

par de nodos pueden discurrir varias rutas con diferentes frecuencias de servicio y operadas por diferentes empresas; dado lo anterior, la inmediatez entre los nodos de esta red, es variable.⁵⁸

- * *La Instantaneidad.* Esta indica si la conexión es independiente de la distancia entre los nodos, o se puede definir también como el intervalo de tiempo transcurrido entre el momento en que el usuario toma el servicio de TPCU hasta que llega a su destino. Se afirma la variabilidad de esta característica, pues depende de la ruta que se desee realizar, debiéndose tomar en cuenta factores como el número de paradas que el vehículo de transporte realiza durante el recorrido, el tipo de vehículo y el número de transbordos que el usuario deba realizar para llegar a su destino.⁵⁹

2.2. Análisis según la Inserción de la Red Real al Territorio.

Toda red posee diferentes dimensiones: morfología, infraestructura, funcionalidad, modo de regulación y territorialidad.

- * *La Morfología.* Es el trazado de la red que se analiza, en este caso en particular el trazado de la red se encuentra definido por el tejido urbano preexistente, pues las rutas de TPCU discurren a través de este.
- * *La Infraestructura.* Es la red de soporte, la cual, en este caso, se encuentra constituida tanto por el parque automotor de las empresas operadoras como por algunas de las vías que hacen parte de la red vial básica del municipio.

⁵⁸ UNA APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD OFRECIDOS POR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE LA CIUDAD DE MANIZALES - COLOMBIA

⁵⁹ UNA APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD OFRECIDOS POR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE LA CIUDAD DE MANIZALES - COLOMBIA

- ✱ *La Funcionalidad.* Se refiere a la red de servicio de TPCU como tal; para este caso, la funcionalidad viene descrita por los mismos trayectos de las rutas, con sus paradas, frecuencias de servicio, intervalos de horario y las demás características de operación que les definen.

- ✱ *El Modo de Regulación.* Se refiere al sistema de control con el cual se asegura la regularidad y calidad del servicio prestado, mediante una adecuada coordinación entre la red soporte o infraestructura y la red de servicio o funcionalidad. En este caso, es la Administración Municipal a través de sus dependencias la encargada de la regulación del servicio, teniendo que es la Secretaría de Tránsito y Transporte la encargada de regular la red de servicios y la Secretaría de Planeación, en conjunto con la Secretaría de Obras Públicas las encargadas de regular la red de soporte.

- ✱ *La Territorialidad.* Se refiere a la topología de los puntos o nodos ligados por la red. En este caso, encontramos que no existe jerarquización alguna entre los nodos de la red; respecto a su configuración como tal, se podría hablar de algún tipo de jerarquización desde el punto de vista de localización del nodo, es decir, dependiendo del tipo de vía en el cual se encuentre (para el año 1984 se tiene red vial principal, vías alimentadoras y vías distribuidoras); también podrían jerarquizarse según el número de rutas que se intercepten o crucen por los nodos.

2.3. Indicadores de Cobertura de la Red

Los indicadores de cobertura proporcionan mediciones simplificadas del grado de conexión que una red proporciona a un territorio, entre dichos indicadores se encuentran la extensión o longitud total de la red, la densidad de la red en Km./Km²; así mismo existen indicadores de

cobertura que relacionan las condiciones económicas, como la dotación de red en Km./1000 hab., la carga de la red en Veh/Km., entre otros.⁶⁰

- * *La extensión total* de la red analizada para 1984 es de 50 Km., para el año 2003 es de 85.1 Km. aclarando que esta longitud corresponde únicamente a la longitud de las vías por las cuales discurren las rutas de TPCU seleccionadas para este estudio.

- * *La Densidad real o densidad territorial*, es la extensión de la red por unidad de superficie; para este caso, teniendo como superficie la zona urbana del municipio de Popayán en 1984 (20 Km²), se obtiene una densidad de 2.5 Km./Km², y para 2003 con una superficie urbana de 27.52 km², obteniéndose una densidad de 3.1 Km./Km² aclarando que al realizar el análisis con la totalidad de rutas de TPCU de la ciudad, este indicador variaría, esto para el caso 1984, ya que en el 2003 se consideraron todas las rutas.

⁶⁰ UNA APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD OFRECIDOS POR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE LA CIUDAD DE MANIZALES - COLOMBIA

3. ANÁLISIS RETÍSTICO

El análisis retístico de una red, se refiere al estudio tanto del carácter cinético como del carácter topológico de ésta, en términos de conexión, conectividad, curvas de isoaccesibilidad, homogeneidad e isotropía y nodalidad. En este estudio preliminar, se estudian dos escenarios, el escenario inicial es el análisis de la situación de la red que para 1984 existía en Popayán, teniendo en cuenta las rutas seleccionadas con sus características operativas respectivas, y el escenario final es la situación de la red en el año 2003 con sus respectivas características.

3.1. Análisis Retístico de la Red - Escenario 1984

3.1.1. Carácter Cinético de la Red

Velocidades de operación media de los vehículos según la categoría de la vía por la cual circulan – Escenario Inicial.

Tabla 28. Velocidad de Operación Vs. Categoría de la Vía

Velocidad	
Categoría de la Vía	Km./h
Primaria	14
Secundaria	12
Colectora	10

Fuente: Elaboración Propia

Para este factor se tomo como base la velocidad media de operación del sistema que era 20 Km./h, afectada por las características de la vía, el clima, propiedades mecánicas de los vehículos, características del flujo vehicular, entre otras.

3.1.2. Análisis de la Topología de la Red

Para la realización del estudio topológico de la red, se hace necesaria la definición clara del grafo que se analizará, dicho grafo se obtiene a partir de los trayectos que siguen las rutas de TPCU seleccionadas, determinándose los nodos y las aristas. Ver figuras 12, 13, 14.

Tabla 29. Ubicación de los Nodos. Escenario 1984

NODO	UBICACIÓN
1	CIUDADELA ARTESANAL
2	CIUDADELA ARTESANAL
3	LA ALDEA
4	BELLO HORIZONTE
5	BELLO HORIZONTE
6	CIUDADELA ARTESANAL
7	LA ALDEA
8	LA ALDEA
9	BELLA VISTA
10	BELLA VISTA
11	SAN IGNACIO
12	BELLA VISTA
13	BELALCAZAR
14	BELALCAZAR
15	NOR-ORIENTE
16	YANACONAS
17	YAMBITARÁ
18	CIUDAD JARDÍN
19	CIUDAD JARDÍN
20	RÍO MOLINOS CERCA DE C. JARDÍN
21	HOSPITAL
22	LOS SAUCES
23	FUCHA
24	BOLÍVAR
25	EL RECUERDO
26	SANTA CLARA
27	CENTRO
28	LOMA LINDA
29	CENTRO
30	MODELO
31	PUBENZA
32	CENTRO
33	CENTRO
34	PLAZA DE FERIAS
35	CENTRO
36	ALFONSO LÓPEZ
37	AV LAS FERIAS
38	AV MOSQUERA/ AV DEL CEMENTERIO
39	VALENCIA

NODO	UBICACIÓN
40	VALENCIA
41	LAS AMÉRICAS
42	LAS AMÉRICAS
43	JORGE ELIÉCER GAITÁN
44	LA ESMERALDA
45	
46	
47	CEMENTERIO
48	SANTA HELENA
49	TOMAS CIPRIANO DE MOSQUERA
50	CAMILO TORRES
51	CAMILO TORRES
52	EL RETIRO
53	TOMAS CIPRIANO DE MOSQUERA
54	ASENTAMIENTOS
55	CHUNE
56	ASENTAMIENTOS
57	LA MARIA DE OCCIDENTE
58	ASENTAMIENTO LOS CAMPOS
59	ASENTAMIENTO LOS CAMPOS
60	LA MARIA DE OCCIDENTE
61	LA MARIA DE OCCIDENTE
62	LA MARIA DE OCCIDENTE
63	SALIDA AL TAMBO
43	JORGE ELIÉCER GAITAN

Fuente: Elaboración Propia

Para el establecimiento de los nodos, se han tenido en cuenta los posibles puntos de intercambio de la red, es decir, se establecen los sitios de la ciudad donde se interceptan dos o más rutas de TPCU que poseen diferentes destinos, sitios en los cuales se podrían generar movimientos de trasbordo de pasajeros entre las rutas, así mismo se han establecido como nodos del grafo los sitios finales de las diferentes rutas o puntos de control terminal, como se les llama comúnmente en la ciudad, los cuales por lo general se encuentran ubicados en la periferia. En este escenario aparecen nodos sin ubicación que corresponden a sitios que aun no habían tenido un desarrollo urbanístico.⁶¹

⁶¹ UNA APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD OFRECIDOS POR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE LA CIUDAD DE MANIZALES - COLOMBIA

5.1.3. Indicadores de Conexión de la Red – Escenario 1984

Mediante el concepto de conexión, se puede caracterizar la red de relaciones existentes entre los subsistemas de una red territorial, mostrando simplemente si los nodos se encuentran o no relacionados por la red, teniendo entonces, que el grado de conexión indica cómo la misma red asegura la condición mínima de cohesión, llegando a los conceptos de redes fuertemente conexas, redes conexas y redes no conexas, dependiendo del caso en estudio.⁶²

En este caso la red no es conexa, dado que no todos los nodos del grafo poseen conexión con mínimo otros nodos de la red, para que la red fuese fuertemente conexa debería cumplir con ser un grafo orientado, lo cual, en este análisis preliminar no se cumple, pues las aristas que unen los nodos han sido consideradas bidireccionales.

* **β de Kansky.** Este índice de conexión se define como la relación entre el número de aristas de conexión existentes y el número de vértices (nodos) conectados. Los valores de este índice varían entre 0 y 3, teniendo que los valores inferiores a 1 indican una red con estructura arbórea y un grafo no conexo, los valores entre 1 y 3 indican una red compleja y el índice igual a 1 indica que es una red de circuito único. Para el escenario inicial, se observa que estamos estudiando una red compleja.

$$\beta = \frac{l}{v}$$
$$\beta = \frac{80}{63} = 1.27$$

⁶² UNA APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD OFRECIDOS POR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE LA CIUDAD DE MANIZALES COLOMBIA

- * **η Eta.** Este índice de conexión se define como la relación entre la longitud total de la red y el número de aristas de conexión existentes, indicando la distancia media entre nodos, que para este caso sería inferior a 1 Km.

$$\eta = \frac{L}{l}$$
$$\eta = \frac{5000}{80} = 625$$

- * **Cociente entre diámetro y extensión total de la red.** Este indicador de conexión se calcula mediante la relación entre la mayor distancia entre nodos y la longitud total de la red.

Este índice nos proporciona una idea de la forma de la red, es decir, nos indica si la red es lineal o mallada; si el valor obtenido se acerca a 1, la red es lineal, si el valor se acerca a cero (0), la red es mallada. Para este caso, los nodos más alejados entre ellos son los nodos 7 y 63, entre los cuales hay una longitud de 16100 m. Dado lo anterior, el valor obtenido nos indica que estamos estudiando una red mallada.

$$Q = \frac{16100}{50000} = 0.32$$

5.1.4. Cálculo de las curvas de isoaccesibilidad de la red Escenario 1984.

Mediante las curvas de isoaccesibilidad se pueden determinar qué zonas de la ciudad presentan una mayor o menor accesibilidad, es decir, es posible establecer a qué zonas de la ciudad es más fácil acceder a través de la red de TPCU, en términos de tiempo medio de recorrido de origen a destino. Es de aclarar que la accesibilidad también puede medirse en términos de coste u otras variables, pero en

este caso preliminar de estudio se calculó en términos de tiempo medio de viaje.⁶³

Las curvas de isoaccesibilidad se han determinado a partir de la matriz de tiempos origen – destino, la cual es obtenida calculando el tiempo total de recorrido que existe entre cada par de nodos de la red por el camino mínimo, teniendo en cuenta factores inherentes al uso de la red de TPCU, como lo son: El tiempo que se demora una persona en llegar y salir de cada nodo en modo autónomo (no motorizado, a pie), llamado tiempo de acceso (t_{acc}) y tiempo de salida (t_{sal}), para los cuales se ha asumido una distancia de 150 m a una velocidad 4,3 Km./h, (2.1 min. cada tiempo); el tiempo de espera (t_{esp}) en el nodo o estación, que en este caso particular se obtiene mediante la frecuencia de paso del servicio, entre cada par de nodos existen frecuencias de servicio diferentes, dado que se asumió como frecuencia entre nodos el promedio de las frecuencias de las rutas que discurrían entre dos nodos determinados; el tiempo de trayecto (t_{tray}) en el vehículo automotor,; y el tiempo de paradas (t_p), para el cual se asumió como 40 segundos por cada parada que el automotor realiza cada 500 m para la carga y descarga de pasajeros, este tiempo ha sido tenido en cuenta dado que la ciudad aún no tiene establecidos puntos exactos de trasbordo o parada de buses, es decir, el conductor para donde quiera. Se aplican entonces las siguientes ecuaciones.

$$T_{ij} = t_{acc} + t_{esp} + t_{tray} + t_p + t_{sal}$$

$$\overline{T_{ij}} = \frac{\sum T_{ij}}{n - 1}$$

⁶³ UNA APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD OFRECIDOS POR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE LA CIUDAD DE MANIZALES COLOMBIA

Ahora bien, luego de obtener la Matriz de Tiempos medios de viaje entre nodos, se hace necesario el uso de software especializado para dibujar correctamente las curvas isocronas y lograr un adecuado mapa, para tal fin, se usó el software SURFER 8.0; dicho software proporciona hasta 10 diferentes métodos de análisis que usan diferentes algoritmos para interpretar los valores de los nodos en la red. Se realizó el cálculo de las curvas isocronas mediante varios de los métodos ofrecidos por el programa, ajustándose mejor el “Kriging”. Ver figura 15.

Al obtener las curvas de isoaccesibilidad se observa que los nodos de mayor accesibilidad en el escenario 1984 son: el 38 y el 31, esta situación es concordante con las características urbanas y de la red vial de ese entonces, que al igual que Manizales se desarrolló mayoritariamente en el sentido oriente occidente haciendo de dichos nodos puntos de paso casi obligado de todas las rutas que discurren por la red además están sobre una vía que para el inventario vial de la época formaba parte de la red vial principal. Otros nodos de aceptable accesibilidad se encuentran en la zona céntrica de la ciudad, donde concurren casi todas las rutas.

El nodo de menor accesibilidad era el nodo 55 dada su ubicación en una zona que no estaba consolidada urbanísticamente, por lo tanto las características de sus vías hacían que el TPCU no llegara hasta allí y la única forma de acceder a él era caminando desde las terminales más cercanas, también otros nodos aledaños, tenían a este (nodo 55) como paso obligado a pie para poder acceder a sitios con facilidades del servicio, lo que incrementaba significativamente los tiempos de acceso a él.

La isocrona 70 se estira paralelamente a la Avenida Panamericana en un importante tramo, mostrando su categoría de eje vial principal de Popayán y que entorno a ella se dieron los principales desarrollos

urbanísticos de la ciudad y se constituyeron muchas rutas de transporte público colectivo urbano.

En el siguiente cuadro se muestran las áreas cubiertas por cada isocrona, es apreciable como en un tiempo superior a 100 min. el sistema de transporte público colectivo urbano provee accesibilidad al sector centro, occidente, norte, y sur principalmente.

Se notan discontinuidades muy marcadas en el oriente de la ciudad donde hay nodos de accesibilidad restringida, dado que los sectores donde estos se encuentran presentan características similares a las ya mencionadas para el nodo 55 donde también es apreciable la discontinuidad, es decir aunque algunos son puntos que hacen parte de alguna ruta y tienen acceso al servicio de TPCU, tienen también afluencia de otros nodos que no poseen accesibilidad, y que tendiendo en cuenta el carácter bidireccional elegido para la red aumentan considerablemente el tiempo de acceso.

Tabla 30. Área Cubierta por las Curvas de Isoaccesibilidad

1984	
ISOCRONA (min.)	ÁREA (Km²)
70	3.26
80	9.67
90	16.80
100	27.61
110	49.80
120	79.30
130	102.60
140	114.60
150	118.00
160	120.00
170	120.65

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Análisis Retístico de la Red - Escenario 2003

3.2.1. Carácter Cinético de la Red

Tabla 31. Velocidades de Operación Media de los Vehículos según la Categoría de la Vía por la cual Circulan – Escenario 2003

Velocidad	
Categoría de la Vía	Km./h
Primaria	26
Secundaria	22
Colectora	18

Fuente: Elaboración Propia.

Para este factor se tomo como base la velocidad media de operación del sistema que era 30 Km./ h, afectada por las características de la vía, el clima, propiedades mecánicas de los vehículos, características del flujo vehicular, entre otras.

3.2.2. Análisis de la Topología de la red. Ver figuras 16, 17, 18.

Tabla 32. Ubicación de los Nodos. Escenario 2003

NODO	UBICACIÓN
1	CIUDADELA ARTESANAL
2	CIUDADELA ARTESANAL
3	LA ALDEA
4	BELLO HORIZONTE
5	BELLO HORIZONTE
6	CIUDADELA ARTESANAL
7	LA ALDEA
8	LA ALDEA
9	BELLA VISTA
10	BELLA VISTA
11	SAN IGNACIO
12	BELLA VISTA
13	BELALCAZAR
14	BELALCAZAR
15	NOR-ORIENTE
16	YANACONAS
17	YAMBITARÁ
18	CIUDAD JARDÍN

NODO	UBICACIÓN
19	CIUDAD JARDÍN
20	RÍO MOLINOS CERCA DE C. JARDÍN
21	HOSPITAL
22	LOS SAUCES
23	FUCHA
24	BOLÍVAR
25	EL RECUERDO
26	SANTA CLARA
27	CENTRO
28	LOMA LINDA
29	CENTRO
30	MODELO
31	PUBENZA
32	CENTRO
33	CENTRO
34	PLAZA DE FERIAS
35	CENTRO
36	ALFONSO LÓPEZ
37	AV LAS FERIAS
38	AV MOSQUERA/ AV DEL CEMENTARIO
39	VALENCIA
40	VALENCIA
41	LAS AMÉRICAS
42	LAS AMÉRICAS
43	JORGE ELIÉCER GAITAN
44	LA ESMERALDA
45	LOS FAROLES
46	URBANIZACIÓN VERSALLES
47	CEMENTERIO
48	SANTA HELENA
49	TOMAS CIPRIANO DE MOSQUERA
50	CAMILO TORRES
51	CAMILO TORRES
52	EL RETIRO
53	TOMAS CIPRIANO DE MOSQUERA
54	ASENTAMIENTOS
55	CHUNE
56	ASENTAMIENTOS
57	LA MARIA DE OCCIDENTE
58	ASENTAMIENTO LOS CAMPOS
59	ASENTAMIENTO LOS CAMPOS
60	LA MARIA DE OCCIDENTE
61	LA MARIA DE OCCIDENTE
62	LA MARIA DE OCCIDENTE
63	SALIDA AL TAMBO

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Indicadores de Conexión de la Red – Escenario 2003

En este caso a diferencia del escenario 1984 la red es conexas, dado que todos los nodos del grafo poseen conexión con mínimo otros nodos de la red, no obstante, para que la red fuese fuertemente conexas debería cumplir con ser un grafo orientado, lo cual, en este análisis preliminar no se cumple, pues las aristas que unen los nodos han sido consideradas bidireccionales.

- * **β de Kansky.** Para el escenario 2003, se observa que estamos estudiando una red compleja.

$$\beta = \frac{l}{v}$$
$$\beta = \frac{94}{63} = 1.49$$

- * **η Eta.** Para este caso sería inferior a 1 Km.

$$\eta = \frac{L}{l}$$
$$\eta = \frac{85100}{94} = 905 \text{ m}$$

- * **Cociente entre diámetro y extensión total de la red.** Para este caso, los nodos más alejados entre ellos son los nodos 7 y 63, entre los cuales hay una longitud de 16100 m. Dado lo anterior, el valor obtenido nos indica que estamos estudiando una red mallada.

$$Q = \frac{16100}{85100} = 0.19$$

3.2.4. Cálculo de las curvas de isoaccesibilidad de la red Escenario 2003.

Algunos factores que influyen en la accesibilidad se han modificado de acuerdo a las condiciones urbanas del año del año 2003.

El tiempo que se demora una persona en llegar y salir de cada nodo en modo autónomo (no motorizado, a pie), llamado tiempo de acceso (t_{acc}) y tiempo de salida (t_{sal}), para los cuales se ha asumido una distancia de 80 m a una velocidad 4,3 Km./h, (1.1 min. cada tiempo); el tiempo de espera (t_{esp}) en el nodo o estación, que en este caso particular se obtiene mediante la frecuencia de paso del servicio; entre cada par de nodos existen frecuencias de servicio diferentes, dado que se asumió como frecuencia entre nodos el promedio de las frecuencias de las rutas que discurrían entre dos nodos determinados; el tiempo de trayecto (t_{tray}) en el vehículo automotor,; y el tiempo de paradas (t_p), para el cual se asumió como 40 segundos por cada parada que el automotor realiza cada 500 m para la carga y descarga de pasajeros. En Popayán en el año 2003 aun no existían sitios definidos para el ascenso y descenso de pasajeros.

$$T_{ij} = t_{acc} + t_{esp} + t_{tray} + t_p + t_{sal}$$

$$\overline{T_{ij}} = \frac{\sum T_{ij}}{n - 1}$$

Se realizó como en el escenario 1984 el cálculo de las curvas isocronas mediante algunos de los métodos que ofrece el programa SURFER 8.0. El método “Kriging” fue el de mejor ajuste. Posteriormente se hace su análisis. Ver figura 19.

Al obtener las curvas de isoaccesibilidad se observa que el nodo de mayor accesibilidad en el escenario 2003 es el nodo 38, teniendo que este corresponde a la intersección de la Av. Panamericana con la calle 5, ejes viales considerados dentro de las vías primarias de la ciudad, en

dicha intersección la calle 5 distribuye el tráfico en sentido oriente occidente y la panamericana se desvía al centro, teniendo entonces afluencias importantes de vehículos de transporte público colectivo urbano. Otros nodos que cuentan con buena accesibilidad son: 25, 31, 35, 39, 40 y 47 que se encuentran sobre las vías de mayor importancia en la ciudad, también cuentan con aceptable accesibilidad los nodos que se encuentran en la zona céntrica de la ciudad.

Los nodos que se encuentran sobre el sector histórico, donde para el año 2003 se registran altos volúmenes de vehículos de transporte público colectivo urbano y por lo tanto un congestionamiento importante, tienen un tiempo de accesibilidad de 90 minutos.

Los nodos de menor accesibilidad se encuentran en la periferia de la ciudad en los puntos donde terminan las rutas.

Las isocronas se estiran paralelamente a la Av. Panamericana en toda su extensión, mostrándolo como principal eje vial de la ciudad. Se observa que la orientación de las líneas isócronas esta fuertemente influenciada por las características de las vías, apreciándose en el plano la importancia de la Avenida Panamericana al sur y la calle 5.

En el siguiente cuadro se muestran las áreas cubiertas por cada isocrona, es apreciable como en un tiempo superior a 100 minutos el sistema de transporte publico colectivo urbano provee accesibilidad a toda la ciudad, se debe tener en cuenta que en el plano esta curva puede abarcar sectores que de acuerdo a los usos del suelo no pueden ser urbanizados.

Tabla 33. Área Cubierta por las Curvas de Isoaccesibilidad

2003	
ISOCRONA (min.)	ÁREA (Km²)
65	0.002
70	0.77
75	2.04
80	5.00
85	8.56
90	14.30
95	20.20
100	26.75
105	33.85
110	42.43
115	52.90
120	65.20

Fuente: Elaboración Propia

Respecto al año 1984, mediante los desarrollos dados en materia vial como la aparición de vías y mejoramiento de la superficie de rodadura de muchas, ya no se observan puntos que generan discontinuidades en las tendencias normales de las curvas de accesibilidad, lo que indica que asociado a este cambio han surgido nuevas rutas que mejoraron el cubrimiento del transporte público colectivo urbano de la ciudad y las empresas que lo operan, llegando a puntos que en 1984 no tenían acceso.

No hay un cambio sostenido en los tiempos de accesibilidad, debido a que en el año 1984 la mayoría de las rutas operaba con una frecuencia de 10 min., lo que significa que al promediarlas como lo exige el modelo usado, dichas frecuencias se sostienen, lo que no sucede en el 2003, donde, aunque pasan mayor cantidad de vehículos entre los nodos y se mejoraron algunas condiciones viales, la frecuencia de paso no es armónica y al promediarlas la mayoría disminuyen ostensiblemente, equiparando las dos situaciones consideradas sin que se presenten cambios significativos en la accesibilidad a muchos nodos.

4. COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIO 1984 Y ESCENARIO 2003

Ver figura 20

En las tablas posteriores se observa de manera cuantitativa los nodos que ganaron y perdieron mayor tiempo de accesibilidad en los 20 años que separan los 2 escenarios.

Tabla 34. Nodos con Pérdida Significativa de Accesibilidad

NODO	TIEMPO			
	ESCENARIO		AUMENTO	
	1984	2003	Min	%
1	135.36	144.65	9.29	6.86%
2	129.32	136.04	6.72	5.20%
12	101.24	108.82	7.58	7.49%
20	76.75	84.60	7.85	10.23%
22	98.15	122.31	24.16	24.61%
23	87.98	95.61	7.63	8.67%
24	72.04	80.11	8.07	11.21%
25	64.14	72.44	8.30	12.95%
26	73.35	88.57	15.22	20.74%
27	70.34	77.81	7.47	10.62%
28	70.86	81.52	10.66	15.05%
29	76.28	84.02	7.74	10.14%
30	67.48	90.17	22.69	33.63%
32	71.36	76.38	5.02	7.04%
33	74.77	81.12	6.34	8.48%
34	81.49	86.83	5.34	6.55%
35	66.03	75.27	9.24	13.99%
46	88.50	94.12	5.61	6.34%
56	94.21	104.69	10.49	11.13%
58	98.30	104.78	6.48	6.59%
59	114.00	121.76	7.75	6.80%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35. Nodos con Ganancia Significativa de Accesibilidad

NODO	TIEMPO			
	ESCENARIO		DISMINUCIÓN	
	1984	2003	Min	%
5	155.92	115.28	40.64	26.06%
6	114.15	109.01	5.14	4.50%
7	153.39	142.16	11.23	7.32%
8	132.87	115.97	16.90	12.72%
11	150.20	135.76	14.44	9.61%
13	180.44	97.00	83.45	46.24%
14	169.38	86.53	82.85	48.91%
43	114.24	107.62	6.61	5.79%
55	275.93	98.12	177.81	64.44%
60	101.27	95.66	5.60	5.53%
63	138.35	127.37	10.98	7.93%

Fuente: Elaboración Propia

En realidad, existe una tendencia de sostenimiento en los tiempos de accesibilidad a los nodos considerados, sólo la mitad de los nodos experimentaron cambios de tiempo importantes. Esto por la situación explicada en los párrafos anteriores.

Bajo las condiciones de accesibilidad presentadas en el año 2003, se observa un numero importante de nodos que han aumentado los tiempos de acceso, entre estos los nodos 30, 22, 26, 28, 35 con porcentajes de variación de 33.63%, 24.61%, 20.74%, 15.05%, 13.99% respectivamente. Ver tabla 34.

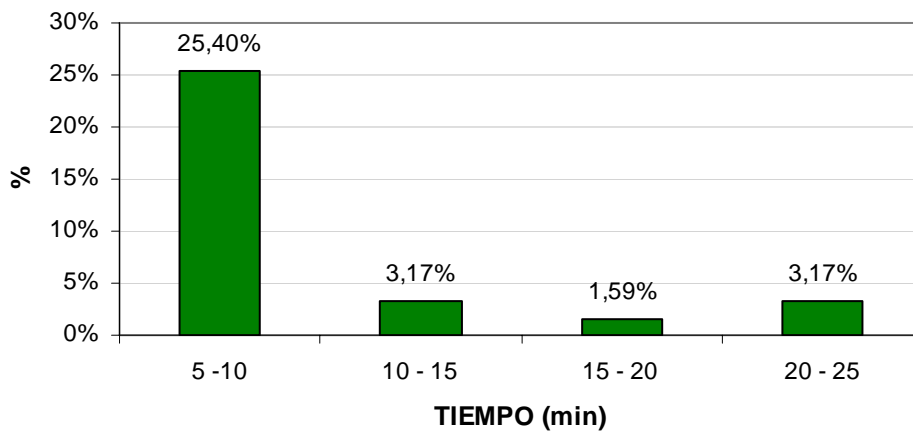
Se observa también que los nodos que en 1983 no tenían acceso al servicio, hecho que obligaba a los habitantes de estos sectores a hacer conexión con otros nodos caminando, han ganado tiempos medios de viaje muy valiosos con la ampliación de cubrimiento del servicio, permitida por la consolidación y mejoramiento de las vías de acceso a dichas zonas. Sobresalen entre estos el nodo 55 con una disminución superior al 60% en el tiempo medio de viaje, los nodos 14 y 13 con disminuciones superiores al 45% y el nodo 5 con una disminución superior al 25%. Ver tabla 35.

Los nodos estratégicos detectados, donde se intersecan dos vías importantes de la ciudad, como son la Avenida Panamericana y la calle 5 vía al tambo, no experimentaron cambios importantes en los tiempos medios de viaje.

En los siguientes gráficos se observa el porcentaje de nodos que ganaron tiempo, de acuerdo a rango de ganancia establecido.

Figura 10. Porcentaje de Nodos que Perdieron Accesibilidad

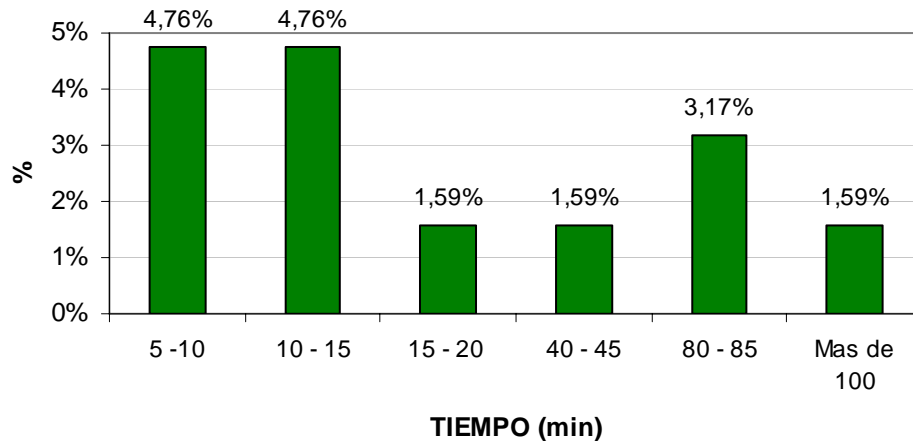
PORCENTAJE DE NODOS VS. AUMENTO DE TIEMPO



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Porcentaje de Nodos que Ganaron Accesibilidad

PORCENTAJE DE NODOS VS DISMINUCION DE TIEMPO



Fuente: Elaboración Propia

En general, se puede decir que se sacrificó la accesibilidad a algunos nodos en lo que a tiempo medio de viaje se refiere, a cambio de brindar accesibilidad al Transporte Público Colectivo Urbano a otros nodos que en el año 1984 no la tenían.

CONCLUSIONES

En las ciudades intermedias colombianas, más que una planificación adolescente de elementos y modelos adecuados, se observa una generalizada falta de planificación, las políticas de infraestructura, dispositivos de control y regulación en materia de tránsito y transporte en gran cantidad de casos son elegidas bajo criterios meramente observativos y subjetivos. A diferencia de países desarrollados, donde hay un balance adecuado en la inversión presupuestal entre planificación y ejecución, en los subdesarrollados como Colombia, porcentajes mayoritarios del presupuesto se destinaban al segundo propósito.

En Colombia, Popayán es una ciudad aventajada en materia de tránsito y transporte, no quiere decir esto que no hayan falencias en esta y quede un extenso camino por recorrer, sino que a diferencia de otras ciudades intermedias, en donde hasta ahora se empieza a adoptar en forma seria la planificación, en la capital del Cauca se han registrado varios estudios tendientes a cuantificar y caracterizar la movilidad e identificar las principales características del tránsito y operación del transporte e infraestructura vial. En lo anterior ha tenido gran influencia la Universidad del Cauca y su Facultad de Ingeniería Civil, como entidad académica comprometida con la investigación en estos campos para el desarrollo de la ciudad.

Cualquier política de infraestructura y/o regulación en el tránsito y el transporte, debe ser consecuente con lo establecido en los planes de ordenamiento territorial, planes de movilidad y planes viales, enfocadas a desarrollos y crecimientos urbanístico armónicos y sostenibles. La documentación histórica, debe ser tomada en cuenta para cualquier estudio de tránsito y/o transporte para tener referentes de las políticas

adoptadas y los aciertos y fallas de estas, pero el carácter cambiante de las entidades públicas, trae consigo pérdidas de información y desorden en su manejo, a esta situación no es ajena la ciudad de Popayán.

La zonificación para todos los estudios de origen y destino realizados en la ciudad, particularmente los considerados para este trabajo (1984 y 2003) se ha dado sobre la base de los usos del suelo, lo que sumado a la elección de elementos y modelos apropiados garantiza estimativos futuros correctos, pues los sectores, barrios o comunas considerados en estas zonas se desarrollan de manera similar u homogénea.

Dicha zonificación en esencia es la misma, pero para el año 2003 se adicionaron los asentamientos urbanos surgidos en este tiempo a las respectivas zonas consideradas en 1984.

Algunos factores sociales y económicos como las características de la población y su crecimiento, el desempleo y los cambios de la economía tienen directa relación con la movilidad y son entre muchos otros elementos, una alternativa para ser usados en la estimación de factores de proyección y modelos para cuantificar la demanda futura.

Una importante tendencia urbana que caracteriza ciudades intermedias como Popayán y sostenida en las casi dos décadas que separan los dos estudios en análisis, es que los sitios que atraen el mayor número de viajes están ubicados en la zona céntrica donde se encuentran las principales locaciones comerciales, educativas, culturales y administrativas generadoras de movilidad.

La red vial básica de Popayán definida para estos estudios es prácticamente la misma en ambos casos (1984 y 2003), aunque algunas vías se han quedado relegadas y no han presentado desarrollos significativos y de acuerdo con lo planteado en el Plan Vial Urbano de Popayán de 1984.

En los documentos recopilados para ambos años, no aparece consignado el tamaño de la muestra, y aunque el Manual de Estudios de Origen y Destino del Ministerio de Transporte establece un mínimo de 5%, es importante tener este referente para estudios futuros.

El crecimiento demográfico de Popayán ha propiciado un incremento notable de los viajes en transporte público en el año 2003 respecto al año 1984, pero también se registra un fuerte incremento de viajes en vehículo particular.

Si se tiene en cuenta que los viajes con propósito trabajo, estudios, negocios se realizan en su gran mayoría en las horas pico, es preocupante la alta tendencia al uso de vehículos particulares, que indudablemente es una de las practicas neurálgicas causantes de la disminución de capacidad y bajos niveles de servicio del sistema vial y en muchas ciudades han llevado a adoptar políticas como el pico y placa.

En ambos estudios se ha registrado una población de carácter joven, lo que también debe ser tenido en cuenta en la planificación futura, pues las actividades que realizan dichas personas son las que mas generan demanda de transporte.

En sus inicios como ciudad Popayán registró una gran dinámica comercial y económica por ser centro de este tipo de operaciones en el occidente colombiano, se asocia a esto el desarrollo vial en la época, pero cuando la ciudad pierde este carácter el crecimiento urbano y vial sufre un proceso de aletargamiento y evolución lenta. Con el sismo registrado el 31 de marzo de 1983 que afecto notablemente el municipio, nuevamente se incrementa el desarrollo urbano en forma acelerada durante un tiempo.

El Parque automotor de vehículos de transporte público colectivo urbano ha cambiado notablemente sus características con la aparición de un número significativo de microbuses y colectivos que constituyen alrededor del 50 % de total de estos.

Para ambos años existían 4 empresas que prestaban el servicio de transporte público colectivo urbano. En 1984 estas empresas cubrían hasta la fecha de realización del plan vial 5 rutas, condicionadas por las características viales y urbanas de la ciudad. En el año 2003 se inventariaron 42 rutas, que en esencia son similares a las anteriores, pero discurren en forma diferente en sitios cercanos a las llamadas terminales de control, además cubren los barrios nuevos y circulan por vías que mejoraron sus características.

En las ciudades intermedias colombianas como Popayán, el sistema de transporte público colectivo presenta un balance adecuado entre oferta y demanda en las horas pico, pero por lo general en las horas valle se registra una sobreoferta del sistema reflejada en índices de ocupación vehicular bajos.

El aumento en la longitud promedio de las rutas y la velocidad media de operación de los vehículos son indicativos de mejoramientos infraestructurales y crecimiento urbano, aunque se debe tener en cuenta el cambio en el parque automotor y por lo tanto las características mecánicas y funcionales del vehículo.

En ambos años los patrones del tránsito son prácticamente inmutables y corresponden a los que identifican normalmente a las ciudades intermedias colombianas, se registran picos al inicio de la mañana al medio día y al final de la tarde. Los volúmenes horarios por estaciones de conteo, muestran la saturación en el sector histórico, producida principalmente por la afluencia de vehículos de transporte público colectivo urbano.

En cuanto a infraestructura vial los avances han sido lentos, solo se han creado vías correspondientes a los nuevos asentamientos urbanos, y mejorado la superficie de rodadura de barrios consolidados principalmente en el norte y nororiente de la ciudad.

Aunque la información recolectada en 1984 es muy amplia, los modelos utilizados para la proyección, distribución y asignación de la demanda son muy básicos, y las asunciones utilizadas respecto a infraestructura vial, características operacionales de los vehículos y otras no están en concordancia con lo que la información recolectada permitía prever para el futuro. Una posible causa de esto es el carácter juvenil que en ese entonces tenía la ingeniería de tránsito en el país y además no se contaba con las posibilidades tecnológicas (softwares, bases de datos y programas para el procesamiento de información), y modelos con que hoy se cuenta.

En la actualidad el desarrollo es apreciable en la implementación del programa rutas win, que recolecta los elementos suficientes para la planificación del transporte y se basa en un algoritmo adecuado para la cuantificación de la demanda actual y futura considerando diferentes alternativas. Esto hace parte del programa de investigación que en el área han realizado profesionales de la Universidad del Cauca y que similarmente se está dando en otras ciudades del país.

Algunas situaciones que se presentan en la actualidad y que en el estudio de 1984 pese a la información con que se contaba no fueron previstas como el incremento de volúmenes vehiculares en el área histórica de Popayán son un reflejo de la simplicidad del modelo utilizado en la época. En el Plan Vial del Área central de Popayán y en el Plan de Ordenamiento Territorial se consigna como una de las políticas prioritarias impedir el acceso a los vehículos de transporte público colectivo urbano, en respuesta a esta surge el Plan de Reestructuración de Rutas del Transporte Público Colectivo Urbano de

Popayán realizado en el año 2003, donde mediante el ya mencionado programa Rutas Win se consideran diferentes alternativas para este propósito.

Igual que en otras áreas, en la planificación del tránsito y el transporte la eficiencia de los modelos esta condicionada a la calidad de la información con que se les retroalimente y a la interpretación de la información obtenida, a esta premisa no son ajenos los estudios realizados en las ciudades intermedias colombianas donde como en Popayán 1984 se utilizó un modelo muy simple, no acorde con la información con que se contaba que permitía el uso de un modelo mas riguroso, pero como se dijo anteriormente, no se contaba con las herramientas actuales.

BIBLIOGRAFÍA

COINCO LTDA, INGENIEROS CONSULTORES. 1984. PLAN VIAL URBANO DE POPAYÁN, INFORME PRELIMINAR.

INGENIERÍA DE CONSULTA. 1987. PLAN VIAL DEL ÁREA CENTRAL DE POPAYÁN.

INGENIERÍA DE CONSULTA. 2003. ESTUDIO DE REESTRUCTURACIÓN DE RUTAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE LA CIUDAD DE POPAYÁN.

MUNICIPIO DE POPAYÁN. 2002. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

ESCOBAR. D. A. 2006. UNA APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD OFRECIDOS POR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO EN LA CIUDAD DE MANIZALES – COLOMBIA.

Figura 12. Red Vial Básica de Popayán, 1984

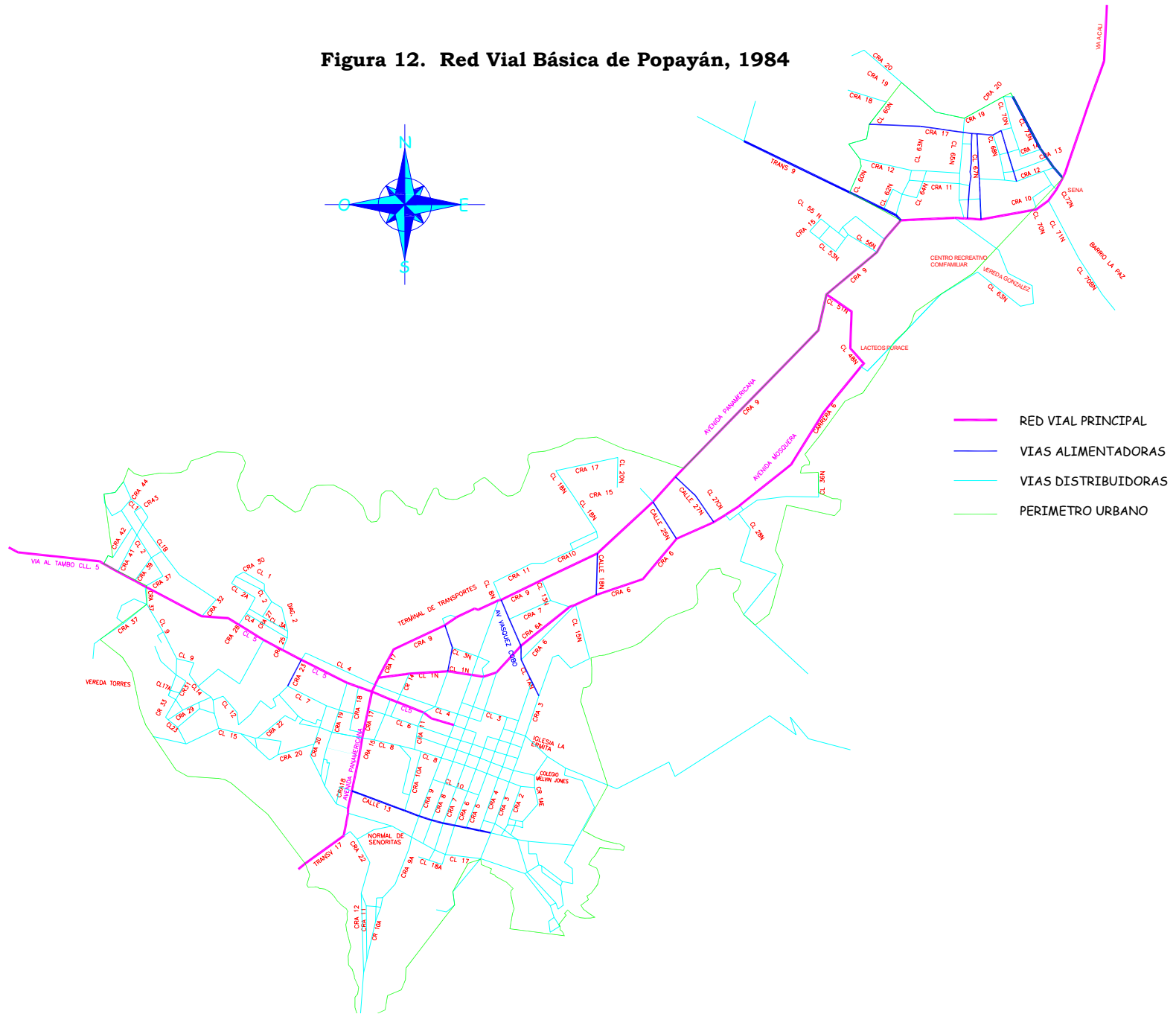


Figura 13. Grafo Real de Popayán, 1984

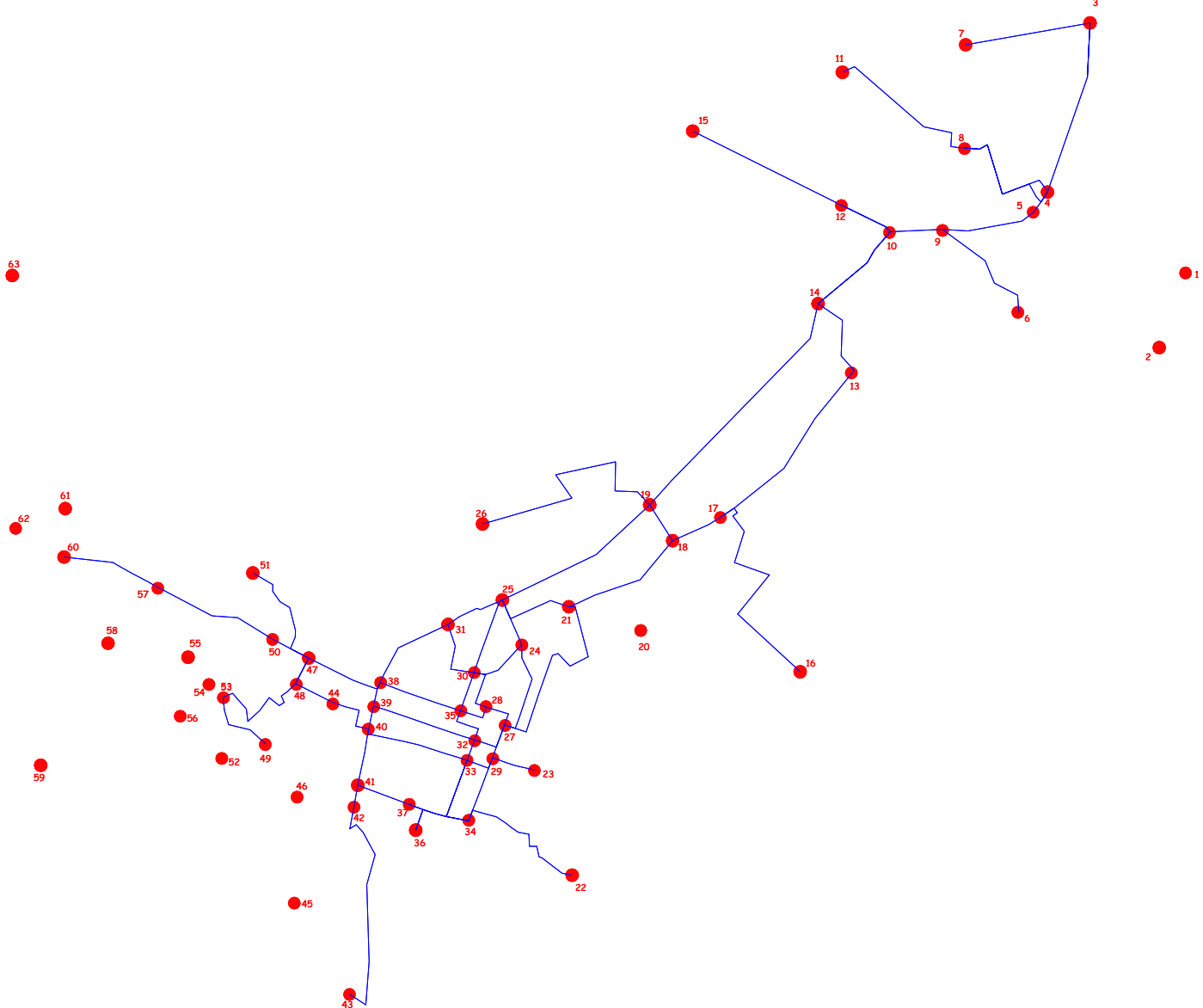


Figura 14. Grafo Virtual de Popayán, 1984

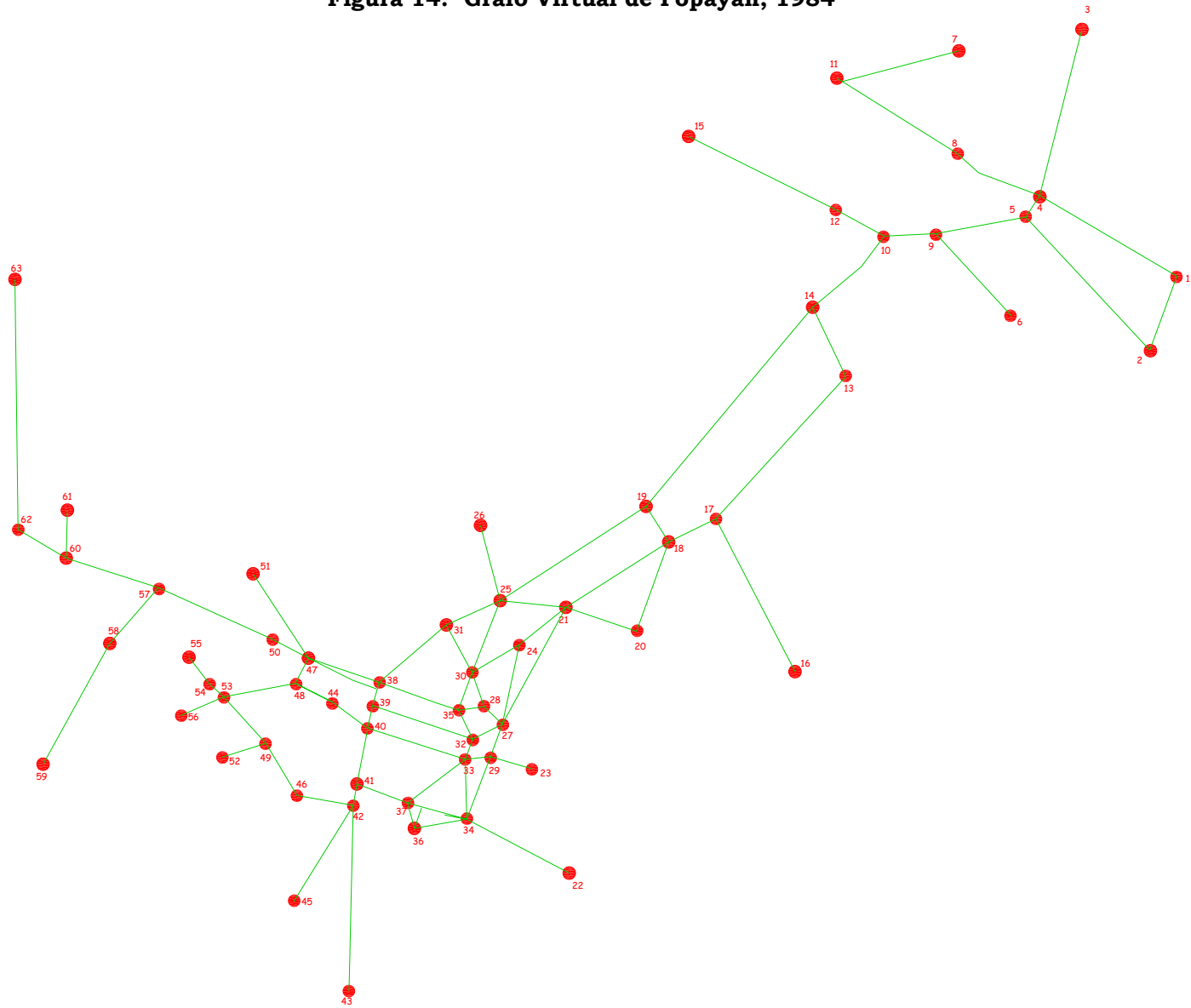


Figura 15. Curvas de Isoaccesibilidad, 1984

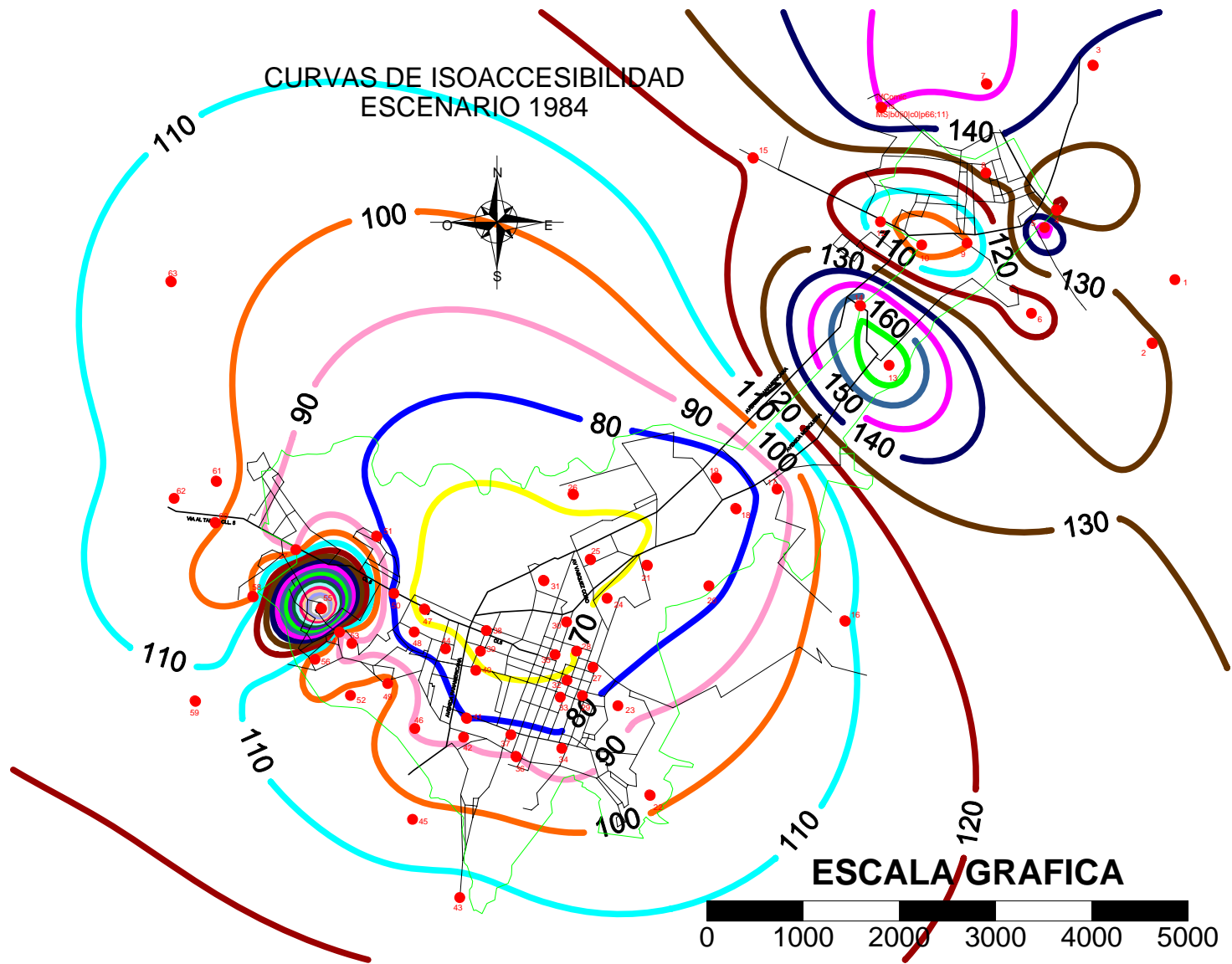


Figura 16. Red Vial Básica de Popayán, 2003

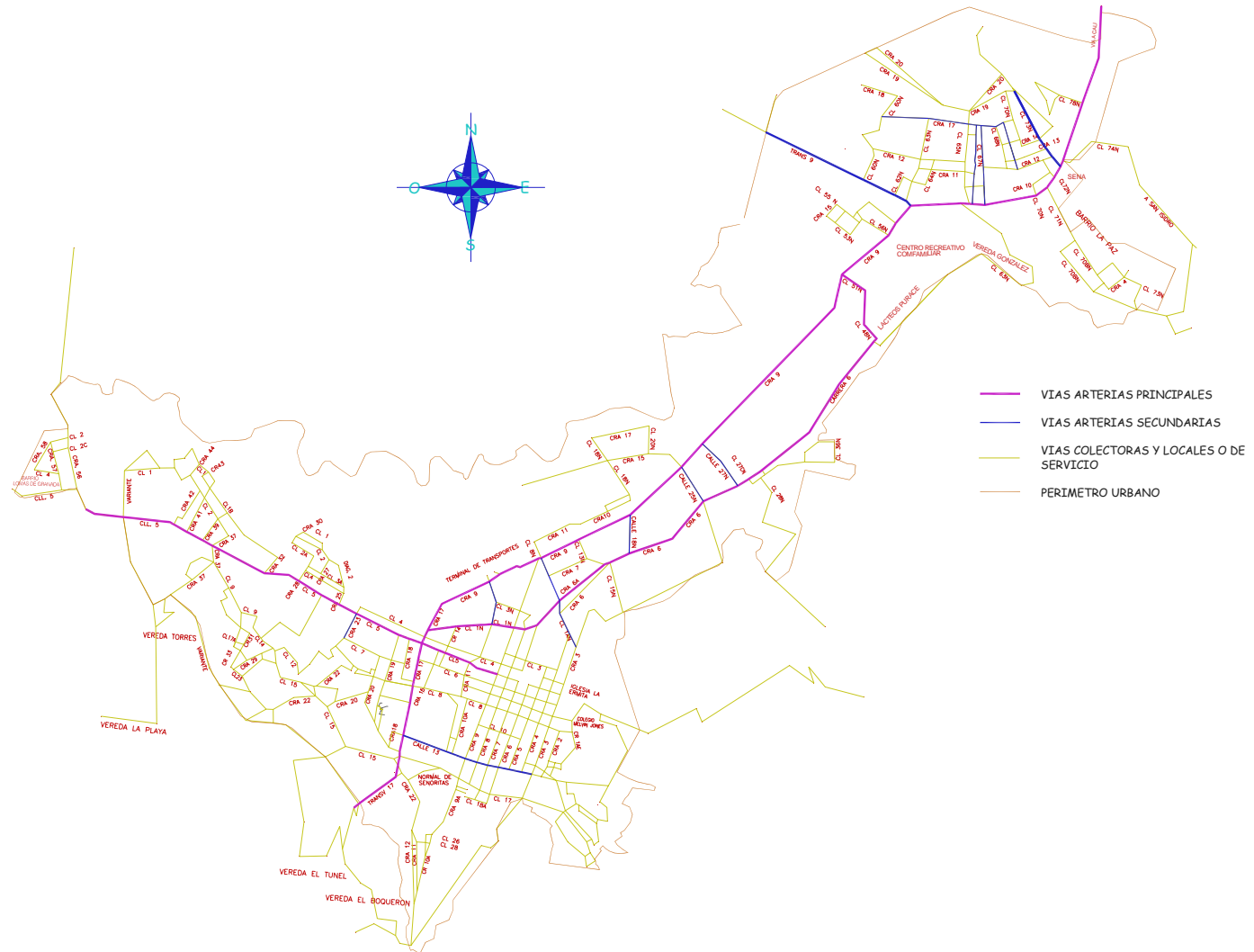


Figura 17. Grafo Real de Popayán, 2003

