



Entre 2012 y 2016, el gobierno de la Bogotá Humana, implementó el Sistema integrado de Transporte Público de Bogotá - SITP, razón por la cual, la mayor parte de los buses que operaban el sistema urbano, dejaron de prestar el servicio; pese a esto, en Fontibón siguen circulando como buses de SITP provisional, pues ha habido problemas con la implementación de este servicio en su totalidad. Como operadores del sistema SITP en la localidad, se encuentra el concesionario Coobus S.A.S y Este es Mi Bus S.A.S., contando con las rutas que se muestran a continuación:

Figura 27. Rutas SITP que circulan en la localidad de Fontibón.

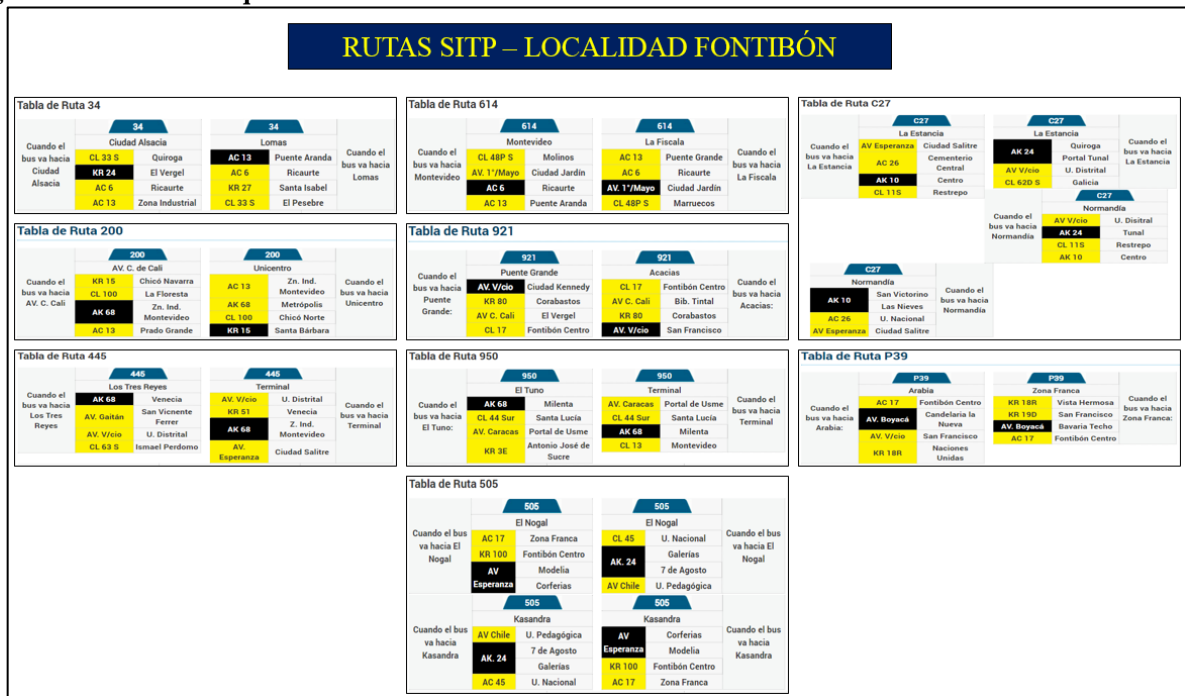


Figura 27. Tomado de <http://www.sitp.gov.co/>

Pese a todos los problemas que se han venido presentando con la implementación de este sistema en la localidad de Fontibón, las nueve (9) rutas SITP que se encuentran operando actualmente sobre los corredores de la malla vial arterial e intermedia, brindan buena conexión hacia los diferentes sectores de Bogotá; sin embargo, la congestión que se

genera en las horas pico sobre las vías principales de la ciudad, no permiten que el sistema de transporte público opere con éxito, pues la mayor parte de viajes que requieren grandes recorridos, emplean entre 1 y 2 horas. Además, a menudo se presentan conflictos con la comunidad relacionados con la sobredemanda del sistema, las bajas frecuencias de las rutas de transporte, los altos índices de accidentalidad y por la manera en que algunos operarios prestan el servicio.

## 9 Información primaria tomada en campo y recolección de información secundaria

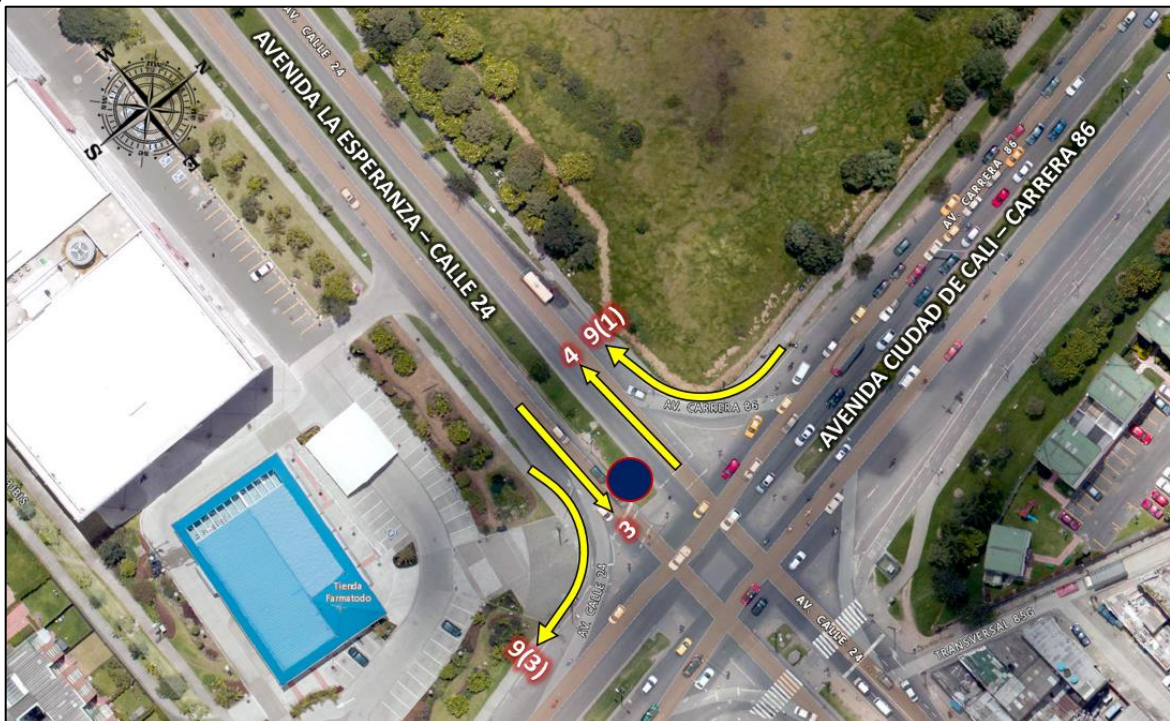
### 9.1 Programación de aforos vehiculares

Con el fin de caracterizar el comportamiento del tránsito motorizado de los segmentos viales objeto de estudio, se programaron aforos (conteo manual de vehículos) durante 12 horas continuas, en periodos de 15 minutos. Por lo general, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico, como los martes, miércoles y jueves, lo cual se relaciona con el horario laboral de las personas en la zona, ya que usualmente, en las oficinas no se labora los fines de semana, y no hay jornada académica en los Colegios, por tal motivo se espera que el tránsito vehicular sea mayor en el día típico.

Teniendo en cuenta que la programación de los aforos vehiculares debía hacerse en un día típico, por ser de mayor demanda, la programación a las intersecciones principales se hizo el día martes 13 de Noviembre de 2018, entre las 06:00 – 18:00, evaluando la totalidad de movimientos que se presentan en cada una de las intersecciones con base a la nomenclatura de movimientos vehiculares RILSA; mientras que la programación de aforos a las intersecciones secundarias se realizó con el conocimiento previo de la hora de máxima demanda HMD. El aforo se programó para el día martes 20 de noviembre de 2018 entre las 05:45 – 08:45, pues la idea es evaluar el comportamiento del tránsito en la hora previa y después a la de mayor demanda, además de cubrir todos los flujos vehiculares que derivan sobre el corredor objeto de estudio (La Avenida La Esperanza).

A continuación, en las siguientes figuras se muestran los esquemas en donde se detalla el punto de aforo y los movimientos vehiculares evaluados para cada intersección (Av. Cl 24 X Av. Kr 86, Av. Cl 24 X Tv 94, Av. Cl 24 X Av. Kr 97, Av. Cl 24 entre Tv 95A y Kr 96H – retornos para giros izquierdos, Dg 23K X Kr 96H y Kr 96K X Dg 23K).

**Figura 28. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Av. Cl 24 X Av. Kr 86.**



**Figura 28.** Adaptado de Mapas Bogotá.

Figura 29. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Av. Cl 24 X Tv 94.

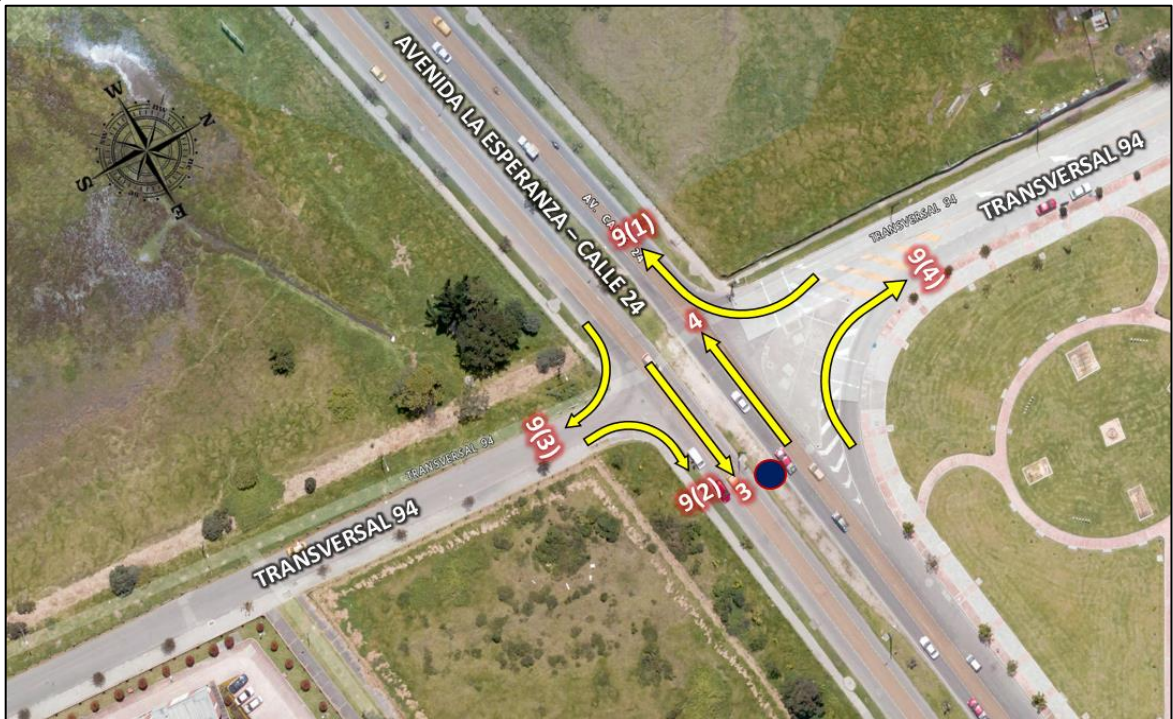


Figura 29. Adaptado de Mapas Bogotá.

Figura 30. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Av. Cl 24 X Av. Kr 97.

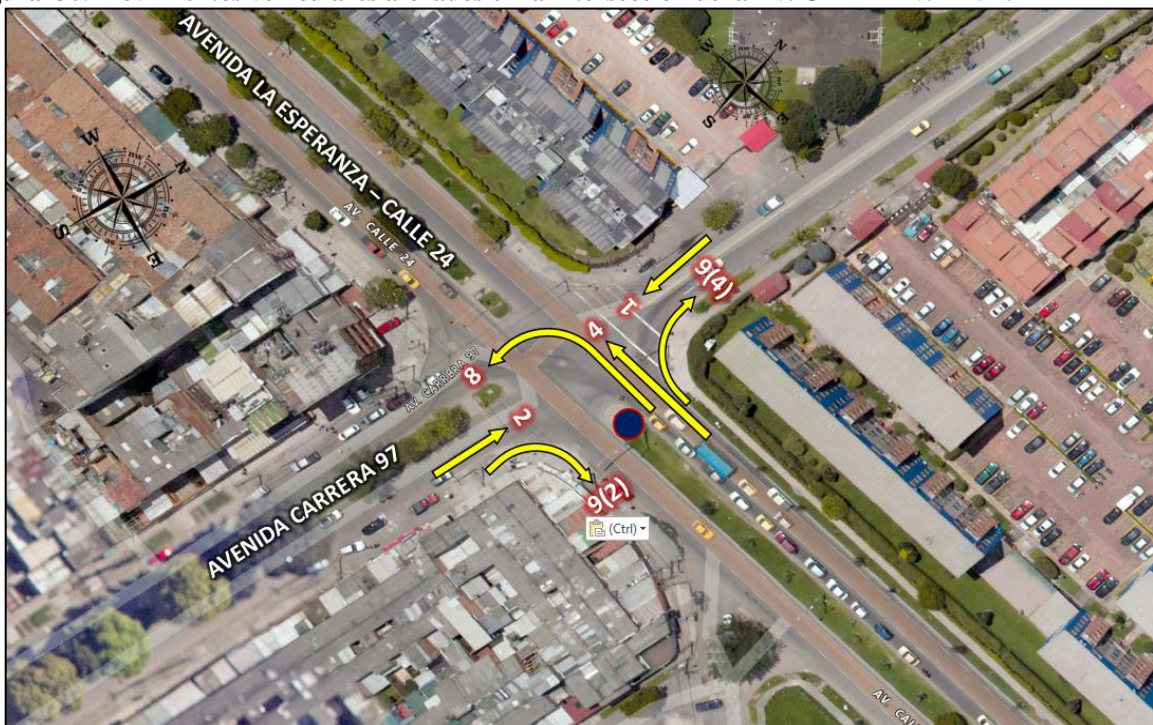


Figura 30. Adaptado de Mapas Bogotá.

Figura 31. Movimientos vehiculares aforados sobre la Av. Cl 24 entre Tv 95A y Kr 96H.



Figura 31. Adaptado de Mapas Bogotá.

Figura 32. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Dg 23K X Kr 96H.



Figura 32. Adaptado de Mapas Bogotá.

**Figura 33. Movimientos vehiculares aforados en la intersección de la Kr 96K X Dg 23K.**



**Figura 33.** Adaptado de Mapas Bogotá.

## 9.2 Estación maestra

Para la obtención de la información secundaria se tomó como referencia la estación maestra AK 86 x AC 17 (M.A.), proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad, la cual muestra el comportamiento vehicular de la zona. La fecha de los datos obtenidos por esta estación corresponde al 27 de abril de 2017.

La estación más cercana se localiza en la localidad de Fontibón, en la intersección de la Avenida Carrera 86 con Avenida Calle 17, esta se hizo en dos periodos que completan un total de 18 horas del día 24/04/2017 entre las 5:00 y las 14:00, y entre las 14:00 y las 23:00.

Figura 34. Esquema Intersección AK 86 X AC 17.

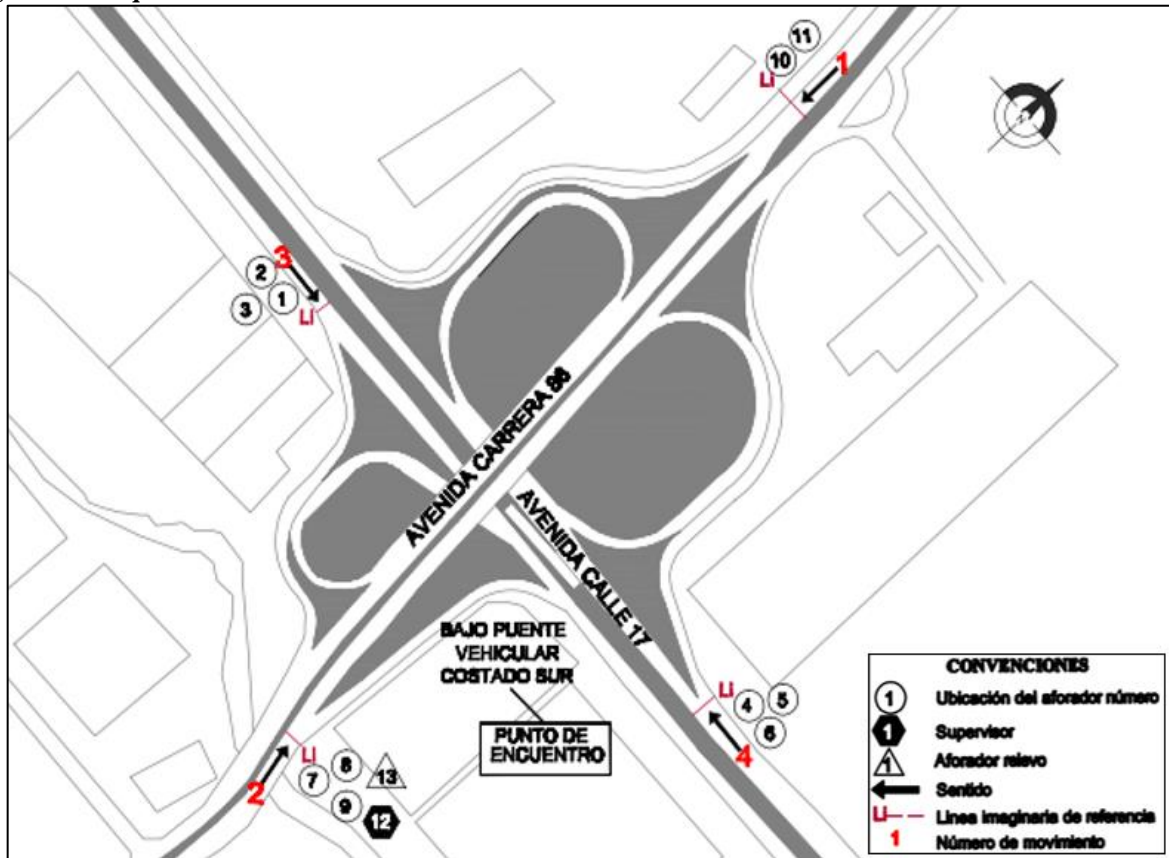


Figura 34. Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

La descripción general de la toma de información en campo, se menciona en el siguiente cuadro:



**Figura 35. Toma de Información Estación Maestra por Acceso.**



**Figura 35.** Información proporcionada por la Secretaría Distrital de Movilidad.

### 9.2.1 Resultados horarios y totales de la Estación Maestra

A continuación, se muestra en el Cuadro 6 los resultados de la toma de información por periodo, por sentido y por tipo de vehículo para la hora de máxima demanda en la estación maestra; mientras que el Cuadro 7 muestra los resultados totales para las 18 horas de aforo.

**Cuadro 6. Resultados de la HMD en sus tres periodos de evaluación – estación AK 86 X AC 17.**

ACCESO	MOVIMIENTO	LIVIANOS, MOTOCICLETAS Y BICICLETAS			TPC			TPM			ESPECIALES	INTERMUNICIPALES	CAMIONES					MIXTOS	EQUIVALENTES	FHP
		L	M	BIC	C	BT	B	AL	AT	BA			C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5			
NORTE	N-S L	1387	778	103	29	13	58	11	0	0	101	2	153	28	15	10	6	2694	2765	0.92
SUR	S-N L	1786	2170	158	133	22	151	0	0	0	91	17	38	79	32	41	2	4720	4226	0.91
OCCIDENTE	W-E L	987	976	101	124	20	60	0	0	0	56	212	301	56	53	44	29	3019	3658	0.88
ORIENTE	E-W L	1272	944	111	70	19	69	0	0	0	145	216	98	58	22	14	44	3082	3406	0.96
<b>TOTAL PERIODO 1</b>		5432	4868	473	356	74	338	11	0	0	393	447	590	221	122	109	81	13515	14055	0.92
<b>HMD 06:15-07:15</b>																				
<b>COMPOSICION</b>		50.42%	45.19%	4.39%	46.35%	9.64%	44.01%	100.00%	0.00%	0.00%	2.91%	3.31%	52.54%	19.68%	10.86%	9.71%	7.21%	100.00%		
NORTE	N-S L	1283	715	46	35	3	49	6	0	0	140	2	195	52	49	4	19	2500	2903	0.92
SUR	S-N L	1579	650	49	82	24	122	9	1	1	91	16	154	123	59	41	45	3046	3667	0.96
OCCIDENTE	W-E L	1268	781	64	113	9	51	0	0	0	77	179	186	219	77	53	98	3175	4119	0.94
ORIENTE	E-W L	1357	529	24	61	11	48	0	0	0	108	158	164	94	62	49	43	2706	3428	0.97
<b>TOTAL PERIODO 2</b>		5467	2675	185	291	47	270	15	1	1	416	353	699	488	247	147	205	11507	14117	0.98
<b>HMD 15:45-16:45</b>																				
<b>COMPOSICION</b>		65.65%	32.12%	2.22%	47.86%	7.73%	44.41%	88.24%	5.88%	5.88%	3.62%	3.07%	39.14%	27.32%	13.83%	8.23%	11.48%	100.00%		
NORTE	N-S L	1554	1380	224	31	16	63	11	0	0	121	0	189	49	37	13	26	3714	3580	0.95
SUR	S-N L	1471	890	97	80	23	114	8	0	0	25	15	149	53	35	25	34	3019	3215	0.95
OCCIDENTE	W-E L	1368	1106	177	106	17	61	0	1	0	78	177	123	224	51	55	97	3641	4230	0.89
ORIENTE	E-W L	1797	977	102	71	18	43	0	0	0	60	176	214	68	57	30	37	3650	4068	0.94
<b>TOTAL PERIODO 3</b>		6190	4353	600	288	74	281	19	1	0	284	368	675	394	180	123	194	14024	15093	0.95
<b>HMD 17:00-18:00</b>																				
<b>COMPOSICION</b>		55.55%	39.06%	5.38%	44.79%	11.51%	43.70%	95.00%	0.00%	2.03%	2.62%	43.10%	25.16%	11.49%	7.85%	12.39%	100.00%			

ACCESO	MOVIMIENTO	LIVIANOS, CICLOS CON MOTOR Y SIN MOTOR			TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO			TRANSPORTE PUBLICO MASIVO			CAMIONES					MIXTOS	EQUIVALENTES	FHP			
		L	CM	CSM	C	BT	B	TPC	AT	BA	TPM	C2	C3	C4	C5				>C5		
NORTE	N-S L	1354	1018	225	2597	86	57	39	191	3	6	9	167	12	5	1	5	190	2987	2810	0.88
SUR	S-N L	1520	3215	250	4985	134	223	88	445	0	0	0	333	17	13	14	22	399	5829	5090	0.95
OCCIDENTE	W-E L	1450	1136	254	2840	136	234	36	406	0	0	0	315	23	14	23	25	400	3646	3907	0.93
ORIENTE	E-W L	1175	1390	171	2738	149	167	99	412	0	0	0	281	18	8	13	14	334	3462	3580	0.93
<b>TOTAL PERIODO 1</b>		5499	6759	806	13158	514	681	259	1454	3	6	9	1096	70	40	51	66	1323	15944	15387	0.96
<b>HMD 06:00-07:00</b>																					
<b>COMPOSICION</b>		41.79%	51.37%	8.84%	82.53%	35.35%	46.84%	17.81%	9.12%	33.33%	66.67%	0.00%	82.84%	5.29%	3.02%	3.85%	4.99%	8.30%	100.00%		
NORTE	N-S L	1350	1081	125	2358	113	47	68	229	0	0	0	302	27	11	14	20	374	3156	3315	0.90
SUR	S-N L	1450	767	107	2324	125	158	67	350	0	0	0	350	32	17	16	23	438	3112	3650	0.92
OCCIDENTE	W-E L	1107	1092	93	2202	124	219	44	387	0	0	0	489	40	26	37	59	650	3239	4036	0.92
ORIENTE	E-W L	1851	827	84	2562	191	98	42	331	0	0	0	335	37	22	49	48	668	3551	4337	0.97
<b>TOTAL PERIODO 2</b>		5558	3877	409	9464	553	522	219	1294	0	0	0	1646	139	75	116	147	2120	13698	15408	0.93
<b>HMD 15:45-16:45</b>																					
<b>COMPOSICION</b>		57.63%	38.13%	4.24%	73.88%	42.74%	40.34%	16.52%	9.91%	0.00%	0.00%	0.00%	77.64%	6.42%	3.54%	5.47%	6.63%	16.24%	100.00%		
NORTE	N-S L	1446	941	97	2483	87	110	52	249	0	0	0	219	14	1	10	17	323	3056	3252	0.92
SUR	S-N L	1446	941	97	2483	87	110	52	249	0	0	0	219	14	1	10	17	323	3056	3252	0.92
OCCIDENTE	W-E L	1247	1808	82	3137	126	251	62	439	0	0	0	359	20	17	23	19	438	4014	4149	0.96
ORIENTE	E-W L	2022	1599	197	3728	180	190	40	320	0	0	0	349	20	14	23	30	427	4475	4543	0.97
<b>TOTAL PERIODO 3</b>		6257	6556	698	13511	461	524	221	1206	1	0	1	1168	79	34	61	72	1432	16150	15739	0.93
<b>HMD 17:30-18:30</b>																					
<b>COMPOSICION</b>		46.31%	48.52%	5.17%	83.66%	38.23%	43.45%	18.33%	7.47%	100.00%	0.00%	0.01%	82.82%	5.52%	2.37%	4.26%	5.03%	8.87%	100.00%		

**Nota:** Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

**Cuadro 7. Resultados de las 18 horas de aforo – estación AK 86 X AC 17.**

ACCESO	MOVIMIENTO	LIVIANOS, MOTOCICLETAS Y BICICLETAS			TPC			TPM			ESPECIALES	INTERMUNICIPALES	CAMIONES					MIXTOS	EQUIVALENTES	
		L	M	BIC	C	BT	B	AL	AT	BA			C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5			
NORTE	N-S L	27913	12017	1181	689	259	1211	196	9	4	1438	61	2826	969	548	148	255	49704	53846	
SUR	S-N L	31013	14673	934	1700	321	2156	177	5	2	1126	341	1610	1893	746	815	370	57882	63881	
OCCIDENTE	W-E L	21346	11527	1097	1960	316	916	2	2	0	892	3223	3832	2428	942	884	1139	50506	65134	
ORIENTE	E-W L	27493	9795	673	1261	334	959	3	3	0	1132	3086	2131	1302	643	453	768	50036	59403	
<b>TOTAL PERIODO DE TOMA</b>		107765	48012	3885	5590	1230	5242	378	19	6	4588	6711	10399	6592	2879	2300	2532	208128	242284	
<b>COMPOSICION</b>		67.50%	30.07%	2.43%	46.34%	10.20%	43.46%	93.00%	4.71%	1.49%	2.20%	3.22%	42.10%	26.89%	11.65%	9.31%	10.25%	100.00%		
ACCESO	MOVIMIENTO	LIVIANOS, CICLOS CON MOTOR Y SIN MOTOR			TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO (TPC)			TRANSPORTE PUBLICO MASIVO (TPM)			CAMIONES					MIXTOS	EQUIVALENTES			
		L	CM	CSM	C	BT	B	TPC	AT	BA	TPM	C2	C3	C4	C5			>C5		
NORTE	N-S L	26380	16773	2109	45272	1107	1048	1158	3313	15	32	47	4193	370	101	148	164	4876	53608	54595
SUR	S-N L	28666	20524	1628	50818	1619	2566	1087	5272	10	18	28	5368	443	167	227	357	6562	62680	66439
OCCIDENTE	W-E L	23772	15779	1646	41197	2164	3589	808	8561	0	0	0	8089	509	396	660	786	8439	58197	66383
ORIENTE	E-W L	31076	15113	1534	47722	3023	4876	862	5081	0	0	0	5816	576	185	309	574	7542	61146	59711
<b>TOTAL PERIODO DE TOMA</b>		109904	68189	6917	185010	7913	9076	4835	21227	25	50	75	21466	1960	849	1424	1880	27519	233511	237128
<b>COMPOSICION</b>		59.40%	36.86%	3.74%	79.19%	37.63%	43.18%	19.19%	9.00%	33.33%	66.67%	0.03%	78.00%	6.90%	3.09%	5.17%	6.83%	11.78%	100.00%	

**Nota.** Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

Figura 36. Comportamiento vehicular horario de la estación maestra AK 86 X AC 17.

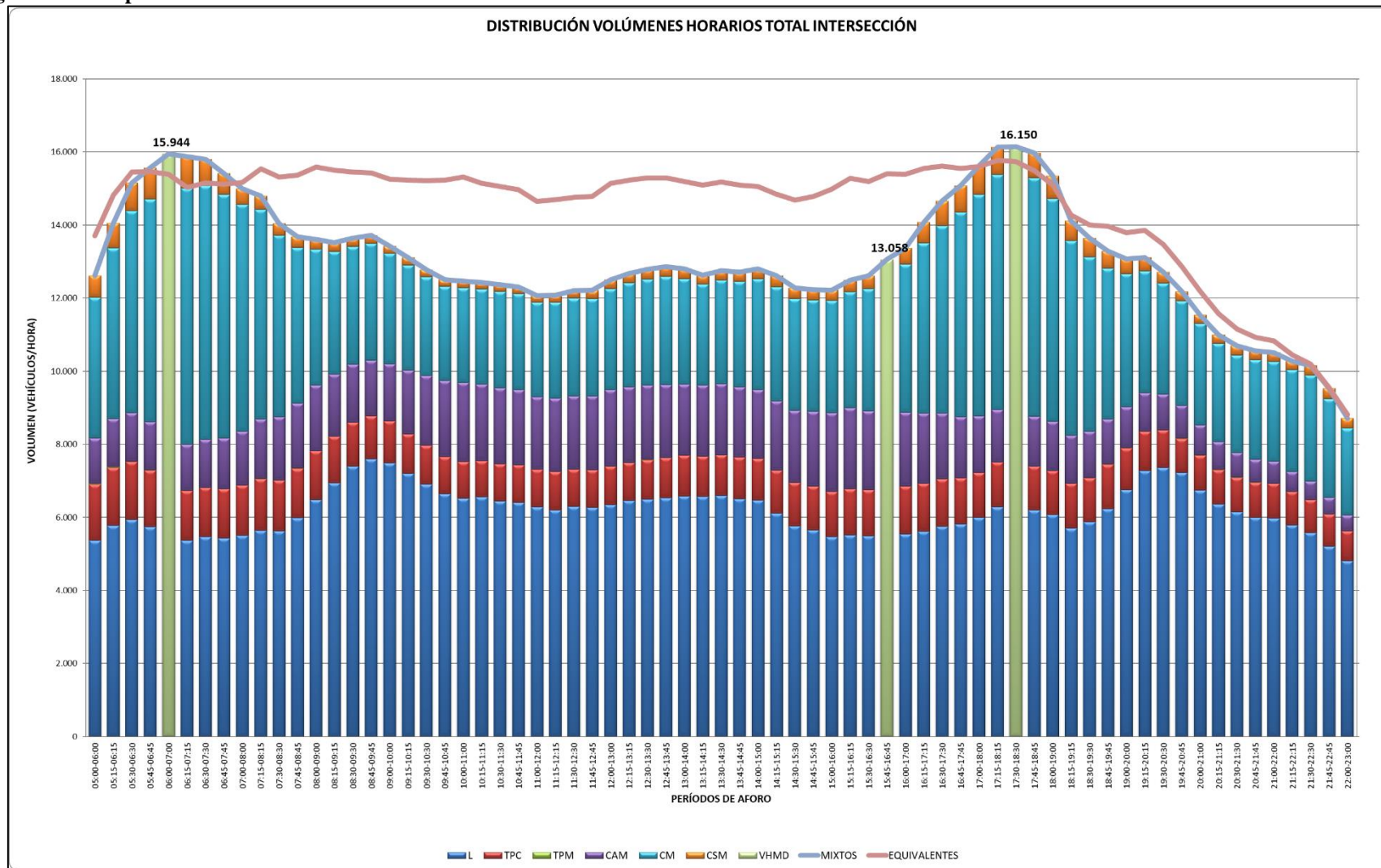


Figura 36. Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

Figura 37. Composición vehicular de la estación maestra AK 86 X AC 17.

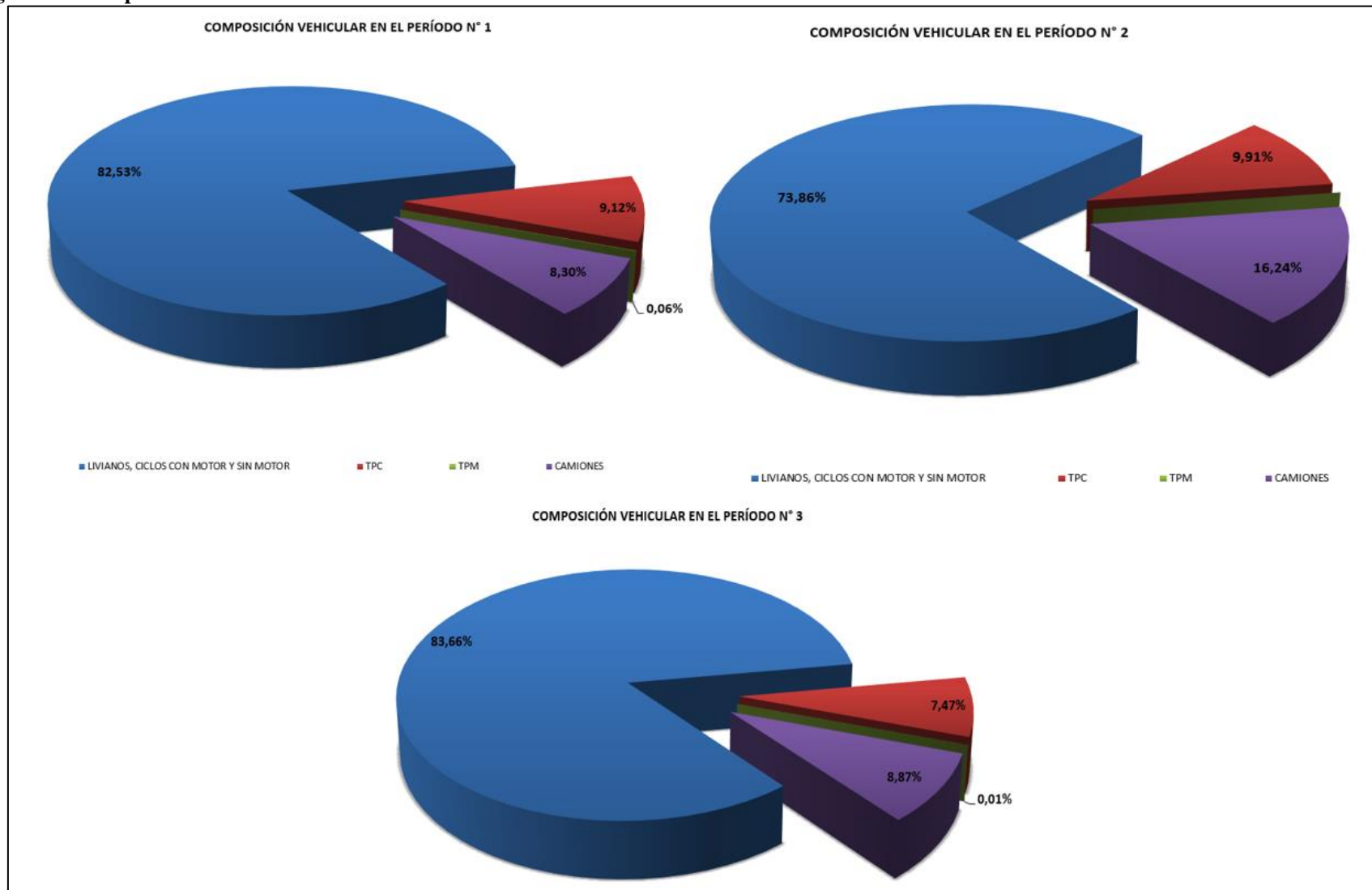


Figura 37. Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

Como se evidencio en la información de la estación maestra de la AK 86 x AC 17, ambos corredores cargan volúmenes vehiculares importantes por encima de los 2500 vehículos/hora – sentido, donde prima el tránsito de vehículos particulares, camiones de diferentes tipologías (Camiones de dos ejes pequeño - C2P, camiones de dos ejes grande - C2G, camiones de tres y cuatro ejes C3 – C4, camiones de cinco ejes - C5 y mayores a cinco ejes >C5), y buses de transporte publico SITP, SITP provisional e intermunicipales.

La Figura 36 muestra la variación del flujo vehicular durante las 18 horas de aforo, donde se registraron los picos de máxima demanda para cada periodo aforado, 15.944 vehículos mixtos entre las 06:00 y las 07:00, 13.058 vehículos mixtos entre las 15:45 y las 16:45 y 16.150 vehículos mixtos entre las 17:30 y las 18:30; por otra parte, se observa en la Figura 37 que la composición vehicular durante los tres periodos aforados se mantiene relativamente constante, ya que no se presentan diferencias significativas entre cada una de las tipologías vehiculares.

### **9.3 Planes semafóricos**

Los semáforos son dispositivos de regulación del tránsito vehicular, peatonal y de biciusuarios, los cuales funcionan mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados, verde, ámbar y rojo. Su finalidad es permitir el paso alternado a las corrientes de tránsito que se cruzan en una intersección vial, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible. Estos dispositivos son operados por un equipo de control sistematizado en función de su clasificación, semáforos de tiempo fijos (dependientes del tiempo) y semáforos accionados o activados por el tránsito (dependientes del tránsito).



Figura 39. Plan semafórico de la intersección AK 86 X AC 24.

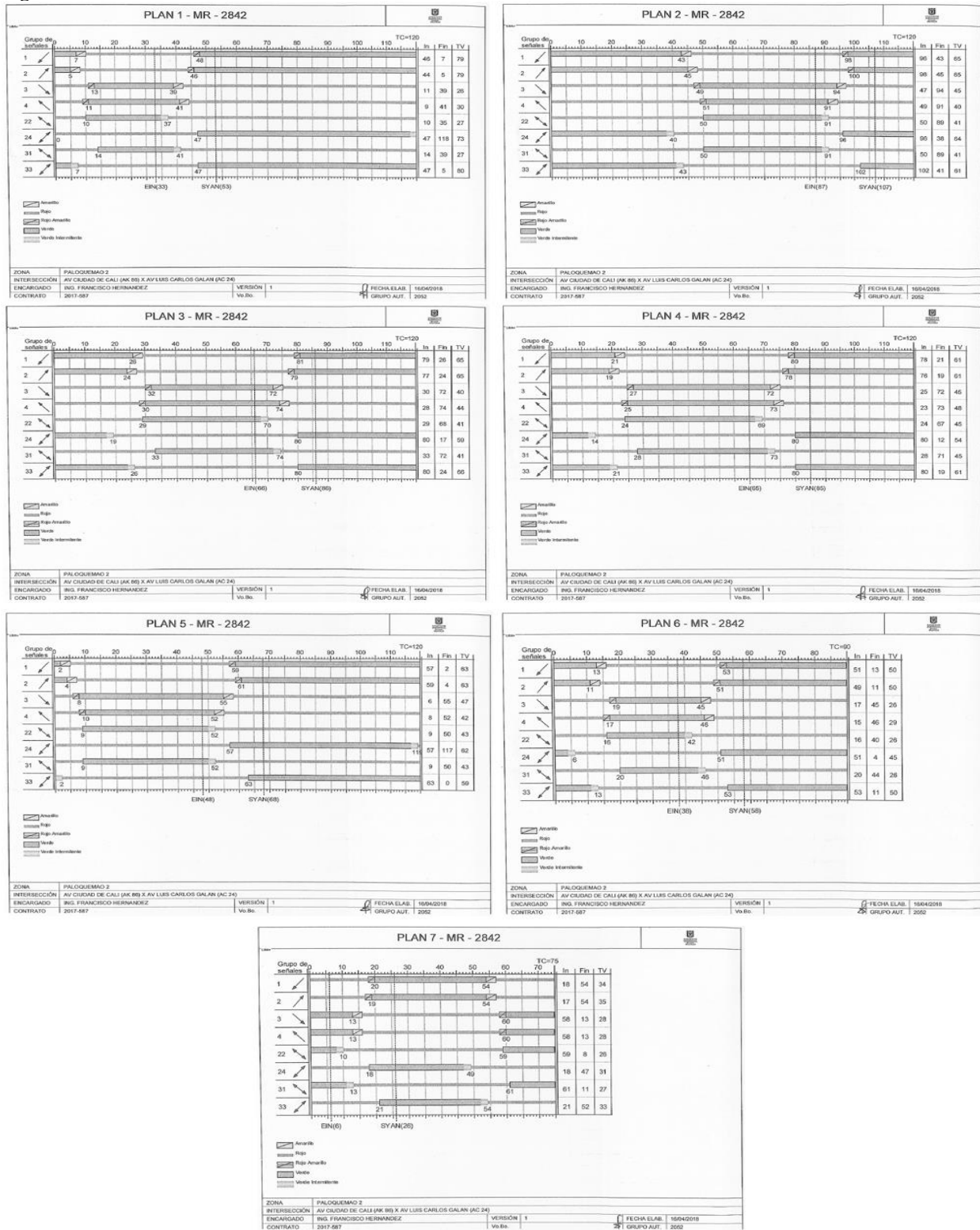


Figura 39. Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

Figura 40. Esquema general de movimientos vehiculares y peatonales – AK 97 X AC 24.

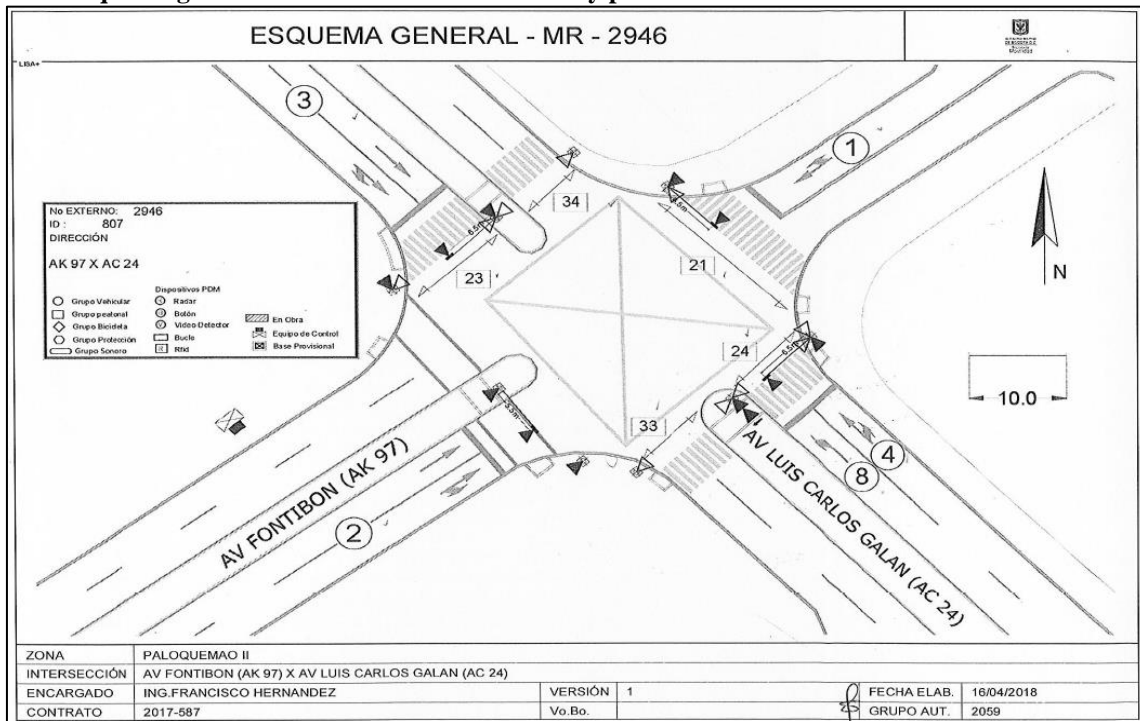


Figura 40. Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

Figura 41 Plan semaforico de la intersección AK 97 X AC 24.



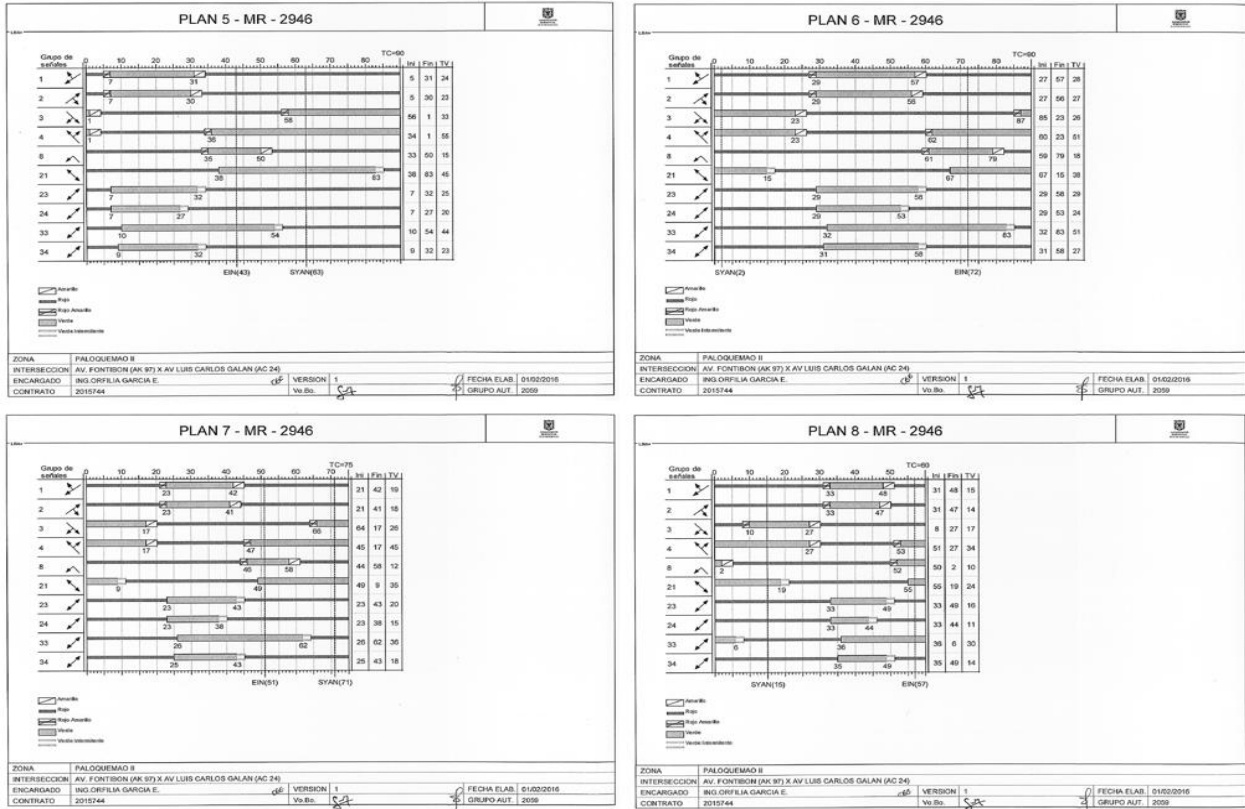


Figura 41. Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

Figura 42. Esquema general de movimientos vehiculares y peatonales – TV 95A X AC 24.

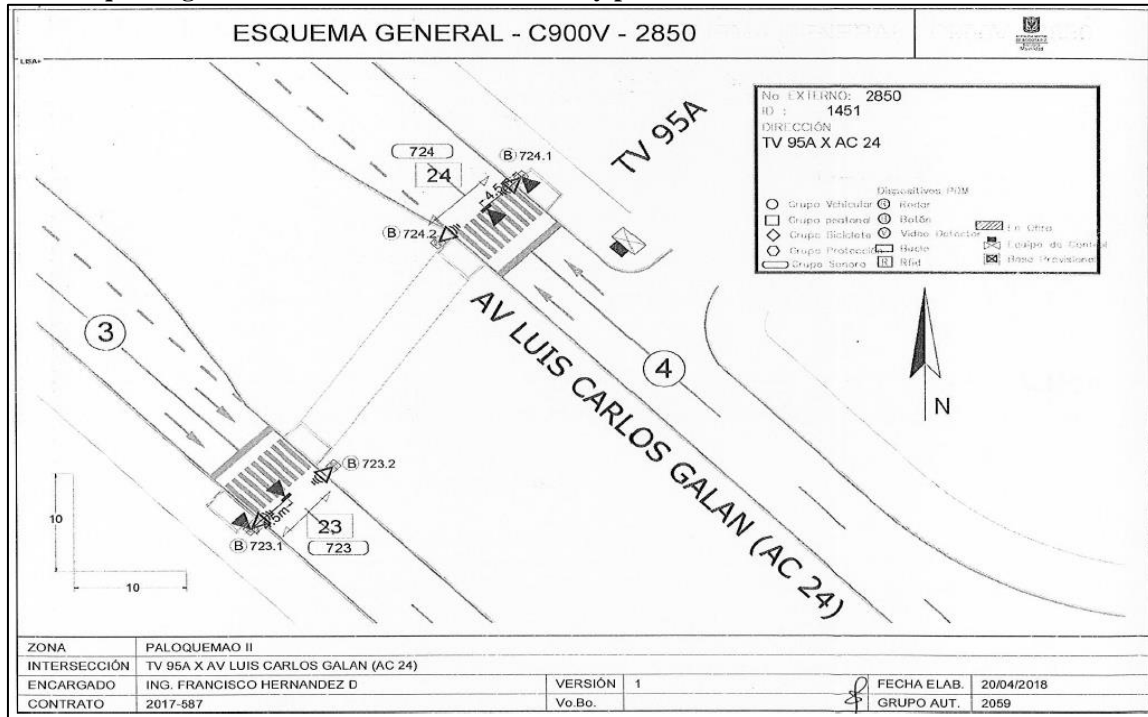


Figura 42. Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

Figura 43. Plan semafórico de la intersección TV 95A X AC 24.

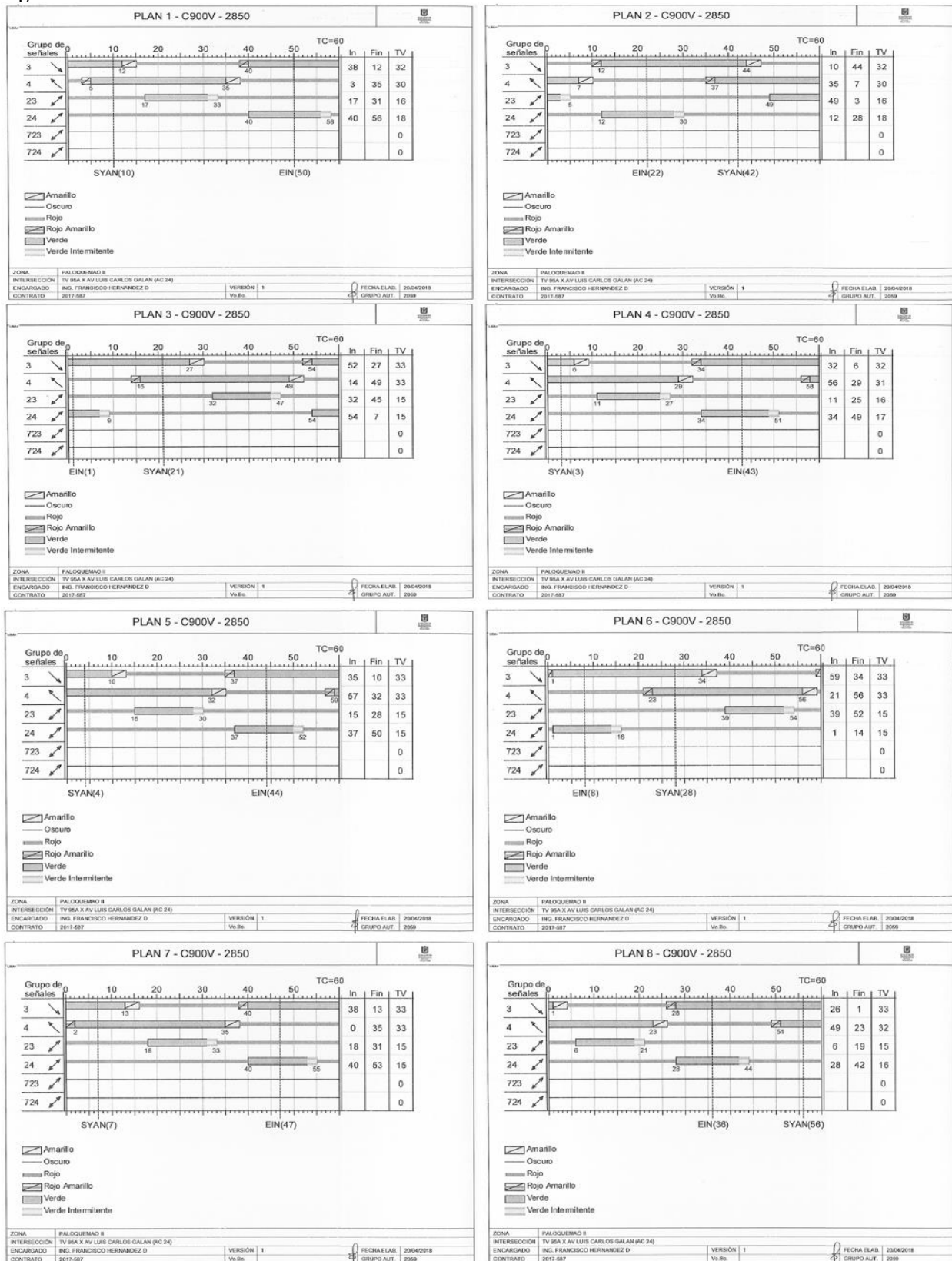


Figura 43. Información proporcionada por la Secretaria Distrital de Movilidad.

## 10 Procesamiento y análisis de la información

Una vez tomada la información en campo (conteos manuales - aforos) y recolectada la información secundaria (estaciones maestras y planes semafóricos), se realiza su procesamiento mediante indicadores que permitan determinar la calidad del flujo vehicular del corredor vial a evaluar, la Av. La Esperanza entre la Av. Carrera 97 y la Av. Ciudad de Cali. Este análisis está orientado hacia la obtención de los siguientes indicadores:

1. Volumen o intensidad de tránsito en la hora de máxima demanda HMD: El volumen ( $Q$ ) es el número máximo de vehículos que pasan por un punto específico en un periodo de una hora, para el caso de estudio corresponde a la hora de máxima demanda ( $N$ = número de vehículos de la HMD,  $T$ = 1 hora).

$$Q = \frac{N}{T}$$

**Ecuación 1.** Volumen de tránsito en la HMD.

2. Tasa de flujo en la hora de máxima demanda (FHP): La tasa de flujo ( $q$ ), es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por determinado punto de una vía durante un tiempo específico, asociado a periodos menores a la hora, generalmente en minutos o segundos; lo que busca es analizar la variación del flujo vehicular en tiempos cortos ( $N$ = número de vehículos,  $T$  [min/seg]).

$$q = \frac{N}{4T}$$

**Ecuación 2.** Tasa de flujo en la HMD.

3. Densidad: Es el número de vehículos que ocupan una longitud específica de un segmento vial en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), haciendo referencia a un carril o a todos los carriles de la calzada. (N= número de vehículos, T= distancia).

$$k = \frac{N}{d}$$

**Ecuación 3.** Densidad.

4. Análisis de capacidad y niveles de servicio: La capacidad es un indicador que permite determinar el grado de funcionamiento de una vía bajo condiciones preexistentes del tránsito, relacionados a los volúmenes por tipo de movimiento, la composición vehicular, maniobras de estacionamiento, conflictos peatonales y paradas de autobuses. Por otra parte, los niveles de servicio son indicadores que evalúan la calidad del flujo vehicular en función de las demoras, que representan el tiempo de viaje perdido por el usuario, del consumo de combustible y de la incomodidad. Teniendo en cuenta que el presente proyecto involucra el análisis de intersecciones semaforizadas, solo se hará referencia al análisis de capacidad y niveles de servicio de este tipo de intersecciones, con base a la metodología propuesta en el Highway Capacity Manual HCM 2010 y en el libro de Rafael Cal & Mayor *Ingeniería de tránsito Fundamentos y aplicaciones*, como se presenta en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Análisis de capacidad y de niveles de servicio.**

<b>Análisis de capacidad y niveles de servicio</b>			
Modulo	Evaluación	Descripción	Ecuaciones
<b>Módulo de entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Condiciones geométricas.</li> <li>* Condiciones del tránsito.</li> <li>* Condiciones de los semáforos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se evalúan las condiciones geométricas, que se refieren a la configuración física de la intersección respecto al número de carriles, ancho de carril, movimientos vehiculares, ubicación de estacionamientos, bahías y pendientes de los accesos.</li> <li>* Se debe disponer de los volúmenes del tránsito para cada acceso, su composición vehicular A-B-C. Además de conocer la dinámica de los paraderos para el cargue y descargue de pasajeros.</li> <li>* Parte de la evaluación requiere el análisis de los flujos peatonales que entran en conflicto con los vehículos. Finalmente, se debe definir el tipo de llegadas a los accesos de la intersección, el cual indica el grado de progresión del flujo vehicular entre intersecciones.</li> <li>* Las condiciones de los semáforos deberán especificarse el diagrama de fases, el verde, al ámbar y las longitudes del ciclo, para cada uno de los movimientos dados.</li> </ul>	
<b>Módulo de ajuste</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Factor de la hora de máxima demanda.</li> <li>* Establecimiento de grupos de carriles.</li> <li>* Asignación de volúmenes a grupos de carriles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Es necesario contar con el volumen horario de la HMD, además del factor hora de máxima demanda. Y mediante la relación entre ambas variables, se calcula la tasa de flujo durante 15 minutos pico - <math>V_p</math>.</li> <li>* Teniendo en cuenta que en las intersecciones semaforicas se pueden presentar giros hacia la izquierda y derecha, debe ser evaluado si estos giros funcionan como carril exclusivo o como un grupo de carriles mediante la evaluación - <math>V_L</math>.</li> <li>* Por último, se calcula el flujo de demanda ajustado en el grupo de carriles en función del factor de utilización del carril, es de 1.00, 1.05 y 1.10 para uno, dos y tres carriles o más carriles en el grupo - <math>V_i</math>.</li> </ul>	$v_p = \frac{V}{FHMD}$ <p>Donde:</p> <p><math>v_p</math> = tasa de flujo durante los 15 minutos pico (vph)  <math>V</math> = volumen horario (vph)</p> <p>Donde:</p> $v_l < \frac{v_a - v_l}{N - 1}$ <p><math>v_l</math> = flujo actual de vuelta a la izquierda (vph)</p> $v_l \geq \frac{v_a - v_l}{N - 1}$ <p><math>v_a</math> = flujo total en el acceso (vph)  <math>N</math> = número de carriles del acceso</p> $v_i = v_{gi} U_i$ <p>Donde:</p> <p><math>v_i</math> = flujo de demanda ajustado en el grupo de carriles <math>i</math> (vph)  <math>v_{gi}</math> = flujo de demanda no ajustado en el grupo de carriles <math>i</math> (vph)  <math>U_i</math> = factor de utilización de carril para el grupo de carriles <math>i</math></p> <p>El factor de utilización de carril <math>U_i</math> es de 1.00, 1.05 y 1.10 para uno, dos y tres o más carriles en el grupo.</p>

<p><b>Módulo de flujo de saturación</b></p>	<p>* Flujo de saturación ideal. * Ajustes.</p>	<p>* El flujo de saturación representa la tasa máxima de flujo, en un acceso o grupo de carriles que pueda pasar a través de una intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito y sumiendo un 100% del tiempo en verde. * Para llevar a cabo este análisis se deben considerar las siguientes variables, el flujo de saturación en condiciones ideales (1800 a 1900 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril), número de carriles, y los factores de ajuste: - Factor de ajuste por efecto de ancho de carril - <math>F_A</math>. - Factor de ajuste por vehículos pesados - <math>F_{VP}</math>. - Factor de ajuste por pendiente del acceso - <math>F_P</math>. - Factor de ajuste por la existencia de carriles de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles - <math>F_E</math>. - Factor de ajuste por paradas de autobuses - <math>F_B</math>. - Factor de ajuste por localización de la intersección - <math>F_L</math>. - Factor de ajuste por vueltas a la derecha en grupo de carriles - <math>F_{VD}</math>. - Factor de ajuste por vueltas a la izquierda en el grupo de carriles. - <math>F_{VI}</math>. * Todos estos factores mencionados están evaluados con base a tablas preestablecidas en el Highway Capacity Manual HCM 2010, las cuales están adjuntas en el Apéndice 14.9.</p>	$s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$ <p>Donde:</p> <p><math>s</math> = flujo de saturación del grupo de carriles, expresado como el total paratodos los carriles del grupo, bajo condiciones prevalecientes (vphv)</p> <p><math>s_0</math> = flujo de saturación en condiciones ideales, tomado usualmente como 1 800 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril (vlphvpc)</p> <p><math>N</math> = número de carriles del grupo</p> <p><math>f_A</math> = factor de ajuste por efecto de ancho de carril</p> <p><math>f_{VP}</math> = factor de ajuste por vehículos pesados</p> <p><math>f_P</math> = factor de ajuste por pendiente del acceso</p> <p><math>f_E</math> = factor de ajuste por la existencia de carriles de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles, y la actividad de estacionamiento en ese carril</p> <p><math>f_B</math> = factor de ajuste por paradas de autobuses</p> <p><math>f_L</math> = factor de ajuste por localización de la intersección</p> <p><math>f_{VD}</math> = factor de ajuste por vueltas a la derecha en el grupo de carriles</p> <p><math>f_{VI}</math> = factor de ajuste por vueltas a la izquierda en el grupo de carriles</p>
---------------------------------------------	----------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Módulo de análisis de capacidad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cálculo de las capacidades por grupos de carriles.</li> <li>* Cálculo de la relación v/c por grupo de carriles.</li> <li>* Resultados agregados.</li> </ul>	<p>* El cálculo de Capacidad del acceso o grupo de carriles está en función del flujo de saturación, el tiempo en verde efectivo y la duración del ciclo semafórico. Es importante mencionar que las fórmulas que se presentan tienen el mismo objeto, el cálculo de capacidad a partir de otras variables como la relación de flujo y el tiempo total perdido por ciclo, como es el caso del grado de saturación y el grado de saturación crítico respectivamente, este último, usado para la evaluación global de la capacidad en toda la intersección vial.</p>	$c_i = s_i (g_i / C)$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>c_i</math> = capacidad del acceso o grupo de carriles <math>i</math> (vph)</li> <li><math>s_i</math> = flujo de saturación del acceso o grupo de carriles <math>i</math> (vphv)</li> <li><math>g_i</math> = tiempo verde efectivo para el acceso o grupo de carriles <math>i</math> (s)</li> <li><math>C</math> = ciclo del semáforo (s)</li> <li><math>g_i / C</math> = relación de verde para el acceso o grupo de carriles <math>i</math></li> </ul> $(v / c)_i = X_i = \frac{v_i}{s_i (g_i / C)}$ $X_i = \frac{(v / s)_i}{(g_i / C)}$ $X_c = \frac{C}{C - L} \left[ \sum_i (v / s)_{ci} \right]$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>L</math> = tiempo total perdido por ciclo (s)</li> <li><math>\sum_i (v / s)_{ci}</math> = suma de las relaciones de flujo de todos los accesos o grupos de carriles críticos <math>i</math></li> </ul>
-----------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Módulo de nivel de servicio</b></p>	<p>* Cálculo de demoras por grupos de carriles.                  * Demoras agregadas.                  * Determinación del nivel de servicio.</p>	<p>* Los niveles de servicio buscan evaluar la calidad del flujo vehicular a partir de las demoras que se presentan en cada intersección. Para lo cual es necesario realizar el cálculo de la demora total a partir de la demora uniforme e incremental y, por último, afectado por un factor de ajuste por efecto de la progresión de los semáforos.</p> <p>* Los niveles de servicio se clasifican de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Nivel de servicio A:</b> Operación con demoras muy bajas, menores de 5.0 segundos por vehículo. La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Longitudes de ciclo corto puede contribuir a demoras mínimas.</li> <li>- <b>Nivel de servicio B:</b> Operación con demoras entre 5.1 y 15.0 segundos por vehículo. Algunos vehículos comienzan a detenerse.</li> <li>- <b>Nivel de servicio C:</b> Operación con demoras entre 15.1 y 25.0 segundos por vehículo. La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.</li> <li>- <b>Nivel de servicio D:</b> Operación con demoras entre 25.1 y 40.0 segundos por vehículo. Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias, o relaciones v/c altas. Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.</li> <li>- <b>Nivel de servicio E:</b> Operación con demoras entre 40.5 y 60.0 segundos por vehículo. Se considera como el límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones v/c demasiado altas.</li> <li>- <b>Nivel de servicio F:</b> Operación con demoras superiores a los 60.0 segundos por vehículo. Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada.</li> </ul>	$d_i = d_{1i} + d_{2i}$ <p>Donde:</p> <p><math>d_i</math> = demora total para el grupo de carriles <math>i</math> (s /veh)  <math>d_{1i}</math> = demora uniforme para el grupo de carriles <math>i</math> (s /veh)  <math>d_{2i}</math> = demora incremental para el grupo de carriles <math>i</math> (s /veh)</p> $d_{1i} = 0.38 C \frac{[1 - (g_i / C)]^2}{[1 - 1 (g_i / C) X_i]}$ $d_{2i} = 173 X_i^2 \left[ (X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + (16X_i / c_i)} \right]$ $d_{ia} = d_i (FP)$ <p>Donde:</p> <p><math>d_{ia}</math> = demora ajustada para el grupo de carriles <math>i</math> (seg/veh)  <math>FP</math> = factor de ajuste por efecto de la progresión de los semáforos</p>
-------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Nota.** Elaboración propia con base en la metodología HCM - 2010.

5. Composición vehicular: La composición vehicular hace referencia al porcentaje que le corresponde a cada tipología vehicular (autos, motos, buses y camiones), respecto a lo aforado durante un periodo de tiempo específico.
  
6. Volumen vehicular total: Hace referencia al número total de vehículos aforados en todas las intersecciones. Es importante tener presente que los resultados se pueden presentar vehículos-mixtos/hora o vehículos-equivalentes/hora, asociados a la ocupación de cada tipo de vehículo respecto a las dimensiones de uno de tipo liviano (automóvil).
  - ❖ Moto – 0.5
  - ❖ Automóvil – 1.0.
  - ❖ Buses – 2.0.
  - ❖ Camiones – 2.5.

Teniendo en cuenta el propósito del presente estudio, la obtención de estos indicadores debe realizarse en la hora de máxima demanda, es decir, en el periodo de mayor congestión vehicular en la red, como se presenta en el siguiente numeral:

### **10.1 Hora de máxima demanda HMD**

La hora de máxima demanda hace referencia al mayor número de vehículos que pueden pasar por un punto determinado de una vía durante 60 minutos, esto quiere decir que se debe evaluar en días representativos de mayor dinámica vehicular en la Ciudad, que por lo general resulta ser

en días típicos de la semana, dado que las personas deben desplazarse hacia su par origen – destino, trabajos, universidades, colegios, y demás polos atractores de viajes.

Según lo establecido en el Concepto 16 de la Secretaria Distrital de Movilidad, el cálculo de la hora de máxima demanda – HMD, debe realizarse en función del máximo número de vehículos equivalentes que circulan durante una hora, considerando los volúmenes de la totalidad de intersecciones principales evaluadas:

- ❖ **Numeral 10.2.1** - Av. La Esperanza con Av. Ciudad de Cali.
- ❖ **Numeral 10.2.2** - Av. La Esperanza con Transversal 95A.
- ❖ **Numeral 10.2.3** - Av. La Esperanza con Av. Carrera 97.

El Cuadro 9 y la Figura 44, resumen el cálculo de la HMD, la cual se obtuvo a partir del procesamiento de los flujos vehiculares en periodos horarios, presentados en los numerales anteriores. Por otra parte, es importante aclarar que la estimación de este indicador se realiza evaluando todas las intersecciones en conjunto.

**Cuadro 9. Volumen vehicular horario total.**

VOLUMEN HORARIO TOTAL															
HORARIO	MOTO	AUTO	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO ESCOLAR	BUSETA ESCOLAR	BUS ESCOLAR	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	TOTALES	TOTALES EQUIV.
6:00:00 a. m.	3.755	5.289	81	20	138	28	8	19	230	224	19	8	2	9821	8962
6:15:00 a. m.	4.103	5.537	97	31	159	26	12	39	258	255	26	7	3	10553	9689
6:30:00 a. m.	4.315	5.514	95	33	166	22	13	40	233	256	31	8	2	10728	9735
6:45:00 a. m.	4.529	5.535	95	31	174	41	14	40	247	294	47	7	2	11056	10082
7:00:00 a. m.	4.463	5.321	83	35	159	45	10	33	235	325	61	10	4	10784	9870
7:15:00 a. m.	4.261	5.289	76	31	145	40	9	16	231	337	74	10	7	10526	9701
7:30:00 a. m.	3.784	5.457	81	28	133	37	9	20	275	347	79	10	16	10276	9783
7:45:00 a. m.	3.187	5.445	87	23	123	15	7	20	283	354	76	10	16	9646	9436
8:00:00 a. m.	2.747	5.461	88	20	132	10	7	20	295	331	64	7	14	9196	9166
8:15:00 a. m.	2.385	5.376	86	20	121	15	4	20	276	320	45	6	12	8686	8748
8:30:00 a. m.	2.255	5.121	89	29	114	13	2	13	284	329	37	4	4	8294	8414
8:45:00 a. m.	2.280	4.976	89	29	116	12	2	10	267	322	22	1	6	8132	8177
9:00:00 a. m.	2.188	4.819	94	28	111	11	1	8	272	339	31	3	8	7913	8052
9:15:00 a. m.	2.077	4.600	89	30	111	6	1	3	291	348	43	4	7	7610	7851
9:30:00 a. m.	2.033	4.492	89	23	113	7	1	3	263	355	48	7	10	7444	7688
9:45:00 a. m.	1.897	4.575	79	25	126	6	1	3	276	384	68	13	11	7464	7884
10:00:00 a. m.	1.835	4.475	73	25	122	4	-	2	285	398	70	14	8	7311	7782
10:15:00 a. m.	1.777	4.608	72	16	131	9	-	4	281	407	66	15	10	7396	7908
10:30:00 a. m.	1.775	4.775	59	16	131	11	3	4	277	422	79	13	10	7575	8113
10:45:00 a. m.	1.820	4.836	55	15	121	11	4	6	292	402	71	10	7	7650	8125
11:00:00 a. m.	1.822	5.063	59	15	126	13	5	6	286	389	79	10	9	7882	8355
11:15:00 a. m.	1.966	5.155	55	16	115	12	6	4	291	374	76	13	11	8094	8467
11:30:00 a. m.	1.977	5.062	72	14	112	14	5	6	296	376	71	13	10	8028	8412
11:45:00 a. m.	2.050	5.006	73	13	112	18	6	5	284	390	80	15	17	8069	8450
12:00:00 p. m.	2.081	4.881	73	13	102	19	6	5	295	372	73	15	19	7954	8293
12:15:00 p. m.	2.072	4.686	76	12	94	16	5	5	258	347	82	10	14	7677	7916
12:30:00 p. m.	2.120	4.690	61	15	83	16	6	4	226	306	66	9	12	7614	7668
12:45:00 p. m.	2.117	4.692	64	14	74	15	4	11	198	270	50	5	6	7520	7437
1:00:00 p. m.	2.125	4.647	58	11	81	22	3	14	163	280	46	4	3	7457	7328
1:15:00 p. m.	2.067	4.803	51	13	91	28	4	14	194	310	47	8	7	7637	7654
1:30:00 p. m.	2.162	5.054	50	10	110	38	1	13	217	310	63	10	8	8046	8099
1:45:00 p. m.	2.257	5.161	51	16	116	53	6	6	251	320	75	11	8	8331	8448
2:00:00 p. m.	2.221	5.049	51	18	110	55	8	6	255	303	76	16	8	8176	8301
2:15:00 p. m.	2.313	4.776	58	19	107	71	10	5	240	284	77	17	5	7982	8030
2:30:00 p. m.	2.154	4.477	68	20	102	70	10	4	255	322	77	18	9	7586	7805
2:45:00 p. m.	2.133	4.316	67	17	117	66	5	5	240	317	92	25	16	7416	7662
3:00:00 p. m.	2.230	4.306	77	23	123	69	9	13	249	347	87	19	19	7571	7852
3:15:00 p. m.	2.256	4.491	85	22	122	65	7	30	282	381	96	19	23	7879	8284
3:30:00 p. m.	2.530	4.612	90	23	130	67	12	44	289	391	87	22	23	8320	8639
3:45:00 p. m.	2.624	4.694	92	19	111	70	17	54	286	394	63	16	16	8456	8670
4:00:00 p. m.	2.842	4.916	88	15	120	68	13	52	289	385	67	15	12	8882	8969
4:15:00 p. m.	2.987	4.943	80	16	134	60	17	48	267	344	52	10	14	8972	8864
4:30:00 p. m.	3.256	4.963	71	18	135	55	15	50	243	339	46	5	11	9207	8889
4:45:00 p. m.	3.693	5.035	74	21	140	48	12	45	250	361	53	9	16	9757	9284
5:00:00 p. m.	3.989	5.004	71	19	134	47	13	46	233	397	52	13	19	10037	9444
5:15:00 p. m.	3.231	3.770	54	14	95	34	8	33	171	328	36	13	12	7799	7262
5:30:00 p. m.	2.229	2.532	38	7	61	23	5	17	119	223	30	11	9	5304	4929
5:45:00 p. m.	1.081	1.211	16	4	33	13	3	10	50	126	14	4	3	2568	2402

**Nota.** Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

La hora de máxima demanda es entre las 06:45 a.m. – 07:45 a.m., con un volumen de 11.056 vehículos-mixtos y 10.082 vehículos-equivalentes. Se evidencia una dinámica constante durante las 12 horas de aforo, además, en la HMD de la mañana y tarde, la mayor parte de los vehículos en la red son livianos (autos y motos), seguido por el tránsito de camiones, en su mayoría de dos

ejes pequeño C2P y de dos ejes grande C2G y, por último, buses de transporte público TPC y escolar. Típico de zonas residenciales y comerciales.

Figura 44. Histograma de frecuencias vehiculares horarios totales.

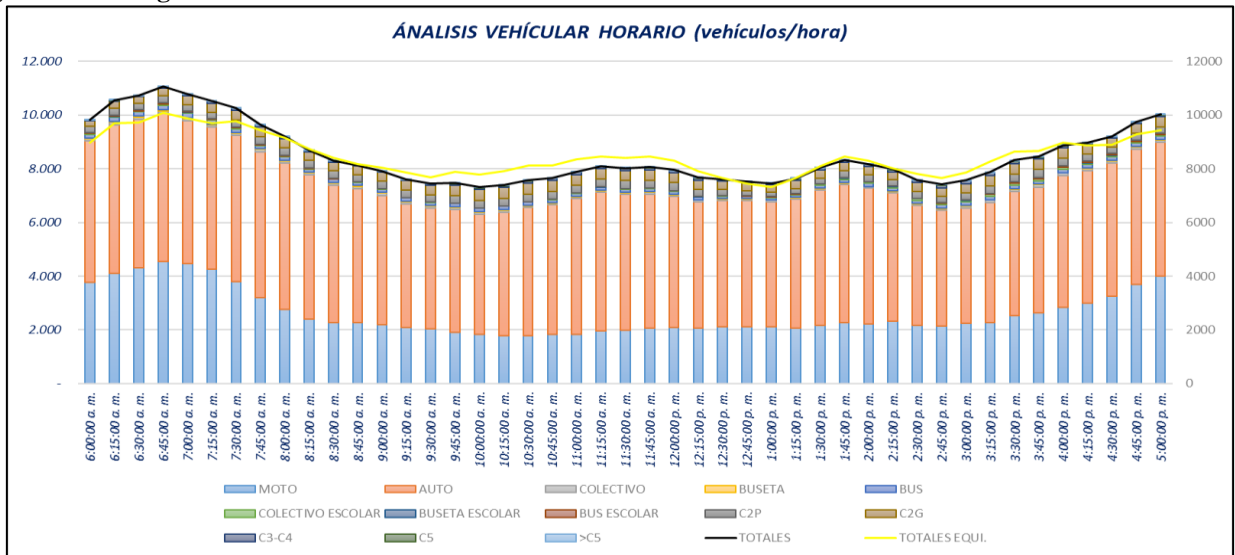


Figura 44. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

## 10.2 Intersecciones viales principales

A continuación, se presenta el diagrama de cargas vehiculares de la red vial a evaluar en la hora de máxima demanda HMD (06:45 a.m. – 07:45 a.m.), de igual forma, en los numerales siguientes se presenta esta información para cada intersección. Es importante mencionar que los movimientos vehiculares de la Transversal 95A y la Carrera 90 se usaron para balancear los puntos aforados.

Figura 45. Diagrama de cargas vehiculares de la red vial a evaluar.

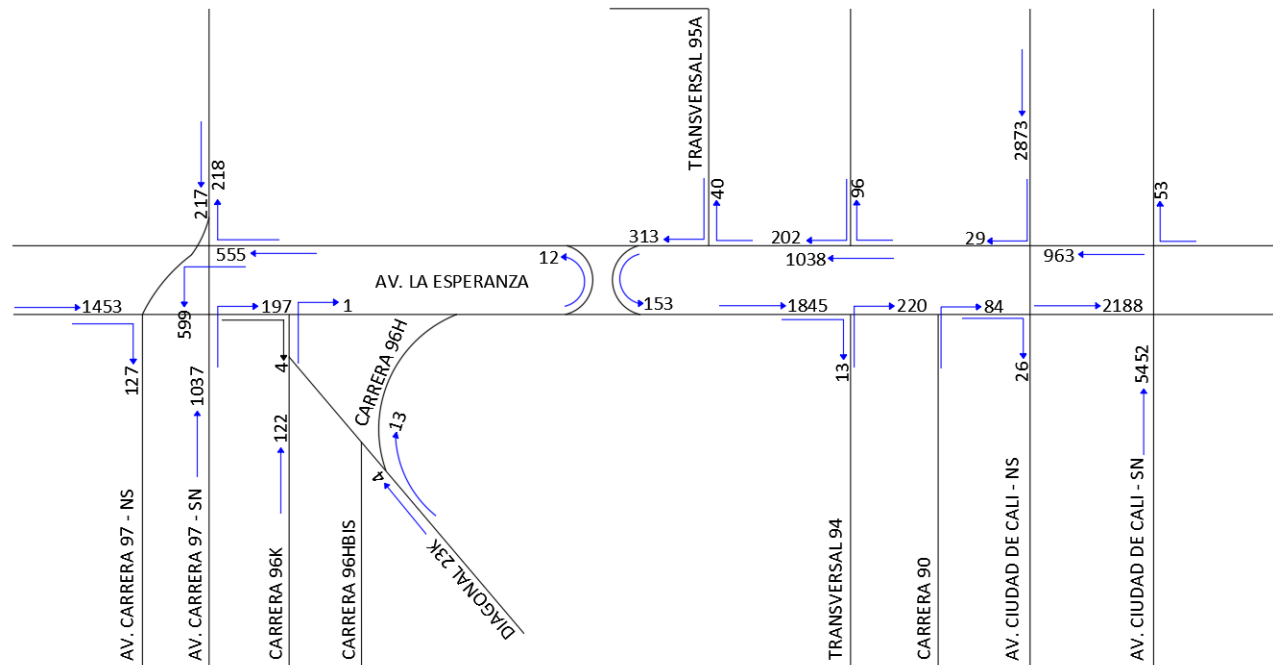


Figura 45. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

### 10.2.1 Intersección de la Avenida La Esperanza con Avenida Ciudad de Cali

Como se observa en el Cuadro 10 y el histograma de frecuencias vehiculares de la Figura 46, el flujo vehicular de la HMD de la mañana corresponde a 3.279 veh-mixtos/hora y 2.798 veh-equivalentes/hora, mientras que, en la HMD de la tarde, el volumen vehicular corresponde a 2.875 veh-mixtos/hora y 2603 veh-equivalentes/hora, de igual forma, se observa una dinámica constante a lo largo del aforo efectuado. Adicionalmente, se evidencia que la mayor parte del tránsito motorizado que circula por esta importante Avenida, son vehículos de tipo liviano (motos y autos), lo que resulta coherente teniendo en cuenta que la mayor parte del suelo lateral a la vía corresponde al desarrollo progresivo de unidades de vivienda residencial. No obstante, la circulación de vehículos pesados es indicio del desarrollo de diferentes actividades económicas (empresas, industrias y locales comerciales).

**Cuadro 10. Volumen vehicular horario – Avenida Calle 24 con Avenida Carrera 86.**

VOLUMEN HORARIO TOTAL															
HORARIO	MOTO	AUTO	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO ESCOLAR	BUSETA ESCOLAR	BUS ESCOLAR	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	TOTALES	TOTALES EQUI.
6:00:00 a. m.	1.007	1.433	32	9	22	9	4	6	70	27	6	3	1	2629	2368
6:15:00 a. m.	1.206	1.535	34	16	25	6	5	8	77	31	10	3	1	2957	2631
6:30:00 a. m.	1.360	1.587	32	18	17	6	5	7	75	28	8	4	1	3148	2727
6:45:00 a. m.	1.496	1.578	26	15	18	9	6	8	76	32	12	2	1	3279	2798
7:00:00 a. m.	1.498	1.568	19	19	15	8	2	4	68	41	16	4	-	3262	2774
7:15:00 a. m.	1.465	1.580	20	17	13	7	1	2	76	38	20	5	1	3245	2783
7:30:00 a. m.	1.317	1.641	26	15	16	5	2	2	93	49	25	4	8	3203	2879
7:45:00 a. m.	1.053	1.648	27	12	14	1	1	1	87	53	22	5	8	2932	2724
8:00:00 a. m.	805	1.570	26	11	15	-	2	2	84	41	18	3	8	2585	2470
8:15:00 a. m.	588	1.554	24	9	13	1	2	1	75	41	9	2	7	2326	2283
8:30:00 a. m.	517	1.517	21	10	11	1	1	1	82	34	5	2	-	2202	2173
8:45:00 a. m.	552	1.548	26	11	11	1	1	1	74	26	4	1	-	2256	2189
9:00:00 a. m.	565	1.580	27	8	12	3	1	-	89	30	7	2	2	2326	2290
9:15:00 a. m.	567	1.522	28	9	12	2	1	-	92	33	15	2	3	2286	2272
9:30:00 a. m.	568	1.451	30	11	12	3	1	-	71	30	17	1	4	2199	2157
9:45:00 a. m.	524	1.367	25	10	25	3	1	-	68	32	18	1	5	2079	2067
10:00:00 a. m.	520	1.366	24	10	24	1	-	-	71	34	16	-	3	2069	2054
10:15:00 a. m.	469	1.316	21	8	24	3	-	1	71	30	12	-	4	1959	1957
10:30:00 a. m.	454	1.315	16	6	27	2	-	1	67	27	10	-	3	1928	1914
10:45:00 a. m.	435	1.314	17	6	17	2	1	1	69	22	11	-	2	1897	1880
11:00:00 a. m.	397	1.280	16	6	18	2	1	1	61	19	13	2	3	1819	1812
11:15:00 a. m.	483	1.444	16	5	21	2	1	-	60	25	12	2	2	2073	2028
11:30:00 a. m.	498	1.463	25	3	25	2	2	1	65	31	17	2	2	2136	2121
11:45:00 a. m.	536	1.542	26	2	24	2	1	1	77	37	19	2	3	2272	2267

VOLUMEN HORARIO TOTAL															
HORARIO	MOTO	AUTO	COLECTIVO	BUSETA	BUS	COLECTIVO ESCOLAR	BUSETA ESCOLAR	BUS ESCOLAR	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	TOTALES	TOTALES EQUI.
12:00:00 p. m.	538	1.528	26	2	23	3	2	1	82	36	17	-	2	2260	2254
12:15:00 p. m.	575	1.435	29	2	19	1	2	2	77	30	17	-	1	2190	2145
12:30:00 p. m.	635	1.504	18	5	12	3	2	1	69	22	10	1	1	2283	2161
12:45:00 p. m.	695	1.586	20	5	15	3	2	7	57	24	8	2	1	2425	2268
1:00:00 p. m.	721	1.554	18	4	17	2	1	7	42	28	10	2	1	2407	2220
1:15:00 p. m.	643	1.581	15	5	22	2	1	6	48	30	11	3	1	2368	2237
1:30:00 p. m.	611	1.635	16	2	28	-	-	7	52	27	14	2	2	2396	2289
1:45:00 p. m.	603	1.576	11	4	28	-	3	2	56	24	11	1	1	2320	2206
2:00:00 p. m.	604	1.604	13	4	28	1	4	2	54	24	10	2	1	2351	2238
2:15:00 p. m.	612	1.613	18	4	24	1	4	2	47	22	9	2	1	2359	2228
2:30:00 p. m.	569	1.529	21	7	19	2	4	1	58	32	11	3	-	2256	2182
2:45:00 p. m.	567	1.492	23	6	23	4	1	-	63	32	14	5	4	2234	2185
3:00:00 p. m.	563	1.434	26	9	25	4	3	1	64	33	13	4	5	2184	2149
3:15:00 p. m.	613	1.438	25	9	27	6	3	7	83	52	16	4	7	2290	2304
3:30:00 p. m.	691	1.510	28	9	33	5	4	11	84	49	15	7	9	2455	2446
3:45:00 p. m.	726	1.541	29	8	28	3	5	12	87	49	14	5	6	2513	2477
4:00:00 p. m.	809	1.643	29	6	24	2	3	11	93	47	18	5	5	2695	2618
4:15:00 p. m.	842	1.682	27	5	30	-	3	10	76	28	16	4	5	2728	2576
4:30:00 p. m.	901	1.624	20	4	30	1	2	8	71	39	13	-	4	2717	2522
4:45:00 p. m.	1.014	1.642	20	5	30	1	1	8	73	45	15	3	5	2862	2632
5:00:00 p. m.	1.081	1.594	16	4	31	1	2	9	71	44	12	4	6	2875	2603
5:15:00 p. m.	861	1.150	10	3	19	1	2	4	59	40	8	4	4	2165	1946
5:30:00 p. m.	605	764	9	1	11	-	2	2	43	21	7	4	3	1472	1312
5:45:00 p. m.	275	332	3	-	5	-	-	1	17	8	3	1	1	648	567

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Figura 46. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – AC 24 X AK 86.

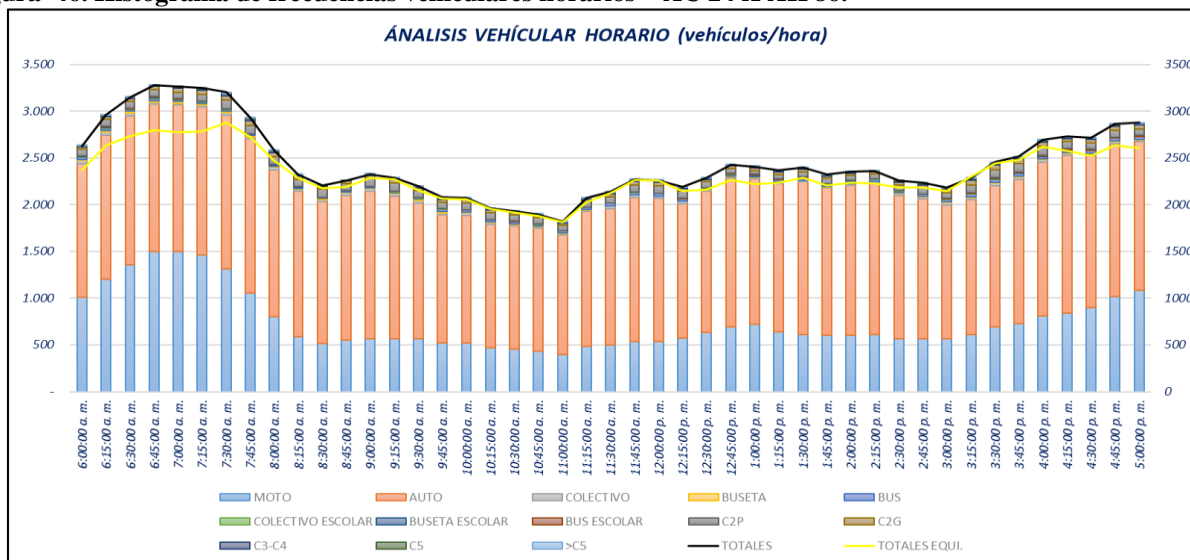


Figura 46. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Por otra parte, en el Cuadro 11 y en la Figura 47 se presenta el resumen del aforo de 12 horas, respecto a los volúmenes vehiculares discriminados por tipología (Autos, motos buses y

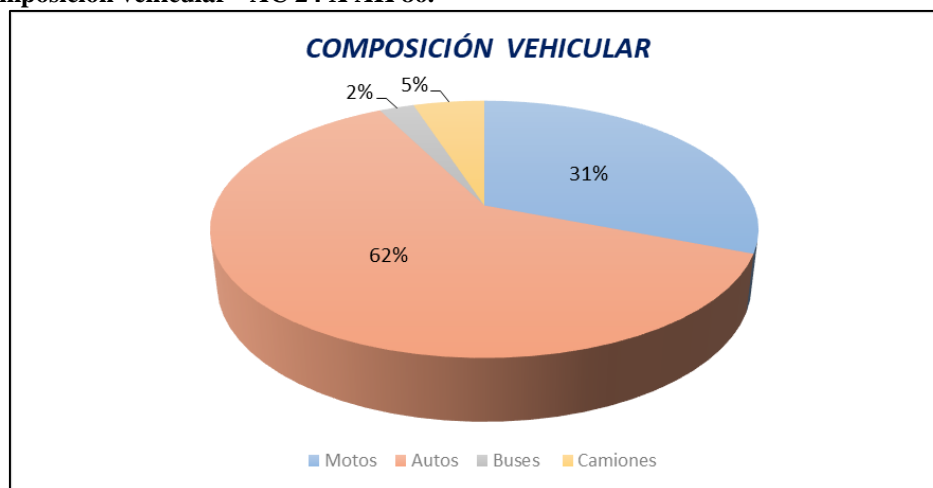
camiones). Se observa que el automóvil es el medio de transporte más utilizado por las personas, ya que representa el 61.62% del tránsito motorizado, seguido por el uso de la moto con un 30.91%. De igual forma, se tiene un 2.45% correspondiente al tránsito de buses, donde más del 80% es del servicio público TPC. Por último, se cuenta el tránsito de camiones, que representan un 5.01% del tránsito total aforado, lo que demuestra el desarrollo de diferentes actividades económicas en la localidad de Fontibón.

**Cuadro 11. TPD actual 12 horas - AC 24 X AK 86.**

TPD ACTUAL (12 horas)				
Motos	Autos	Buses	Camiones	Total
9108	18154	723	1477	<b>29462</b>
30,91%	61,62%	2,45%	5,01%	<b>100%</b>

**Nota.** Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

**Figura 47. Composición vehicular - AC 24 X AK 86.**



**Figura 47.** Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

En el Cuadro 12 se presentan los volúmenes vehiculares direccionales correspondientes a la HMD, donde se evidencia claramente, que el corredor vial de la Avenida La Esperanza presenta

mayor dinámica en sentido occidente – oriente, pues su flujo vehicular duplica el tránsito en sentido oriente – occidente.

**Cuadro 12. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD (mañana y tarde) - AC 24 X AK 86.**

HMD / MOV	3	4	9(1)	9(3)	9(4)	TOTAL
Mañana	2188	963	49	26	53	3279
Tarde	1649	959	36	134	97	2875

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

A continuación, se presenta el análisis de capacidad y niveles de servicio teniendo en cuenta que corresponde a una intersección semaforizada, para la cual se recurrió a la metodología propuesta en el Highway Capacity Manual HCM 2010 y en el libro de Rafael Cal & Mayor *Ingeniería de tránsito Fundamentos y aplicaciones*, como se presentó en el Cuadro 8.

- 1. Módulo de entrada:** Este módulo describe las características más relevantes de la intersección vial, en este caso, de los accesos del corredor vial en estudio (este y oeste). Las variables que se deben considerar en los cálculos de capacidad y niveles de servicio son, el porcentaje de camiones o vehículos pesados por acceso, el factor hora pico FHP, la programación de las fases semaforicas (Duración del ciclo semaforico, Tiempo en verde, ámbar y rojo), la pendiente y consideraciones generales (observaciones), como se presenta a continuación:

Figura 48. Modulo de entrada - AC 24 X AK 86.

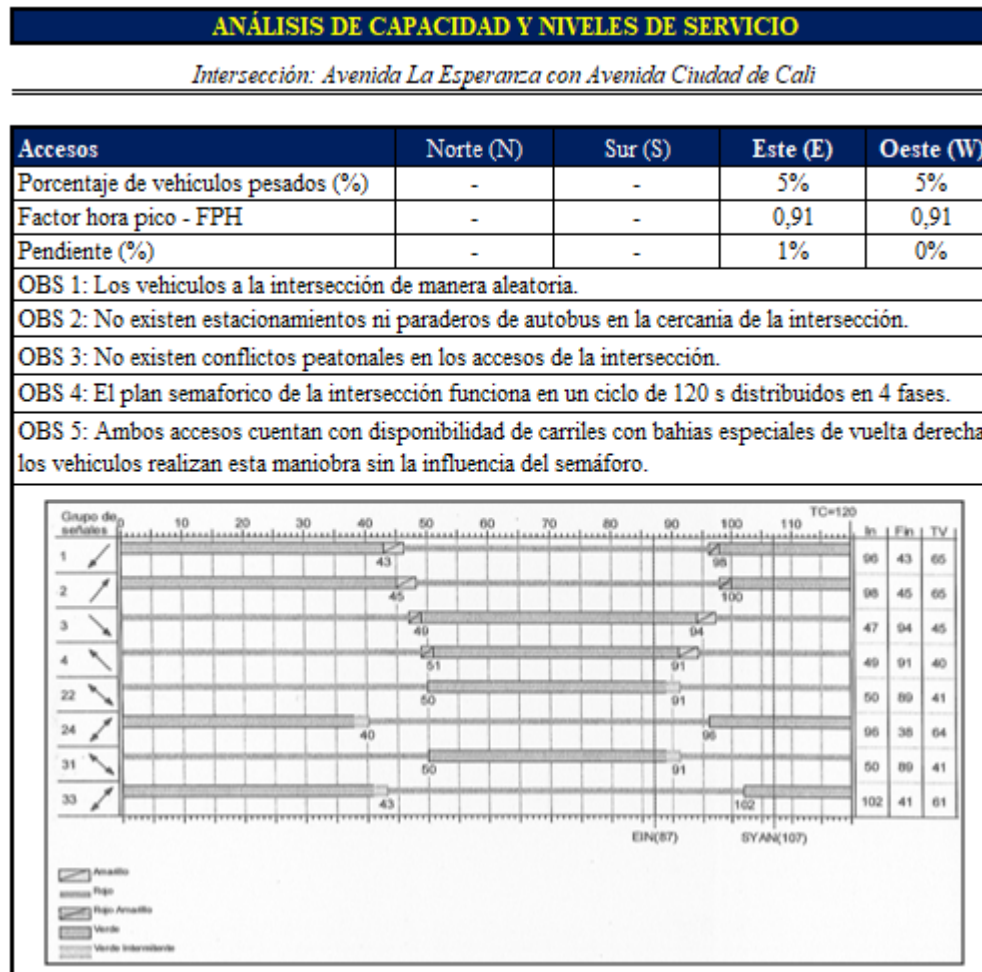


Figura 48. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- Módulo de flujo de saturación:** El flujo de saturación representa la tasa máxima de flujo, en un acceso o grupo de carriles que pueda pasar a través de una intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito y asumiendo un 100% del tiempo en verde. Para su cálculo se deben evaluar los diez factores de ajuste que se presentan en la metodología propuesta en el Cuadro 8, y los cuales fueron estimados según las tablas de correlación del Highway Capacity Manual HCM 2010 – Capítulo 9 (ver Apéndice 14.9).

Figura 49. Modulo de flujo de saturación - AC 24 X AK 86.

<b>Flujo de saturación S</b>	
<b>Intersección: Avenida La Esperanza con Avenida Ciudad de Cali - Acceso W</b>	
<i>Flujo de saturación ideal - recomendado HCM 2010</i>	1900
<i>Factor de ajuste por anchura de carril</i>	1,02
<i>Factor de ajuste por vehiculos pesados</i>	0,97
<i>Factor de ajuste por inclinación de la rasante</i>	1,00
<i>Factor de ajuste por estacionamiento</i>	1,00
<i>Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses</i>	1,00
<i>Factor de ajuste por tipo de área</i>	0,90
<i>Factor de ajuste por giros a la derecha</i>	0,85
<i>Factor de ajuste por giros a la izquierda</i>	1,00
<i>Numero de carriles</i>	2,00
$s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$	2876,00
<b>Intersección: Avenida La Esperanza con Avenida Ciudad de Cali - Acceso E</b>	
<i>Flujo de saturación ideal - recomendado HCM 2010</i>	1900
<i>Factor de ajuste por anchura de carril</i>	1,02
<i>Factor de ajuste por vehiculos pesados</i>	0,98
<i>Factor de ajuste por inclinación de la rasante</i>	1,00
<i>Factor de ajuste por estacionamiento</i>	1,00
<i>Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses</i>	1,00
<i>Factor de ajuste por tipo de área</i>	0,90
<i>Factor de ajuste por giros a la derecha</i>	0,85
<i>Factor de ajuste por giros a la izquierda</i>	1,00
<i>Numero de carriles</i>	2,00
$s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$	2906,00

Figura 49. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

El acceso occidental presenta un flujo de saturación de 2876 veh-mixtos/hora, mientras que el acceso oriental un flujo e saturación de 2.906 veh-mixtos/hora, esto quiere decir que en el escenario más crítico, los accesos se saturarían con el flujo vehicular calculado.

- 3. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad:** El ajuste de volúmenes afecta el volumen vehicular direccional de la HMD en función de la tasa de flujo  $V_p$ , que

depende del factor horario de máxima demanda FHP ( $Vol/F_{HMD}$ ), el número de carriles y el factor de ubicación  $U_i$ , como se presenta en la metodología propuesta en el Cuadro 8.

- El cálculo de capacidad (C) tiene como resultado, el número de vehículos que el acceso puede cargar con óptimos niveles de servicio, y se encuentra en función del flujo de saturación, y la relación entre los tiempos en verde y del ciclo semafórico  $g_i/C$ .
- El grado de saturación ( $v/c$ ), es un indicador que evalúa la relación oferta/demanda del acceso, en función del flujo ajustado  $V_i$ , el grado de saturación y la relación entre los tiempos en verde y del ciclo semafórico  $g_i/C$ .
- La relación de flujo ( $v/s$ ), es un indicador que representa la relación entre el flujo ajustado  $V_i$  y el flujo de saturación, si es próximo a 1, la operación actual del acceso se encuentra saturada, y entre más cercano a 0, menor congestión.
- El grado de saturación crítico ( $X_c$ ) tiene en cuenta la totalidad de movimientos que se puedan presentar por acceso, además del tiempo perdido por fase semafórica (L), que hace referencia al tiempo en rojo y de transición por fase semafórica.

Figura 50. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad - AC 24 X AK 86.

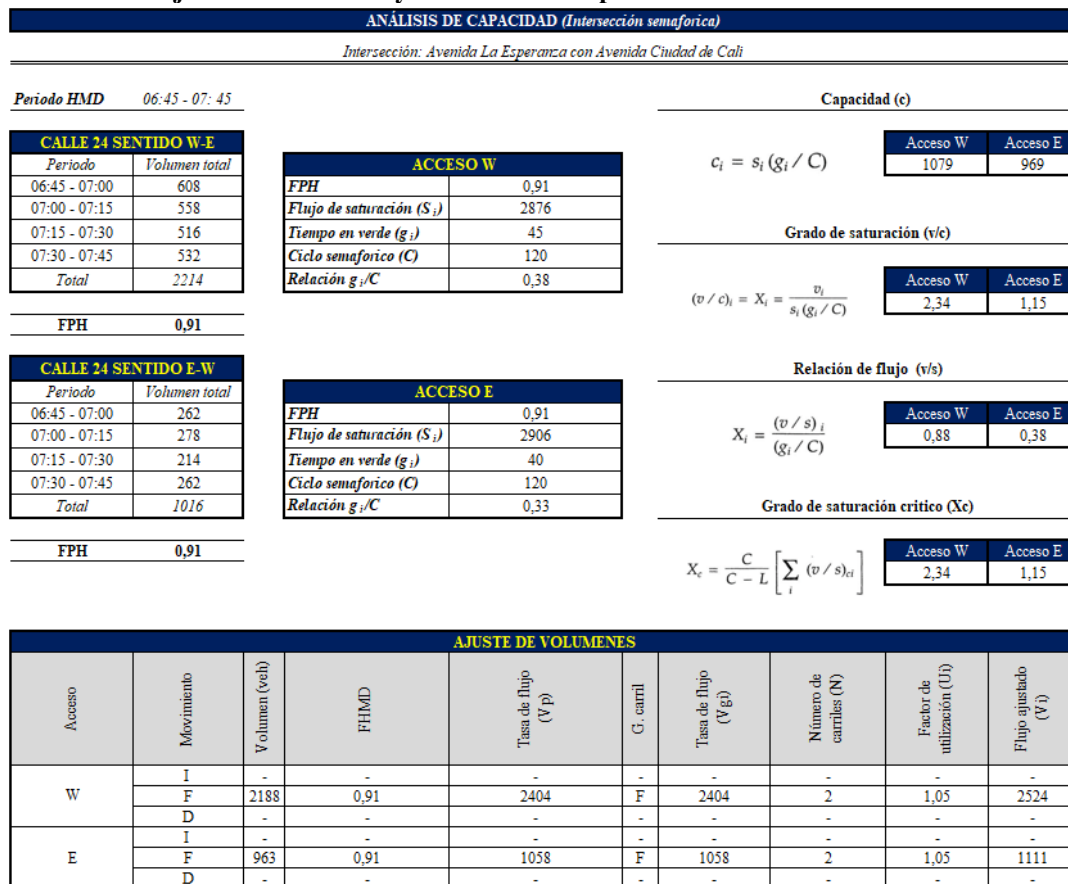


Figura 50. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- El cálculo de capacidad muestra que el acceso occidental puede operar con buenos niveles de servicio con un flujo de 1.079 veh-mixtos/hora, mientras que el acceso oriental con un total de 969 veh-mixtos/hora
- La estimación del grado de saturación muestra el acceso occidental está operando al 234% de su capacidad, mientras que el acceso oriental funciona al 115% de su capacidad.
- En la relación de flujo del acceso occidental se evidencia que el flujo vehicular existente se encuentra próximo al flujo de saturación, es decir, en congestión, mientras que el acceso oriental, pese a que opere al 115% de su capacidad, no se presenta congestión.

- Puesto a que los movimientos vehiculares de ambos accesos son compartidos, el grado de saturación  $X$  y el grado de saturación crítico  $X_c$ , son iguales.

**4. Módulo de nivel de servicio:** El nivel de servicio es un indicador que permite evaluar la calidad del flujo vehicular que circula sobre el acceso, respecto al tiempo perdido, el gasto del combustible y la incomodidad. Para su cálculo se debe tener conocimiento previo del tipo de semáforo que opera (predeterminado, accionado o semiaccionado), e implica haber hecho una valoración previa de la cantidad de vehículos que circulan durante la fase verde y la cantidad de vehículos estacionados en la fase roja. De esta forma, mediante la relación de columna  $R_c$ , se evalúa el tipo de llegada, entre más cercano a la 5, mejor operatividad del corredor, sin colas ni demoras importantes para quienes llegan en la fase roja, y si es próximo a 1, quiere decir que el usuario demora bastante en cruzar el acceso desde su llegada.

Figura 51. Factor de progresión - AC 24 X AK 86.

FACTOR DE PROGRESIÓN - ACCESO W		FACTOR DE PROGRESIÓN - ACCESO E	
Tipo de semáforo: Predeterminado o de tiempo fijo		Tipo de semáforo: Predeterminado o de tiempo fijo	
Número de vehículos contados en la fase roja	213	Número de vehículos contados en la fase roja	39
Número de vehículos contados en movimiento que pasan la fase verde	71	Número de vehículos contados en movimiento que pasan la fase verde	19
Porcentaje vehículos en verde - $PVV$	33,33%	Porcentaje vehículos en verde - $PVV$	48,72%
Porcentaje vehículos en verde - $PVV$	33,33%	Porcentaje vehículos en verde - $PVV$	48,72%
Porcentaje ciclo verde al ciclo semafórico - $PTV$	37,50%	Porcentaje ciclo verde al ciclo semafórico - $PTV$	33,33%
<b>Relación de columna <math>R_c</math></b>	<b>0,89</b>	<b>Relación de columna <math>R_c</math></b>	<b>1,46</b>
Tipo de llegada	3	Tipo de llegada	4
Relación $V_i/c$		Relación $V_i/c$	
Flujo ajustado ( $V_i$ )	2524	Flujo ajustado ( $V_i$ )	1111
Capacidad ( $c$ )	1079	Capacidad ( $c$ )	969
2,34		1,15	
Factor de progresión	1,00	Factor de progresión	0,90
* Para esta intersección se realizó el análisis de flujo vehicular en su ciclo semafórico de 120s		* Para esta intersección se realizó el análisis de flujo vehicular en su ciclo semafórico de 120s	
* El conjunto de semáforos funciona predeterminado		* El conjunto de semáforos funciona predeterminado	

Figura 51. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.