios para realizar el estudio pertinente a los tramos viales.

5.1.5 Valores de tiempo en los ciclos de semáforos

La toma de los tiempos en cada semáforo, se realizó en campo, trasladándose al lugar donde se ubica el respectivo semáforo. Se realizaron toma de muestras entre las horas de 12:00 P.M y 1:00 P.M, en dos ocasiones por lugar, con el fin de obtener valores donde se presenta la mayor congestión en la ciudad, y se tomó dos muestras con el fin de rectificación de datos. La toma del tiempo se efectuó con un cronometro, en el momento exacto en que se inicia el verde y culmina justo cuando se pasa a amarillo, el mismo procedimiento se aplica para el cálculo del tiempo del color rojo en el semáforo.

5.1.6 Velocidades de recorrido sobre las vías

El método usado para la toma de velocidades de tránsito en las distintas calles y carreteras de Bucaramanga, fue el de ir a bordo de un vehículo, medir y recopilar la velocidad que lleva el vehículo bajo las condiciones normales a las que está sometido cualquier conductor en su auto. El estudio se ejecutó para todas las vías en todos los barrios y zonas donde era necesario realizar tomas de velocidades para la ejecución de la metodología programada. Estas muestras fueron tomadas en las horas donde el tráfico no presenta gran congestión, debido a que la metodología así lo exige con fines de encontrar la velocidad mejor adaptada a este concepto. Estas velocidades se someten al límite de velocidad que son variables por zonas, es decir en ningún momento se excede el límite permitido. Esta velocidad es tomada en este libro como velocidad de flujo libre o “FFS” siglas en inglés que refiere a FREE FLOW SPEED.

5.2 JUSTIFICACION DE LAS ZONAS ELEGIDAS PARA EL ESTUDIO

Se realizaron primeramente por observación señalamientos, a manera de sugerencia, de sectores en Bucaramanga que no presentan mayor tráfico vehicular en todo el transcurso del día, ni aun en las horas determinadas como hora pico en la ciudad de 7 a 8:30, de 12 a 13:00 y de 18 a 19:30. Sabiendo que no es conveniente optar por excluir dichos lugares de la medida de pico y placa sin una argumentación consistente, se cita el estudio mencionado en el numeral 6.1.2 en el cual se relacionan los siguientes barrios o zonas con los resultados que explica el estudio:

- Sector Tejar Moderno, Santa Bárbara y Altos del Lago
- Sector La Floresta, Terrazas, Pan de azúcar, Los cedros y El Jardín
- El Diamante II y San Luis

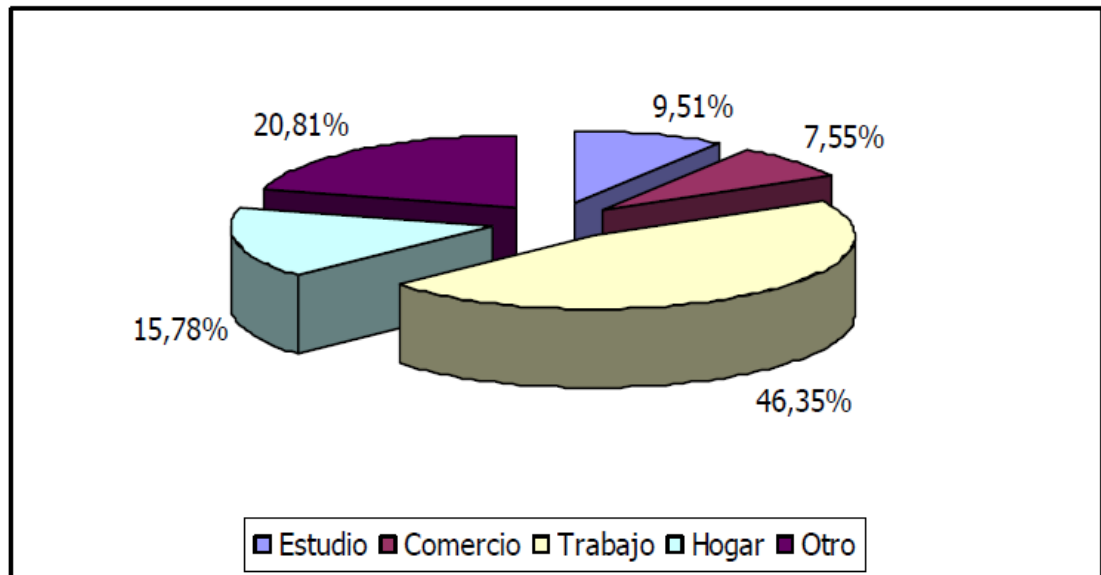
- Barrio el Mutis y Bucaramanga
- Barrios Campo hermoso y La joya de la K 8 hacia el Occidente
- Sector Norte: la Av. Quebradaseca marca el límite sur de la última zona propuesta como excluible. Comprende los barrios que se encuentran desde la Quebradaseca al hacia el norte, los cuales son: San Alonso, Los pinos, Quinta brigada, Alarcón, San Francisco, Granada, Girardot, Pio XII, Gaitán, etc. Y los demás barrios hacia la salida a la costa atlántica.

El estudio previo para la formulación del plan maestro de movilidad urbana para el municipio de Bucaramanga en su capítulo 4 dice que la caracterización de la demanda de viajes de transporte público se basa en la matriz de viajes utilizada para la estructuración del sistema integrado de transporte masivo para el área metropolitana de Bucaramanga, la cual se obtuvo en el año 2003 como resultado de estudios de ocupación visual, encuestas a bordo y mediciones de sube-baja en cuatro estaciones maestras y diez estaciones intermedias ubicadas en puntos relevantes del área metropolitana. Los estudios realizados permitieron determinar la hora pico de análisis de la demanda al periodo comprendido entre las 7:00 y las 8:00 a.m.

Con los datos obtenidos se definió una matriz de distribución de viajes en transporte público dentro de 129 zonas de análisis. Esta matriz fue actualizada por la consultoría del proyecto, utilizando la herramienta de estimación incorporada en el modelo de Trans-Cad. Basada en el trabajo desarrollado por Nielsen en 1993. Para ello se empleó la matriz básica y los volúmenes de pasajeros estimados en observaciones de sube-baja, frecuencia y ocupación visual realizadas a 70% de las rutas de transporte público en el área de influencia del proyecto. Esta metodología permitió una demanda diaria de pasajeros en transporte público de 621.311 viajes.

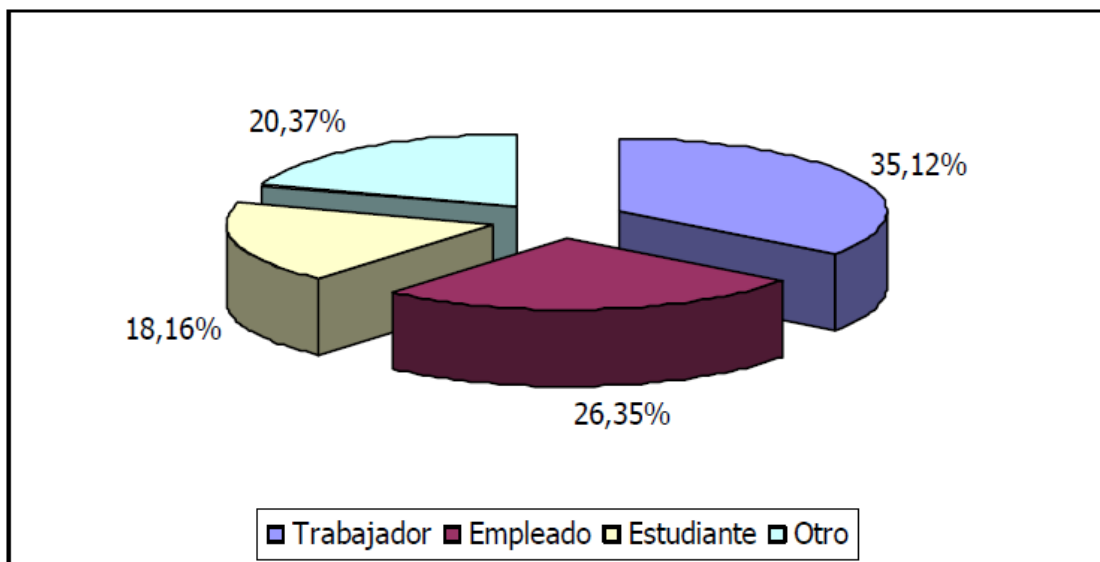
Las encuestas realizadas a bordo permitieron analizar variables relacionadas con la demanda de viajes, tales como el motivo de viaje y la ocupación de los usuarios del sistema de transporte público. Se encontraron dos categorías con alta representatividad en los motivos de viajes reportados: motivos trabajo y comercio, con 54% y motivo estudio con 11%. Estos porcentajes contrastan con los obtenidos en el análisis de la ocupación de los usuarios, en el cual se obtuvieron porcentajes de 62% y la 18% para las ocupaciones trabajador y estudiante, respectivamente. La diferencia porcentual entre las variables motivo trabajo con ocupación trabajador y entre motivo estudio con ocupación estudiante se ve explicada en el hecho de que algunos de los usuarios ejercen la ocupación de trabajadores y estudiantes. Las siguientes figuras presentan los resultados obtenidos.

Figura 7: Distribución por motivo del viaje



Fuente: Estudio plan maestro de movilidad realizado por la oficina de geomática en conjunto con la alcaldía de B/manga

Figura 8: Distribución de viajes por ocupación del usuario



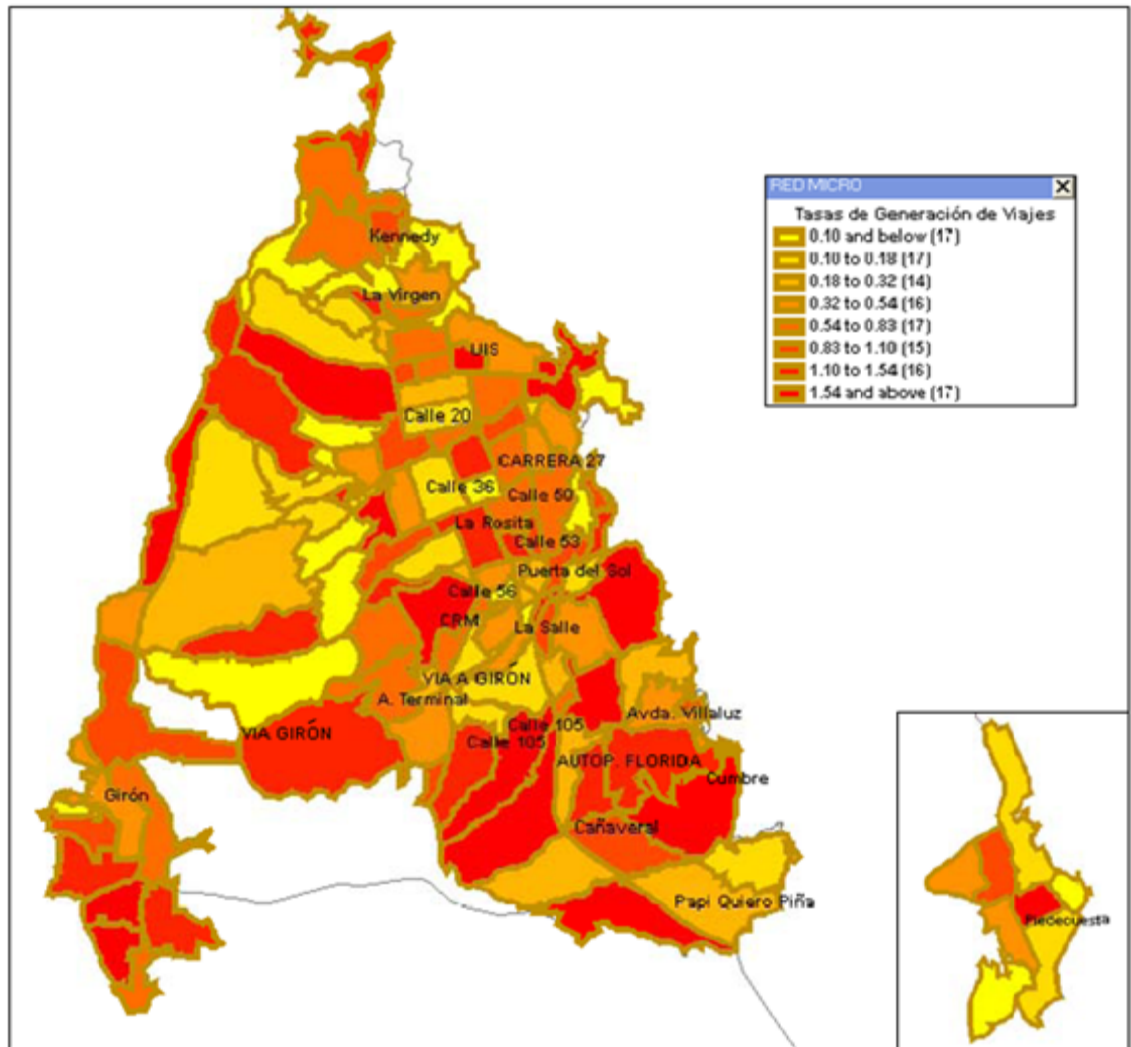
Fuente: Estudio plan maestro de movilidad realizado por la oficina de geomática en conjunto con la alcaldía de B/manga

5.2.1 Origen y destino de los viajes en Bucaramanga

Con base en la información del estudio sube-baja, se estimó la matriz de viajes para la hora pico diaria. Esta hora, como ya se ha mencionado, fue determinada a partir de los estudios de frecuencia y ocupación visual.

La siguiente figura, muestra el comportamiento de la generación de viajes de transporte público dentro del AMB. Se observa que las mayores zonas generadoras de viajes corresponden a la zona central de la ciudad y a los municipios de Piedecuesta, Floridablanca y Girón.

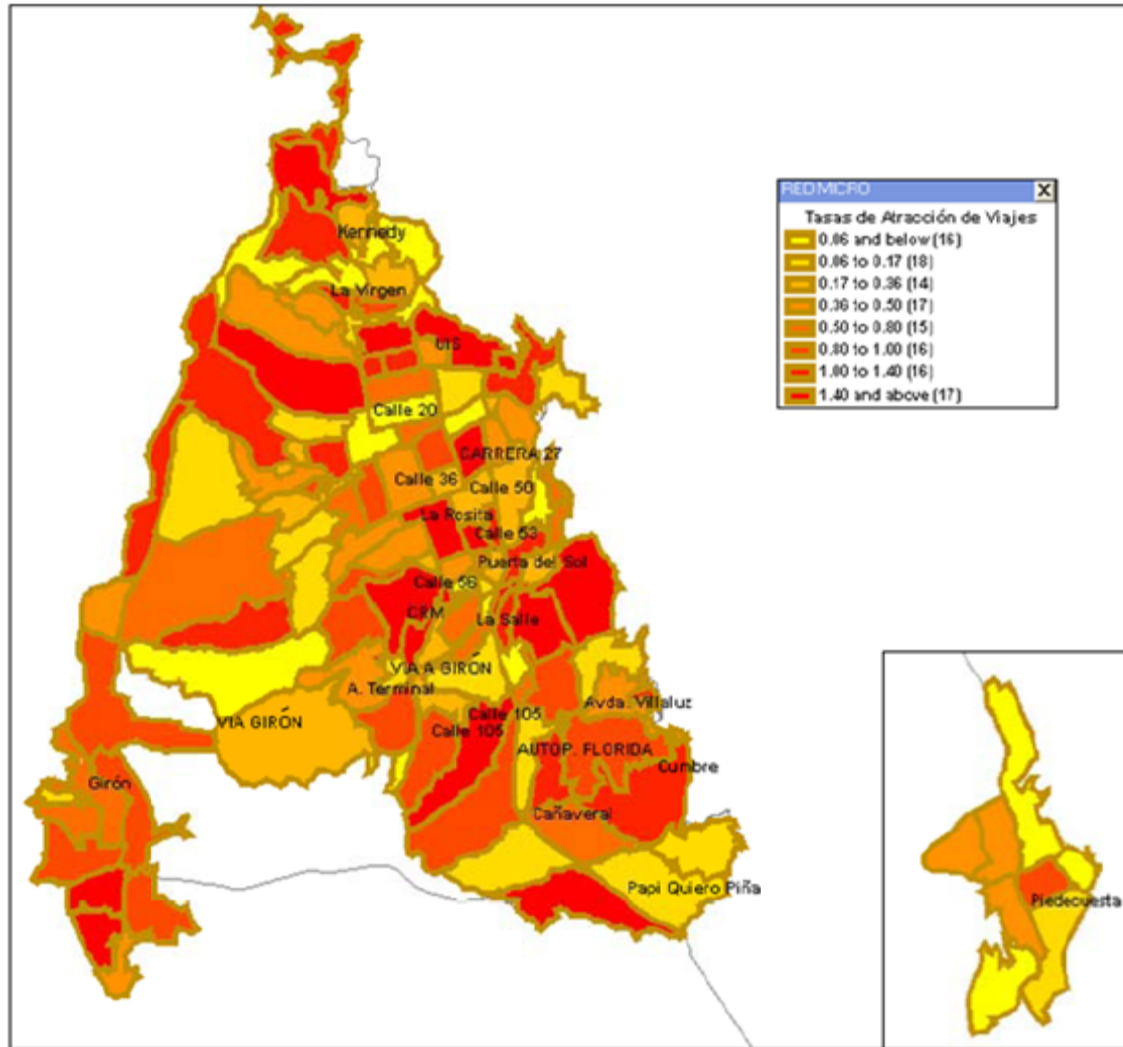
Figura 9: Generación de viajes de transporte público



Fuente: Estudio plan maestro de movilidad realizado por la oficina de geomática en conjunto con la alcaldía de B/manga

Así mismo, la siguiente figura muestra la zona de gran atracción que presentan los sectores del Centro, Cabecera y el noroeste del municipio de Bucaramanga donde se encuentran ubicadas las universidades. A su vez los sectores de Cañaveral y Piedecuesta atraen un volumen significativo cercano de viajes.

Figura 10: Atracción de viajes de transporte público



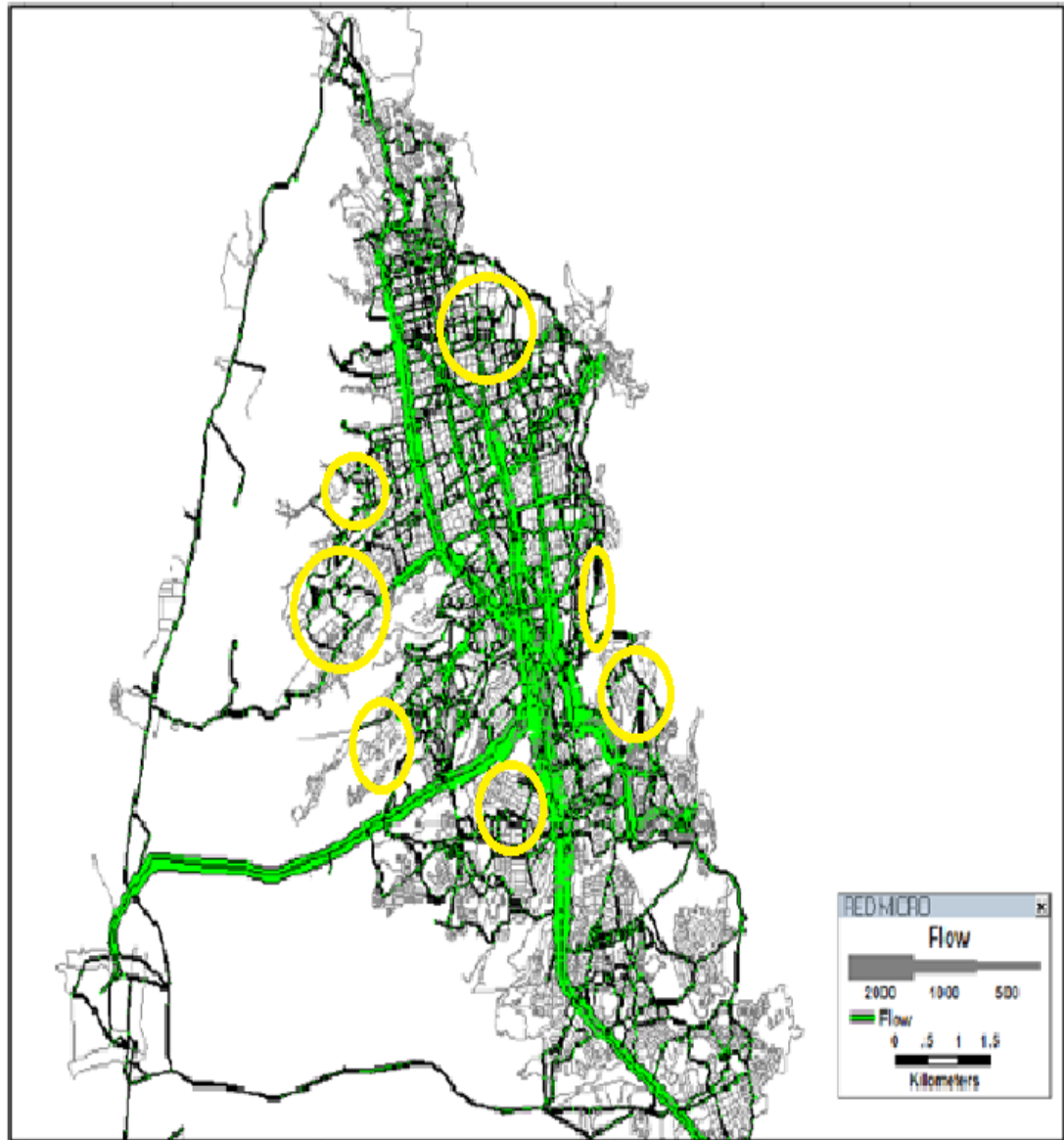
Fuente: Estudio plan maestro de movilidad realizado por la oficina de geomática en conjunto con la alcaldía de B/manga

Los viajes de transporte público asignados a la red del área metropolitana muestran una marcada movilización hacia el municipio de Bucaramanga, a través de los corredores de la autopista a Floridablanca y Piedecuesta, autopista a Girón y las carreras 15,27 y 33. La figura anterior muestra la asignación de viajes.

5.2.3 Los corredores de la movilidad

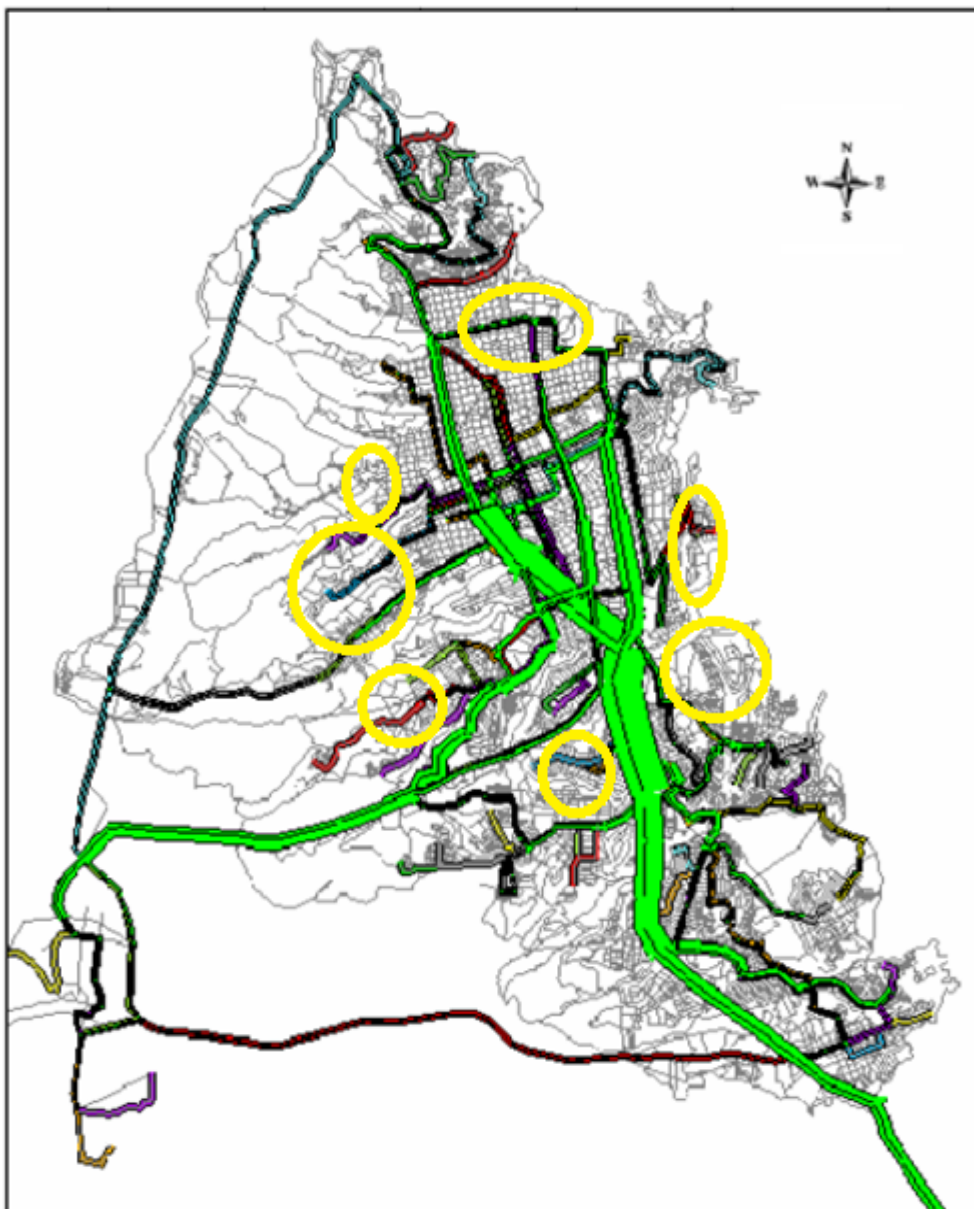
Con base en la información recolectada y procesada en desarrollo del estudio, se efectuó un ejercicio de asignación que permitiera ilustrar las vías utilizadas para realizar los viajes, tanto en transporte público como privado. La grafica de transporte público ilustra con claridad la concentración de los recorridos en ciertas vías, debidamente autorizadas por la autoridad de transporte. Por su parte, la red utilizada por el transporte privado es mucho más amplia, puesto que no tiene restricción alguna para su circulación. De la información deben identificarse y destacarse aquellas vías en donde los dos flujos coinciden, tanto públicos como privados, como sucede en el caso de las salidas hacia los municipios de Girón y Piedecuesta.

Figura 11: Corredores de movilidad del transporte privado



Fuente: Estudio plan maestro de movilidad realizado por la oficina de geomática en conjunto con la alcaldía de B/manga

Figura 12: Corredores de movilidad del transporte público



Fuente: Estudio plan maestro de movilidad realizado por la oficina de geomática en conjunto con la alcaldía de B/manga

Como se puede observar en el esquema de corredores de movilidad del transporte público y privado los sectores propuestos al inicio del capítulo no son principales (encerrados en círculos amarillos) y califican como opciones validas para un estudio pro-exclusión de la medida de pico y placa. Ver el documento sobre

estudios previos para la formulación del plan maestro de movilidad urbana para el municipio de Bucaramanga.

5.3 CARACTERIZACION DE LOS SECTORES QUE SE COSIDERARON APROPIADOS PARA EL ESTUDIO: IDENTIFICACIÓN Y APLICABILIDAD DE LAS ZONAS EN CUESTIÓN.

En este capítulo se pretende registrar la información obtenida de los sectores escogidos, como por ejemplo características de las arterias principales internas y de ingreso al sector, TPD, velocidades máximas sugeridas de circulación, entre otras. Cabe aclarar que durante la organización de la idea se discutieron otros sectores y circuitos de la ciudad además de los que aparecen mencionados en este documento y que podrían ser estudiados en una siguiente investigación. Para organizar la información que se menciona antes en el numeral 6.1.3, se caracterizo numerando los sectores en el siguiente orden:

5.3.1 Sector 1 → Barrio Tejar Moderno y Barrio Lagos

Comprende: Mirador y Boulevard del cacique, Altos de Tajamar, Portón del Tejar, Santa Bárbara, Nueva Santa Bárbara, Palmeras Quintas y Altos del Cacique; Lagos y Altos del Lago, entre otros.

Las entradas al barrio tejar moderno: Desde el occidente tráfico proveniente del viaducto Armando Puyana entre K 33 y Cll 93(transversal oriente doble calzada); también desde el occidente existe una entrada por la Cll 93 un carril desde Porto Fino o desde la pedregosa; corredor de SOLO SALIDA Vial cacique Nororiente Neo mundo; Entrada sur Transversal oriente entre Cll 94 y Cll 100 (límite con Floridablanca); Entrada sur Barrio caldas Carrera 36 y Carrera 37 entre calles 100 y 103A (límite Floridablanca).

Las entradas al Barrio Lagos: K35 por el occidente con transversal oriente (2 carriles); Cll 94 Sur Occidente con transversal oriental (2 carriles, Santa Bárbara); Entrada Sur por Floridablanca K56 entre calles 74 y 84(2 carriles); Entrada Norte K33 entre CTFlorida (carretera antigua) y Cll 71 cementerio las colinas (2 carriles).

CARACTERIZACION GENERAL DEL SECTOR 1:

- Corredor Sur (Transversal oriental desde Floridablanca): Semaforizada, doble calzada, Vel. Max Sugerida 50 Km/h, tramo a analizar de 540 m. TPD = 12137 por carril aprox. (estos TPD ya son equivalentes como los de los aforos);
- Corredor Suroccidental (Cll 100 desde la transversal hacia Santa Bárbara. Se puede tomar este corredor entrando desde el barrio Caldas K 36 y 37): 2 carriles dos sentidos, Vel. máx. sugerida 30 km/h, tramo de 900 m. TPD = 505 por sentido aprox.;
- Corredor Occidente (K35 desde TV glorieta hacia el Portal del cacique pasando por el colegio caldas): 2 carriles doble sentido, Vel.máx. sugerida30 Km/h, tramo de 700 m. TPD = 521 por sentido;
- Corredor Norte (Cll 71 desde la K 33 por el cementerio hasta la carretera antigua CT Florida): 2 carriles doble sentido, Vel. máx. Sugerida 30 Km/h, Tramo de 1 km aproximadamente. TPD = 919 por sentido;
- Existe una entrada por oriente en el sector de altos del cacique proveniente de Floridablanca pero su circulación no es significativa. Al igual que la anterior la K 36 y 37 son entradas al sector por el sur, estos corredores colindan con Santa Mónica y la Portería sexta.

Este sector 1 se va a ver afectado en su movilidad con las obras del intercambiador de Neo mundo, por tal motivo la circulación permitida para vehículos con restricción solo se propone en este texto desde la glorieta en la iglesia Cristo misionero con movilidad interna hacia el suroriente o hacia lagos jurisdicción de Bucaramanga. Existe la posibilidad de ingresar a Floridablanca por

el barrio Caldas al sur de la zona en cuestión. La exclusión de la medida en este lugar permitiría por ejemplo dirigirse de Mirador del Cacique hasta la Universidad UDES, sin problemas de congestión; situación que será aprobada o no más adelante.

5.3.2 Sector 2 → Barrio La Floresta y Pan de Azúcar

Comprende: La Floresta, Pan de azúcar, Los cedros, Jardín y Terrazas.

Las entradas a la Floresta y Terrazas: Las entradas del barrio: Por el Sur CII 65 entre K43 CTFlorida y K44 (2 carriles dos sentidos); Por el Oriente Avenida Pan de azúcar entre CII 62 y CII 56 (2 Carriles doble sentido); Por el Norte Diag56 entre K37 y CII53 (2 carriles doble sentidos); Norte Avenida Jardín.

Las entradas a Pan de azúcar, Jardín y Los cedros: Por el Sur Av. Pan de azúcar entre CII 62 y K49 (2 Carriles); Por el Norte Av. Pan de azúcar entre Av. 42 y K51. Se puede ingresar al Jardín por la Av 42 desde la K 41.

CARACTERIZACION GENERAL DEL SECTOR 2:

Este sector se puede delimitar con un circuito perimetral principal, con las siguientes vías como corredores principales:

- Corredor Sur: CII 65; tramo de 815 m; Vel. máx. sugerida de circulación 30 Km/h; 2 carriles doble sentido. TPD = 1117, aproximadamente 560 vehículos por sentido.
- Corredor Occidente (Glorieta DG 56 CAI UNAB): con opción de tomar la K45 hacia Terrazas o la Av. Jardín hacia el barrio el Jardín; tramo de 780 m; Vel máx. sugerida: 30 Km/h; 2 carriles doble sentido. TPDcarril = 1639 por sentido.

- Corredor Norte (Av. 42 Intersección, Av. Jardín, CII 45B, Av. Pan de azúcar): Av. Jardín Hacia Jardín; Tramo 380 m; Vel Max Sugerida 30 Km/h; 2 carriles doble sentido. TPDcarril = 1059.
- Corredor Norte (Av. 42 Intersección, Av. Jardín, CII 45B, Av. Pan de azúcar): Av. Pan de azúcar A Los cedros; Tramo de 575 m; Vel máx. Sugerida 30 Km/h; 2 carriles doble sentido. TPDcarril = 556.

Se propone una conexión entre el sector 1 y el sector 2 comunicándolos por medio de la carretera antigua nombrada K 33 desde el cementerio las colinas hasta la entrada a la floresta, usando un tramo de la CT Florida (carretera antigua a florida) de 300 m aproximadamente. Dando paso entonces a la evaluación de ese lugar en el capítulo 8 del texto.

5.3.3 Sector 3 → Barrios Diamantes y San Luis

Las entradas a diamante: Las entradas del barrio: Por el norte Kr 24 con calle 80 (2 carriles); Por el oriente calle 89 entrando por la Autopista (2 carriles).

Las entradas a San Luis: Por el Sur Kr19 entrando desde Fontana desde la calle CII99; por el occidente la K10 entrando por la Autopista a Girón o calle 70.

CARACTERIZACION GENERAL DEL SECTOR 3:

- Entrada norte Kr 24 tramo 800 m; vel. Max sugerida 30 Km/h, vía con 2 carriles doble sentido.
- Entrada oriente CII89 tramo 120 m; Vel Máx. sugerida: 30 Km/h; 2 carriles un solo sentido.
- Entrada sur Kr19 tramo 540 m; vel. Max sugerida 30 Km/h, vía con 2 carriles doble sentido.
- Entrada occidente Kr10 tramo 420 m; vel Max sugerida 30 Km/h, vía con carriles doble sentido.

Este sector comunica por medio de la calle 89 con el sector de fontana y Provenza, que actualmente no poseen pico y placa, generando un circuito de grandes proporciones.

5.3.4 Sector 4 → Barrios Mutis, Colombia, Estoraques, San Gerardo II, Bucaramanga

Las entradas al Mutis: por el norte Cll 55 con Kr 2 Occ (2 carriles); por el sur K 2Occ con Cll 63^a (2 carriles).

Las entradas al barrio Colombia: por el norte posee dos entradas una es Kr 6^a desde la Cll 64, la otra es Cll 65c desde la Kr 6^a (2 carriles).

Las entradas al barrio Estoraque: única entrada por el oriente Cll 60 longitud de 180 m desde Kr 8.

Las entradas al barrio San Girardot II: por el sur Cll 65 proveniente de la TV Metropolitana; por el sur Cll 69 desde la autopista a Girón.

Las entradas al barrio Bucaramanga: Posee las mismas entradas que el barrio San Girardot II, excepto una en el occidente Cll 64c con TV metropolitana.

CARACTERIZACION GENERAL

- Entrada Cll 55 tramo 55 m; vel Max. Sugerida 30 km/h, vía con 2 carriles un solo sentido.
- Entrada Cll 63^a tramo 60 m; vel Max, sugerida 30 km/h, vía con 2 carriles un solo sentido.
- Entrada Kr 6^a tramo 30 m; vel Max, sugerida 30 km/h, vía con 2 carriles doble sentido.

- Entrada CII 65c tramo 25 m; vel Max, sugerida 30 km/h, vía con 2 carriles doble sentido.
- Entrada CII 60 tramo 180 m; vel Max, sugerida 30 km/h, vía con 2 carriles doble sentido.
- Entrada CII 65 tramo 100 m; vel Max, sugerida 30 km/h, vía con 2 carriles un solo sentido.
- Entrada CII 64c tramo 20 m; vel Max, sugerida 30 km/h, vía con 2 carriles un solo sentido.

5.3.5 Sector 5 → Barrio Campo Hermoso, 1 de Mayo, La Joya y Alfonso López:

Las entradas Campo Hermoso y 1 de Mayo: posee una única entrada a lo largo del barrio, CII 45 desde la Kr 9, doble calzada, sin semaforización o altos en el camino.

CARACTERIZACION GENERAL

- Entrada CII 45 tramo 220 m, vel Max sugerida 30 km/h, vía doble carril por calzada.

El sector de La joya y Alfonso López se comunica con Campo hermoso y 1 de Mayo por la vía en la parte sur los primeros en la Kr 7 y Kr 8 con la CII 45. Además será delimitado en su parte oriental por la Kr 9.

Las entradas Alfonso López: posee 7 entradas por la parte oriental del barrio, desde CII 44 hasta la CII 34, vía de dos carriles.

Las entradas La Joya: las entras del barrio: oriente CII 37 desde Kr 1.

- Entrada Cll 44 hasta Cll 34, tramo 35 m; vel Max sugerida 30 km/hr, vías con 2 carriles un solo sentido.
- Cll 37 tramo 135 m; vel Max sugerida 30 km/hr, vías con 2 carriles doble sentido.

5.3.6 Sector 6 → Norte

La sugerencia presentada en este texto sobre el norte de la ciudad es que la avenida Quebradaseca sentido oriente-occidente, desde la quinta brigada en la K 33A, hasta el barrio Girardot en la K 10 hacia el norte NO tenga Pico y Placa, con el carril Oriente-Occidente como transitable en horas de restricción. La observación presencial de la circulación y el chequeo de TPD en el geo-portal, motivaron la postulación de las zonas como excluibles de la medida de Pico y Placa.

Comprende los Barrios: San Alonso, Los pinos, Quinta brigada, Alarcón, San Francisco, Granada, Girardot, Pio XII, Gaitán, etc. Y los demás barrios hacia la salida a la costa atlántica.

Entradas más importantes de la zona de la figura: Debido a que es una zona bastante grande los lugares a los que se les hace el análisis, son los corredores con TPD mas altos sin contar la Quebradaseca sentido Occidente-Oriente. La mayoría entradas y salidas por el Sur del sector que son los corredores que presentan mayor tendencia a incrementar su TPD: K 33A, K 32A, K 30, K 27, Bv. Santander, K 21, Cll 14 (será analizada porque concurre un gran tráfico vehicular), k 15, Bv. Bolívar, Bv. Santander, Cll 9. Los otros dos corredores son: La Quebrada Seca Sentido Oriente-Occidente y el Bv. Bolívar también en el mismo sentido. Los TDP que se registran son los mayores de cada corredor.

CARACTERIZACION GENERAL DEL SECTOR 6:

- K 33A: Doble calzada desde la Av. Quebrada seca hasta la Cll 14 Barrio San Alonso; Vel. máx. sugerida 30 km/h en un tramo de 350 m. TPD carril Norte-Sur = 10936. TPD carril Sur-Norte = 8848.
- K 32A: Corredor de 2 carriles un solo sentido al barrio San Alonso, tráfico proveniente mayormente de la K 33; Desde la Quebrada seca hasta la Cll 14. Vel. máx. 30 Km/h en un tramo de 490 m. TPD = 3281.
- K 30: Corredor de 2 carriles solo de salida del Barrio San Alonso; desde la Glorieta del Estadio Alfonso López hasta la Quebrada Seca; Vel. circulación sugerida 30 Km/h en un tramo de 630 m. TPD = 4058.
- K 27: Doble calzada semaforizada desde la intersección del Mesón de los Búcaros hasta la glorieta de la UIS en el Barrio la Universidad. Vel. máx. sugerida 50 km/h en un tramo de aproximadamente 1 km. TPD carril Sur-Norte = 10617. TPD carril Norte-Sur = 7444.
- Cll 14: Doble Calzada semaforizada (un solo semáforo) desde la V Brigada en San Alonso hasta conectar con el Bv. Santander en el Barrio Mutualidad. Vel. máx. sugerida 30 km/h en un tramo de 1150 m. TPD carril Oriente-Occidente = 7730. TPD carril Occidente-Oriente = 4427.
- Bv. Santander: Doble calzada. Vel. máx. 30 km/h. Corredor de aproximadamente 660 m. TPD carril Oriente-Occidente = 7730. TPD carril Occidente-Oriente = 5788.
- K 21: 3 carriles de solo ingreso al barrio Alarcón, desde la Quebrada seca hasta el barrio Comuneros. Vel. máx. de circulación sugerida de 50 Km/h en un tramo de 1km aproximadamente. TPD = 7610.
- K 15: Doble calzada semaforizada desde la Av. Quebrada seca en el barrio Alarcón hasta la Cll 3 en Chapinero. Vel. máx. de circulación 50 km/h en un tramo de 2km aproximadamente. Los usuarios que provenga del norte de la ciudad y les corresponda la medida de pico y placa deben recordar que solo se

puede circular hasta la calzada Oriente-Occidente de la Quebradaseca. TPD carril Sur-Norte =11943.TPDcarril Norte-Sur = 9596.

- Bv. Bolívar:Corredor de 2 Carriles (mismo sentido), desde la intersección Mesón de los Búcaros pasando por la glorieta San Francisco hasta la CII 12. Vel. máx. sugerida 50 km/h en un tramo de 660 m. TPD carril Sur-Norte = 11792.TPDcarril Norte-Sur = 9171.
- Quebrada Seca (sentido Oriente-Occidente): Corredor de 3 carriles desde la Brigada hasta la K 10 en el barrio Girardot. Vel. máx. sugerida 50 km/h en un tramo de 2.5km aproximadamente. Los vehículos que vengan por esta corredor en horas de restricción deberán necesariamente direccionar al norte de la ciudad. TPD carril Oriente-Occidente =11697.

A esta parte de la investigación le correspondieron varios análisis de información debido a la complejidad del circuito que se propone como excluible. Más adelante se presentaran los resultados y las conclusiones de su viabilidad y de los demás sectores.

5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA.

5.4.1 Calculo tipo de TPDS, porcentaje representativo y volumen en hora de máxima demanda

Como se explicaba en el capítulo de la recopilación de los datos a continuación se hace entrega de una hoja de cálculo tipo con esa información ademásde la orientación del procedimiento realizado para encontrar un TPDS y el porcentaje representativo de vehículos de la hora pico en el mismo.

Anteriormente se hizo la aclaración del método para la obtención de la información (Véase 6.1.1), uno de los ejemplos utilizados como punto para afores la

intersección MESON DE LOS BUCAROS, y uno de los conteos realizados en ese lugar se hizo en el movimiento Boulevard Bolívar hacia la Avenida Quebrada seca con destino a Cúcuta, Norte de Santander. Se registraron: autos particulares, taxis, buses, camiones y motocicletas en intervalos de tiempo de 15 minutos. Esa información que data del mes de Junio de 2009(última información obtenida de aforos en la ciudad), la cual fue suministrada por la oficina de geomática, fue sometida a cálculos de totales equivalentes de autos por hora en los siete días de la semana de la siguiente manera:

La tabla está organizada así, ejemplo:

Tabla 25: Ejemplo de organización de aforos (Taxis)

INTERVALO	T(Taxis)							
	03-jun	04-jun	05-jun	06-jun	07-jun	08-jun	09-jun	10-jun
	MIERC	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MART	MIERC
12:00 - 12:15		5	6	5	10	3	6	3
12:15 - 12:30		1	3	4	6	1	0	1
12:30 - 12:45		4	1	6	8	1	1	1
12:45 - 1:00		6	4	5	11	2	1	3

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo se hizo conteo de los otros motorizados y durante las 24 horas del día. Después se totalizan a un número de autos equivalentes con la formula:

#DEAUTOSEQUIVALENTE

$(\#eq) = \text{Taxis} + \text{Autos} + (2 \times \text{Buses}) + (2.5 \times \text{Total Camiones}) + (0.5 \times \text{Motos})$. *Ejemplo*

Jueves (00:00 – 00:15): #eq= 5 + 2 + (2x0) + (2.5x2) + (0.5x3) =13.5;

Los factores de multiplicación de cada tipo de vehículo, fueron obtenidos del estudio del plan maestro de movilidad de la ciudad de Bogotá.

Entonces:

Tabla 26: Registro de equivalentes cada 15 minutos en cada día de la semana

INTERVALO	AUTOS EQUIVALENTES AFORO CADA 15 MINUTOS							
	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES
00:00 – 00:15	0	13.5	17.5	22.5	24	7.5	14	9
00:15 – 00:30	0	7.5	7	17	16.5	2.5	4.5	5
00:30 – 00:45	0	17	1	25	16.5	5.5	7	2.5
00:45 – 1:00	0	9	10.5	24.5	21.5	2.5	4	6.5
1:00 – 1:15	0	8.5	6	15.5	21.5	1.5	12	4.5
1:15 – 1:30	0	13	10.5	11.5	21	1	11	1.5
1:30 – 1:45	0	8.5	8	12.5	17	3.5	15.5	11
1:45 – 2:00	0	12.5	4	8	6.5	11	15	23.5
2:00 – 2:15	0	9	12.5	2.5	13	6	14	14.5
2:15 – 2:30	0	5.5	6	5	6	6	15	8
2:30 – 2:45	0	6	7.5	4.5	13.5	3	4.5	3.5
2:45 – 3:00	0	7	6	4.5	3.5	4.5	4.5	5
3:00 – 3:15	0	13	10	8.5	7.5	4	10.5	5.5
3:15 – 3:30	0	4.5	3.5	6	13	7.5	12	4
3:30 – 3:45	0	7	11	6	6	8	7	9.5
3:45 – 4:00	0	13.5	10	10.5	7.5	11.5	12	7
4:00 – 4:15	0	14.5	13	14	9	4	6.5	6.5
4:15 – 4:30	0	9.5	12.5	14.5	5	9	17.5	11
4:30 – 4:45	0	10.5	15.5	16	11	12.5	17	10.5
4:45 – 5:00	0	6.5	11.5	15	8.5	5.5	9.5	9.5
5:00 – 5:15	0	11.5	18.5	18.5	14.5	3.5	9.5	8
5:15 – 5:30	0	14.5	16.5	35	25	13	41.5	14
5:30 – 5:45	0	39	22	53	30.5	15.5	26	24
5:45 – 6:00	0	28	36.5	44.5	39.5	32	40.5	42
6:00 – 6:15	78	101	108.5	28	13.5	116	117	0
6:15 – 6:30	63	70.5	42.5	26	15	52.5	46	0
6:30 – 6:45	77	67	72	43.5	16.5	53	88.5	0
6:45 – 7:00	66	68.5	78	55	18	58	82	0
7:00 – 7:15	76	72	70.5	76.5	30	70	65.5	0
7:15 – 7:30	74.5	74.5	44	65.5	36.5	50	86.5	0
7:30 – 7:45	93.5	80.5	81.5	86	33.5	63	54	0
7:45 – 8:00	78	91.5	65.5	78.5	39	63	89	0
8:00 – 8:15	79	84.5	71.5	46.5	49.5	59	84.5	0
8:15 – 8:30	63.5	71	78.5	74	60	54	75.5	0
8:30 – 8:45	97	93	68	85	57	72.5	73	0

INTERVALO	AUTOS EQUIVALENTES AFORO CADA 15 MINUTOS							
	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES
8:45 – 9:00	70	61	56	83.5	35.5	125.5	67.5	0
9:00 – 9:15	104	82.5	65	114	56.5	63	71.5	0
9:15 – 9:30	92.5	72	84.5	86.5	43	100.5	116.5	0
9:30 – 9:45	101.5	83.5	83.5	71.5	60	63	103	0
9:45 – 10:00	91	90.5	87	71.5	79.5	89	110.5	0
10:00 – 10:15	104	98.5	84	82.5	53	89.5	95	0
10:15 – 10:30	87	53.5	74	69	73	94.5	95	0
10:30 – 10:45	102.5	96.5	81.5	94.5	69.5	86	82	0
10:45 – 11:00	75.5	91	75	102.5	79.5	100	93	0
11:00 – 11:15	104.5	92.5	85.5	113.5	54.5	74	83	0
11:15 – 11:30	87.5	97.5	63	86	67	92.5	88.5	0
11:30 – 11:45	111.5	107.5	103	103	61.5	112.5	97.5	0
11:45 – 12:00	108	92	117	71.5	64	104	82.5	0
12:00 – 12:15	143.5	148	130.5	117.5	51.5	130	105	0
12:15 – 12:30	130	108.5	107	100	47	122.5	97	0
12:30 – 12:45	103	126	132.5	98.5	68.5	165.5	83	0
12:45 – 13:00	99	90	78	110.5	47	127	93.5	0
13:00 – 13:15	93	88.5	100	80	47	102	75	0
13:15 – 13:30	86	75.5	60	83	56.5	60.5	71.5	0
13:30 – 13:45	103.5	99.5	92.5	82.5	52	61.5	134	0
13:45 – 14:00	102	117	112	108	33	65	83.5	0
14:00 – 14:15	101	115.5	121.5	90.5	47	81	93.5	0
14:15 – 14:30	95.5	101.5	101.5	66.5	46.5	81	66	0
14:30 – 14:45	102	105	103.5	93.5	42.5	92	101	0
14:45 – 15:00	89.5	97.5	106	79	30	89	112	0
15:00 – 15:15	108.5	102	105.5	78.5	43	79	90	0
15:15 – 15:30	88	102	105	57.5	47	71.5	87	0
15:30 – 15:45	86	104	120	86	39	80.5	99.5	0
15:45 – 16:00	103.5	104	105.5	59	44	72.5	114	0
16:00 – 16:15	130.5	100.5	74	82	41	89.5	139.5	0
16:15 – 16:30	93.5	84	98	62.5	36.5	107.5	106	0
16:30 – 16:45	100.5	116.5	107.5	59	45.5	86	98	0
16:45 – 17:00	89.5	81.5	126.5	75	43	69	85.5	0
17:00 – 17:15	114.5	89.5	89	66	21.5	81	83	0
17:15 – 17:30	85.5	99.5	102	47	49	110.5	105	0
17:30 – 17:45	118	118.5	84	42.5	34	105.5	119.5	0
17:45 – 18:00	102.5	101	119.5	33.5	38.5	72	141	0
18:00 – 18:15	124	150.5	119.5	83.5	80.5	118	88	0
18:15 – 18:30	103.5	136	116.5	43	40.5	108	106.5	0
18:30 – 18:45	108	114	104.5	58.5	54.5	111.5	123	0

INTERVALO	AUTOS EQUIVALENTES AFORO CADA 15 MINUTOS							
	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES
18:45 –19:00	96	62.5	93.5	56.5	59	82	81.5	0
19:00 –19:15	88.5	105	118	59.5	49	95	94.5	0
19:15 –19:30	89	65.5	104	40.5	36	67	96.5	0
19:30 –19:45	45.5	58	64	39	30.5	40.5	71	0
19:45 –20:00	52.5	37	57.5	32	23.5	37	49.5	0
20:00 –20:15	57.5	35	35.5	41.5	28	9	18.5	0
20:15 –20:30	31.5	25	33	30	25.5	9.5	74	0
20:30 –20:45	16.5	26	29.5	44	39.5	24.5	27	0
20:45 –21:00	16	17.5	32.5	36	62.5	45	48	0
21:00 –21:15	33.5	30.5	33	36	54	32.5	48.5	0
21:15 –21:30	28.5	28.5	27.5	24.5	49	22.5	45	0
21:30 –21:45	21.5	32	32	20.5	32	28	42	0
21:45 –22:00	33.5	34.5	20.5	25.5	42.5	29	19.5	0
22:00 –22:15	22.5	33	26	23	38	25.5	25	0
22:15 –22:30	23.5	26.5	22.5	30	27	25	16	0
22:30 –22:45	15.5	21.5	31.5	30	21.5	21	17	0
22:45 –23:00	21	22.5	18.5	23	13	27.5	21	0
23:00 –23:15	28	21.5	26	30.5	5.5	27.5	24	0
23:15 –23:30	19	19.5	21.5	21	3	23	11	0
23:30 –23:45	16.5	22.5	20	20	9.5	9	3.5	0
23:45 –24:00	17.5	16	15.5	28	4	15	5	0

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se hace la sumatoria por hora y se extrae un total de vehículos por día:

Tabla 27: Autos equivalentes 24/7

AUTOS EQUIVALENTES AFORO POR HORA								INTERVALO
MIERC	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MART	MIERC	
0	47	36	89	78.5	18	29.5	23	00:00 - 1:00
0	42.5	28.5	47.5	66	17	53.5	40.5	1:00 - 2:00
0	27.5	32	16.5	36	19.5	38	31	2:00 - 3:00
0	38	34.5	31	34	31	41.5	26	3:00 - 4:00
0	41	52.5	59.5	33.5	31	50.5	37.5	4:00 - 5:00
0	93	93.5	151	109.5	64	117.5	88	5:00 - 6:00
284	307	301	152.5	63	279.5	333.5	0	6:00 - 7:00
322	318.5	261.5	306.5	139	246	295	0	7:00 - 8:00
309.5	309.5	274	289	202	311	300.5	0	8:00 - 9:00
389	328.5	320	343.5	239	315.5	401.5	0	9:00 - 10:00
369	339.5	314.5	348.5	275	370	365	0	10:00 - 11:00
411.5	389.5	368.5	374	247	383	351.5	0	11:00 - 12:00
475.5	472.5	448	426.5	214	545	378.5	0	12:00 - 13:00
384.5	380.5	364.5	353.5	188.5	289	364	0	13:00 - 14:00
388	419.5	432.5	329.5	166	343	372.5	0	14:00 - 15:00
386	412	436	281	173	303.5	390.5	0	15:00 - 16:00
414	382.5	406	278.5	166	352	429	0	16:00 - 17:00
420.5	408.5	394.5	189	143	369	448.5	0	17:00 - 18:00
431.5	463	434	241.5	234.5	419.5	399	0	18:00 - 19:00
275.5	265.5	343.5	171	139	239.5	311.5	0	19:00 - 20:00
121.5	103.5	130.5	151.5	155.5	88	167.5	0	20:00 - 21:00
117	125.5	113	106.5	177.5	112	155	0	21:00 - 22:00
82.5	103.5	98.5	106	99.5	99	79	0	22:00 - 23:00
81	79.5	83	99.5	22	74.5	43.5	0	23:00 - 24:00
5662.5	5897.5	5800.5	4942.5	3401	5319.5	5916	246	TOTALES
			5312			máximo	545	TPDS
			10.3			hora	de 12 a 13	
								PORCENTAJE

Fuente: Elaboración propia

El TPDS se calcula del promedio de los totales por día, siendo la suma de la última fila de la tabla dividida en 7 días de la semana. En la casilla 'máximo' aparece el mayor valor de vehículos equivalentes obtenido en una sola hora y el porcentaje es lo que representa ese número máximo sobre el TPDS. Este proceso se realizó con todos los giros en cada intersección y arteria aforada, esta información por motivo de organización no se registra en este documento, se hizo

en un documento aparte llamado anexos que contiene información complementaria y bibliografía.

Terminado este procedimiento, se procede a evaluar un promedio de los porcentajes obtenidos en cada hoja de cálculo, con la intención de saber qué cantidad de vehículos del TPD se presenta en la hora pico regularmente. Otro dato significativo que se extrae es, como se ve en la tabla anterior, la hora de máxima demanda, y la que se repitió con más frecuencia fue el medio día de 12 a 13. El porcentaje promedio obtenido fue 11.5%.

5.4.2 Aplicación de la metodología del manual de capacidad vial hcm 2000 en cada sector usando la información recopilada.

En este capítulo se continua con la metodología explicada en el marco teórico, en el título de capacidad vial y nivel de servicio (LOS). El siguiente paso es, con la información obtenida de longitudes de tramo (L), tiempos de recorrido (Tr), velocidades de flujo libre FFS, tráfico promedio diario TPD, control de demoras, etc., aplicar la metodología del HCM 2000; esta con la intención de argumentar finalmente la idea del proyecto y obtener resultados que de antemano parece saldrán coherentes con las inferencias que se realizan en el planteamiento del problema y en la justificación.

El análisis o procedimiento realizado es el descrito en el capítulo 5.4.2.3 (Metodología de la calle urbana), y a continuación se muestra lo realizado con uno de los sectores caracterizados:

5.4.3 Corredor urbano semaforizado

Para iniciar hablando sobre la metodología urbana, es necesario aclarar que los corredores viales de una ciudad tienen dos subdivisiones las cuales son, las

semaforizadas y no semaforizadas a continuación, a manera de ejemplo, se describirá el procedimiento en una calle semaforizada, siendo elegida la carrera 15 del sector Norte de la ciudad numerado por 6, por su relevancia con respecto a la movilidad.

Cabe resaltar que este procedimiento que será expuesto a continuación, es el mismo que se utiliza para los demás corredores viales con intersecciones semaforizadas, donde las tablas de procedimientos serán anexados en este libro.

5.4.3.1 Capacidad vial en corredores con intersecciones semaforizadas

Valores de entrada

Para poder caracterizar el tráfico en cualquier vía que se desee estudiar, es necesario realizar primeramente un estudio sobre su capacidad vial, con el fin de identificar cual es la demanda máxima de tránsito que puede resistir la vía en cuestión. Con valores de tráfico identificados y hallados en campos por medio de conteos vehiculares, se puede establecer relaciones de demanda vs oferta, que ayudará a hacerse una primera idea del estado de servicio de la vía que luego se confirmaran con otros estudios complementarios.

A continuación se presentará la forma o proceso de hallar la capacidad vial a una calle con intersecciones semaforizadas, basándonos como ejemplo la carrera 15 entre calles 21 y calle 6, hacia el norte de la ciudad de Bucaramanga.

a) Periodo de semáforos→se necesita obtener los tiempos de verde y rojo para cada semáforo que se encuentran en las intersecciones de la vía que se encuentra en estudio. Para ello es necesario ir a campo y ser recopilados. En seguida se presentan el ciclo del semáforo en la intersección.

Tabla 28: Tiempos de semáforo en intersección de la K15

CARRERA 15		
CLL	GREEN	RED
23 y Bv. S	44	46

Fuente: Elaboración propia

b) geometría de la vía→ Cuando se habla de capacidad, es necesario tener en cuenta la geometría de la vía, para ello se especifica el ancho de la calzada y el número de carriles por calzada, para este ejemplo se tiene en cuenta el ancho de los diferentes tramos sobre la carrera 15. El medio que fue utilizado para recopilar esta información, fue gracias a <http://garza.uis.edu.co/observatoriosig/>, el geoportal realizado por el grupo de Geomática de la UIS. Allí se encontró que para la carrera 15 el promedio general de sus tramos es de 3.5 metros por carril.

c) pendiente longitudinal→ otro parámetro que se debe tener en cuenta para el cálculo de la capacidad, es la pendiente longitudinal, valor que también se pudo hallar gracias a la ayuda del geoportal del grupo Geomática. Esta investigación arrojó un resultado promedio de 3% de pendiente a largo de la Kr 15.

d) porcentaje de pesados→ se debe tener en cuenta la proporción del número de vehículos pesados que transitan por la calle, así que se toma los datos de los conteos, donde se encuentran discriminado según el tipo de vehículo. Por ejemplo:

Tabla 29: Ejemplo de registro de TPD por segmento

KR 15				
CLL	TPD VH (v/día)	TPD BUS (v/día)	TPD CAM (v/día)	TPD EQUI. (v/día)
23 y Bv. S	5430	2599	526	11943

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla corresponde a los valores de los conteos que se realizaron para la intersección con la calle 23 y Bulevar Bolívar, con KR 15. La última columna de la derecha que corresponde al TPD equivalente, donde su cálculo fue expuesto en el numeral 6.4.1. Con este valor hallo el porcentaje al que equivalen los pesados sobre el total de vehículos equivalentes.

$$\%P = ((2599 + 526)/(5430 + 2599 + 526)) * 100$$

Para este caso nos arroja un valor de 36.5% de vehículos pesados pasando por la vía.

e) estacionamientos→a lo largo del eje de la vía, se presentan ocasiones donde algunos vehículos suelen estacionarse. En estudio en campo se obtuvo el dato de un promedio de 3 vehículos/h, se estacionaban en cualquier parte del tramo. De igual forma ocurre con el sistema de transporte público, donde realizan ciertas paradas en lo corrido de 1 hora. Para este caso observo que ningún bus se detuvo a realizar pares.

f) giros→existe la posibilidad que a lo largo de la vía, se presenten a la vez dos posibles giros, uno a la derecha y el otro a la izquierda. Para el caso de la Kr 15 solo existen giros a la derecha, y solo cuando el sentido de la calle que la atraviesa se dirige en este mismo sentido. Para este ejemplo existe un giro a la derecha hacia el bulevar Bolívar debido a que esta vía se posee doble calzada en ambos sentidos. Si existen giros, hay que indicar la proporción de vehículos que toman el giro en cuanto al TPD equivalente que trae la vía. Estas proporciones las indica el estudio de los conteos vehiculares. En este ejemplo se toma un valor medido por observar debido a la falta de datos de conteos para realizarlo, por lo que se decide darle un valor de 25%.

g) intensidad → la intensidad, representa la cantidad de vehículos que transitan en una hora por la calle. Para realizar este estudio se decidió tomar la hora de mayor demanda que se presenta en los horarios de 12:00 p.m a 1:00 p.m.

La forma en que se halló el valor del tránsito para esa hora, es como se menciona en el numeral 6.4.1. Para este ejemplo el valor correspondiente a la hora de mayor tráfico es el siguiente:

Tabla 30: Ejemplo de cálculo del valor representativo del TPD en cada lugar

KR 15					
CLL	TPD VEH (v/día)	TPD BUS (v/día)	TPD CAM (v/día)	TPD EQUI. (v/día)	TPD Representativo (v/h)
23 y Bv. S	5430	2599	526	11943	1373.445

Fuente: Elaboración propia

En la última columna se aprecia entonces el valor de la intensidad utilizada para calcular la capacidad en este tramo.

h) valor de H y k → estos dos valores de entradas corresponden a la duración del tiempo de estudio “H” y de la constante de la regulación entre semáforos. Para este tramo de la carrera 15 se decidió tomar $H=0.25$ y $k=0.5$, como lo aconseja en el numeral 5.4.4.6.

Proceso para hallar la capacidad:

a) coeficientes → En el siguiente recuadro se hace referencia a unos coeficientes y las ecuaciones que se usan para el cálculo:

Tabla 31: Factores de corrección a la capacidad vial

Factores de corrección			
f	Corrección por	Fórmula	Variable
f_a	Anchura del carril	$(5,4+A)/9$	A : anchura del carril (m)
f_{vp}	Vehículos pesados	$100/(100+P)$	P : Porcentaje de pesados (%)
f_i	Inclinación de la rasante	$1-I/100$	I : Inclinación de la rasante
f_e	Estacionamiento	$1-(0,1+M/20)/N$	M : Movimientos de estacionamiento en una hora
f_b	Paradas autobús	$1-B/(250N)$	B : Autobuses que paran por hora
f_z	Situación	$(0,9-1)$	En centro urbano 0,9, en otras zonas 1
f_{gd}	Giros a la derecha	$1 - 0.15P$	P : Proporción de vehículos que giran a la derecha
f_{gi}	Giros a la izquierda	$1/(1+0.05P)$	P : Proporción de vehículos que giran a la izquierda

Fuente: HCM 2000 TRB

Para esta intersección tipo que se está realizando estos son los resultados:

Tabla 32: Coeficientes ejemplo usados para el cálculo de la capacidad

Coeficientes	
f_a	0.989
f_{vp}	0.995
f_i	1.000
f_e	0.850
f_b	1.000
f_z	0.900
f_{gd}	0.963
f_{gi}	1.000

Fuente: Elaboración propia

b) intensidad máxima → tomando como referencia al concepto expuesto en el numeral 5.4.3.1, se procede a calcular la intensidad máxima usando la siguiente ecuación:

$$S = 1900 N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_g d f_{gl}$$

Como se puede observar los coeficientes expuestos en el anterior numeral son usados en la ecuación de la intensidad máxima.

Para el ejemplo que se sigue este sería el valor de la intensidad máxima.

Tabla 33: Intensidad máxima resultante

Intensidad Máxima	
S	2756 [Vehículos/hora]

Fuente: Elaboración propia

c) Demora → a lo largo del tramo elegido para el estudio, se generan demoras por varias razones, debido a esto el manual HCM 2000 aconseja el uso de la ecuación que a continuación se plantea, ecuación que permite conocer la demora, que es dada en segundos.

$$D = \frac{1}{S} \left(\frac{V}{V_{max}} \right)^2 \left(\frac{V}{V_{max}} + \frac{V_{max}}{V} \right) \left(\frac{V}{V_{max}} + \frac{V_{max}}{V} \right) \left(\frac{V}{V_{max}} + \frac{V_{max}}{V} \right)$$

Variables de salida

Después de realizarse los cálculos anteriormente citados, se concluye con los resultados de la capacidad vial.

Para hallar la capacidad vial es necesario remitirse al numeral 5.4.3.1, de donde se sustrae la ecuación que permite conocer el valor de la capacidad sobre la vía.

—

Donde

C: capacidad vial

S: intensidad máxima.

V: tiempo en verde del semáforo.

T: tiempo del ciclo del semáforo.

$$C = 2576 \frac{44}{90} = 1347 \text{ Vehiculos /h}$$

Una vez obtenido el valor de la capacidad se puede encontrar el valor de la capacidad por hora verde por carril con la siguiente ecuación:

$$C_{cv} = \frac{CT}{VN}$$

Siendo N el número de carriles que presenta la calle a la cual se le realiza el estudio, siendo para esta caso 2 carriles.

$$C_{cv} = \frac{1347 * 90}{44 * 2} = 1378 \text{ Vehiculos/h}$$

Entonces se toma un valor de 2756 para la capacidad de 2 carriles, en la tabla y en los cálculos se uso un valor de 2800 veh/h para redondear.

5.4.3.2 Corredores principales estudiados con intersecciones semaforizadas.

Para dar inicio al procedimiento del estudio de intersecciones semaforizadas, es necesario realizar una clasificación de la vía en cuestión. Según el capítulo 10 en la figura 10-2 del HCM 2000, las vías logran clasificarse según su categoría de diseño, la cual para la Kr 15 entra en la clasificación de calle urbana, ya que cumple con la gran mayoría de requisitos que recomienda el manual. Por lo que se le asigna una categoría de IV.

La asignación de la categoría es de vital importancia para el estudio, ya que de esta forma se puede identificar formulación de ecuaciones y demás que corresponden a los procesos que se deben llevar para conseguir el resultado final que define el nivel de servicio a lo largo de esta calle.

a) Definición de segmentos→ Lo primero que se realiza en el estudio es definir segmentos y secciones, Longitud de los segmentos, identificar intersecciones prioritarias, caracterizadas por tener mayor TPD que el resto de calles.

En este paso a cada uno de los sectores mencionados en la caracterización, se les realizó la identificación de sus corredores e intersecciones principales.

Carrera 15 (K 15): Desde la Av. Qseca hasta la intersección en la calle 6 (CII 6)→ La K 15, nombrando en el sentido Sur-Norte con sus respectivas longitudes, se intercepta con:

Tabla 34: Longitudes de los segmentos estudiados en la K 15

K 15	
INTERSECCION CLL	Longitud [Km]
Desde la Quebradaseca hasta la CII 23 y el Bv. Santander	0,256
Desde el Bv. Santander hasta la CII 22	0,09
Desde la CII 22 hasta la CII 21	0,1
Desde la CII 21 hasta la CII 15	0,564
Desde la CII 15 hasta el Bv. Bolívar	0,32
Desde el Bv. Bolívar hasta la CII 11	0,054
Desde la CII 11 hasta la CII 9	0,16
Desde la CII 9 hasta la CII 6	0,29

Fuente: Elaboración propia

Al igual que esta ubicación de las intersecciones semaforizadas en la K 15 se realizaron en la Quebradaseca sentido Oriente-Occidente desde la quinta brigada hasta la CII 10, la K 27 desde el mesón de los búcaros hasta la intersección de la CII 13. El Bv. Bolívar, el Bv. Santander y la CII 14 son los corredores restantes del

sector que presentan semaforizaciones pero con densidades de estas mucho más bajas que las primeras.

b) Tiempo del ciclo en semáforos→ Una vez obtenidos la longitud de cada tramo, se procede a obtener los datos de los tiempos de los semáforos en cada intercepción. La tabla tiene 4 columnas las cuales son de izquierda a derecha, la calle de la intercepción, el tiempo del semáforo durante el verde, el tiempo del semáforo durante el rojo y por último la suma del verde y el rojo. Los datos recopilados para esta calle son los siguientes:

Tabla 35: Ciclo semafórico del corredor Sur-Norte de la K 15

CARRERA 15			
CLL	GREEN	RED	C
23 y Bv.S	44	46	90
22	45	45	90
21	45	45	90
15	45	45	90
Bv. B	46	44	90
11	67	44	111
9	47	43	90
6	63	27	90

Fuente: Elaboración propia

Nótese que en los tiempos del ciclo completo, existe una clara constante en el tiempo, excepto la intercepción con el Bulevar Bolívar, esto muestra, según la figura 10-7 del HCM 2000, un desfase de 20sg mas, con respecto a la teoría planteada por este manual, que recomienda para una vía de clase IV, no tener más de 70sg en un ciclo de semáforo por intercepción, con el fin de movilizar más rápidamente el tráfico que se encuentre sobre la vía.

c) Relación g/C→ esta relación es un índice que dicta, que tanto se permite avanzar en una intercepción semaforizada al tráfico. Resulta de dividir el tiempo del verde sobre el tiempo del ciclo. A continuación la tabla de la relación g/C.

Tabla 36: Relación g/C (tiempo verde / duración del Ciclo)

CARRERA 15				
CLL	GREEN	RED	C	g/C
23 y Bv. S	44	46	90	0.49
22	45	45	90	0.50
21	45	45	90	0.50
15	45	45	90	0.50
Bv. B	46	44	90	0.51
11	67	44	111	0.60
9	47	43	90	0.52
6	63	27	90	0.70

Fuente: Elaboración propia

d) TPD equivalente→ los TPD son la pieza fundamental de este estudio, por lo tanto se indicará cómo se calcularon los TPD equivalentes después de haber sido recopilados.

Para el estudio se debe tener una base de la cantidad de autos que circulan por los diferentes tramos de las vías a las cuales se le realizará el respectivo estudio, por lo tanto es necesario tener un valor promedio de autos, pero no solo por las vías se transportan autos, también lo hacen autobuses, camiones y motocicletas, es por eso que se debe calcular un valor equivalente a autos para realizar correctamente la metodología.

Una vez recopilada la información en el Geoportal del grupo de Geomática de la UIS, sobre los TPD, y estando discriminado por los tipos de vehículos que transitan por las calles, se procede a ejecutar el cálculo del TPD equivalente de la siguiente forma.

$$TPDeq = a + m * 0.5 + b * 2 + c * 2.5$$

Donde

a= autos

m= motos

b= buses

c= camiones

De esta forma se obtiene los valores correctos de TPD en autos equivalentes.

e) TPD equivalente representativo→el valor de TPD equivalente que se obtiene, tiene unidades de vehículos/día. Y según la metodología del HCM 2000, se requieren valores en vehículos/hora. Por lo tanto se procede a realizar el proceso ya expuesto en el capítulo 6.4.1.

Tabla 37: TPD equivalente representativo de cada segmento

CARRERA 15					
CLL	TPD VH (v/día)	TPD BUS (v/día)	TPD CAM (v/día)	TPD EQUI. (v/día)	TPD representativo (v/hora)
23 y Bv. S	5430	2599	526	11943	1373.445
22	5430	2599	526	11943	1373.445
21	5430	2599	526	11943	1373.445
15	5430	2599	526	11943	1373.445
Bv. B	5430	2599	526	11943	1373.445
11	6508	769	932	10376	1193.24
9	6508	769	932	10376	1193.24
6	6464	769	932	10332	1188.18

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se puede observar el valor del número de vehículos que transitan por la kr 15, discriminado por tipo de vehículos, en orden de izquierda a derecha, TPD vehiculares, TPD buses, TPD camiones, respectivamente. La siguiente

columna resulta de la ecuación planteada en el numeral inmediatamente anterior, y la última con la exposición del numeral 6.4.1.

f) Relación v/c → el valor que resulta de esta división es de significativa importancia, ya que nos muestra un patrón de medida del estado de tráfico en que se encuentra la vía. Siendo “v” el volumen de tráfico que pasa por la vía y “c” la capacidad vial.

A cada intersección se le calcula una capacidad ya que como se mostró anteriormente varía según los datos de entrada de cada una, y las relaciones v/c para esta y los demás tramos fueron las siguientes:

Tabla 38: Relación v/c (volumen / capacidad)

kr 15	
CLL	v/c
23 y Bv. S	0.491
22	0.429
21	0.491
15	0.491
Bv. B	0.491
11	0.373
9	0.41
6	0.371

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla resulta de la división del volumen de tráfico por hora entre la capacidad de la vía, siendo el volumen representativo del TPD, equivalente al 11.5% de este.

g) Tipo de llegada AT → el tipo de llegada fue clasificado según observaciones en campo, en cada una de las intersecciones existentes a lo largo de vía. Se concluye entonces que para la intersección de la carrera 15 con calle 23 y Bulevar Bolívar y con calle 15, son de tipo III, debido a que hay una cantidad significativa de entradas entre los semáforos que generan llegadas aleatorias al ciclo

semafórico en las intersecciones en mención. De igual forma se identifico el tipo de llegada para los siguientes semáforos, clasificados todos excepto los dos anteriores, como tipo de llegada V.

h) Valor de R_p , f_{PA} , P , P_f →En este paso se calcularan ciertos valores que requiere la debida teoría. A continuación se hará una breve descripción del proceso que se debe seguir para lograr conseguir los valores que serán mencionados seguidamente.

- R_p : Tasa de pelotón.
- f_{PA} : Factor de ajuste adicional para la llegada del pelotón en verde
- P : Proporción de vehículos llegando durante el verde.
- P_f : factor de ajuste a la progresión.

Primero definir el tipo de llegada de la intersección según la clasificación del manual HCM 2000 en la pág. 309, luego con ese tipo de llegada tomar el valor por defecto de la tasa de pelotón R_p . Después, con este número y con la relación (g/C), se obtiene un f_{PA} y un P_f . El capítulo 10 en la tabla 10-7 del HCM 2000, menciona como más comunes en una calle de clase urbana tipo IV, los tipos de llegada a intersecciones, 4 y 5. Por tal razón es usado el tipo cuatro que es un poco menos favorable acercándose a la condición mas critica. Entonces $f_{PA} = 1.15$ y $R_p = 1,333$, son usados en los corredores de este tipo de llegada (K15 y AV Qseca). Existen casos aislados en la ciudad de corredores con intersecciones semaforizadas que no presentan características del tipo de llegada 4, entonces se clasificaron relacionando la observación de campo con la descripción tipo de llegada más apropiado. Por ejemplo el corredor vial Transversal oriental en el sector 1 para ambos sentidos presenta distintas duraciones de ciclo, variando de alguna manera los porcentajes de llegada en verde, entonces se analiza como tipo 3. Tipo 3: $f_{PA} = 1$ y $R_p = 1$.

A continuación se muestran los valores correspondientes a este ejemplo.

Valor de R_p →este valor de tasa de pelotón, se obtiene según el numeral 5.4.4.4, para este ejemplo se obtuvo los siguientes valores.

Tabla 39: Tasa de pelotón

Kr 15	
CLL	R_p
23 y Bv. S	1.00
22	1.67
21	1.67
15	1.00
Bv. B	1.67
11	1.67
9	1.67
6	1.67

Fuente: Elaboración propia

Valor de f_{PA} →es el factor de ajuste adicional para la llegada del pelotón en verde, valores que se pueden hallar en la figura 10 del numeral 5.4.4.5, los siguientes son los valores correspondientes para la Kr 15.

Tabla 40: Factor de ajuste adicional

kr 15	
CLL	f_{PA}
23 y Bv. S	1.00
22	1.00
21	1.00
15	1.00
Bv. B	1.00
11	1.00
9	1.00
6	1.00

Fuente: Elaboración propia

Valor de P → es el valor de la proporción de vehículos llegando en verde, obtenido gracias a la siguiente ecuación:

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

Tabla 41: Proporción de vehículos que llegan al semáforo estando en verde

kr 15	
CLL	P
23 y Bv. S	0.489
22	0.834
21	0.834
15	0.5
Bv. B	0.852
11	1.006
9	0.871
6	1.167

Fuente: Elaboración propia

Valor de PF → el factor de ajuste de la progresión, se encuentra en función de los tres valores anteriormente mostrados, se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{(1 - (g/C))}$$

Los siguientes son los valores que se encontraron para la Kr 15.

Tabla 42: Factor de ajuste de progresión

kr 15	
CLL	PF
23 y Bv. S	1
22	0.333
21	0.333
15	1
Bv. B	0.302
11	0
9	0.27
6	0

Fuente: Elaboración propia

i) Valor de FFS → una vez escogida la clase de calle urbana que es la Kr 15, se procede a calcular la velocidad a flujo libre, que se calcula basándose en el numeral 5.4.3.3, para este se decreto una velocidad de 48 km/h o 30 mi/h, para todos y cada uno de los 8 tramos de la calle.

j) Valor de Tr → el tiempo de carrera es escogido primero por medio de la figura 8 del numeral 5.4.4.2, teniendo el valor de la longitud del segmento elegido, con la velocidad de flujo libre y eligiendo la clase de vía, se consigue hallar un valor para Tr, cabe resaltar que los valores que no sean exactos tanto de longitud como de velocidad, deberán ser encontrados por interpolación. Una vez encontrado este valor, se procede a multiplicarlo por la longitud del tramo, de esta forma obteniendo el valor Tr.

Tabla 43: Tiempo de recorrido Tr

kr 15	
CLL	Tr(s)
23 y Bv. S	24.221
22	12.366
21	13.38
15	45.12
Bv. B	27.84
11	7.614
9	17.92
6	25.897

Fuente: Elaboración propia

k) Tiempo de análisis → El tiempo de análisis es la duración del estudio que se emplea para obtener los datos que anteriormente se han mencionado. Lo cual que para este estudio se resuelve realizar estudios de 1 hora de duración.

l) Demora uniforme d1 → siguiendo el numeral 5.4.4.3, se puede calcular la demora uniforme por tramo para las vías en cuestión. La ecuación es la siguiente.

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

Donde “C” es el tiempo del ciclo del semáforo, “g” es el valor del verde de este y “X” es el valor del grado de saturación del carril.

m) Valor de K → Es el ajuste de control de semáforo, siguiendo la figura 11 del numeral 5.4.4.6, se puede concluir que por tratarse de semaforización pre programada, se da uso del valor 0.5 para todos los tramos elegidos.

n) Valor de I → Para hallar los valores del factor de ajuste de la filtración, es necesario remitirse a observar los valores de la figura 12 del numeral 5.4.4.7,

teniendo en cuenta el grado de saturación para cada tramo de estudio se realiza un promedio de estos, luego ingresando a la tabla con este valor puedo hallar un valor para I, que es el mismo para todos en este caso. El valor promedio de saturación para la carrera 15 es de $X=0.443$.

Tabla 44: Factor de filtración I

kr 15	
CLL	I
23 y Bv. S	0.922
22	0.922
21	0.922
15	0.922
Bv. B	0.922
11	0.922
9	0.922
6	0.922

Fuente: Elaboración propia

o) Valor de d_2 → la demora incremental es posible encontrarla hallando primero los valores anteriormente mencionados como lo son X, k, I, c, T; todos relacionados en la siguiente ecuación:

$$d_2 = 900T \left((X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right)$$

De acuerdo a esta ecuación, puedo calcular un valor para d_2 , como seguidamente se mostrará, para cada uno de los tramos de la carrera 15.

Tabla 45: Demora incremental d2

kr 15	
CLL	d2(s)
23 y Bv. S	0.57
22	0.39
21	0.57
0.57	0.57
Bv. B	0.57
11	0.31
9	0.4
6	0.31

Fuente: Elaboración propia

p) Valor de d_3 →para el cálculo de de la demora inicial por fila se toma en cuenta el capítulo 16 apéndice f, del manual HCM 2000, donde sugiere que cuando en periodos de 15 minutos el grado de saturación “X” es superior o igual a 1, entonces no se considera tener en cuenta el tiempo de demora inicial por fila, por lo cual este valor para cada uno de los tramos es cero, teniendo en cuenta que todos los valores de “X” son inferiores a 1, incluso inferiores a 0.5. Solo en los casos que observamos filas cuando se fue a campo en algunos de los segmentos, asignándole 4 s/veh al valor de d_3 , este valor se puede ver en la tabla resumen final.

q) Valor de d →finalmente para el hallar el control de demora, como indica el numeral 5.4.4.3, se da uso a la siguiente ecuación.

$$d = d1(PF) + d2 + d3$$

Tabla 46: Control de demora d

kr 15	
CLL	d(s)
23 y Bv. S	20.03
22	5.12
21	5.49
15	19.48
Bv. B	4.87
11	0.31
9	3.90
6	4.31

Fuente: Elaboración propia

r) Valor de ST→la suma del tiempo de carrera “Tr” y del control de demora “d”, da como resultado el tiempo de viaje del segmento total, es decir todo el tiempo que tarda un vehículo en atravesar todo el segmento de la vía en cuestión.

Tabla 47: Tiempo de carrera ST

kr 15	
CLL	ST(s)
23 y Bv. S	44.26
22	17.48
21	18.87
15	64.6
Bv. B	32.71
11	7.92
9	21.82
6	30.2

Fuente: Elaboración propia

s) Valor de SA→Con la velocidad de viaje del segmento finalmente se llega a una conclusión sobre el nivel de servicio que presta la vía en cuestión bajo las condiciones establecidas.

$$SA = \frac{CL}{ST}$$

En la siguiente tabla se muestra los valores de la velocidad de viaje para la Kr 15.

Tabla 48: Velocidad de viaje SA

kr 15	
CLL	SA(km/h)
23 y Bv. S	16.77
22	16.47
21	14.84
15	24.45
Bv. B	27.39
11	21.81
9	21.27
6	33.73

Fuente: Elaboración propia

t) Nivel de servicio→con el nivel de servicio definitivamente se podrá establecer si es posible o no, levantar la restricción del pico y placa sobre esta vía.

Obtenido el valor de “SA”, se procede a visualizar la tabla de 15-2, del capítulo 15 del manual HCM 2000, donde por la categoría de la vía y la velocidad de viaje del segmento, se elige un nivel de servicio, que corresponde para cada tramo.

Debido a que en el manual los valores de longitudes se encuentran en millas, es necesaria una conversión de kilómetros a esta unidad.

Tabla 49: Cambio de Kilómetros a Millas

kr 15	
L(km)	L(mi)
0.265	0.17
0.09	0.06
0.1	0.06
0.564	0.35
0.32	0.20
0.054	0.03
0.16	0.10
0.29	0.18

Los niveles de servicio primeramente se encuentran para cada segmento elegido para el estudio, identificando de esta forma los posibles sectores donde se generan conflicto o por el contrario donde se presenta la mayor libertad de conducción. Sin embargo existe un nivel de servicio general de la vía.

Tabla 50: Determinación del nivel de servicio ó LOS

kr 15	
CLL	LOS
23 y Bv. S	D
22	D
21	D
15	C
Bv. B	C
11	C
9	C
6	B

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla corresponde a los niveles de servicio hallados para cada tramo de la vía, donde el tramo de mayor conflicto se presenta en la intersección de la Kr 15 con calle 21 y calle 11, pero entre todo es un grado de tráfico aceptable para el tránsito, de forma tal que no muestra gran saturación, como ya se había comparado con la relación v/c anteriormente mencionada. Para el tramo en general se realiza una sumatoria de los tiempos de viaje en total, lo mismo se realiza para la longitud total del tramo, de esta forma se puede encontrar un valor general de la velocidad de viaje del segmento de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\sum SA = \frac{\text{Capacidad promedio} * \sum L}{\sum ST}$$

El valor de $\sum SA$ hallado con esta ecuación fue de 22.95 Km/h (14.27 mi/h), lo que se encuentra en el intervalo de LOS C.

Este nivel de servicio encontrado en general para la carrera 15, lleva a la gran conclusión de que bajo condiciones de máxima demanda que se presenta en la hora pico de la ciudad, puede funcionar a un nivel de servicio promedio de C, indicador que es relativamente bueno bajo condiciones de tráfico diario. Esto lleva a concluir de igual forma que el levantamiento de la restricción de pico y placa sobre esta vía podría no acarrear problemas de movilidad para este sector y sus alrededores.

TABLA DE TRABAJO

Todo lo correspondiente a corredores principales estudiados con intersecciones semaforizadas, puede resumirse en la siguiente tabla de trabajo.

Tabla 51: Resumen del proceso realizado en los corredores semaforizados

CARRERA 15 Sentido Sur-Norte								
Parámetros de entrada								
[km/h] ; [s]	Segmentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Duración del ciclo del semáforo [s]	90	90	90	90	90	111	90	90
Relación verde duración	0.49	0.5	0.5	0.5	0.51	0.6	0.52	0.7
X ó (Vhdmd / c)	0.491	0.429	0.491	0.491	0.491	0.373	0.410	0.371
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	2800	3200	2800	2800	2800	3200	2900	3200
Tipo de llegada de la intersección AT	III	V	V	III	V	V	V	V
Longitud del segmento L, [km]	0.265	0.09	0.1	0.564	0.32	0.054	0.16	0.29
Rp	1.00	1.67	1.67	1.00	1.67	1.67	1.67	1.67
fPA	1	1	1	1	1	1	1	1
P	0.489	0.835	0.835	0.500	0.854	1.008	0.872	1.169
PF	1.000	0.330	0.330	1.000	0.300	0.000	0.268	0.000
Fila inicial de vehículos [veh]	-	-	-	-	-	-	-	-
Clase de calle urbana	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Velocidad de flujo libre FFS [km/h]	48	48	48	48	48	48	48	48
Tiempo de Carrera Tr [s]	24.221	12.366	13.38	45.12	27.84	7.614	17.92	25.897

CARRERA 15 Sentido Sur-Norte								
Parámetros de entrada								
[km/h] ; [s]	Segmentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Tiempo de análisis [h]	1	1	1	1	1	1	1	1
Cálculo de la demora								
Demora uniforme d1 [s]	15.46	14.32	14.91	14.91	14.35	11.25	13.07	5.47
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Factor de ajuste de filtraciones 15-7 (I)	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922
Demora incremental d2 [s]	0.57	0.39	0.57	0.57	0.57	0.31	0.40	0.31
Demora por fila inicial d3	4	0	0	4	0	0	0	4
Factor de ajuste de progresión PF	1.000	0.330	0.330	1.000	0.300	0.000	0.268	0.000
Control de demora [s] $d=(d1*PF)+d2+d3$	20.03	5.12	5.49	19.48	4.87	0.31	3.90	4.31
Cálculo del nivel de servicio de los segmentos								
Tiempo de viaje del segmento ST [s], $ST = Tr + d$	44.26	17.48	18.87	64.60	32.71	7.92	21.82	30.20
Velocidad de viaje del segmento SA [km/h], $SA = 3600*L/ST$	16.77	16.47	14.84	24.45	27.39	21.81	21.27	30.73
Valor a comparar con tabla 15-2 3n figura 6	10.42	10.24	9.22	15.19	17.02	13.56	13.22	19.10
Nivel de servicio LOS por segmento 15-2	D	D	D	C	C	C	C	B
Determinación del nivel de servicio de la K 15 sentido Sur-Norte								
Total de tiempo de viaje [s] = $\Sigma ST =$	237.85		NIVEL DE SERVICIO Ó LOS GENERAL =			C		
Longitud total [km] = $\Sigma L =$	1.843							
Velocidad total de viaje [km/h] = ΣSA	22.95							
Valor a comparar con tabla 15-2 Figura 6	14.27							

Fuente: Elaboración propia

5.4.4 Estudio de intersecciones urbanas controladas por señales de pare

Debido a que en los sectores propuestos no siempre existen corredores semaforizados se requirió de una metodología de análisis al comportamiento del tráfico en barrios comerciales-residenciales o netamente residenciales. El

siguiente es el procedimiento detallado utilizado para obtener conclusiones de cada sector:

a) Identificación de las intersecciones→

Para el sector 6 se estudiaron 7 intersecciones de las cuales se explica en este capítulo el procedimiento tipo de dos de ellas. Tenga en cuenta que los demás sectores escogidos para la aplicación de la metodología presentan intersecciones no semaforizadas y en algunos de ellos corredores semaforizados, todos estos resultados se podrán encontrar en la sección de anexos de este texto y su conclusión en el planteamiento final de las zonas que quedarían libres de restricción. A continuación las intersecciones no semaforizada más transitadas por vehículos en el sector Norte:

Tabla 52: Intersecciones no semaforizadas en el sector 6

SECTOR 6 (Norte)				
Tipo de vía Principal	Tipo de vía secundaria	Vía Principal	Vía Secundaria	INTER.
Doble Calzada Or-Occ	Doble Calzada	CALLE 14	KR 33 A	Tipo T
Doble Calzada Or-Occ	Un sent 2 carriles S-N.	CALLE 14	KR 32 A	Tipo T
Un sent 2 carriles N-S	Un sent 2 carriles Or-Occ.	KR 30	CALLE 17	4 bocas
Un sent 3 carriles S-N	Un sent 2 carriles Or-Occ.	KR 21	CALLE 9	4 bocas
Doble Calzada Or-Occ	Un sent 2 carriles N-S.	CALLE 14	KR 24	4bocas
Doble Calzada Or-Occ	Un sent 2 carriles N-S.	B.STDER	KR 22	4 bocas
Doble Calzada Or-Occ	Un sent 2 carriles S-N.	B.STDER	KR 23	4 bocas

Fuente: Elaboración propia

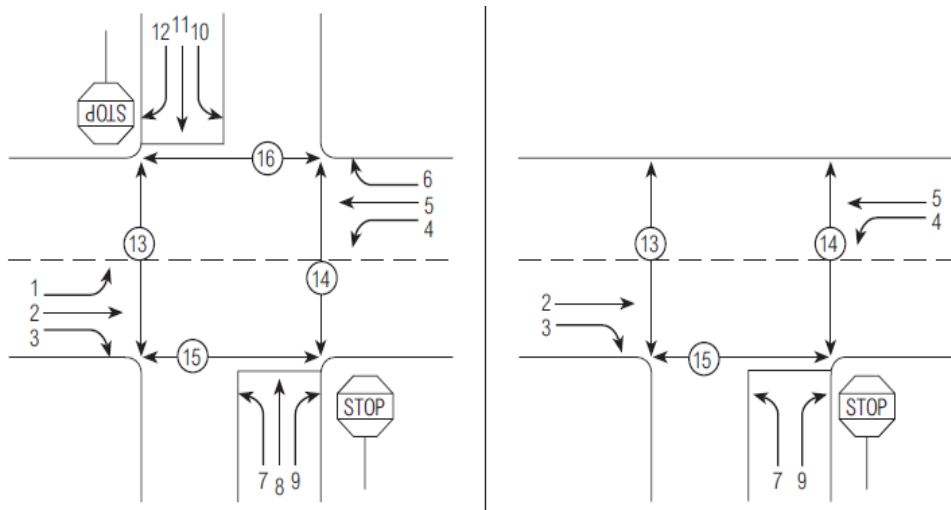
b) Tipo de intersección y cálculo del volumen conflictivo del movimiento a evaluar→

Una de las intersecciones no semaforizadas con mas tráfico vehicular del sector Norte, es la intersección entra la Cll 14 (vía principal) y la K 33 A (vía secundaria de doble calzada). Tipo T(de tres bocas). Otro caso por ejemplo, es el cruce entre la K 21 con la Cll 9.

Intersección CII 14 con K 33A: Tipo T Rango 3.

Movimiento conflictivo 7 de dos etapas. Consiste en el giro desde la K 33A para tomar la CII 14 hacia el occidente. Este movimiento es el que puede experimentar mayor demora en esta intersección debido al alto tráfico de la K 33 A sentido Sur-Norte. Según Tabla 17-4:

MOVIMIENTOS:



VOLUMENES CONFLICTIVOS:

Minor LT (7, 10)	<p>Stage I</p> $v_{c,I,7} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{[c]} + v_{15}$	$v_{c,I,10} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{[c]} + v_{16}$
	<p>Stage II</p> $v_{c,II,7} = 2v_4 + \frac{v_5}{N} + 0.5v_6^{[d]} + 0.5v_{12}^{[e,f]} + 0.5v_{11} + v_{13}$	$v_{c,II,10} = 2v_1 + \frac{v_2}{N} + 0.5v_3^{[d]} + 0.5v_9^{[e,f]} + 0.5v_8 + v_{14}$

$$V_{c,7} \text{ etapa 1} = (2 \cdot V_1 + V_2 + 0.5 \cdot V_3 + V_{15}) +$$

$$V_{c,7} \text{ etapa 2} = (2 \cdot V_4 + (V_5/N) + 0.5 \cdot V_6 + 0.5 \cdot V_{12} + 0.5 \cdot V_{11} + V_{13});$$

Donde N: Número de carriles del corredor de la segunda etapa. Observar en la tabla 17-4 del marco teórico para ver que tráfico se tiene en cuenta en la anterior ecuación. Según el tipo de intersección, el tipo de calles que la forman y sabiendo que no se están teniendo en cuenta los cruces peatonales por inexistencia de aforos:

$$V_1 = 0; V_3 = 0; V_{15} = 0; V_6 = 0; V_{12} = 0; V_{11} = 0 \text{ y } V_{13} = 0.$$

En consecuencia la ecuación resulta:

$V_{c,7} = V_2 + 2 \cdot V_4 + (V_5/N)$, recordar que estos volúmenes conflictivos se deben ingresar para lapsos de 15 minutos.

Ahora del geoportal de Bucaramanga, a través de la herramienta Transcad, podemos obtener los valores para reemplazar en la anterior ecuación. En la opción giros se puede ver el volumen de vehículos en la hora de máxima demanda de cada jornada. En los casos en los que no se obtuvo información de movimientos o giros, lo que se hizo fue

V2: En la hora pico de la noche este movimiento lo realizan 139 vehículos (mayor al de la hora pico de la mañana y del medio día), valor que sería el 11.5 % del TPD total para ese movimiento; por lo tanto $V_2 = (139 \cdot 100\%) / (11.5\%) = 1209$ [veh]. Computar de la misma manera los demás movimientos.

$$V_{c,7} = 1209 + (2 \cdot 1644) + (1609/1) = 6106 \text{ [veh]}.$$

La metodología de este capítulo recomienda trabajar con periodos de estudio de 15 minutos, y el tráfico conflictivo para el movimiento 7 ($V_{c,7}$) es el total por día en

esta intersección. Por lo tanto para obtener un valor aproximado de el tráfico en hora pico se multiplica ese valor por el 11.5%, que es el porcentaje representativo promedio del TPD en la hora pico establecida en la ciudad y luego se divide en 4 para obtener el $V_{c,7}$ 15mins. Este valor porcentual se explica en el capítulo de cálculo de TPD y volumen en hora de máxima demanda.

$V_{c,7}$ 15mins = $(V_{c,7} * 0.115) * 0.25$ [h] = 175.55 aproximadamente 176 veh/h entonces.

c) Cálculo de la brecha crítica y del tiempo de seguimiento del movimiento analizado:

Según el tipo de movimiento y la cantidad de carriles de la vía principal, se debe establecer la brecha crítica base y el tiempo de seguimiento base, lo cual se puede establecer con la tabla 24:

Vehicle Movement	Base Critical Gap, $t_{c,base}$ (s)		Base Follow-up Time, $t_{f,base}$ (s)
	Two-Lane Major Street	Four-Lane Major Street	
Left turn from major	4.1	4.1	2.2
Right turn from minor	6.2	6.9	3.3
Through traffic on minor	6.5	6.5	4.0
Left turn from minor	7.1	7.5	3.5

La intersección de este ejemplo en el movimiento para tomar la Cll 14 desde la K 33A, presenta 2 carriles y está clasificada como giro a la izquierda desde corredor secundario (Leftturnfromminor).

En consecuencia $t_{c,base} = 7.1$ [s] y $t_{f,base} = 3.5$ [s].

Después la ecuación de brecha crítica es la siguiente:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} * PHV$$

Donde:

$t_{c,x}$: Brecha crítica para el movimiento x [s],

$t_{c,base}$: Obtenido de la figura anterior [s],

$t_{c,HV}$: Factor de ajuste para vehículos pesados [s] (1.0 para una principal de 2 carriles y 2.0 para una principal de 4).

PHV: Proporción de vehículos pesados para el movimiento x.

$t_{c,HV} = 2$ [s]

PHV: La proporción de vehículos pesados que realizan este movimiento es de 461 a 1865, es decir, 461 vehículos pesados realizan el movimiento y el total de vehículos es 1865 en el día. Estos valores fueron extraídos del geoportal. Entonces $PHV = 461/1865 = 0.25$.

$t_{c,7} = 7.1 + (1*0.25) = 7.35$ [s].

Después la ecuación de tiempo de seguimiento del movimiento es:

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} * PHV$$

Donde:

$t_{f,x}$: Tiempo de seguimiento para el movimiento x [s],

$t_{f,base}$: Obtenido de la figura anterior [s],

$t_{f,HV}$: Factor de ajuste para vehículos pesados (0.9 para una principal de 2 carriles y 1.0 para una principal de 4),

PHV: Proporción de vehículos pesados para el movimiento x.

$t_{c,HV} = 1$ [s] y $PHV = 0.25$.

$t_{f,7} = 3.5 + (0.9*0.25) = 3.73$.

c) Capacidad potencial del movimiento $C_{p,x}$ y Capacidad real del movimiento $C_{m,x}$.

Según lo establecido en el marco teórico, en ninguno de los casos de intersecciones no semaforizadas que fueron objeto de estudio, importantes en la ciudad (con volúmenes altos), se presentó un movimiento de rango 4. En los únicos lugares donde se presenta esto es en zonas netamente residenciales, y en estas intersecciones en específico el tráfico de algunos de los movimientos de rango 3 y 4 es casi nulo. Lo que hizo que la capacidad potencial y la real de los movimientos tendieran a ser iguales.

La capacidad potencial del movimiento $C_{p,x}$ se calculó de la siguiente manera:

$$C_{p,x} = V_{c,x} \frac{e^{-V_{c,x}t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-V_{c,x}t_{f,x}/3600}}$$

Donde:

$C_{p,7}$: Capacidad potencial del movimiento 7 desde la calle secundaria [veh/h],

$V_{c,x} = 176$ [veh/h],

$t_{c,x} = 7.35$ [s],

$t_{f,x} = 3.73$ [s],

La constante 3600 se refiere a la capacidad estándar de los Estados Unidos, por tal motivo se debe usar la capacidad estándar establecida para Colombia que es 3200 y realizar los cálculos con este valor.

$C_{p,7} = 635$ [veh/h] = $C_{m,x}$;

d) Control de demora:

El cálculo de la demora para un movimiento según el HCM se establece usando la siguiente ecuación. El tiempo de análisis es de 15 minutos para obtener una precisión mayor de la demora en segundos por vehículos, esta fue la razón para calcular los volúmenes y capacidades para este periodo de tiempo:

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5$$

Donde:

d = Control de demora (s/veh),

v_x 15 min = Tasa de flujo del movimiento. Vehículos que realizan el movimiento cada 15 minutos= 54 [veh/h],

$c_{m,x}$ = 635 (veh/h),

T = 0.25 (h).

La constante de nuevo se debe cambiar por 3200, en consecuencia el control de demora es:

$d = 10.1$ [s];

Con este valor se ingresa en la tabla 23:

Level of Service	Average Control Delay (s/veh)
A	0–10
B	> 10–15
C	> 15–25
D	> 25–35
E	> 35–50
F	> 50

Dando un nivel de servicio (LOS): **B**.

Al igual que a esta intersección, se hizo uso de esta metodología para evaluar el LOS de las otras intersecciones no semaforizadas en la ciudad, a continuación se muestra otro ejemplo también del sector Norte o 6 de la ciudad un poco más resumido:

INTERSECCION: CII 14-Bv Santander con K24 (Movimiento 11) 2 etapas:

La vía principal la tiene el corredor (comunicado) CII 14 Bv. Santander con la K 24. Como lo menciona el título, es una intersección de 4 bocas y un movimiento 11 de 2 etapas.

Donde $V_{c,11}$: Tasa de flujo conflictivo para el movimiento [veh/h] = $2 \cdot v_4 + V_5 + V_2 + V_3 = 3984 + (2 \cdot 443) + 6957 + 773 = 362$ [veh].

$$t_{c,11} = 7.74 \text{ [s]}$$

$$t_{f,11} = 4.62 \text{ [s]}$$

Reemplazando los valores anteriores en la ecuación de $C_{p,x}$ se obtiene la capacidad potencial:

$$C_{p,11} = C_{m,11} = 371 \text{ [veh/h]}.$$

El control de demora ya con esta información se puede calcular con un $V_x = 214$ y se obtiene:

$d = 13.7$ [s]; Lo que califica esta intersección con un LOS **B**.

6. PLANTEAMIENTO FINAL DE LAS ZONAS LIBRES DE PICO Y PLACA EN BUCARAMANGA

A lo visto en el capítulo 6, se le agrega que estos procedimientos fueron usados para todos los sectores donde se decidió realizarle estudios. Para cada uno de estas intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de estos sectores se obtuvieron resultados los cuales se creyeron en un principio cuando fueron elegidos, pretendiendo que estos no necesitaran de una aplicación de pico y placa debido a su baja circulación de vehículos.

Cabe resaltar que se tomó la decisión de elegir el nivel de servicio apropiado para llevar a cabo el levantamiento de la restricción del pico y placa, la cual fue que hasta el nivel "C" se podría arriesgar la disminución en la satisfacción de transporte en los habitantes, recordemos que para el nivel "C" se considera que la velocidad promedio de viaje llega hasta un 50% de la FFS, es decir una velocidad de 24 Km/h.

Todos los niveles de servicio que arrojaron los resultados de los estudios realizados a cada uno de los corredores principales de los sectores en cuestión, fueron dentro del marco anteriormente mencionado, es decir niveles de servicio entre el "A" y "C", con excepción de un corredor en especial que es la carrera 27. La carrera 27 arroja un resultado de un LOS "D", esto debido a sus cortos espaciamientos entre semáforos y a los niveles de tráfico o TPDS usados para realizar los cálculos que resultan ser bastantes altos para esta vía, por lo que se concluyó que para este caso, los TPDS no son tan acordes a la realidad, ya que esta vía en su hora pico que resulta ser en medio día y de 6:00 p.m a 7:00 p.m, no presentan mayores congestiones salvo entre la avenida Quebradaseca y la calle

21 en sentido norte- sur. Es por ello que también se incluyó dentro de las zonas que no deben tener pico y placa.

Se presentará a continuación una tabla con cada uno de los sectores en donde se concluyó no aplicar la medida de pico y placa, con su respectivo nivel de servicio que arrojó el estudio pertinente.

Tabla 53: Nivel de servicio en las intersecciones

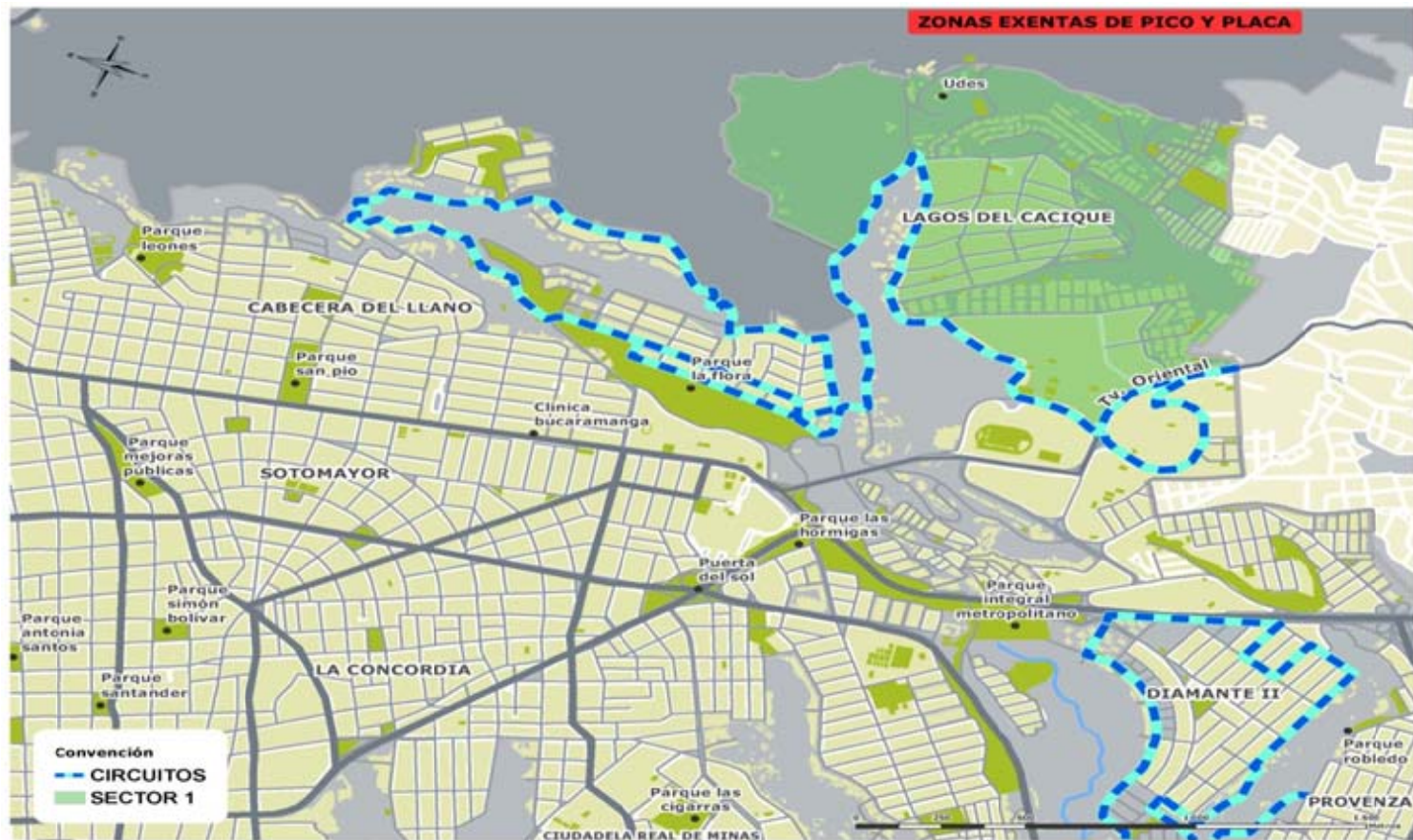
Sector	Vía o intersección	LOS
1	CT.Florida con K 33	B
1	Tv. Oriente OR-OCC	C
1	Tv. Oriente OCC-OR	C
2	K 50 con CII 54	A
2	CII 65 con K 45	A
2	CII 65 con CT.Florida	B
2	Av 42 con AvJardin	A
3	calle 24 con AV-89	A
3	AV-89 con Kr 19	A
4	AV guayacanes -Kr 2	A
4	CL 64 - AV Guayacanes	B
4	Kr 2W- CL61a	A
4	Kr 2W- CL60	A
4	CALLE 64 OCC-OR	C
4	CALLE 64 OR-OCC	C
5	CL 45-Kr 8	A
5	CL 45-Kr 9occ	A
5	CL 37-Kr4	A
6	Cl 28-Kr10	B
6	CL31-Kr5	A
6	CII 14 con K 33A	B
6	CII 14 con K 32A	B
6	K 30 con CII 17	A
6	Bv. Stder con K 23	B
6	CII 14 con K 24	B
6	K 21 con CII 9	B
6	carrera 27 N-S	D
6	carrera 27 S-N	C
6	carrera 15 N-S	C
6	carrera 15 S-N	C
6	AV. Quebradaseca OR-OCC	C

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de lograr un mayor entendimiento de la definición exacta de los sectores y sus circuitos sin restricción de pico y placa, se presentará a continuación las imágenes con las limitaciones definidas, respectivas a cada sector.

6.1 SECTOR 1

Figura 13. Fuente: Elaboración propia



6.2 SECTOR 2

Figura 14. Fuente: Elaboración propia



6.3 SECTOR 3

Figura 15. Fuente: Elaboración propia



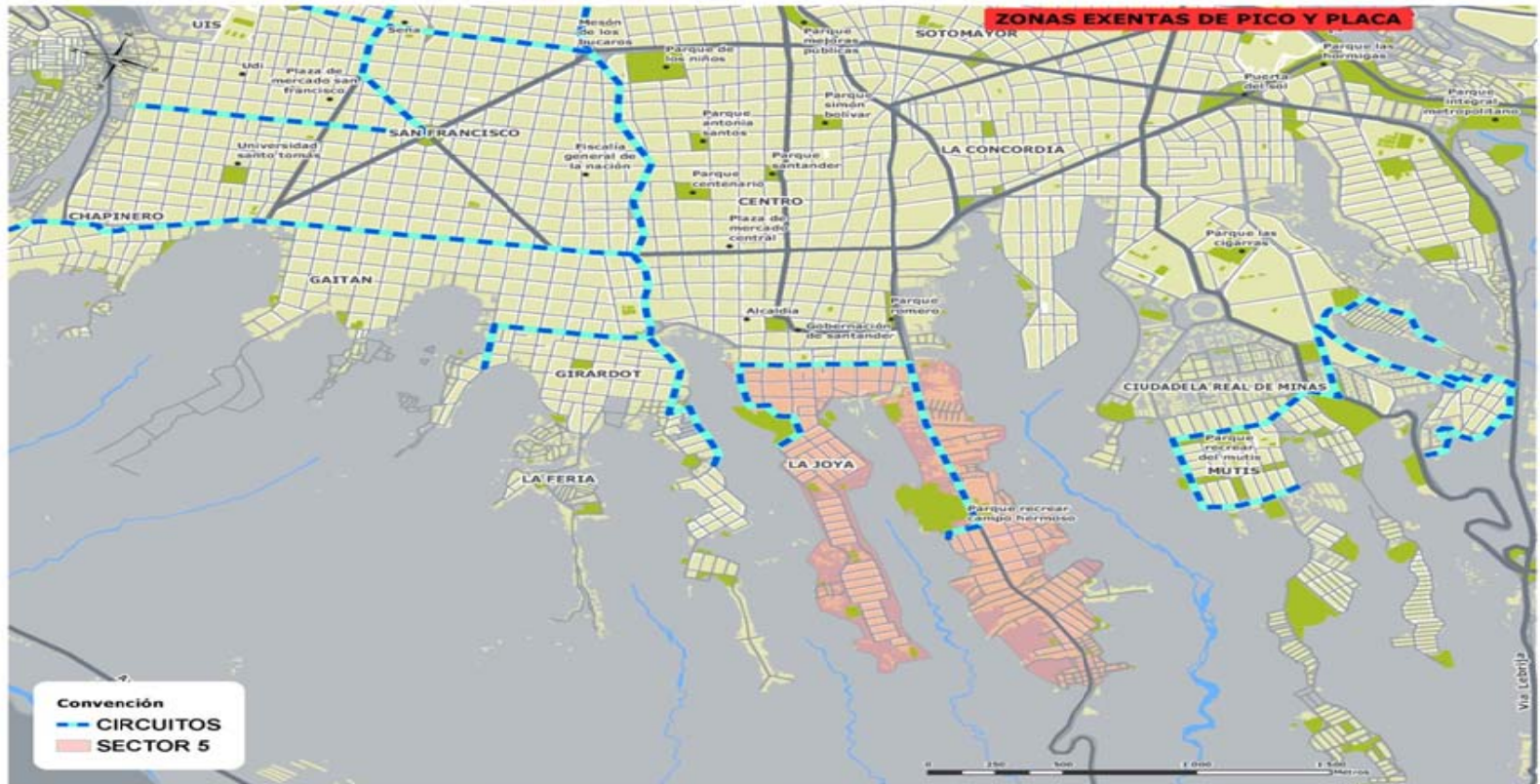
6.4 SECTOR 4

Figura 16. Fuente: Elaboración propia



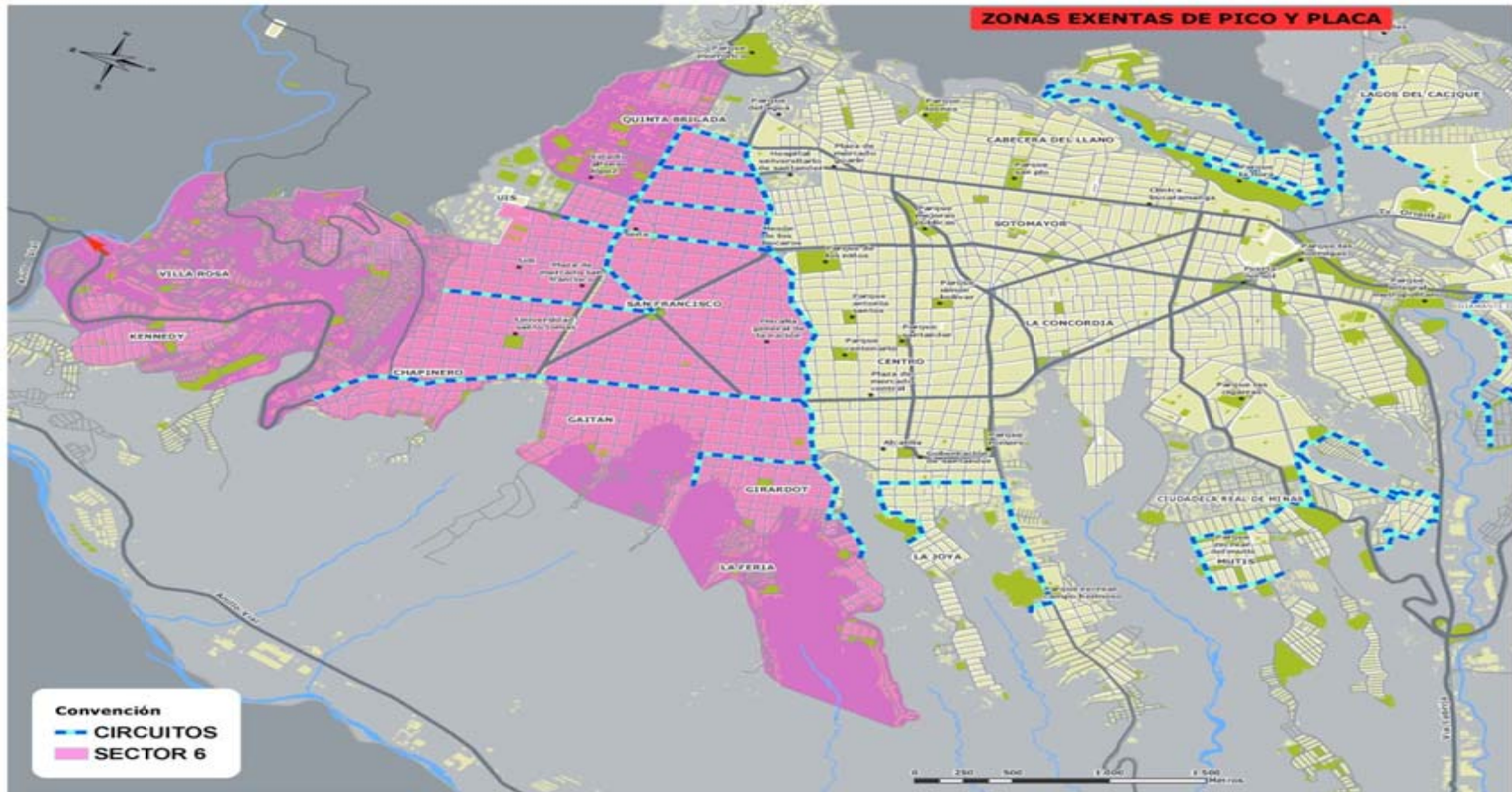
6.5 SECTOR 5

Figura 17. Fuente: Elaboración propia



6.6 SECTOR 6

Figura 18. Fuente: Elaboración propia



ACLARACION SECTOR 1:

Circuito: k 35 a la CII 100; k35 a vial cacique por el frente del colegio caldas tomar Av. 72 hacia lagos; CII 71 hasta la entrada del cementerio la colinas. Bajar por la k 33 desde las colinas hasta la carretera vieja. Los demás corredores hacia oriente no tendrían restricción, es decir, todo el sector sombreado.

ACLARACION SECTOR 2:

Circuito: el límite de circulación en la floresta es su entrada CII 65 llegando desde la carretera antigua con opción de tomar la k 45 hacia terrazas o la Av. pan de azúcar en el norte del sector en el CAI UNAB circular por la avenida jardín llegar hasta av. 42 y entrar a la av. pan de azúcar

ACLARACION SECTOR 3:

Este sector 3 compuesto por los barrios diamante y San Luis, que señala la figura con color morado, también se contempla como zona libre de restricción vehicular.

Su circuito vehicular como indica la línea azul, rodea al barrio en su totalidad. La carrera 19 vía que comunica el barrio san Luis con el barrio fontana, hace parte del circuito que cuenta sin restricción, ya que el barrio fontana cuenta actualmente sin pico y placa, logrando comunicar de esta forma dos zonas vecinas, permitiendo a sus habitantes, tener la oportunidad de circular libremente en estos lugares, aumentando sus zonas de recorrido y facilidades en su transporte particular.

Circuito: entrando a diamante i. delimitan la CII 80, la av. 87. Desde la av. 89 y la k24 se toma la CII 83 hacia la paralela de la autopista luego se debe bajar por la CII 85 y luego se puede tomar la k26 subiendo por la CII 86, después de volver a la carrera 26 necesariamente se debe tomar la CII 91 para mantenerse en barrio permitido para la circulación.

ACLARACION SECTOR 4:

La comprensión de este sector es un poco más compleja que el resto. Lo demarcado en color azul es la zona que no sería abarcada por pico y placa. Los barrios que componen al sector 4 son mutis, Colombia, estoraques, san Girardot II y Bucaramanga.

El circuito que encierra a este sector puede describirse de la siguiente forma, desde la intersección de la carrera 8 con calle 64 en sentido hacia el occidente es donde inicia la posible deshabilitación de la restricción, esta vía lleva a los barrios anteriormente mencionados. Al igual que la calle 64, también se ingresa a este sector por dos vías más provenientes de el barrio real de minas las cuales son la calle 63^a y la calle 53, donde en la intersección de estas dos vías con la carrera 2 Occ, se da inicio al sector 4 con sentido hacia el occidente como enseña la figura.

Circuito: por la Cll 64 hacia el oriente hasta la intersección con la Cll 63, a la derecha se toma la k 6a y se encierra el barrio Colombia y san Gerardo II. Hacia la izquierda tomando la Cll 64 ir a la k 1 y bajar por la k 2 Occ (esta es la que delimita el sector circulable del mutis) hasta la Cll 55.

ACLARACION SECTOR 5:

El sector 5 corresponde a los barrios de campo hermoso, 1 de mayo, la joya y Alfonso López como muestra la figura bajo color rojo. el circuito que se encuentra delineado en azul, cruza la carrera 8 en el barrio Alfonso López, donde se intercepta por dos vías una hacia la joya que es la calle 34 y la otra es la calle 45 en dirección hacia los barrios de campo hermoso y 1 de mayo. circuito: se toma la Cll 34 en el barrio Alfonso López luego se baja por la k 8 y se entra a campo hermoso tomando la Cll 45 al occidente lo que avala la libre circulación de la k 8 hacia el interior del sector...igual en la joya desde la k8 hacia occidente.

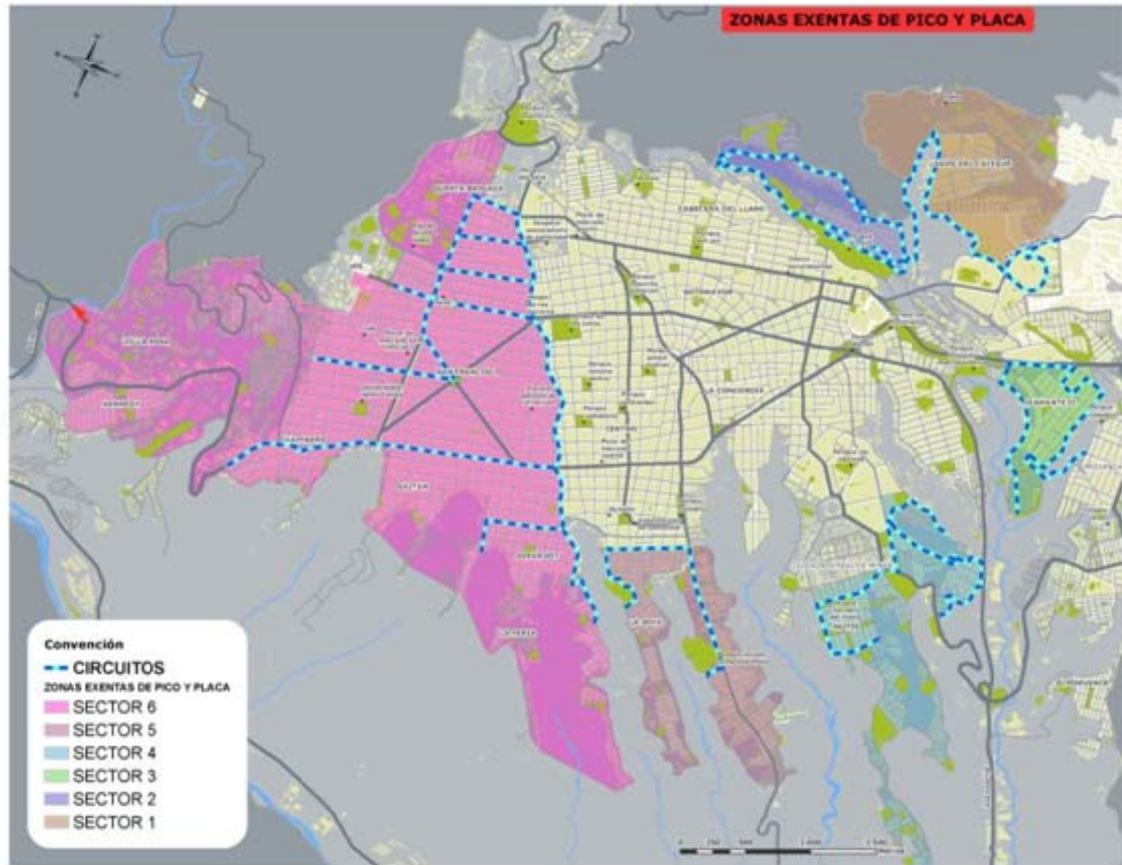
ACLARACION SECTOR 6:

sin duda el sector más grande que comprende los barrios de san Alonso, los pinos, quinta brigada, Alarcón, san francisco, granada, Girardot, Pio XII, Gaitán y los demás barrios hacia la salida a la costa atlántica. en este circuito cabe resaltar que la avenida Quebradaseca se convierte en el lindero este sector, donde los vehículos podrían transitar en el sentido oriente – occidente, pero no lo podrían hacer en el sentido opuesto, esta decisión se toma con la intención de poder brindar a las autoridades una herramienta que genera un mayor control de la circulación de los vehículos con restricción, y es que se intenta evitar que algunos conductores entren en la tentación pasarse de la zona con restricción hacia la zona de no restricción por su facilidad de acceso, entonces con la vía en el sentido occidente – oriente con pico y placa, se dificulta en un alto porcentaje que esta violación de la norma llegase a presentarse. Circuito: la sugerencia presentada en este texto sobre el norte de la ciudad es que la avenida Quebradaseca sentido oriente-occidente, desde la quinta brigada en la k 33a, hasta la k 10 en el barrio Girardot, hacia el norte, no presente restricción de pico y placa; con el carril oriente-occidente como transitable en horas de restricción. La observación presencial de la circulación y el chequeo de TPD en el geo-portal, motivaron la postulación de las zonas como excluibles de la medida de pico y placa.

6.7 MAPA DE ZONAS PROPUESTAS

La siguiente figura muestra como seria la zonificación en general en todo el perímetro urbano de Bucaramanga, que debido al estudio no amerita la Pico y Placa.

Figura 19. Fuente: Elaboración propia

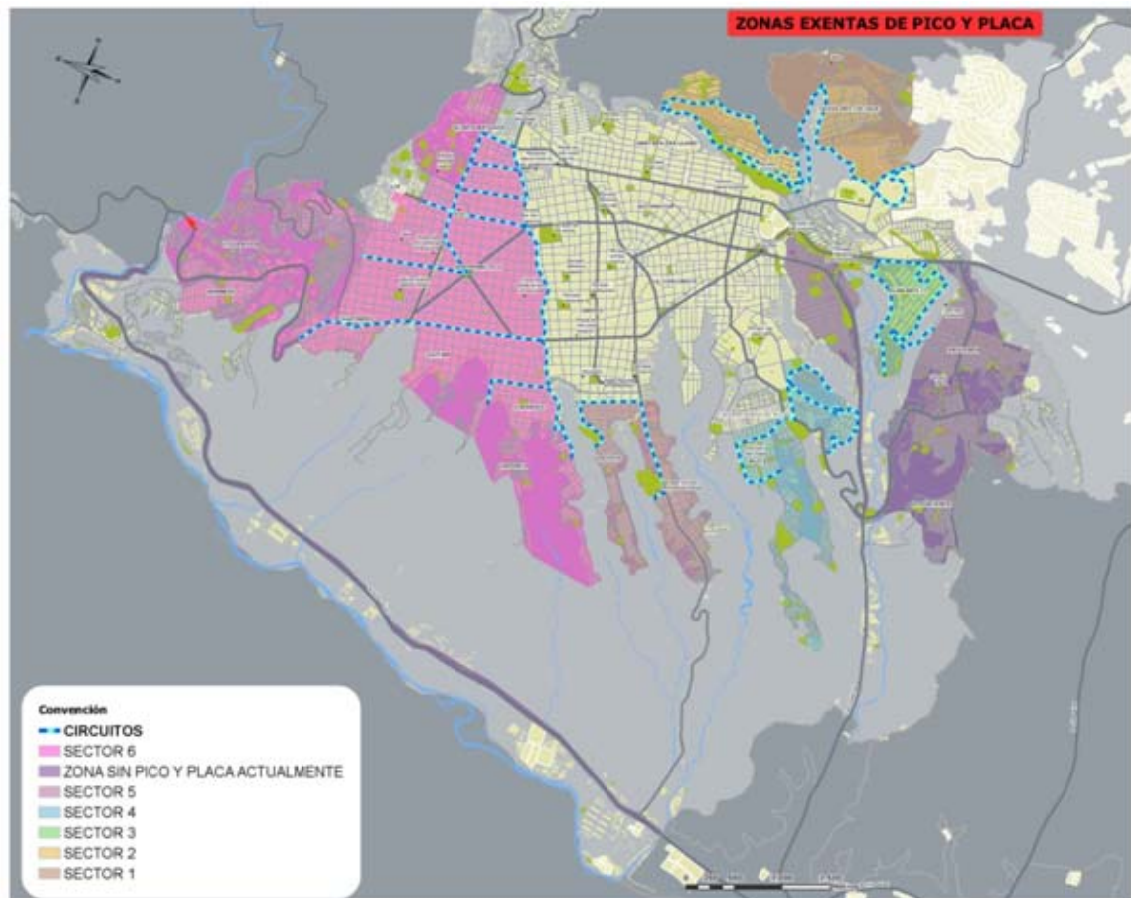


Cabe recordar que estas zonas no serían las únicas con esta exclusión, ya que en la actualidad otros sectores no cuentan con esta restricción. Los cuales son los barrios La Victoria, Provenza, Fontana, Porvenir y llegando hasta el terminal de transporte. Entonces la figura que se mostrará a continuación abarca lo que podría ser la ciudad de Bucaramanga con sus respectivas zonificaciones de pico y placa.

6.8 UBICACIÓN DE ZONAS EXENTAS DE PICO Y PLACA ACTUALMENTE

En la figura se pueden observar las convenciones con las zonas que actualmente no tienen pico y placa en conjunto con las propuestas por los autores de este texto:

Figura 20. Fuente: Elaboración propia



Después de haber obtenido un LOS de un corredor vial o de una intersección es conveniente hacer la aclaración de lo que significa ese nivel para la clase de estudio. Para este proyecto, según sus autores lo más conveniente en el caso de que se opte por la exclusión de algunos sectores estudiados es aplicarla en aquellos lugares en los que el nivel de servicio es A, B o C, ya que recordando la

definición del nivel de servicio C, que en la teoría es sabido como el de menor calidad de estos tres describe las operaciones con estabilidad, sin embargo, la capacidad de maniobra y cambiar de carril en lugares a mitad de cuadra puede ser más restringido que en LOS B, y las colas más largas. Si hay coordinaciones de señales inadecuadas, pueden contribuir a menor velocidad de desplazamiento promedio de alrededor del 50 por ciento de la FFS para la calle. Sin embargo, sabiendo que es puramente teórica la investigación y el estudio realizado, se deja al criterio y/o evaluación de las autoridades competentes.

Como resultado se obtuvo que la totalidad de los corredores e intersecciones estudiadas pudieran excluirse de la restricción de pico y placa sin alterar ni afectar el tráfico o el nivel de servicio de dichos lugares. El caso de la carrera 27 N-S correspondiente al sector 6, que se puede observar a continuación en los anexos, se explica por qué se considera también como resultado positivo.

7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS TECNICAS DE LA APLICACIÓN DE LA IDEA

7.1 DESVENTAJAS:

- La posibilidad de que la falta de cultura ciudadana afecte la intención de la idea, esto se refiere por ejemplo a que la población vecina de dichos sectores habilitados maniobre entre dos zonas con diferente restricción en horas de pico y placa, que en el caso de la ciudad es todo el día. Este factor promueve la circulación de vehículos impedidos debido a la cercanía de una zona a la otra.
- Transmisión clara y objetiva de la información a la población. En el momento en que hay un cambio en las reglas de circulación es difícil terminar de informar a la población del cambio de la organización de las placas o números para cada día, por tal motivo es fácil pensar que es todavía más difícil decirle al conductor que hay ciertos lugares de la ciudad en los que puede circular durante las horas de restricción, sea también aclararle el circuito de circulación permitido y llevarlo hasta el último vecino de la ciudad.

7.2 VENTAJAS:

- El confort que experimenta la población al poder usar su vehículo particular al interior de dichos sectores. Este fue el motivo principal de la ejecución de esta idea, porque la relación entre el parque automotor y la capacidad de la malla vial en Bucaramanga en ciertos sectores, es muy baja, permitiendo el incremento que darían los vehículos impedidos por pico y placa, recordando que es solo a manera de movilización interna del sector (trasladarse 20 cuadras para ir a un colegio, un cajero automático a una universidad, o simplemente ir de compras). De cierta forma se consigue aliviar el malestar

presente en la ciudadanía que tiene vehículos particulares, ya que esta restricción impide la realización de tareas tan cotidianas como las ya mencionadas anteriormente. es posible que en ciertos sectores sea de ayuda contar con un vehículo que permita acercarse a una ruta de servicio público, como estos existen más pequeños detalles en donde se podrían aumentar el nivel de confort.

- El control de la medida por parte de la dirección de tránsito. El hecho de disminuir el área de restricción, facilita a los agentes de tránsito asegurar el cumplimiento de la medida por parte de los conductores, ya que a no ser de un incidente o emergencia dentro de la zona de no pico y placa, seria innecesaria su presencia.
- Optimización de la medida actual. Si se cumpliera con la transmisión al publico de la información y el nivel de cultura ciudadana del mismo que requiere este proyecto, se garantiza por sustento de la fundamentación teórica que no habrían cambios para mal en los niveles de servicio experimentados por el ciudadano y este obtendría los beneficios mencionados anteriormente en caso de la aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C. 2000. HCM 2000 U.S. Customary Units.
- Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones 8ª Edición. Rafael Cal y Mayor R., James Cárdenas G.
- Ciudades en movimiento, Revisión de la estrategia de transporte urbano, Banco Mundial, 2002.
- Observatorio de la movilidad Latinoamericana, CAF 2009.
- Título 04 de la caracterización de la movilidad. Estudios previos para la formulación de plan maestro de movilidad urbana para el municipio de Bucaramanga. Contrato interadministrativo CI-INF N°099/2009 suscrito entre el municipio de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander.
- <http://www.amb.gov.co/jurisdiccion.html>
- <http://www.mintransporte.gov.co/portal/page/portal/mintransporte>
- <http://transitobucaramanga.gov.co/>
- <http://wikipedia.org/picoyplaca/>

ANEXO

A continuación se presentará las tablas de trabajo y resultado de todas las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, para todos los sectores donde se eligió realizar el estudio, esto se realiza con dos objetivos como fines, el primero es exponer los valores tenidos en cuenta para el cálculo de los niveles de servicio para cada una de estas intersecciones y un segundo demostrar los resultados que se obtuvieron para cada uno de los tramos en los sectores ya especificados.

1. TABULACIÓN DE RESULTADOS EN LOS CORREDORES SEMAFORIZADAS

1.1 AVENIDA QUEBRADASECA.

SENTIDO ORIENTE - OCCIDENTE

AV QUEBRADASECA									
Parámetros de entrada	Segmentos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del ciclo del semáforo [s]	88	90	120	90	85	78	85	90	82
Relación verde duración	0.57	0.48	0.13	0.50	0.44	0.51	0.45	0.47	0.51
X ó (Vhdmd / c)	0.216	0.216	0.216	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.157
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800
Tipo de llegada de la intersección AT	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Longitud del segmento L, [mi]	0.14	0.18	0.17	0.28	0.07	0.05	0.05	0.06	0.11

AV QUEBRADASECA									
Parámetros de entrada	Segmentos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fPA	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P	0.57	0.48	0.13	0.50	0.44	0.51	0.45	0.47	0.51
PF	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fila inicial de vehículos [veh]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clase de calle urbana	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Velocidad de flujo libre FFS [mi/h]	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Tiempo de Carrera Tr [s]	21.56	26.55	25.09	37.13	14.95	12.20	11.35	13.75	19.25
Tiempo de análisis [h]	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cálculo de la demora									
Demora uniforme d1 [s]	9.35	13.68	46.40	13.08	15.44	10.81	14.86	14.73	10.61
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste de filtraciones (I)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Demora incremental d2 [s]	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.07
Demora por fila inicial d3 capítulo 16 ap F [s]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factor de ajuste de progresión PF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Control de demora $d=(d1*PF)+d2+d3$	9.45	13.79	46.50	13.23	15.58	10.96	15.00	14.87	10.68
Determinación de LOS en segmentos									
ST= TR+d+otra demora	31.02	40.34	71.60	50.35	30.53	23.16	26.35	28.62	29.93
SA=4800*L/ST	22.25	21.94	11.52	26.81	11.30	11.14	9.11	10.48	17.74
LOS por Segmentos	B	B	D	A	D	D	D	D	C
DETERMINACION EN CALLE URBANAS DE LOS									

AV QUEBRADASECA									
Parámetros de entrada	Segmentos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TIEMPO DE VIAJE TOTAL (ST)	331.89		NIVEL DE SERVICIO Ó LOS GENERAL C						
LONGITUD TOTAL (mi)	1.35								
SA=c*L/ST	19.52								

1.2 CARRERA 27

SENTIDO NORTE – SUR

CARRERA 27 Sentido Norte-Sur						
Parámetros de entrada						
[km/h] ; [s]	Segmentos					
	1	2	3	4	5	6
Duración del ciclo del semáforo [s]	90	90	90	90	90	120
Relación verde duración	0.47	0.51	0.51	0.59	0.59	0.25
X ó (Vhdmd / c)	0.306	0.300	0.300	0.261	0.262	0.277
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	2800	2850	2850	3280	3270	3090
Tipo de llegada de la intersección AT	IV	V	V	V	V	III
Longitud del segmento L, [km]	0.265	0.16	0.095	0.09	0.09	0.125
Rp	1.33	1.67	1.67	1.67	1.67	1.00
fPA	1.15	1	1	1	1	1
P	0.621	0.854	0.854	0.987	0.987	0.250
PF	0.818	0.300	0.300	0.031	0.031	1.000
Fila inicial de vehículos [veh]	-	-	-	-	-	-

CARRERA 27 Sentido Norte-Sur						
Parámetros de entrada						
[km/h] ; [s]	Segmentos					
	1	2	3	4	5	6
Clase de calle urbana	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Velocidad de flujo libre FFS [km/h]	48	48	48	48	48	48
Tiempo de Carrera Tr [s]	24.14945	17.92	12.8782	12.3633	12.3633	15.58625
Tiempo de análisis [h]	1	1	1	1	1	1
Cálculo de la demora						
Demora uniforme d1 [s]	14.76	12.76	12.76	8.94	8.95	36.26
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Factor de ajuste de filtraciones 15-7 (I)	1	1	1	1	1	1
Demora incremental d2 [s]	0.28	0.27	0.27	0.19	0.20	0.22
Demora por fila inicial d3	0	0	0	0	0	5
Factor de ajuste de progresión PF	0.818	0.300	0.300	0.031	0.031	1.000
Control de demora [s] $d=(d1*PF)+d2+d3$	12.36	4.09	4.09	0.47	0.47	41.48
Cálculo del nivel de servicio de los segmentos						
Tiempo de viaje del segmento ST [s], $ST = Tr + d$	36.51	22.01	16.97	12.83	12.83	57.07
Velocidad de viaje del segmento SA [km/h], $SA = c*L/ST$	20.33	20.72	15.95	23.01	22.93	6.77
Valor a comparar con tabla	12.70	12.95	9.97	14.38	14.33	4.21
Nivel de servicio LOS por segmento 15-2	D	D	D	C	C	F

CARRERA 27 Sentido Norte-Sur						
Parámetros de entrada						
[km/h] ; [s]	Segmentos					
	1	2	3	4	5	6
Determinación del nivel de servicio						
Total de tiempo de viaje [s] = $\Sigma ST =$	158.22		NIVEL DE SERVICIO Ó LOS GENERAL =			D
Longitud total [km] = $\Sigma L =$	0.825					
Velocidad total de viaje [km/h] = ΣSA	15.76					
Valor a comparar con tabla	9.80					

SENTIDO SUR – NORTE

CARRERA 27 S-N					
Parámetros de entrada					
[mi/h];[sg]	Segmentos				
	1	2	3	4	5
Duración del ciclo del semáforo [s]	155	115	90	90	90
Relación verde duración	0.94	0.94	0.51	0.51	0.47
X ó (Vhdmd / c)	0.378	0.391	0.450	0.450	0.450
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	3312	3206	2780	2780	2780
Tipo de llegada de la intersección AT	III	V	III	V	V
Longitud del segmento L, [mi]	0.078	0.056	0.173	0.056	0.135
Rp	1	1.667	1	1.667	1.667
fPA	1	1	1	1	1
P	0.939	1.566	0.511	0.852	0.778
PF	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
Fila inicial de vehículos [veh]	-	-	-	-	-
Clase de calle	IV	IV	IV	IV	IV

CARRERA 27 S-N					
Parámetros de entrada					
[mi/h];[sg] urbana	Segmentos				
	1	2	3	4	5
Velocidad de flujo libre FFS [km/h]	48	48	48	48	48
Tiempo de Carrera Tr [s]	15.53125	12.65625	25.27625	12.65625	21.465
Tiempo de análisis [h]	1	1	1	1	1
Cálculo de la demora					
Demora uniforme d1 [s]	0.45	0.34	13.97	13.97	16.21
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Factor de ajuste de filtraciones 15-7 (I)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Demora incremental d2 [s]	0.29	0.32	0.47	0.47	0.47
Demora por fila inicial d3	0	3	3	0	0
Factor de ajuste de progresión PF	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
Control de demora [s] $d=(d1*PF)+d2+d3$	0.74	3.32	17.44	0.47	0.47
Cálculo del nivel de servicio de los segmentos					
Tiempo de viaje del segmento ST [s], $ST = Tr + d$	16.27	15.98	42.72	13.13	21.94
Velocidad de viaje del segmento SA [mi/h], $SA = 3200*L/ST$	15.90	11.29	11.27	11.91	17.11
Nivel de servicio LOS por segmento 15-2	C	D	D	D	C
Determinación del nivel de servicio de la K 27 sentido Sur-Norte					
Total de tiempo de viaje [s] = $\Sigma ST =$		110.03	NIVEL DE SERVICIO Ó LOS		C

CARRERA 27 S-N					
Parámetros de entrada					
[mi/h];[sg]	Segmentos				
	1	2	3	4	5
Longitud total [mi] = $\Sigma L =$	0.499		GENERAL		
Velocidad total de viaje [mi/h] = $\Sigma SA =$	13.47				

1.3 CARRERA 15

SENTIDO NORTE – SUR

CARRERA 15 Sentido Norte- Sur								
Parámetros de entrada	Segmentos							
[mi/h];[sg]	1	2	3	4	5	6	7	8
Duración del ciclo del semáforo [s]	90	90	90	90	90	111	90	90
Relación verde duración	0.70	0.52	0.60	0.51	0.50	0.50	0.50	0.49
X ó (Vhdmd / c)	0.517	0.495	0.51 7	0.484	0.38 9	0.40 1	0.38 9	0.400
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	2840	2966	2840	3028	2834	2750	2834	2760
Tipo de llegada de la intersección AT	III	V	V	V	III	III	V	V
Longitud del segmento L, [mi]	0.14	0.19	0.09	0.03	0.18	0.38	0.06	0.04
Rp	1	1.667	1.66 7	1.667	1	1	1.66 7	1.667
fPA	1	1	1	1	1	1	1	1
P	0.700	0.871	1.00 6	0.852	0.50 0	0.50 0	0.83 4	0.815
PF	1.000	0.271	0.00 0	0.303	1.00 0	1.00 0	0.33 3	0.362
Fila inicial de vehículos [veh]	-	-	-	-	-	-	-	-

CARRERA 15 Sentido Norte- Sur								
Parámetros de entrada	Segmentos							
[mi/h];[sg]	1	2	3	4	5	6	7	8
Clase de calle urbana	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Velocidad de flujo libre FFS [km/h]	48	48	48	48	48	48	48	48
Tiempo de Carrera Tr [s]	22.03 5	27.33 5	17.8 7	7.377 5	26.1	50.4 1	13.6	9.931 3
Tiempo de análisis [h]	1	1	1	1	1	1	1	1
Cálculo de la demora								
Demora uniforme d1 [s]	6.34	13.85	10.2 7	14.30	13.9 7	17.3 6	13.9 7	14.61
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Factor de ajuste de filtraciones 15-7 (I)	0.87	0.858	0.87	0.87	0.92 2	0.92 2	0.92 2	0.922
Demora incremental d2 [s]	0.59	0.51	0.59	0.49	0.37	0.40	0.37	0.40
Demora por fila inicial d3	0	0	0	0	0	0	0	0
Factor de ajuste de progresión PF	1.000	0.271	0.00 0	0.303	1.00 0	1.00 0	0.33 3	0.362
Control de demora [s] $d=(d1*PF)+d2+d3$	6.93	4.26	0.59	4.81	14.3 4	17.7 6	5.03	5.69
Cálculo del nivel de servicio de los segmentos								
Tiempo de viaje del segmento ST [s], $ST = Tr + d$	28.97	31.60	18.4 6	12.19	40.4 4	68.1 7	18.6 3	15.62
Velocidad de viaje del segmento SA [km/h], $SA = c*L/ST$	13.85	18.07	14.5 2	8.07	12.7 0	15.4 1	9.51	7.73
Nivel de servicio LOS por segmento 15-2	C	C	D	E	D	C	D	E
Determinación del nivel de servicio de la K 15 sentido Sur-Norte								
Total de tiempo de viaje [s] = $\Sigma ST =$	234.0 8		NIVEL DE SERVICIO Ó LOS GENERAL C					
Longitud total [km] = $\Sigma L =$	1.13							

CARRERA 15 Sentido Norte- Sur								
Parámetros de entrada	Segmentos							
[mi/h];[sg]	1	2	3	4	5	6	7	8
Velocidad total de viaje [km/h] = ΣSA	13.79							

SENTIDO SUR – NORTE

CARRERA 15 Sentido Sur-Norte								
Parámetros de entrada								
[km/h] ; [s]	Segmentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Duración del ciclo del semáforo [s]	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	111.00	90.00	90.00
Relación verde duración	0.49	0.50	0.50	0.50	0.51	0.60	0.52	0.70
X ó (Vhdmd / c)	0.49	0.43	0.49	0.49	0.49	0.37	0.41	0.37
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	2800	3200	2800	2800	2800	3200	2900	3200
Tipo de llegada de la intersección AT	III	V	V	III	V	V	V	V
Longitud del segmento L, [km]	0.27	0.09	0.10	0.56	0.32	0.05	0.16	0.29
Rp	1.00	1.67	1.67	1.00	1.67	1.67	1.67	1.67
fPA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
P	0.49	0.84	0.84	0.50	0.85	1.01	0.87	1.17
PF	1.00	0.33	0.33	1.00	0.30	0.00	0.27	0.00
Fila inicial de vehículos [veh]	-	-	-	-	-	-	-	-
Clase de calle urbana	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Velocidad de flujo libre FFS [km/h]	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Tiempo de Carrera Tr [s]	24.22	12.37	13.38	45.12	27.84	7.61	17.92	25.90
Tiempo de análisis [h]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cálculo de la demora								
Demora uniforme d1 [s]	15.46	14.32	14.91	14.91	14.35	11.25	13.07	5.47

CARRERA 15 Sentido Sur-Norte								
Parámetros de entrada								
[km/h] ; [s]	Segmentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste de filtraciones 15-7 (I)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Demora incremental d2 [s]	0.57	0.39	0.57	0.57	0.57	0.31	0.40	0.31
Demora por fila inicial d3	4.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	4.00
Factor de ajuste de progresión PF	1.00	0.33	0.33	1.00	0.30	0.00	0.27	0.00
Control de demora [s] $d=(d1*PF)+d2+d3$	20.03	5.12	5.49	19.48	4.87	0.31	3.90	4.31
Cálculo del nivel de servicio de los segmentos								
Tiempo de viaje del segmento ST [s], $ST = Tr + d$	44.26	17.48	18.87	64.60	32.71	7.92	21.82	30.20
Velocidad de viaje del segmento SA [km/h], $SA = c*L/ST$	16.77	16.47	14.84	24.45	27.39	21.81	21.27	30.73
Valor a comparar con tabla	10.42	10.24	9.22	15.19	17.02	13.56	13.22	19.10
Nivel de servicio LOS por segmento 15-2	D	D	D	C	C	C	C	B
Determinación del nivel de servicio de la K 15 sentido Sur-Norte								
Total de tiempo de viaje [s] = $\Sigma ST =$	237.85		NIVEL DE SERVICIO Ó LOS GENERAL =			C		
Longitud total [km] = $\Sigma L =$	1.843							
Velocidad total de viaje [km/h] = $\Sigma SA =$	22.95							
Valor a comparar con tabla	14.27							

1.4 CALLE 64

SENTIDO ORIENTE – OCCIDENTE

CALLE 64 BARRIO CIUDAD BOLIVAR	
Parámetros de entrada	Segmentos
	1
Duración del ciclo del semáforo [s]	90.00
Relación verde duración	0.55
X ó (Vhdmd / c)	0.39
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	3282.00
Tipo de llegada de la intersección AT	III
Longitud del segmento L, [mi]	0.16
Rp	1.00
fPA	1.00
P	0.50
PF	1.11
Fila inicial de vehículos [veh]	0.00
Clase de calle urbana	IV
Velocidad de flujo libre FFS [mi/h]	48.00
Tiempo de Carrera Tr [s]	23.13
Tiempo de análisis [h]	1.00
Cálculo de la demora	
Demora uniforme d1 [s]	11.58
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.50
Factor de ajuste de filtraciones (I)	1.00
Demora incremental d2 [s]	0.24

CALLE 64 BARRIO CIUDAD BOLIVAR	
Parámetros de entrada	Segmentos
	1
Demora por fila inicial d3 capitulo 16 ap F [s]	0.00
Factor de ajuste de progresión PF	1.11
Control de demora $d=(d1*PF)+d2+d3$	13.10
Determinación de LOS en segmentos	
$ST= TR+d$ (s)	36.22
$SA=c*L/ST$ (mi/h)	14.16
LOS DEL SEGMENTO	C

SENTIDO OCCIDENTE – ORIENTE

CALLE 64 BARRIO CIUDAD BOLIVAR	
Parámetros de entrada	Segmentos
	1
Duración del ciclo del semáforo [s]	90.00
Relación verde duración	0.55
$X \text{ ó } (Vhdmd / c)$	0.16
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	3544.00
Tipo de llegada de la intersección AT	III
Longitud del segmento L, [mi]	0.12

CALLE 64 BARRIO CIUDAD BOLIVAR	
Parámetros de entrada	Segmentos
	1
Rp	1.00
fPA	1.00
P	0.55
PF	1.00
Fila inicial de vehículos [veh]	0.00
Clase de calle urbana	IV
Velocidad de flujo libre FFS [mi/h]	48.00
Tiempo de Carrera Tr [s]	19.32
Tiempo de análisis [h]	1.00
Cálculo de la demora	
Demora uniforme d1 [s]	10.00
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.50
Factor de ajuste de filtraciones (I)	1.00
Demora incremental d2 [s]	0.07
Demora por fila inicial d3 Chapter 16	0.00

CALLE 64 BARRIO CIUDAD BOLIVAR	
Parámetros de entrada	Segmentos
	1
ap F [s]	
Factor de ajuste de progresión PF	1.00
Control de demora $d=(d1*PF)+d2+d3$	10.07
Determinación de LOS en segmentos	
ST= TR+d (s)	29.39
SA=4800*L/ST (mi/h)	13.87
LOS DEL SEGMENTO	C

1.5 TRANSVERSAL ORIENTE

Transversal Oriental Sector 1				
Parámetros de entrada				
[km/h] ; [s]	Segmentos Norte-Sur		Segmentos Sur-Norte	
	1	2	1	2
Duración del ciclo del semáforo [s]	120	90	90	105
Relación verde duración	0.7	0.67	0.67	0.48
X ó (Vhdmd / c)	0.450	0.450	0.450	0.499
Capacidad del grupo de carriles c [veh/h]	3100	3100	3100	2800

Transversal Oriental Sector 1				
Parámetros de entrada				
[km/h] ; [s]	Segmentos Norte-Sur		Segmentos Sur-Norte	
	1	2	1	2
Tipo de llegada de la intersección AT	III	IV	IV	IV
Longitud del segmento L, [km]	0.4	0.38	0.32	0.35
Rp	1	1.33	1.33	1.33
fPA	1	1.15	1.15	1.15
P	0.700	0.887	0.887	0.633
PF	1.000	0.391	0.391	0.805
Fila inicial de vehículos [veh]	-	-	-	-
Clase de calle urbana	IV	IV	IV	IV
Velocidad de flujo libre FFS [km/h]	48	48	48	48
Tiempo de Carrera Tr [s]	32.8	31.92	27.84	30.1
Tiempo de análisis [h]	1	1	1	1
Cálculo de la demora				
Demora uniforme d1 [s]	7.89	7.15	7.15	18.89
Ajuste de control de semáforo k 15-6	0.5	0.5	0.5	0.5
Factor de ajuste de filtraciones 15-7 (I)	0.922	0.922	0.922	0.922
Demora incremental d2 [s]	0.44	0.44	0.44	0.59
Demora por fila inicial d3	4	0	0	4
Factor de ajuste de progresión PF	1.000	0.391	0.391	0.805
Control de demora [s] $d=(d1*PF)+d2+d3$	12.32	3.23	3.23	19.79
Cálculo del nivel de servicio de los segmentos				
Tiempo de viaje del segmento ST [s], $ST = Tr + d$	45.12	35.15	31.07	49.89
Velocidad de viaje del segmento SA [km/h],	27.48	33.51	31.93	19.64

Transversal Oriental Sector 1				
Parámetros de entrada				
[km/h] ; [s] SA = c*L/ST	Segmentos Norte-Sur		Segmentos Sur-Norte	
	1	2	1	2
Valor a comparar con tabla	17.08	20.83	19.84	12.21
Nivel de servicio LOS por segmento 15-2	C	B	B	D
Determinación del nivel de servicio				
Nivel de servicio LOS sentido Norte - Sur				
Total de tiempo de viaje [s] = ΣST =	80.28	NIVEL DE SERVICIO Ó LOS GENERAL N-S	C	
Longitud total [km] = ΣL =	0.78			
Velocidad total de viaje [km/h] = ΣSA =	30.12			
Valor a comparar con tabla	18.72			
Nivel de servicio LOS sentido Sur - Norte				
Total de tiempo de viaje [s] = ΣST =	80.97	NIVEL DE SERVICIO Ó LOS GENERAL S-N	C	
Longitud total [km] = ΣL =	0.67			
Velocidad total de viaje [km/h] = ΣSA =	24.41			
Valor a comparar con tabla	15.17			

2 TABLA INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS

NIVELES DE SERVICIO DE LAS INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS ESTUDIADAS									
Sector	Intersección	Mov.	Vc,x 15 mins [veh/h]	tc,x [s]	tf,x [s]	Cm,x [veh/h]	Vx 15 mins [veh/h]	d [s]	LOS
1	CTFlorida con K 33	7	146	7.7	4	618	30	10.2	B
2	K 50 con Cll 54	4	25	4.5	2.5	1232	19	7.6	A
2	Cll 65 con K 45	9	27	6.7	3.8	819	16	8.9	A
2	Cll 65 con CTFlorida	10	146	7.6	4	626	32	10.5	B
2	Av 42 con Av Jardín	7	45	7.6	4	748	28	9.3	A
3	calle 24 con AV-89	7	79	7.6	3.95	705	22	9.55	A
3	AV-89 con Kr 19	11	39	5.1	2.7	1132	19	7.83	A
4	AV guayacanes -Kr 2	9	35	6.25	3.35	909	37	8.53	A
4	CL 64 - AV Guayacanes	9	110	7.74	4.08	645	60	10.02	B
4	Kr 2W- CL61a	7	21	7.74	4.08	756	13	9.24	A
4	Kr 2W- CL60	4	43	5.34	2.82	1076	18	7.98	A
5	CL 45-Kr 8	9	51	7.44	3.92	748	3	9.28	A
5	CL 45-Kr 9occ	9	51	7.44	3.92	748	3	9.28	A
5	CL 37-Kr4	9	42	7.44	3.92	760	3	9.21	A
6	Cl 28-Kr10	11	51	7.74	4.62	635	145	10.13	B
6	CL31-Kr5	9	96	7.44	3.92	692	13	9.63	A
6	Cll 14 con K 33A	7	176	7.4	3.7	635	54	10.1	B
6	Cll 14 con K 32A	7	183	8.5	4	550	215	11.1	B
6	K 30 con Cll 17	11	125	6.6	4.1	662	48	9.9	A
6	BvStder con K 23	11	362	7.7	4.6	371	109	13.9	B
6	Cll 14 con K 24	11	362	7.7	4.6	362	210	14.3	B
6	K 21 con Cll 9	11	162	7.1	4.6	544	215	11.1	B