

25 | **NOVIEMBRE DE 2021**

**ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS:
COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS Y EFECTOS EN EL
TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

**JESÚS EDUARDO BOLAÑO BENAVIDES
&
DIEGO ANDRÉS PÉREZ RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA SEDE SANTA MARTA
AUXILIAR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

**AUXILIAR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**

TEMA:

**ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: COMPARATIVO DE
METODOLOGÍAS Y EFECTOS EN EL TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE SANTA
MARTA.**

AUTOR:

JESÚS EDUARDO BOLAÑO BENAVIDES

ID: 499714

DIEGO ANDRÉS PÉREZ RAMÍREZ

ID: 501418

TUTOR:

FREDY ARMANDO CUERVO LARA

CODIRECTOR:

JESÚS ALFONSO CUASES ARRIETA

SANTA MARTA – MAGDALENA

2021

AUXILIAR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS: COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS Y EFECTOS EN EL TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA

Jesús Eduardo Bolaño Benavides & Diego Andrés Pérez Ramírez

Facultad De Ingeniería Civil. Universidad Cooperativa De Colombia. Santa Marta.

Jesus.bolanob@campusucc.edu.co & Diego.perezr@campusucc.edu.co

ABSTRACT

The purpose of this document is to determine the variables to consider in the traffic light intersection networks in the city of Santa Marta. Carrying out a series of gauges that allow an analysis of the methods of operation, design and improvement of these networks in various sectors of the city, this methodology is a fundamental component in the circulation systems and in the review of the conditions of traffic. operation to develop better regulation of traffic, traffic flow and road safety. In this article, emphasis is placed on the cases presented in the four interceptions to be studied, denoting the shortcomings in the operation and performance of the system, in which it is sought to provide a more exact solution to the problem presented.

KEY WORDS: Traffic gauges, traffic flow, signalized intersections, traffic lights, roads.

RESUMEN

El presente documento tiene como finalidad determinar las variables a considerar en las redes de intersecciones semaforizadas en la ciudad de Santa Marta. Llevando a cabo una serie de aforos que permitan realizar un análisis de los métodos de operación, diseño y mejoramiento de estas redes en varios sectores de la ciudad, esta metodología es un componente fundamental en los sistemas de circulación y en la revisión de las condiciones de operación para desarrollar una mejor regulación del tráfico, el flujo del tránsito y la seguridad vial. En este artículo se hace énfasis en los casos presentados en las cuatro intercepciones a estudiar, denotando las falencias en el funcionamiento y rendimiento del sistema, en los cuales se busca dar una solución más exacta a la problemática presentada.

PALABRAS CLAVES: Aforos, flujo vehicular, intersecciones semaforizadas, semáforos, vías.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	1
2.1 OBJETIVO GENERAL	1
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
2. JUSTIFICACIÓN	1
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
4. MARCO TEORICO	1
4.1. INTERSECCIONES SEMAFORADAS:	1
4.3. CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORADAS:	2
4.4. NIVEL DE SERVICIO:	2
4.5. HCM CAPÍTULO DE SEMÁFOROS:	2
5. ANTECEDENTES	2
6. LOS MÉTODOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE REDES SEMAFORIZADAS.	2
6.1. INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	2
7. METODOLOGÍA PARA ANALIZAR LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.. 2	
7.1. PARÁMETROS DE ENTRADA DE DATOS	3
8. CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SEMAFOROS EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA, DE ACUERDO CON SU ESPACIAMIENTO TÉCNICO Y OPERACIONAL	3
8.1. CONDICIONES GEOMÉTRICAS	3
8.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INTERSECCIONES	3
8.1.2. DIMENSIONES DE LAS INTERSECCIONES	3
9. ANALIZAR LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN LA OPERACIÓN DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	6
9.1. CONDICIONES DE TRÁFICO	6
9.1.1. VOLÚMENES DE TRÁFICO	6
9.1.2. TIPO DE LLEGADAS	7
9.2. CONDICIONES DE SEMAFORIZACION	8
9.2.1. TIEMPOS DE FASES SEMAFÓRICAS	9
9.3. VALORES SUSTITUIDOS POR DEFECTO	10

9.4. CALCULO DE LAS CONDICIONES GEOMETRICAS, DE TRAFICO, DE SEMAFORIZACIÓN.	11
9.4.1. CONDICIONES GEOMETRICAS	11
9.4.2. CONDICIONES DE TRAFICO	11
9.4.3. CONDICIONES DE SEMAFORIZACIÓN	11
9.4.4. MÓDULO DE AJUSTE DE VOLÚMENES	12
9.4.5. MÓDULO DE INTENSIDADES DE SATURACIÓN	14
9.4.6. FACTORES DE AJUSTE	15
9.4.7. CASO ESPECIAL: FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA IZQUIERDA CUANDO EXISTEN FASES PERMITIDAS	17
9.4.8. MÓDULO DE ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD	17
9.4.9. MÓDULO DE ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO	19
10. CONCLUSIÓN	20
11. FORMULAR PROPUESTAS DE MEJORA DE LA RED DE SEMÁFOROS DE SANTA MARTA.	21
12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	21

Universidad Cooperativa
de Colombia

1. INTRODUCCIÓN

Las intersecciones semaforizadas están determinadas de acuerdo con las problemáticas que se puedan presentar en el flujo vehicular, las cuales están especificadas a un tiempo detallado que facilita la circulación del sistema para así evitar la saturación, y sostener un óptimo servicio. Estas son controladas por medio de semáforos que posibilitan los diversos movimientos y sentidos que se puedan presentar internamente en una intersección al afectar la circulación del tráfico rodado. Se sobreentiende que los semáforos son un método directo de las intersecciones ya que son los encargados de repartir el tiempo de cada movimiento presentado en los equipos de control, permitiendo evitar una sobresaturación que nos obstaculice la obtención de un buen funcionamiento del sistema.

Para determinar el nivel de servicio y la calidad del tráfico en una intersección, se utiliza el Highway Capacity Manual (HCM). Tanto la capacidad como el nivel de servicio son estudios que se realizan por separado, iniciando por los aforos donde son analizadas las variables a estudiar.

1. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las variables consideradas en las redes de intersecciones semaforizadas en la ciudad de Santa Marta.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los métodos de diseño y operación de redes semaforizadas.

- Caracterización espacial, técnica y operacional de las redes de semáforos de Santa Marta.
- Analizar las variables involucradas en la operación de intersecciones semaforizadas.
- Formular propuestas de mejora en las redes de semáforos de Santa Marta.

2. JUSTIFICACIÓN

El tema seleccionado se basa en que las redes de semaforización son un elemento del sistema de movilidad de una ciudad, sus métodos de operación especifican la regulación, el flujo del tránsito y la calidad de la seguridad en una ciudad. En este caso se estudia la ciudad de Santa Marta ya que presentan falencias su rendimiento operacional, afectando el orden técnico y permitiendo desarrollar un detallado análisis del caso.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las intersecciones semaforizadas son un mecanismo de control detallado para el tráfico, diseño y operación que inciden negativamente en el flujo vehicular.

¿Cuáles elementos del tránsito se deben considerar par el diseño de una intersección semaforizada?

4. MARCO TEORICO

4.1. INTERSECCIONES SEMAFORADAS:

Son aquellas que se regulan de forma permanente o en su gran mayoría a través

de sistemas de luces que determinan la preferencia del paso por las intersecciones.

4.2. FLUJO DE SATURACIÓN:

Se refiere al volumen máximo de tránsito que se puede dar en una intersección al encontrarse en saturación, por un carril o carriles donde el semáforo se mantuviera constantemente en verde. Se expresa en (veh/h) de luz verde.

4.3. CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORADAS:

Se presenta por cada grupo de carril, determinándose como la máxima tasa del flujo que atraviesa la intersección por cada grupo que se selecciona, en base a las condiciones que presente el tráfico de la vía y de la señalización. La capacidad se mide en (veh/h).

4.4. NIVEL DE SERVICIO:

Es la media que se basa en múltiples variables, como el incremento de los movimientos por medio de las intersecciones, la durabilidad del ciclo de señalización, y los volúmenes del tránsito con relación a la capacidad de las intersecciones.

4.5. HCM CAPÍTULO DE SEMÁFOROS:

Manual de carreteras *Highway Capacity Manual 2010*, (HCM 2010).

5. ANTECEDENTES

La problemática que atraviesa la movilidad en la ciudad de Santa Marta se enmarca alrededor de los semáforos mal programados, el permanente crecimiento vehicular, el atraso en la infraestructura

vial, el pésimo estado de la malla vial y los pocos agentes de tránsito.

Lo cual obliga a la población Samaria a desplazarse dentro del casco urbano con dificultad, sin importar desde que punto cardinal se encuentre debe ser consciente a lo que enfrenta, es decir, los trancones, motocicletas sin control, pocas opciones de rutas y un injustificado paseo para poder llegar a su destino.

6. LOS MÉTODOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE REDES SEMAFORIZADAS.

6.1. INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA



Imagen 1. Ubicación de las intersecciones semaforizadas en la Ciudad de Santa Marta, ArcGIS.

7. METODOLOGÍA PARA ANALIZAR LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Mediante el análisis operacional se determina la capacidad y el nivel de servicio de cada grupo de carriles o acceso, así como el nivel de servicio de la intersección en conjunto.



Imagen 2. Metodología para determinar los parámetros de capacidad y nivel de servicio, tomado del HCM 2000.



Imagen 3. Procedimiento para determinar el análisis de la circulación. Manual de capacidad de carreteras, (HCM) 1985.

7.1. PARÁMETROS DE ENTRADA DE DATOS

La información necesaria es detallada y variada y cae dentro de cuatro categorías, condiciones geométricas, condiciones de tráfico, condiciones de semaforización y valores por defecto.

8. CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SEMAFOROS EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA, DE ACUERDO CON SU ESPACIAMIENTO TÉCNICO Y OPERACIONAL

8.1. CONDICIONES GEOMÉTRICAS

La geometría de las intersecciones generalmente se presenta en diagramas y es incluida toda la información relevante como número de carriles, anchos de carriles, pendiente, ubicación del estacionamiento, movimiento en cada carril, longitud de bahía de resguardo.

8.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INTERSECCIONES

Tabla 1. Localización de las intersecciones semaforizadas a analizar en la ciudad de Santa Marta.

INTERSECCIÓN	LOCALIZACIÓN
1	Av. Libertador con Av. Rio
2	Av. Ferrocarril con Calle 22
3	Av. Ferrocarril con Av. Libertador 1
4	Av. Ferrocarril con Av. Libertador 2
5	Av. Libertador con K 24
6	Av. Rio con K 4
7	Av. Rio con K 5
8	Av. Rio con K 19



Imagen 4. Localización espacial de las intersecciones en la ciudad de Santa Marta (círculos color amarillo).

8.1.2. DIMENSIONES DE LAS INTERSECCIONES

A) AV LIBERTADOR CON AV RIO



Imagen 5. Geometría de intersección, Av. Libertador con Av. Rio.

- Hacia centro: 4 carriles, Calzada 7 mts, y Separador 1m.
- Hacia Santa Fe: 4 carriles, Calzada 7 m.

B) AV. FERROCARRIL CON CALLE 22



Imagen 6. Geometría de intersección, Av. Ferrocarril con Calle 22.

- Hacia Mercado: 2 carriles, Calzada 7.3 mts y Separador 1 m.
- Hacia Ocean Mall: 2 carriles, Calzada 7 m.
- Hacia Centro: 2 carriles, Calzada 7.8 m.
- Hacia K 19: 2 Carriles, Calzada 7.3 m, con Separadores de 1 m.

C) AV. FERROCARRIL CON AV. LIBERTADOR 1



Imagen 7. Geometría de intersección, Av. Ferrocarril con Av. Libertador 1.

- Hacia Centro: 2 Carriles, Calzada de 7.5 m y se reduce a 7.
- Hacia Calle 22: 2 Carriles, Calzada 7.1 m y separador de 1 m.

D) AV. FERROCARRIL CON AV. LIBERTADOR 2.



Imagen 8. Geometría de intersección, Av. Ferrocarril con Av. Libertador 2.

- Hacia K 12: 2 Carriles, Calzada 7.9 m.
- Hacia Mercado: 2 Carriles, Calzada 7 m, y Separador de 1 m.
- Hacia K 22: 2 Carriles, Calzada 7.2 m y Separador de 1 m.

E) AV. LIBERTADOR CON K 24



Imagen 9. Geometría de intersección, Av. Libertador con K 24.

- Hacia Centro: 2 Carriles, Calzada 7 m.
- Hacia Buena Vista: 2 Carriles, Calzada de 7.3 m.
- Hacia K 22: 2 Carriles, Calzada 7 m.

F) AV. RIO CON K 4



Imagen 10. Geometría de intersección, Av. Rio con K 4.

- 8 Carriles, Calzada K 4 (7.1m)
- Calzada Av. Rio 7.1m, Separador 1 m

G) AV. RIO CON K 5



Imagen 11. Geometría de intersección, Av. Rio con K 5.

- Hacia Centro: 2 carriles, Calzada 7 m, y Separador de 1 m.
- Hacia Rodadero: 2 Carriles, Calzada 7.1 m, y Separador de 1 m.

H) AV RIO CON K19



Imagen 12. Geometría de intersección, Av. Rio con K 19.

- Hacia Centro Por Av. Rio: 2 Carriles, Calzada de 7.3 m, y Separador 1 m.
- Hacia Av. Libertador por Av. Rio: 2 Carriles, Calzada 7.1 m.
- Hacia Centro Por Av. Ferrocarril: 2 Carriles, Calzada 7.2 m.
- Hacia La Lucha Por Av. Ferrocarril: 2 Carriles, Calzada 7.6 m.

9. ANALIZAR LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN LA OPERACIÓN DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

9.1. CONDICIONES DE TRÁFICO

Se debe disponer de los volúmenes de circulación para cada movimiento en cada acceso y su composición en términos de automóviles, autobuses y camiones.

9.1.1. VOLÚMENES DE TRÁFICO

A) AV LIBERTADOR CON AV RIO



Imagen 13. Volúmenes, Av. Libertador con Av. Río.

B) AV. FERROCARRIL CON CALLE 22



Imagen 14. Volúmenes, Av. Ferrocarril con Calle 22.

C) AV. FERROCARRIL CON AV. LIBERTADOR 1



Imagen 15. Volúmenes, Av. Ferrocarril con Av. Libertador 1.

D) AV. FERROCARRIL CON AV. LIBERTADOR 2.



Imagen 16. Volúmenes, Av. Ferrocarril con Av. Libertador 2.

E) AV. LIBERTADOR CON K 24



Imagen 17. Volúmenes, Av. Libertador Con K 24.

F) AV. RIO CON K 4



Imagen 18. Volúmenes, Av. Río con K 4.

G) AV. RIO CON K 5



Imagen 19. Volúmenes, Av. Rio con K 5.

H) AV RIO CON K 19



Imagen 20. Volúmenes, Av. Rio con K 19.

9.1.2. TIPO DE LLEGADAS



Imagen 21. Tipos de llegada en relación con el flujo de llegada.

El tipo de llegada puede ser observado en campo, pero puede ser también aproximado examinando diagramas de espacio - tiempo para la arteria o calle en cuestión.

$R_c = PVV / PTV$

Dónde:

R_c = Relación de columna.

PVV= Porcentaje de todos los vehículos que llegan en movimiento durante la fase de verde (se observa en el campo), acceso AB=52, BA=65, CD=39

PTV= Porcentaje del ciclo en verde para el movimiento estudiado (Se calcula a través del registro del semáforo).

$$PTV = (G / C) \times 100$$

$$(23/52) \times 100 = 44.231$$

Dónde:

G = Tiempo efectivo de verde para el movimiento o grupo de vías.

C= Duración del ciclo

Imagen 22. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

PVV puede ser estimado u observado en el campo, mientras que G y C son calculados desde la señal semafórica. Deberá tenerse presente que cuando PVV es estimado, este valor no excederá de 1.0.

Tipo llegada	Variación de la Relación de columna, R_c
1	0,00 a 0,50
2	0,51 a 0,85
3	0,86 a 1,15
4	1,16 a 1,50
5	$\geq 1,51$

Fuente: Manual de capacidad de carreteras, 1985.

Imagen 23. Relación en medio del tipo de llegada y la relación de columna. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

Tabla 2. Determinación de Tipo de llegada.

IN T	LOC	PV V	PT V	R C	TIPO LLEGA DA
1	Av. Libertad or con Av. Rio	74	79	0,9 3	3
2	Av. Ferrocarril con Calle 22	71	85	0,8 3	2
3	Av. Ferrocarril con Av. Libertad or 1	68	80	0,8 5	2
4	Av. Ferrocarril	65	80	0,8 1	2

	ril con Av. Libertad or 2				
5	Av. Libertad or con K 24	75	78	0,9 6	3
6	Av. Rio con K 4	85	90	0,9 4	3
7	Av. Rio con K 5	80	81	0,9 8	3
8	Av. Rio con K 19	70	80	0,8 8	3

- LAS INTERSECCIONES TIENEN LLEGADA TIPO 2 Y 3:** Se caracteriza por ser todavía desfavorable, consiste en un pelotón denso que llega a la mitad de la fase de luz roja, conteniendo de 40% a 80% del volumen del grupo de vías arribando totalmente fuera de la fase roja. La llegada tipo 3 se presenta en intersecciones aisladas y que no están interconectadas, se caracterizan por pelotones muy dispersos, lo que implica llegadas aleatorias en el cual el grupo principal contiene menos del 40% del volumen del grupo de vías, este tipo de llegada es representativo de operaciones aisladas y no interconectadas de intersecciones señalizadas, caracterizada por la alta dispersión del grupo.

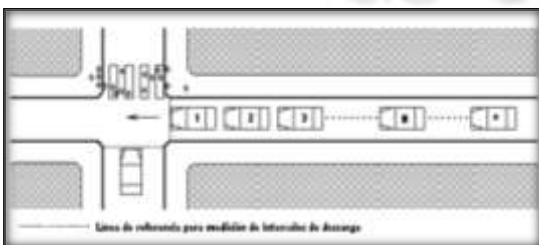


Imagen 24. Condiciones de tráfico interrumpido. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

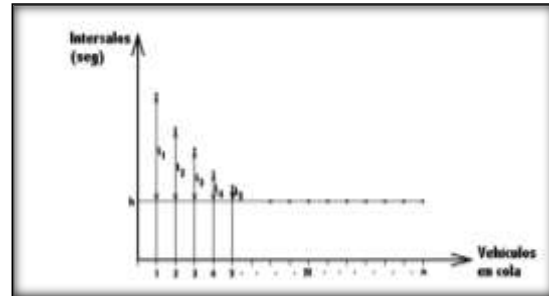


Imagen 25. Tasa del flujo de saturación y tiempo perdido. Mencionado por: RADELAT E., G. Curso sobre capacidad vial. Facultad de minas, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Unidad de vías y transporte, apuntes del curso, 16 al 20 de diciembre, 1991.

9.2. CONDICIONES DE SEMAFORIZACION

El tiempo mínimo de verde presente en una fase debe tomarse como:

$$GP = 7,0 + (W / 1,2) - \gamma$$

Dónde:

- Gp:** Mínimo tiempo de verde, en seg.
- W:** Distancia desde el bordillo al centro del carril de circulación más alejado, de la carretera que se va a cruzar, o al refugio peatonal más cercano, en m.
- γ :** Intervalo de cambio (ámbar + rojo), en seg.

Imagen 26. Tiempo mínimo de verde. (HCM – 1985).

Se toma que la velocidad de caminata en peatones al cruzar la calle es de 1.2 m/seg.

Tabla 3. Calculo mínimo de tiempos de fase verde peatonal por intersección.

IN T	LOC	CON S	W m	Ve l	Y Se g	GP Se g
2	Av. Libertad or con Av. Rio	7	5.2 2	1. 2	2	7.6 1
3	Av. Ferrocarril con Calle 22	7	5.8 0	1. 2	2	9.8 3
4	Av. Ferrocarril	7	5.3 5	1. 2	2	9.4 5

	ril con Av. Libertador 1					
5	Av. Ferrocarril con Av. Libertador 2	7	5.2 9	1. 2	2	9.4
6	Av. Libertador con K 24	7	5.3	1. 2	2	9.4 1
7	Av. Rio con K 4	7	5.3 2	1. 2	2	9.4 3
8	Av. Rio con K 5	7	5.3 0	1. 2	2	9.4 1
9	Av. Rio con K 19	7	5.3 5	1. 2	2	9.4 5

9.2.1. TIEMPOS DE FASES SEMAFÓRICAS

A) AV LIBERTADOR CON AV RIO



Imagen 27. Fases de semáforos de la Av. Libertador con Av. Rio.

- Semáforos: 4

B) AV. FERROCARRIL CON CALLE 22



Imagen 28. Fases de semáforos de la Av. Ferrocarril con Calle 22.

- Semáforos: 4

C) AV. FERROCARRIL CON AV. LIBERTADOR 1



Imagen 29. Fases de semáforos de la Av. Ferrocarril con Av. Libertador 1.

- Semáforos: 3

D) AV. FERROCARRIL CON AV. LIBERTADOR 2.



Imagen 30. Fases de semáforos de la Av. Ferrocarril con Av. Libertador 2.

- Semáforos: 3

E) AV. LIBERTADOR CON K 24



Imagen 31. Fases de semáforos de la Av. Libertador con K 24.

- Semáforos: 4

F) AV. RIO CON K 4



Imagen 32. Fases de semáforos de la Av. Rio con K 4.

- Semáforos: 4

G) AV. RIO CON K 5



Imagen 33. Fases de semáforos de la Av. Rio con K 5.

- Semáforos: 4

H) AV RIO CON K 19



Imagen 34. Fases de semáforos de la Av. Rio con K 19.

- Semáforos: 4
- 2 con giro a la izquierda

Tipo de condición	Parámetro	Símbolo
Condiciones geométricas	Tipo de área	C B D u otro
	Número de carriles	N
	Ancho de carril, m	A
	Inclinaciones, %	i (tempo)
	Existencia de carriles exclusivos de MI o (paralelos) MI	
	Longitud de carril de adelantamiento, carriles MI o ME	L
Condiciones de adelantamiento	Condiciones de adelantamiento	S o N
	Velocidades por adelantado, V/A	G ₁
	Factor de hora punta	FHP
	Montaje de vehículos pesados	%VP
	Intersección posterior al carril	PTB
	Número de adiciones locales paradas en intersección	N ₂
Condiciones de semaforización	Actividad de adelantamientos, manobras	N ₁
	Tipo de llegada	
	Duración del ciclo, seg	C
	Tempos verdes, seg	G
	Control preterrestrial o electrónico	P/A
	Pulsadores para peatones	S o N
Tempos verdes peatonal mínimo	G ₀	
Plan de fases		

Imagen 35. Datos para analizar los grupos de carriles. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

9.3. VALORES SUSTITUIDOS POR DEFECTO

Ocasionalmente algunos valores de campo no están disponibles, en tal caso se pueden utilizar valores sustitutos por omisión para algunas de las variables sin que los cálculos queden afectados seriamente.

Parámetro	Valor sustitutivo por omisión
Plazo peatonal sustitutivo	Plazo pt. reducida: 30 pds
Intersección, pds	Plazo pt. Motorizada: 200 pds Plazo pt. Intersección: 400 pds
Porcentaje de vehículos pesados, %	2%
Factor de hora punta, FHP	0.30
Inclinación	0%
Número de subidas, %	0 subidas / hora
Número de maniobras de estacionamiento, M	20 maniobras / hora (cuando exista estacionamiento)
Tipo de llegada	1

Imagen 36. Valores sustitutos por omisión a utilizar en el análisis de circulación. Manual de capacidad de carreteras, (HCM) 1985.

9.4. CALCULO DE LAS CONDICIONES GEOMETRICAS, DE TRAFICO, DE SEMAFORIZACIÓN.

9.4.1. CONDICIONES GEOMETRICAS

Tabla 4. Cálculo de las condiciones geométricas de las intersecciones semaforizadas.

INT	AVL - I B - AVRI O	FC - I B 1	FC - I B 2	FC - I B 2	AVL I B K 2 4	AVRI O - K4	AVRI O - K5	AVRI O - K1 9
N	2	2	2	2	2	2	2	2
Am	3.5	3.6	3.5	3.6	3.5	3.5	3.6	3.5
I %	0	0.5	0	1	0	0	0	0
M I o M D	N	N	N	N	N	No	No	No
L m	103	107	98	89	109	135	101	105
s/n	N	N	N	N	N	NO	NO	NO

9.4.2. CONDICIONES DE TRAFICO

Tabla 5. Cálculo de las condiciones de tráfico de las intersecciones semaforizadas.

INT	AVL I B - AVRI O	FC - I B 2	FC - I B 1	FC - I B 2	AVL I B K 2 4	AVRI O - K4	AVRI O - K5	AVRI O - K1 9
Q v/h	1879	2802	1530	1780	2504	2188	2129	2943
FHP	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.92	0.91	0.87
% VP	3	21	3	3	5	3	2	3.7
PTS	Reducido por hora	N	N	N	N	NO	NO	NO
Nb	36	25	27	19	21	8	14	12
Nm	N	N	N	N	N	NO	NO	NO
Ti p o de llegada s	3	2	2	2	3	3	3	3

9.4.3. CONDICIONES DE SEMAFORIZACIÓN

Tabla 6. Cálculo de las condiciones de semaforización de las intersecciones semaforizadas.

INT	AVL I B - AVRI O	FC - C2	FC - B1	FC - B2	AVL I B K 2 4	AVRI O - K4	AVRI O - K5	AVRI O - K1 9
N	2	2	2	2	2	2	2	2
Am	3.5	3.6	3.5	3.6	3.5	3.5	3.6	3.5
I %	0	0.5	0	1	0	0	0	0
M I o M D	N	N	N	N	N	No	No	No
L m	103	107	98	89	109	135	101	105
s/n	N	N	N	N	N	NO	NO	NO

	RI							
O								
C	14	14	10	10	14	13	13	10
s	0	0	0	0	0	0	0	0
e								
g								
G	50	40	40	40	40	50	40	40
s								
e								
g								
P	Pr	Pr	Pr	Pr	Pr	pr	pr	Pr
o	ed	ed	ed	ed	ed	ed	ed	ed
A	ete	ete	ete	ete	ete	ete	ete	ete
	rm	rm	rm	rm	rm	rm	rm	rm
	ina	ina	ina	ina	ina	ina	ina	ina
	do	do	do	do	do	do	do	do
S	N	N	N	N	N	N	N	N
o	O	O	O	O	O	O	O	O
N								
G	6	6	9	9	8	6	8	9
p								

9.4.4. MÓDULO DE AJUSTE DE VOLÚMENES

En el módulo de ajuste volúmenes se efectúan tres pasos importantes:

- Se transforman los volúmenes de los movimientos en intensidades para los 15 min punta de análisis.
- Se establecen los grupos de carriles a analizar.
- Se ajustan los flujos de los grupos de carriles.

A. AJUSTE DE VOLÚMENES PARA REFLEJAR LAS INTENSIDADES PUNTA

El proceso de cálculo inicial es la conversión de las demandas, dadas como volúmenes horarios, en intensidad del periodo de 15 min punta dentro de la hora.

$IP = Q / FHP$

Dónde:

- Ip: Intensidad durante el periodo punta de 15min, en veh/h.
- Q: Volumen horario, en veh/h.
- FHP: Factor de hora punta.

Imagen 37. Intensidad del Periodo Punta (HCM - 1985).

Tabla 7. Ajuste en volúmenes para reflejar las intensidades.

IN	A	F	F	F	A	AV	AV	AV
T	V	C	C	C	V	RI	RI	RI
	L	-	-	-	L	O-	O-	O-
	I	C	L	L	I	K4	K5	K1
	B	2	I	I	B			9
	-	2	B	B	K			
	A		1	2	2			
	V				4			
	R							
	I							
	O							
Q		2	1	1	2	218	212	294
=	1	8	5	7	5	8	9	3
v/	8	0	3	1	3			
h	7	2	0	8	4			
	9							
F	0.	0.	0.	0.	0.	0.9	0.9	0.8
H	9	9	9	9	9	2	1	7
P	5	4	3	1	0			
Ip	1	2	1	1	2	237	233	338
=	9	9	6	8	3	8	9	2
Q/	7	8	4	7	7			
F	7	0	5	7	8			
H								
P								
V/								
h								

B. DETERMINACIÓN DE LOS GRUPOS DE CARRILES

Se define como grupo de carriles a uno o más grupos de carriles de un acceso a una intersección que dan servicio a uno o más movimientos de tráfico, es pues necesario determinar los grupos de carriles apropiados. Las siguientes consideraciones podrían ser usadas:

- Todo carril o carriles para giro a la izquierda o derecha exclusivo deben

asignarse como grupo de carriles separado.

- Cuando en un acceso con más de un carril existe uno que puede utilizarse tanto por vehículos que giran a la izquierda como por vehículos de paso, es necesario determinar si las condiciones existentes permitan el que exista un equilibrio, o si existen tal cantidad de giros a la izquierda que el carril funciona esencialmente como un carril exclusivo de giro a la izquierda. Se puede determinar mediante:

$$IIE = II \times 1800 / (1400 - IO)$$

Dónde:

- IIE: Intensidad aproximada equivalente de giros a la izquierda, en veh/h.
- II: Intensidad real del giro a la izquierda, en veh/h.
- IO: Intensidad del tráfico total en sentido opuesto en veh/h.

Imagen 38. Intensidad equivalente de giros a la izquierda.

Tabla 8. Determinación de los grupos de carriles.

INT	AVL - IBI - AVRIO	FC - IBI	FC - LIB	FC - LIB	AVL - IBI - K4	AVRI - O - K5	AVRI - O - K19	
II V/h	179	181	234	232	332	226	191	331
IO V/h	500	509	580	820	1256	729	488	772
II E V/h	358	406	513	720	890	606	376	948

C. AJUSTE POR LA DISTRIBUCIÓN ENTRE CARRILES

Hasta este punto se han ajustado los volúmenes de los movimientos transformándoles en intensidades de los 15 min punta, y se han definido los grupos de carriles analizados.

$$I = Ig \times U$$

Dónde:

- I: Intensidad de demanda ajustada del grupo de carriles, en veh/h.
- U: Factor de utilización de carril.
- Ig: Intensidad de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en veh/h.

Imagen 39. Intensidad de la demanda ajustada del grupo de carriles. (HCG - 1985).

Tabla 9. Ajustes por la distribución entre carriles.

INT	AVL - IBI - AVRIO	FC - IBI	FC - LIB	FC - LIB	AVL - IBI - K4	AVRI - O - K5	AVRI - O - K19	
Ig V/h	1879	2802	1530	1718	2534	2188	2129	2943
U (tabla 7)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
I V/h	2066	3082	1683	1889	2777	2406	2341	3237

El factor de utilización de carril solo se utiliza cuando se desea analizar al peor o los dos peores carriles de un grupo de carriles.

Tabla 10. Factores de utilización de carril.

FACTORES DE UTILIZACIÓN DE CARRIL	FACTOR UTILIZACIÓN
Nº DE CARRILES CON MOVIMIENTO EN RECTO EN EL GRUPO (EXCLUYENDO LOS CARRILES UTILIZADOS POR LOS VEHÍCULOS QUE GIRAN A LA IZQUIERDA)	
1	1,00
2	1,05
3	1,10

9.4.5. MÓDULO DE INTENSIDADES DE SATURACIÓN

La tasa de flujo de saturación se define como la tasa máxima de flujo, en un acceso que puede pasar a través de la intersección bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y la calle, suponiendo que dicho acceso tiene el 100% del tiempo disponible como verde efectivo. La intensidad de saturación es el flujo en vehículos por hora, al que puede dar servicio el grupo de carriles, asumiendo que la fase de verde este siempre disponible para ese acceso, es decir que la relación de verde (g/C), es 1,00.

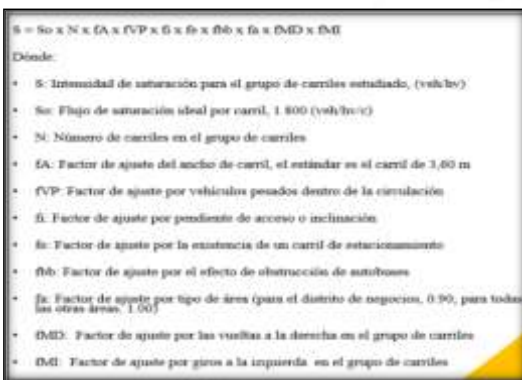


Imagen 40. Intensidad de saturación para grupos de carriles estudiados. (HCG - 1985).

Tabla 11. Módulos de intensidades de saturación.

INT	AVL IB - A V R I O	FC - C 2 2	FC - L I B 1	FC - L I B 2	AVL I B K 2 4	AVRI O- K4	AVRI O- K5	AVRI O- K1 9
So = 1800 (V/hv/c)	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
N	8	8	8	8	8	8	8	8
fA = 3,60 m (tabla 7)	1	1	1	1	1	1	1	1
fVP (tabla 08)	0.988	0.989	0.988	0.987	0.985	0.988	0.989	0.988
fi (tabla 09)	1	1	1	1	1	1	1	1
fe (tabla 10)	1	1	1	1	1	1	1	1
fb (tabla 11)	0.999	0.999	0.999	0.996	0.999	0.997	0.996	0.997
fa (tabla 12)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

fM D (ta bla s 13 y 14)	0. 9 7	0. 9 4	0. 9 7	0. 9 1	0. 9 4	0.9 4	0.9 4	0.9 7
fM I a (ta bla 15)	0. 9 2	0. 9 2	0. 8 8	0. 9 2	0. 8 8	0.9 2	0.8 3	0.8 8
S (V/ hv)	1 1 2 2 0	9 6 7 5	1 0 7 3 2	1 0 1 0 3	1 0 4 5 4	10 65 4	96 09	10 51 6

9.4.6. FACTORES DE AJUSTE

El uso de los factores de ajuste considera el impacto de una o varias condiciones prevalecientes que son diferentes de las condiciones ideales para los cuales la tasa de flujo de saturación ideal aplica.

A) FACTOR DE AJUSTE POR ANCHO DE CARRIL

El factor de ajuste por ancho de carril (f_A); considera el impacto perjudicial de vías estrechas sobre la tasa de flujo de saturación y permite un incremento de flujo sobre vías anchas. 3,60 metros como ancho estándar.

Anchura de carril (m)	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50	4,80
Factor de ajuste, f_A	0,87	0,90	0,93	0,97	1,00	1,03	1,07	1,10	2
	Pase a carriles								

Imagen 41. Factor de ajuste por ancho de carril. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

B) FACTOR DE AJUSTE DE LOS VEHÍCULOS PESADOS Y PENDIENTES

Estos factores reconocen que los vehículos que transitan son afectados por la pendiente de la vía y los vehículos pesados que transitan en ella. El factor de vehículos pesados (f_{VP}) considera el espacio adicional ocupado por esos vehículos, y sus diferentes capacidades operativas en relación con los otros vehículos ligeros. El factor de pendiente (f_i) considera el efecto de la pendiente en todos los vehículos.

Porcentaje de vehículos pesados, %VP	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30
Factor de ajuste, f_{VP}	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87

Imagen 42. Factor de ajustes de vehículos pesados. Manual de capacidad de carreteras, (HCM) 1985.

	Bajada		A nivel		Subida		
Inclinación, %	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6
Factor de ajuste, f_i	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97

Imagen 43. Factor de ajuste por inclinación de la rasante. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

C) FACTOR DE ESTACIONAMIENTO

El factor de ajuste por estacionamiento (f_e), tiene en cuenta el efecto de fricción que ejerce el carril de estacionamiento sobre el flujo de los carriles adyacentes, así como los bloqueos ocasionales de la vía adyacente por los vehículos en movimiento dentro y fuera de los espacios de estacionamiento (hasta una distancia de 70 m de la línea de parada de la intersección).

N° de carriles en grupo	Sin estacionamiento	N° de maniobras de estacionamiento por hora, N_s				
		0	10	20	30	40
1	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
2	1,00	0,95	0,92	0,88	0,87	0,85
3	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89

Imagen 44. Factor de ajuste por estacionamiento. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

D) ACTOR DE BLOQUEO DE AUTOBUSES

El factor de ajuste de bloqueo por transporte público (fbb), considera el impacto del tránsito local de ómnibus que paran para descargar y carga de pasajeros dentro de una distancia de 70 m de la línea de parada (anterior o posterior a la intersección).

N° de carriles en grupo	Número de autobuses que paran por hora, N_p				
	0	10	20	30	40
1	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83
2	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92
3	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94

Imagen 45. Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

E) FACTOR DE AJUSTE POR TIPO DE ÁREA

El factor de ajuste por tipo de área (fa), considera la relativa ineficiencia de la intersección dentro de un área de negocios en comparación con otras zonas, principalmente por la complejidad y congestión general en las cercanías de la zona de negocios o comercial.

Tipo de zona	Factor f_a
Centro urbano	0,90
Otras zonas	1,00

Imagen 46. Factor de ajuste por tipo de área. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

F) FACTOR DE AJUSTE POR GIRO A LA DERECHA

La característica más importante del factor de giro es la manera en la cual los volteos son acomodados en la intersección.

El factor de ajuste de giro a la derecha (fMD), depende de un número de variables, las cuales incluyen:

- Los giros a la derecha son hechos desde un carril exclusivo o compartido.
- El volumen de peatones que utiliza el paso peatonal.
- La proporción de giros a la derecha que utiliza un carril compartido.
- Tipos de fases de señal (protegida, permitida, protegida más permitida), una fase protegida de giro a la derecha no tiene conflicto con movimientos peatonales y una fase permitida tiene conflicto con movimientos de peatones.
- Proporción de giros a la derecha usando la porción protegida de una fase protegida más permitida.

Este último aspecto debe determinarse en observaciones de campo, pero una estimación puede ser hecha desde el tiempo del semáforo, asumiendo que la proporción del vehículo que gira hacia la derecha que usa la fase protegida es aproximadamente igual a la proporción de la fase de giro (PMD) que es protegida.

Caso	Tipo de grupo de carriles	Factor de giro a la derecha, f_{MD}						
		$f_{MD} = 1,0 - P_{MD} [0,15 + (P/2 \cdot 100)]$						
		$f_{MD} = 0,05$ (mínimo)						
		N° de peatones	Propuesta de MD en el grupo de carriles, P_{MD}					
		Conflicto. (P)	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
5	Carril para MD compartido: Fase permitida	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,84	0,85
		50(Bajo)	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83
		100	1,00	0,96	0,92	0,88	0,86	0,80
		200(Mod)	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		400(Alto)	1,00	0,93	0,86	0,80	0,73	0,66
		600	1,00	0,91	0,83	0,74	0,65	0,56
		800	1,00	0,89	0,79	0,68	0,58	0,47
		1000	1,00	0,87	0,75	0,62	0,50	0,37
		1400	1,00	0,84	0,67	0,51	0,35	0,18
		≥1700	1,00	0,81	0,62	0,42	0,23	0,05

Imagen 47. Factor de ajustes por giro a la derecha. Manual de capacidad de carreteras, (HCM) 1985.

		Factor de giro a la derecha, f_{gd}						
Tipo de grupo de carriles		$f_{gd} = 1,0 - P_{MD} (0,15 + (P/2 - 100)(1 - P_{MD}))$						
		$f_{gd} = 0,05$ (mínimo)						
Caso	Prop. de MD que utiliza fase protegida por día P_{MDA}	Nº de peatones Conflicto. (pt)	Prop. de MD en el grupo de carriles, P_{MD}					
			0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00

Imagen 48. Factor de ajuste por giro a la derecha (continua). Manual de capacidad de carreteras, 1985.

G) FACTOR DE AJUSTE POR GIRO A LA IZQUIERDA

El factor de ajuste de giro a la izquierda (fMI), está basado en un número de variables similares a los de giro a la derecha, las cuales incluyen:

- Los giros la izquierda son efectuados desde carriles exclusivos o compartidos.
- Tipos de fases (protegida, permitida o protegida más permitida).
- Proporción de vehículos que voltean a la izquierda usando un grupo de vías compartidas.
- El flujo en el sentido opuesto cuando los giros son hechos en fases permitidas.

El factor de ajuste de volteo a la izquierda es 1,0, si el grupo de vías no incluye ningún volteo a la izquierda. Cuando el volteo a la izquierda no se opone en ningún momento a un flujo de vehículos que circulan en sentido contrario, pero encuentra conflicto con movimiento peatonal, los volteos a la izquierda podrían ser tratados usando el factor de ajuste para procedimientos de volteo a la derecha.

Caso	Tipo de grupo de carriles	Factor de giro a la izquierda, f_{gl}						
4	Carril compartido MI: Fase protegida	$f_{gl} = 1,0 (1,0 + 0,05 P_{MI})$						
		Prop. De MI en carril P_{MI}						
		0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	
		Factor						
		1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	
6	Carril compartido MI: Fase protegida y compartida	$f_{gl} = 1400 - Q_o ((1400 - Q_o) + (235 + 0,435Q_o) P_{MI})$						
		$Q_o \leq 1220$ veh/h						
		$f_{gl} = 1 / (1 + 4525 P_{MI})$; $Q_o > 1220$ veh/h						
		Volumen sentido opuesto, Q_o		Propuesta de giros a la izquierda, P_{MI}				
			0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,86
		200	1,00	0,95	0,90	0,86	0,82	0,78
		400	1,00	0,92	0,85	0,80	0,75	0,70
		600	1,00	0,88	0,79	0,72	0,66	0,61
		800	1,00	0,83	0,71	0,62	0,55	0,49
		1000	1,00	0,74	0,58	0,48	0,41	0,36
		1200	1,00	0,55	0,38	0,29	0,24	0,20
		≥ 1220	1,00	0,52	0,36	0,27	0,22	0,18

Imagen 49. Factor de ajuste por giro a la izquierda. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

9.4.7. CASO ESPECIAL: FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA IZQUIERDA CUANDO EXISTEN FASES PERMITIDAS

Cuando un grupo de carriles tiene giros a la izquierda permitidos, el factor de ajuste por giro a la izquierda debe calcularse por medio de una serie de ecuaciones, las cuales tratan de combinar el efecto de los flujos en estado de equilibrio al que llegan después de interaccionar los vehículos que giran a la izquierda (MI), los que van de frente (MF) y los que vienen en sentido opuesto.

9.4.8. MÓDULO DE ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD

En el módulo de análisis de la capacidad se utilizan los resultados de cálculo de los módulos anteriores para obtener las variables básicas de la capacidad, las cuales son.

- Relación de intensidades de cada grupo de carriles.

- Relación intensidad - capacidad (I/c) de cada grupo de carriles
- Capacidad de cada grupo de carriles.
- Relación intensidad- capacidad (I/c) de la intersección completa.

A) RELACIÓN DE INTENSIDADES DE CADA GRUPO DE CARRILES

Se calculan dividiendo el volumen o intensidad de demanda ajustado (I), calculado mediante el módulo de ajuste de volúmenes, entre la intensidad de saturación ajustada (S), calculado en el módulo de intensidades de saturación.

Tabla 12. Cálculo de la relación de intensidades de cada grupo de carril.

INT	AVL - I B - AVRI O	FC - C 2 2	FC - L I B 1	FC - L I B 2	AVL - I B K 2 4	AVRI - O - K4	AVRI - O - K5	AVRI - O - K1 9
I	2066	3082	1683	1889	278	2406	2341	3237
S	1120	9675	1073	1013	1045	1065	9609	10516
Relación Inten sid	0.184	0.311	0.156	0.186	0.222	0.222	0.244	0.300

B) CAPACIDAD DE CADA GRUPO DE CARRILES

$ci = Si \times (g / C).$

Dónde:

- Ci: Capacidad del grupo de carriles, veh/h
- Si: Intensidad de saturación para el flujo de carriles estudiado, veh/hv.
- G: Tiempo verde efectivo, seg.
- C: duración del ciclo, seg.

Imagen 50. Capacidad de grupo de carriles. (HCM – 1985).

Tabla 13. Cálculo de capacidad en cada grupo de carriles.

INT	AVL - I B - AVRI O	FC - C 2 2	FC - L I B 1	FC - L I B 2	AVL - I B K 24	AVRI - O - K4	AVRI - O - K5	AVRI - O - K1 9
Si V/hv	1120	9675	1072	1073	1045	1065	9609	10516
Cseg	140	140	100	100	140	130	130	100
gseg	50	40	40	40	40	50	40	40
ci V/h	407	387	4292	4041	2986	4097	2956	4206

C) RELACIÓN I/C DE CADA GRUPO DE CARRILES

$X_i = I_t / c_i$

Dónde:

- X_i : Relación I/c de cada grupo de carriles.
- I_t : Flujos ajustados.
- C_i : Capacidad del grupo de carriles, veh/h.

Imagen 51. Relación I/c en cada grupo de carriles. (HCG -1985).

Tabla 14. Cálculo de la relación I/c de cada grupo de carriles.

INT	AVL IB - AVR IO	FC - 2 2	FC - 1 1	FC - 1 2	AVL IB K 2 4	AVR O- K4	AVR O- K5	AVR O- K1 9
I_t	2066	3082	1683	1889	20787	2406	2341	3237
c_i	407	380	4292	4041	2096	4097	2956	4206
X_i	0.51	0.79	0.392	0.467	0.93	0.58	0.79	0.76

D) RELACIÓN CRÍTICA I/C DE LA INTERSECCIÓN COMPLETA

$X_c = \sum (I / S) c_i x [C / (C - L)]$

Dónde:

- I/S : Relación de intensidades de cada grupo de carriles.
- C : Duración del ciclo, seg.

Imagen 52. Relación crítica I/c de la intersección completa. (HCM 1985).

Esta relación indica la proporción de la capacidad disponible utilizada por los

vehículos de los grupos de carriles críticos. Si esta relación es superior a 1,00, querrá decir que uno o más grupos de carriles críticos estarán sobresaturados.

9.4.9. MÓDULO DE ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO

En el módulo de nivel de servicio, se estima para el grupo de carriles, la demora media en parada por vehículo, así como la media para cada acceso y para la intersección completa.

Ti de semáforo	Tipos de grupos de carriles	Relación I/c de X	Tipo de llegada				
			1	2	3	4	5
Predeterminado	MR, MD	≈ 0,6	1,85	1,35	1,00	0,72	0,53
		0,8	1,50	1,22	1,00	0,82	0,67
		1,0	1,40	1,18	1,00	0,90	0,82
Accionado	MR, MD	≈ 0,6	1,54	1,08	0,85	0,62	0,40
		0,8	1,25	0,98	0,85	0,71	0,50
		1,0	1,16	0,94	0,85	0,78	0,61
Semiacionado	Calle principal MR, MD	≈ 0,6	1,85	1,35	1,00	0,72	0,42
		0,8	1,50	1,22	1,00	0,82	0,53
		1,0	1,40	1,18	1,00	0,90	0,65
Semiacionado	Calle secundaria MR, MD	≈ 0,6	1,48	1,18	1,00	0,86	0,70
		0,8	1,20	1,07	1,00	0,98	0,89
		1,0	1,12	1,04	1,00	1,00	1,00
Todos MI		Todos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Imagen 53. Factor de ajuste por progresión. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

A) AGREGACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE DEMORA

El procedimiento de la estimación de la demora proporciona la demora media de parada por vehículo para cada grupo de carriles. Es deseable agregar estos valores para conseguir la demora media del acceso a la intersección y la de la intersección completa.

$d_A = \sum d_i I_i / \sum I_i$

Dónde:

- d_A : Demora del acceso A, seg/veh.
- d_i : Demora para el grupo de carriles i, seg/veh.
- I_i : Flujo ajustado para el grupo de carriles i, veh/h.

Imagen 54. Demora del acceso A. (HCM - 1985).

Tabla 15. Cálculo de las estimaciones de demora.

INT	AV LI B - A V R I O	F C - C 22	F C- LI B 1	FC - LI B2	AV LI B K2 4	AV RI O- K4	AV RI O- K5	AV R I O - K 19
dA 1 seg/vh	9	12	18	8	10	11	12	12
dA 2 seg/vh	12	11	12	9	11	12	13	14
dA 3 seg/vh	14	10	11	9	12	9	10	16
dA 4 seg/vh	12	14		12	6	11	12	11
1 IA	57 1	76 3	58 2	Na	713	729	463	60 3
2 IA	32 5	58 5	58 0	409	247	415	488	77 2
3 IA	48 3	59 9	36 5	820	125 6	649	721	90 0
4 IA	50 0	65 5	na	489	318	402	457	66 8
IA	18 79	26 02	15 27	171 8	253 4	219 5	212 9	29 43
Demo ra seg/vh	11 .6	11 .8	14	9.8	10. 5	10. 5	11. 5	13 .5 2

$$dI = \frac{\sum dA IA}{\sum IA}$$

Dónde:

- dI: Demora media por vehículo para intersección, seg/veh.
- dA: Demora del acceso A, seg/veh.
- IA: Flujo ajustado para el acceso A, veh/h.

Imagen 55. Demora media por vehículo para una intersección. (HCM - 1985).

B) DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio de la intersección está directamente relacionado con la demora media en parada por vehículo.

Nivel de Servicio	de Demora por parada por vehículo (seg.)
A	≤ 5.0
B	5.1 a 15.0
C	15.1 a 25.0
D	25.1 a 40.0
E	40.1 a 60.0
F	> 60.0

Imagen 56. Criterios de niveles de servicio para intersecciones semaforizadas. Manual de capacidad de carreteras, 1985.

Tabla 16. Cálculo del nivel de servicio.

INT	AV L I B - A V R I O	F C - C 22	F C- L I B 1	F C - L I B 2	AV L I B K4	AV RI O- K5	AV RI O- K5	AV RI O- K19
D p	1 1. 6	1 1. 8	14	9. 8	1 0. 5	10. 5	11. 5	13. 52
N S	B	B	B	B	B	B	B	B

10. CONCLUSIÓN

De lo señalado anteriormente se puede concluir que las 8 intersecciones analizadas en la Ciudad de Santa Marta presentan tipo de llegada # 2 y 3. También se puede determinar que las intersecciones presentan un nivel de servicio tipo B, y que las demoras por vehículos varían de acuerdo con la intersección donde se presente.

Es importante resaltar que los estudios realizados en las intersecciones señaladas anteriormente ayudan a determinar los factores de seguridad y nivel de servicio que se presenta en las intersecciones semaforizadas, con la finalidad de calcular y estudiar los métodos que implementa el HCM para llevar a cabo los procedimientos necesarios que mejoren la calidad del servicio presente en cada semáforo presentado en la ciudad.

11. FORMULAR PROPUESTAS DE MEJORA DE LA RED DE SEMÁFOROS DE SANTA MARTA.

Se propone en primer lugar desarrollar medidas a corto plazo, en las cuales, se generen charlas de concientización por parte de los entes gubernamentales encargados hacia los peatones y conductores de los diferentes tipo de vehículos que transitan y realizando campañas dentro de las zonas de semaforización utilizando diferentes tipos de publicidad y elementos didácticos, para que velen por el cumplimiento de las normas de tránsito, ya que, dentro de las zonas de estudio observamos muchas imprudencias.

Como medidas a largo plazo se deben implementar mejoras tanto en la malla vial, en los sistemas de semaforización y en las señales de tránsito, dado que, existe un desgaste en la infraestructura vial y falta de señales de tránsitos, ocasionando que los vehículos se estacionen en la vía ocupando espacios que favorecerían la distribución del tránsito.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ayala, J. M. (2014). *“Estimación del flujo de saturación en intersecciones semaforizadas seleccionadas de la ciudad de México”*. Ciudad de México.

Board, T. R. (1985). *Manual de Capacidad de Carretera*. Washington D.C: Dirección General de Carreteras del MOPU, Área de Tecnología.

Colombia, M. d. (2004). *Manual de Señalización Vial. Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo-rutas de Colombia*. Bogotá, CUND.

D.C), M. (s.f.). *ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE TRÁNSITO PARA EL PLAN PARCIAL TRIÁNGULO BAVARIA. EN LA LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA. Bogota Colombia: Versión 1.0*. Bogota Colombia.

Daniella Rodríguez Urrego, V. G. (2017). *Análisis vehicular en la carrera 7 de Bogotá D.C. Intersección de estudio carrera 7 x calle 116. Barranquilla - Atlantico .*

DIANA CAROLINA RAMIREZ PRADO, J. A. (2015). *PROGRAMACIÓN SEMAFORAL PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO PEATONAL EN LA INTERSECCIÓN DE LA Av CARACAS CON CI 13 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. .* Bogota Colombia .

- González-Fernández, H. Z.-M.-G. (2008). *ANÁLISIS DE LA CIRCULACIÓN EN LA INTERSECCIÓN CARRETERA CENTRAL-AVENIDA DE LAS AMÉRICAS*. Santiago de Cuba, Cuba.
- GUEVARA, J. W. (2016). *PLANTEAMIENTO DE SOLUCIÓN A LA CONGESTION VEHICULAR EN LA INTERSECCION DE LACALLE 53 CON AV. CARACAS, BOGOTÁ D.C. . BOGOTÁ D.C. .*
- Hernández, F. M. (2019). “*Sistema de Semáforos Inteligentes para el Control de Tráfico Vehicular*” . Cd. Nezahualcóyotl, México.
- LEIVA, C. I. (2015). *CATASTRO DE LOS CRUCES SEMAFORIZADOS DE LA CIUDAD DE VALDIVIA Y PROYECTOS DE NORMALIZACIÓN DE SEMÁFOROS EJE PICARTE. VALDIVIA – CHILE.*
- Madrid, A. d. (2000). *FICHA 5.2 Intersecciones semaforizadas. En Instrucción de vía pública. Madrid. Madrid.*
- Magda Rojas Ramirez, E. C. (s.f.). *Proyecto de analisis de intersecciones semaforizadas para el distrito de Santa Marta (Magdalena). Bogotá Colombia .*
- Nancy Alejandra Cáceres Cárdenas, N. D. (s.f.). *CARACTERIZACIÓN, MODELACIÓN Y DISEÑO DE INTERSECCIONES.*
- Paraguay, M. d. (2011). *Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. . En Normas para Señalización y Seguridad Vial (págs. 1ra Edición - Tomo 5 - Volumen II.). Paraguay.*
- PARRADO, C. M. (2017). *ESTUDIO DE INTERSECCION SEMAFORIZADA ENTRE CALLE 15 Y CARRERA 45. . VILLAVICENCIO-META.*
- Peña Lindarte, R. J. ((2010-04-01)). *Análisis de los factores de ajuste por utilización de carril en intersecciones semaforizadas de Bogotá D.C. Bogotá D.C.*
- Pinto, Y. Y. (2021). *Analisis de Intersecciones Semaforizadas: Comparativo de Metodologías y Efectos en el Transito de la Ciudad de Santa Marta. Santa Marta - Magdalena.*
- Plaza, F. G. ((Octubre, 2018)). *ANÁLISIS Y MEJORA DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS EN MURCIA MEDIANTE EL CONTROL SEMAFÓRICO ACTUADO POR VEHÍCULOS. CARTAGENA. (ESPAÑA).*
- Santo, Á. G. (2015). “*Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de las intersecciones con mayor demanda en la ciudad de Azogues*”. Ciudad de Azogues.
- Tarriba, N. R. (2018). *ANALISIS DE CAUSALIDAD DE CONGESTIÓN VEHICULAR DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA. SANTA MARTA.*