

**ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS
PARA LA BANDA 2.4GHz EN ENLACES WiFi DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS
ALEDAÑOS**



ANEXOS

**Diego Salcedo Vélez
Lida Jimena Marín Ordóñez**

**Director
Guefry Agredo Méndez – M.Sc.**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones - GNTT
Línea de investigación: Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de
Telecomunicaciones
Popayán 2009**

ANEXO A.

PROCEDIMIENTOS

A.1 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y DRIVE TEST

El equipo de adquisición de datos diseñado para el Drive Test en WiFi se conforma de la siguiente forma:

- 1 Vehículo para realizar desplazamientos.
- 2 GPS, uno para obtener los datos de altimetría marca Garmin y otro tipo USB de 44 canales de satelitales para ser asociado a la detección de redes y enlaces WiFi.
- Software de distribución libre *Netstumbler*¹, detector de redes WiFi.
- Software de cartografía digital *Global Mapper*², el cual permite referenciar en tiempo real la ruta que se está trazando a bordo del vehículo.
- Software de Post Procesamiento *Mapsource*³, encargado de plasmar los datos de altimetría capturados por medio del GPS Garmin.
- Base de datos altimétrica y mapas digitales adquiridos por el *Proyecto FRIDA*
- Computador portátil *Toshiba Satellite* con tarjeta *Atheros* WiFi, encargado de interconectar y almacenar los datos detectados.
- Cables USB-Serial, dispuesto para servir de interconexión entre los GPS y el computador portátil.
- Inversor de Corriente 12V DC- 110V AC, equipo para conectado a la batería del vehículo para brindar alimentación 110V AC al portátil.

¹Sitio Web de la organización que desarrolla el software de detección de redes utilizado <http://www.netstumbler.org>

² Sitio Web de la compañía que distribuye el software de cartografía digital, <http://www.globalmapper.com>

³ Sitio Web Software utilizado por equipos marca Garmin <http://www8.garmin.com/support/mappingsw.jsp>

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WiFi DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS



Figura A-1 Equipo de Drive Test

Se realiza el montaje de todos los equipos y se conectan por medio de todas sus interfaces al computador portátil, posterior a esto se verifica la conexión entre los programas encargados de adquirir los datos, en este caso se procede de la siguiente forma:

1. Conectar el inversor DC-AC al computador portátil.
2. Conectar el Cable de Datos Serial-USB al GPS Garmin y al puerto USB dispuesto para ello.
3. Verificar que el protocolo de transmisión de datos del GPS sea GARMIN.
4. Abrir el software de cartografía Global Mapper y elegir la opción “open your own data files”

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS



Figura A-2 Pantalla inicial Global Mapper

5. Se selecciona el polígono de cartografía digital disponible, en este caso ejemplo “Polígono cauca sitios interés FRIDA”, se puede cargar cualquier tipo de cartografía tipo “vector o barrido” disponible por el usuario.

Name	Date modified	Type	Size
CAUCA	21/04/2009 02:1...	File Folder	
COLOMBIA	21/04/2009 02:1...	File Folder	
Poligono cauca sitios interes FRIDA	06/05/2009 08:5...	TIFF Image	37,553 KB
puntos resguardos proyecto fridaTAB.DAT	21/04/2009 03:0...	DAT File	2 KB
puntos resguardos proyecto fridaTAB	21/04/2009 03:0...	MapInfo Table	1 KB
resguardos proyecto fridaTAB.DAT	21/04/2009 02:5...	DAT File	2 KB
resguardos proyecto fridaTAB	21/04/2009 02:5...	MapInfo Table	1 KB
Z_21_12sur colombia	24/05/2008 09:4...	TIFF Image	70,348 KB
Zona centro cauca 30m	13/03/2009 06:1...	TIFF Image	6,082 KB

Figura A-3 Elección archivo cartografía base.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

6. Posterior a cargar la cartografía aparecerá una Figura similar a la expuesta, consecutivamente se selecciona la pestaña GPS y se fija el protocolo usado por el GPS, en este caso GARMIN.

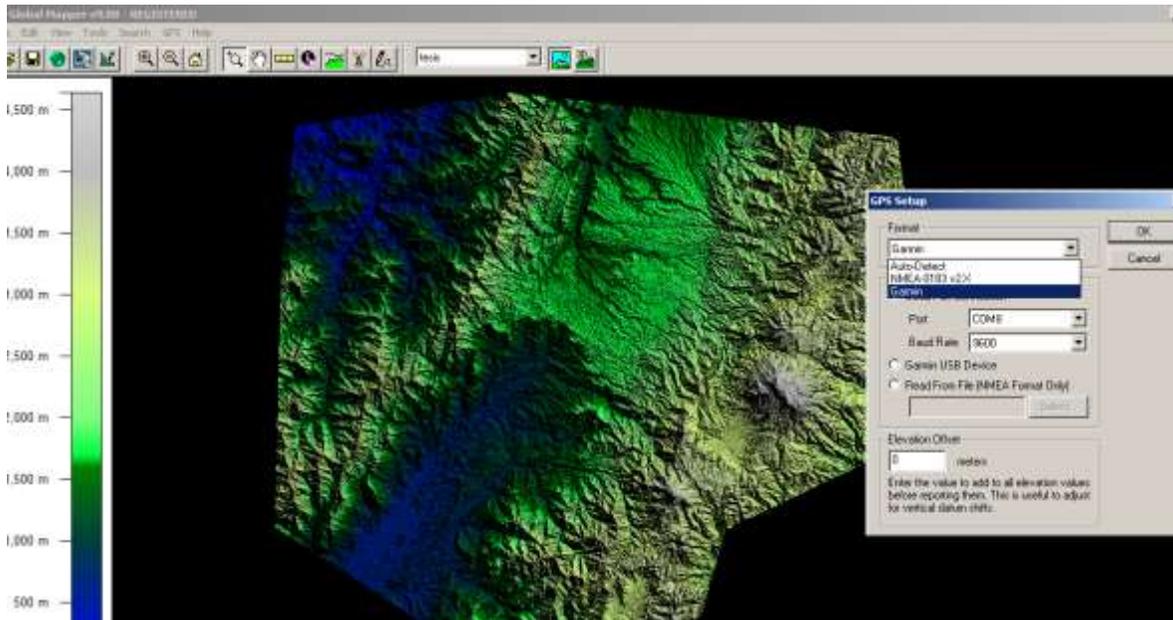


Figura A-4 Configuración GPS

7. Tras realizar los ajustes anteriores el usuario puede personalizar la vista del programa obteniendo una pantalla similar a la expuesta a la Figura A-5, desde ese momento la ruta que se desplace, quedará marcada sobre los mapas utilizados por el usuario.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

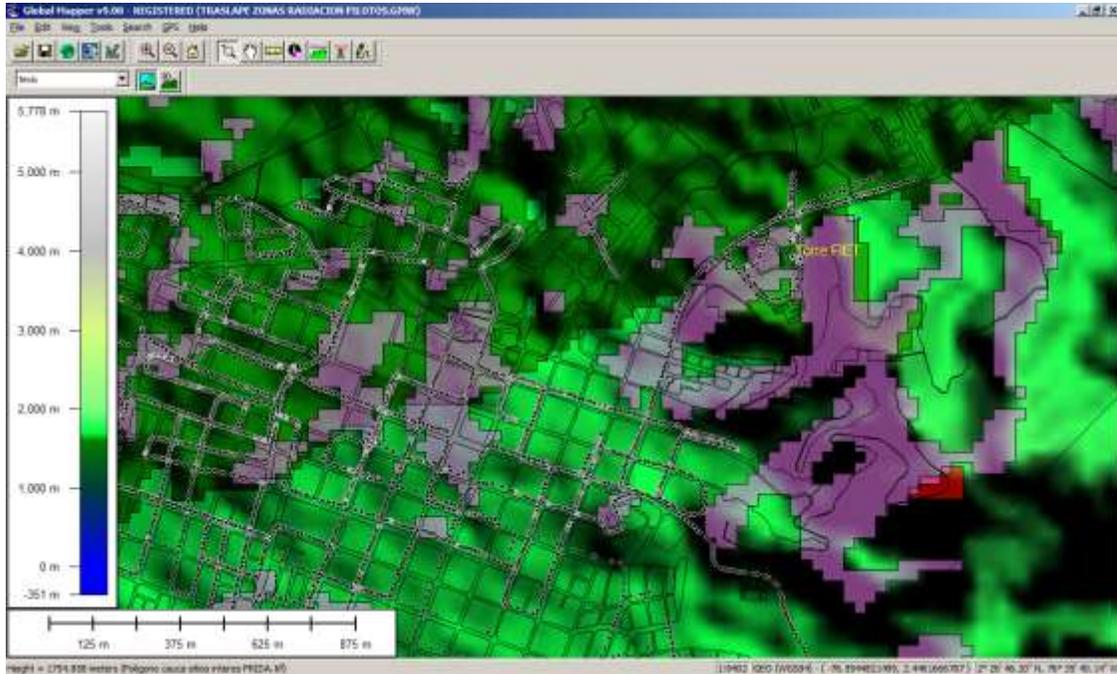


Figura A-5 Trace en tiempo real de las vías recorridas

De esta forma, se obtienen los datos altimétricos y de posicionamiento sobre las rutas conducidas, con el software Global Mapper.

8. Se procede a ejecutar el programa Netstumbler, obteniendo una vista que inmediatamente guarda datos de las redes detectadas por el adaptador WiFi, su localización brindada por el GPS USB y los valores básicos que sirven para el post procesamiento de la información, para mayor claridad se sugiere leer el manual disponible en la siguiente URL: <http://www.trucoswindows.net/redes-wifi-6-Manual-funcionamiento-basico-Netstumbler.html>

De esta forma se la Figura A-6 es una muestra de los datos obtenidos durante uno de los recorridos.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

MAC	SSID	Chan	Speed	Vendor	Type	Enc	SNR	Signal	Noise	SNRr	Latitude	Longitude	First Seen	Last Seen	Pkg	Rssi
000F014875	TelcelWiFi	1	54 Mbps		AP		85	-100	78	N2°29.309'	W76°33.937'	02:30:23	02:30:24	9431	100	
000F014874	TelcelWiFi	1	54 Mbps		WEP		82	-100	78	N2°29.309'	W76°33.937'	02:30:23	02:30:24	9411	100	
00118903A31	Mix	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	89	-100	11	N2°29.389'	W76°33.937'	02:30:23	02:30:24	9431	100	
0000CE430D0	TelcelWiFi	6	54 Mbps	NOC Inc.	AP		65	-100	35	N2°29.389'	W76°33.937'	02:30:19	02:30:25	0001	100	
001E2A738C0A	ZURIGA1	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	77	-100	23	N2°29.870'	W76°33.701'	02:30:52	02:30:55	9431	100	
00212999A6	Inteli	6	54 Mbps	Fake	AP		89	-100	11	N2°29.820'	W76°33.719'	02:30:48	02:30:50	9431	100	
001C57E28004	WIMYAC05	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	81	-100	19	N2°28.870'	W76°33.757'	02:30:42	02:30:42	9431	100	
001C57E28002	WADMENSTRACION	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	85	-100	15	N2°28.870'	W76°33.757'	02:30:42	02:30:43	9431	100	
001C57E28000	WESTUDIANTES	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	84	-100	15	N2°28.870'	W76°33.757'	02:30:42	02:30:43	9431	100	
001C57E28001	WLANVOZ	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	87	-100	13	N2°28.870'	W76°33.757'	02:30:42	02:30:43	9431	100	
001C57E28003	WIRECTIVOS	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	85	-100	15	N2°28.870'	W76°33.757'	02:30:42	02:30:43	9431	100	
002304378832	WADMENSTRACION	1	54 Mbps	Fake	AP	WEP	88	-100	11	N2°28.867'	W76°33.767'	02:30:42	02:30:42	9431	100	
002304378831	WLANVOZ	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	88	-100	12	N2°28.866'	W76°33.768'	02:30:40	02:30:41	9431	100	
002304378830	WIRECTIVOS	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	84	-100	15	N2°28.860'	W76°33.775'	02:30:36	02:30:41	9431	100	
0017940002D1	default	6	54 Mbps	Fake	AP		83	-100	17	N2°28.877'	W76°34.250'	02:31:44	02:31:46	9421	100	
002E04689D1	ase pav	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	82	-100	18	N2°28.869'	W76°34.431'	02:31:27	02:31:29	9431	100	
00212999F04D	Flu_Castillon	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	81	-100	19	N2°27.737'	W76°35.437'	02:27:50	02:27:52	9411	100	
00212999A31	Magal Magst.	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	71	-100	29	N2°27.620'	W76°35.545'	02:27:23	02:27:25	9411	100	
001E1A23E63	CVARSA3	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	88	-100	12	N2°27.498'	W76°35.650'	02:26:11	02:26:12	9431	100	
00104143E2AA	playpak	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	82	-100	19	N2°27.488'	W76°35.659'	02:26:06	02:26:10	9431	100	
001B1189875	WiFiUC	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	77	-100	23	N2°27.448'	W76°35.694'	02:25:58	02:25:58	9421	100	
0021004E90E3	RED DE ALUMNOS	1	54 Mbps	Fake	AP	WEP	72	-100	28	N2°27.409'	W76°35.694'	02:25:57	02:26:02	9411	100	
0019856C9B3	ibex	11, 1	54 Mbps	Fake	AP	WEP	72	-100	28	N2°27.429'	W76°35.702'	02:25:53	02:26:00	9431	100	
0018E753E4A	Paklan	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	85	-100	15	N2°27.414'	W76°35.727'	02:25:51	02:25:52	9431	100	
001A73CE53E	4197459	1	54 Mbps	Fake	AP	WEP	75	-100	21	N2°27.408'	W76°35.733'	02:25:48	02:25:51	9411	100	
0021004E90E2	Mokasa	1	54 Mbps	Fake	AP		85	-100	15	N2°27.383'	W76°35.750'	02:25:48	02:25:48	9401	100	
000F017079A	Q, ue	11	54 Mbps		AP	WEP	74	-100	25	N2°27.408'	W76°35.733'	02:25:47	02:25:51	9431	100	
00004A8F7C3	ANGIELES SPA	1	54 Mbps		AP	WEP	84	-100	16	N2°27.369'	W76°35.786'	02:25:42	02:25:42	9411	100	
0018E74918FC	Casa	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	85	-100	15	N2°27.369'	W76°35.786'	02:25:42	02:25:42	9431	100	
001E58C29C01	ibex	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	88	-100	12	N2°27.356'	W76°35.789'	02:25:38	02:25:40	9431	100	
001EE99908C0	Integr_SCS_99891	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	73	-100	27	N2°27.356'	W76°35.789'	02:25:38	02:25:40	9411	100	
00179408FB89	Private	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	68	-100	32	N2°27.299'	W76°35.892'	02:23:54	02:24:28	9431	100	
001E58C4E790	ibex	11	11 Mbps	Fake	AP		85	-100	19	N2°27.299'	W76°35.892'	02:23:53	02:24:14	9001	100	
001B1189873	Integr02	11	54 Mbps	Fake	AP	WEP	71	-100	29	N2°27.307'	W76°35.866'	02:23:53	02:23:55	9431	100	
0013687D18E3	TCO	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	87	-100	33	N2°27.297'	W76°35.804'	02:23:50	02:24:05	9431	85	
001E58C3EA40	ibex	11	11 Mbps	Fake	AP		88	-100	12	N2°27.276'	W76°35.939'	02:23:49	02:23:50	9001	100	
001CF0A8E7	ODONTOCAUCA	6	54 Mbps	Fake	AP	WEP	67	-100	33	N2°27.255'	W76°36.881'	02:23:41	02:23:44	9431	100	

Figura A-6 Interfaz de captura de datos mostrada por Netstumbler

Al tener tanto el Netstumbler como el Global Mapper adquiriendo datos en tiempo real, se procede con el procesamiento posterior a la finalización de cada recorrido de “Drive Test”.

Para cada una de las poblaciones involucradas se estudian el entorno locativo que permiten analizar las condiciones actuales del uso del espectro radioeléctrico en la banda de 2.4GHz en WiFi, las condiciones físicas para cada uno de los repetidores a implementar en el proyecto mediante el enlace Piloto y las condiciones geográficas de los Municipios de Cajibío, Piendamó, Popayán, Puracé, Silvia, Timbío y Totoró.

A.2 GENERACIÓN DE PREDICCIONES DE PROPAGACIÓN Y LÍNEA DE VISTA

Esta sección trata el procedimiento indicado para realizar las predicciones y análisis de línea de vista sobre los sitios involucrados en el enlace piloto del *Proyecto FRIDA*, para ello es necesario disponer de los siguientes elementos:

- Programa de análisis cartográfico Global Mapper V9 o superior.
- Base de datos cartográfica compatible con formato tipo “barrido” o “vectorial”, en este caso se utiliza la cartografía adquirida por el proyecto y la base de datos altimétrica disponible para la sección del cauca de interés, la cual se anexa en los materiales multimedia. Sin embargo puede adquirirse una versión libre uso⁴.
- Localización de cada punto sobre el cual se desee generar la predicción o análisis de línea de vista.

1. En la pantalla de bienvenida hacer clic en la sección subrayada en la Figura A-7.



Figura A-7
Procedimiento para cargar la base de datos altimétrica

⁴ Sitio de descarga cartografía mundial <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

2. Seleccionar la base de datos adecuada, en este caso se muestra el procedimiento para utilizar la cartografía disponible de libre uso. La Figura A-8 muestra el link que debe presionarse.

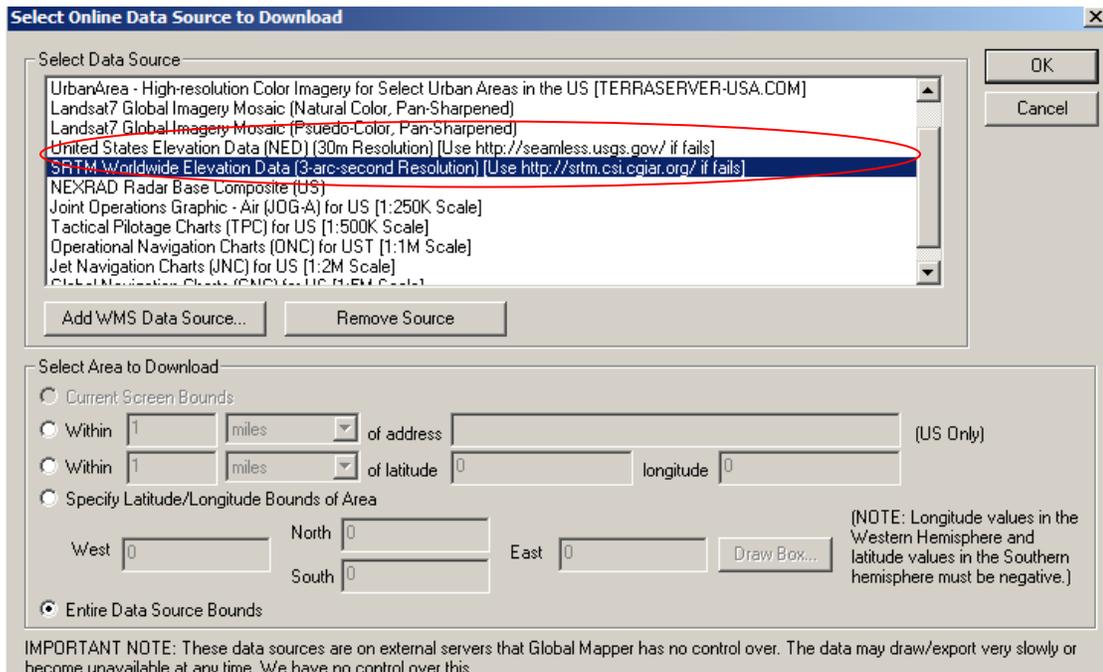


Figura A-8
Selección de base de datos altimétrica de libre uso

3. En la barra de tareas se presiona el botón "View Shed Tool", posterior a esto se hace clic con el mouse sobre el punto aproximado en el mapa desde el cual se desea generar una predicción de línea de vista, este punto posteriormente se ajusta con los datos precisos de coordenadas del sitio en la casilla "Trasmitter Location" ubicada en la parte inferior derecha de la ventana, se selecciona la frecuencia 2.4Ghz y se habilita la casilla de chequeo "Clear Clereance with Respect to First Fresnel Zone", allí se selecciona el 100% que es la zona Fresnel que se desea garantizar y finalmente se ajustan todos los demás parámetros disponibles en esta ventana, tales como la altura del sitio proyectado sobre el terreno, la distancia o radio sobe el cual se desea generar la predicción entre otros y finalmente se presiona el botón "OK". Estos procedimientos son mostrados en la Figura A-9.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

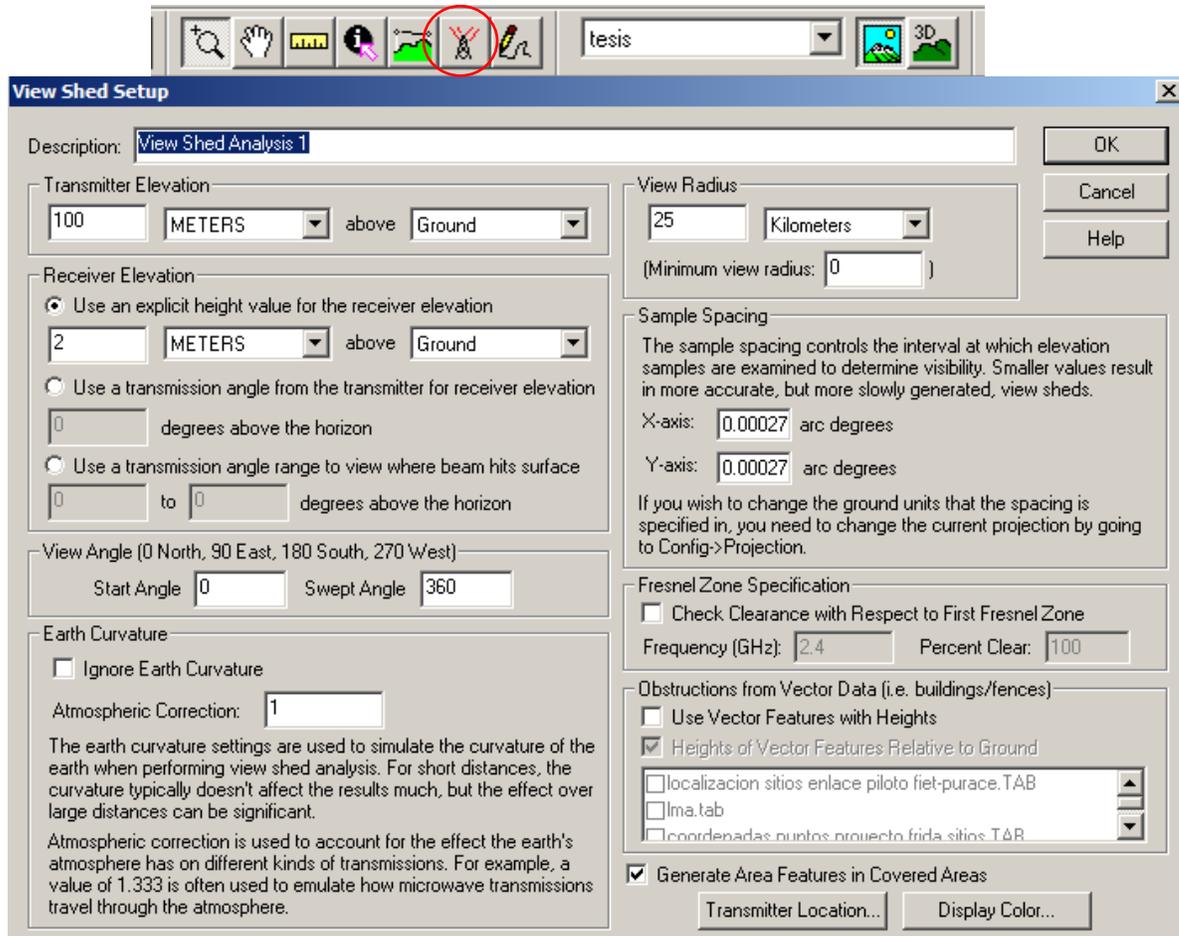


Figura A-9
Ventana de ajustes para predicción de línea de vista.

4. Tras unos segundos procesando el programa genera el mapa mostrado en la Figura A-10, donde las zonas en color púrpura son aquellos puntos sobre los cuales se garantiza línea de vista desde el punto inicial propuesto bajo las condiciones de zona de Fresnel despejada al 100% en la frecuencia de 2.4Ghz sobre un radio de 25Kms.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

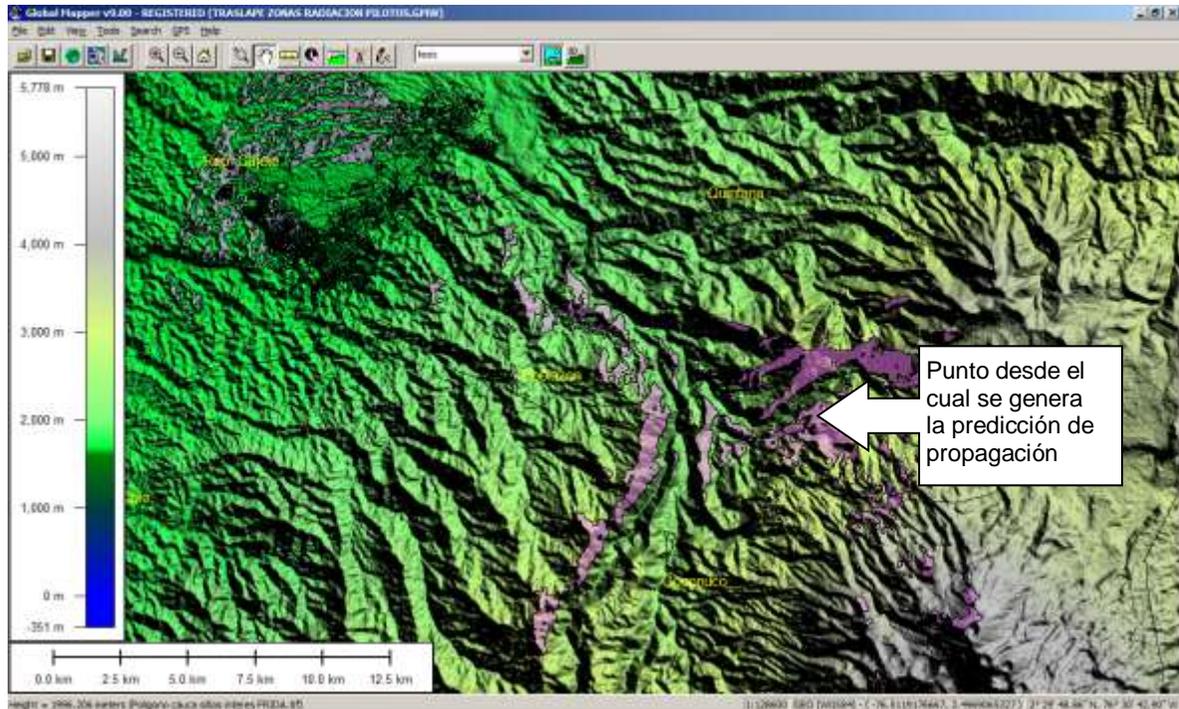


Figura A-10

Predicción generada de puntos sobre los cuales se garantiza línea de vista.

5. La generación de las gráficas de perfil para conectar 2 puntos sigue los 2 primeros pasos vistos en el punto anterior, a partir de allí se presiona el botón “3D Path Profile/Line of Sight Tool”, mostrado en la Figura A-11.

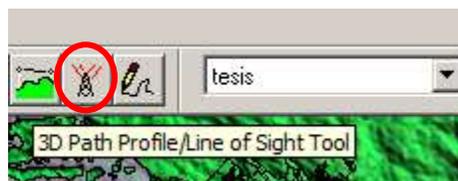


Figura A-11

Botón para generar perfil del enlace

6. Tras habilitar el botón de “3D Path Profile/Line of Sight Tool” se selecciona el punto inicial con y se finaliza el punto final a analizar con clic derecho del mouse, obteniendo el perfil como se muestra en la Figura A-12

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

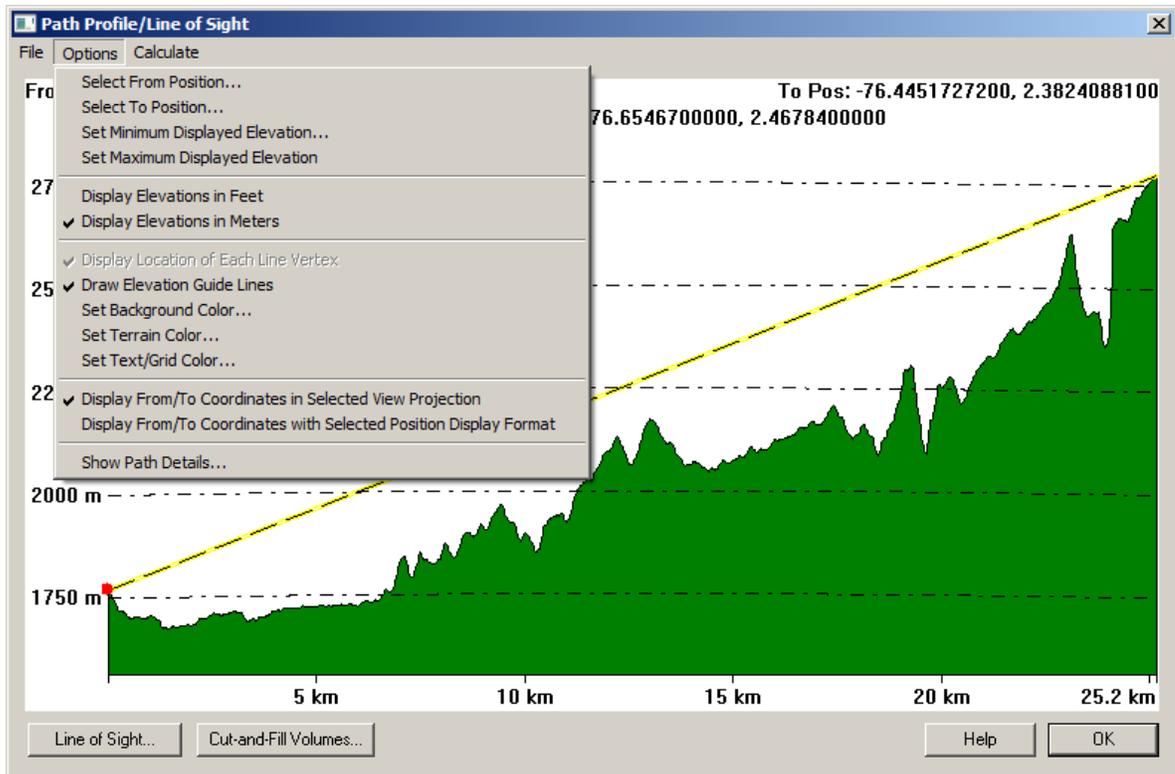


Figura A-12
Perfil de línea trayecto entre dos puntos a interconectar

Los posteriores ajustes, como altura de torres, localización exacta de los puntos a enlazar entre otros que se deseen realizar se hacen en menú desplegado de la ventana "Options".

A.3 RESULTADOS ENCUESTA REALIZADA

Se realizó una encuesta a través de Internet, la idea de ella era adquirir datos adicionales que permitieran tener una percepción del uso y apropiación de WiFi entre gente del común, la encuesta online está disponible en <http://www.e-encuesta.com/answer.do?testid=f45xEL5jKy0=> .

Los principales resultados se muestran en la Figura A-13, A-16.

Usa actualmente algún equipo que requiera conexión WIFI?

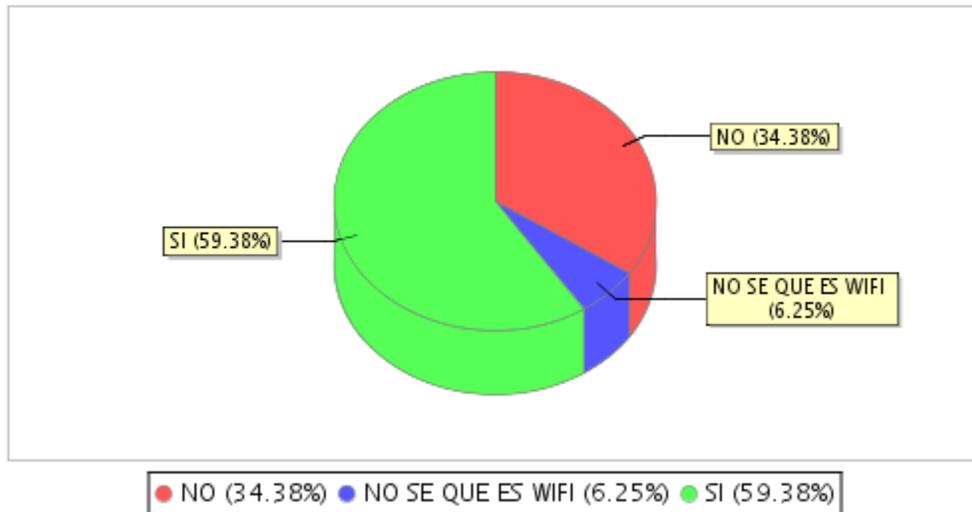


Figura A-13 Uso de WiFi

Alguna vez ha configurado un Router o Access Point para redes inalámbricas ?

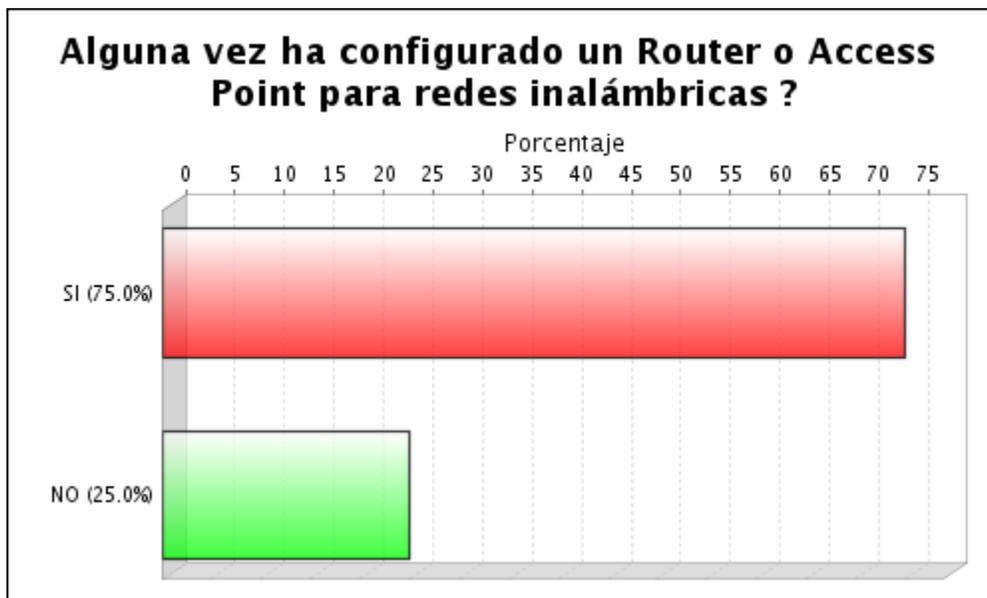


Figura A-14 Uso de Equipos y configuración WiFi

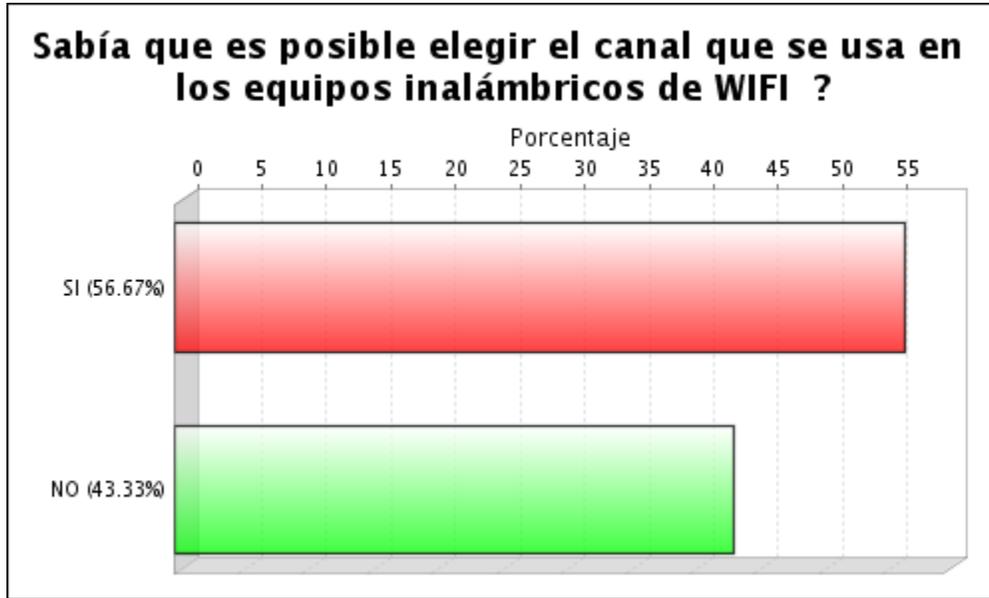


Figura A-15 Conocimiento sobre posibilidad de elegir canal de WiFi

ANEXO B

MAPAS ALTIMÉTRICOS GENERADOS MEDIANTE DRIVE TEST

Se presenta el compendio de mapas generados en el marco del trabajo de grado, en ellos se muestra en con tamaño mayor en página completa y en detalle las mediciones de altimetría obtenida con los GPS de 44 canales de alta precisión marca Garmin, datos procesados con herramientas software como *GPS Babel*⁵, *Microsoft Access*, *Microsoft Excel*, *Mapsource* y *Mapinfo*.

⁵ Sitio Web de descarga <http://www.gpsbabel.org/>

B-1 ANÁLISIS ALTIMÉTRICO POPAYÁN

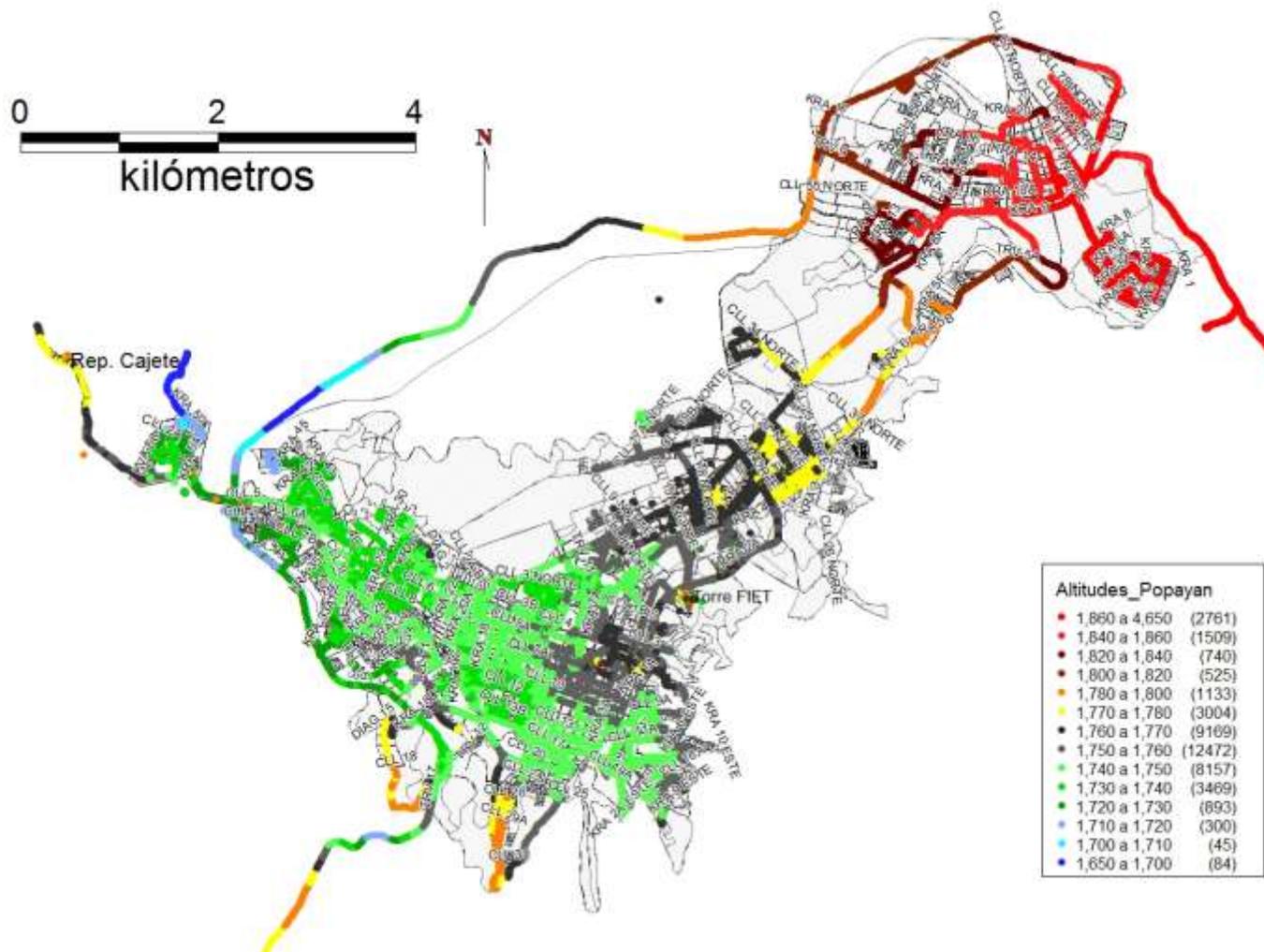


Figura B-1 Análisis altimétrico cabecera urbana de Popayán

B-2 ANÁLISIS ALTIMÉTRICO PURACÉ

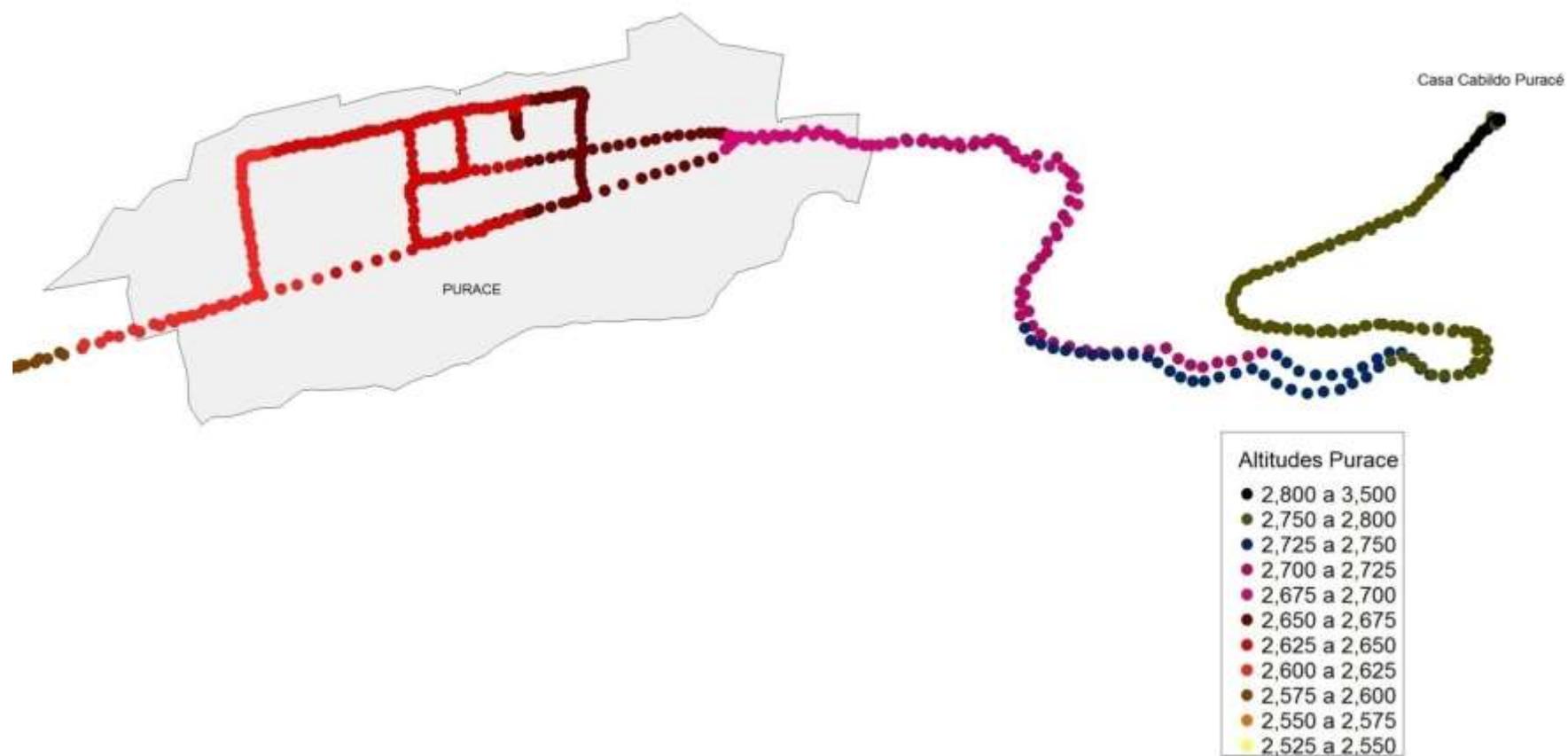


Figura B-2 Análisis altimétrico cabecera urbana de Puracé

B-3 ANÁLISIS ALTIMÉTRICO CAJIBÍO



Figura B-3 Análisis altimétrico cabecera urbana de Cajibío

B-4 ANÁLISIS ALTIMÉTRICO PIENDAMÓ

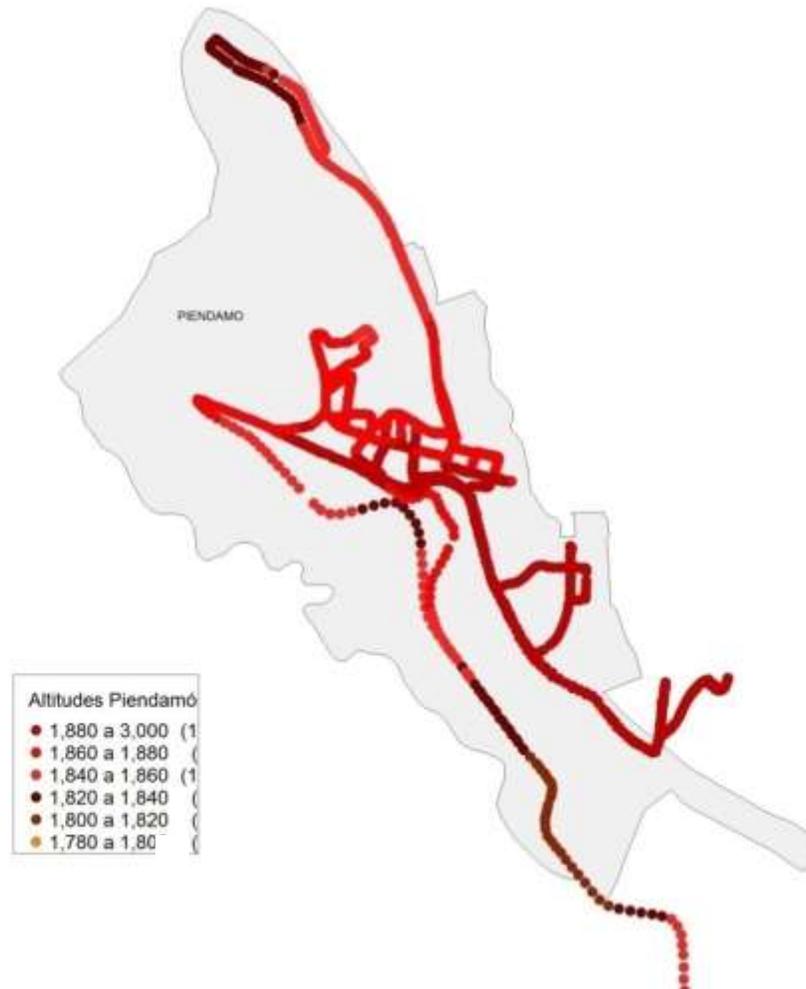


Figura B-4 Análisis altimétrico cabecera urbana de Piendamó

B-5 ANÁLISIS ALTIMÉTRICO SILVIA

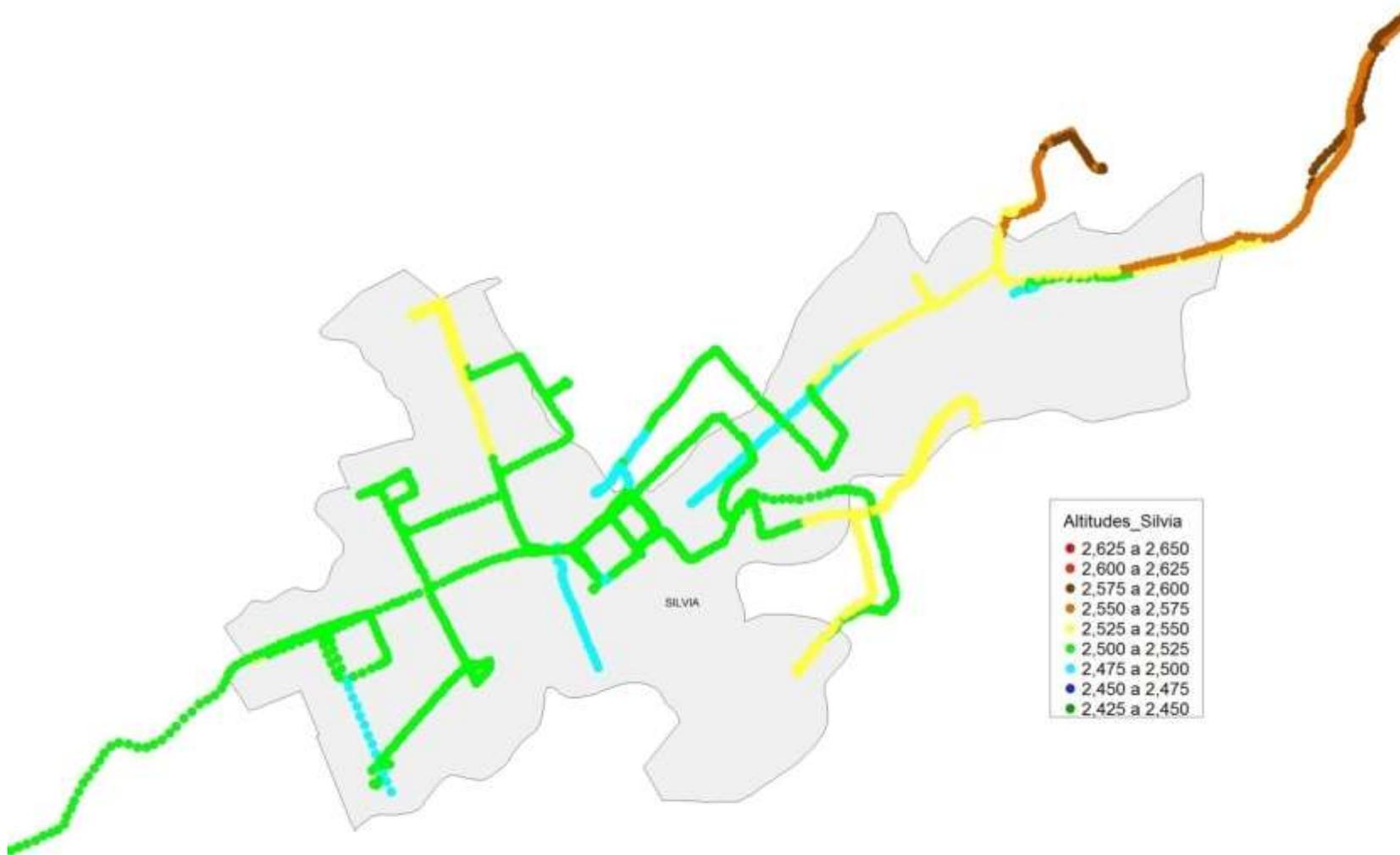


Figura B-5 Análisis altimétrico cabecera urbana de Silvia

B-6 ANÁLISIS ALTIMÉTRICO TIMBÍO

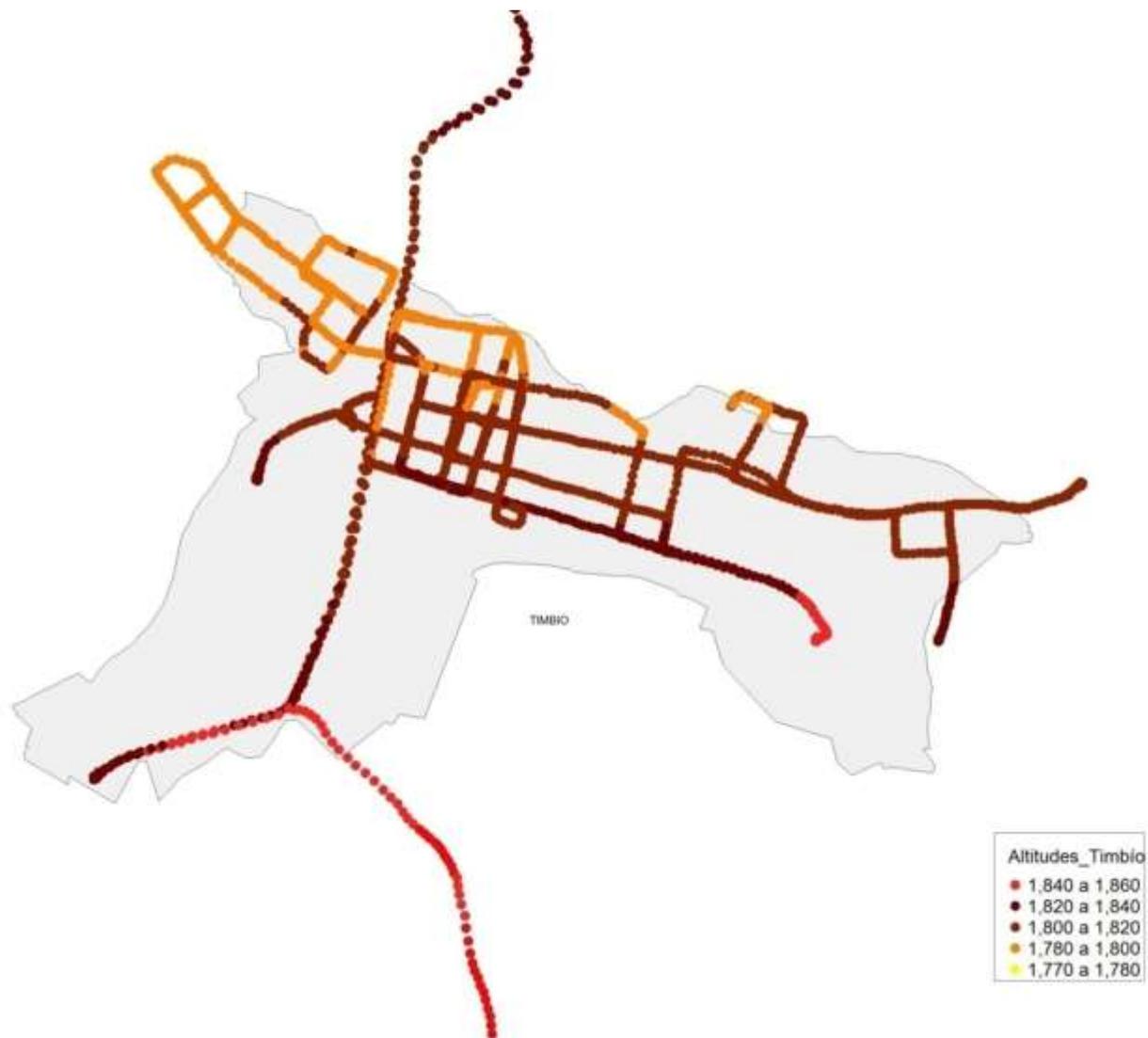


Figura B-6 Análisis altimétrico cabecera urbana de Timbío

B-7 ANÁLISIS ALTIMÉTRICO TOTORÓ



Figura B-7 Análisis altimétrico cabecera urbana de Popayán

ANEXO C

MAPAS TEMÁTICOS DE REDES DETECTADAS

Se presenta el compendio de mapas generados en el marco del trabajo de grado, en ellos se muestra con alta calidad en página completa y en detalle las redes detectadas por medio del uso de herramientas software de adquisición de datos para redes y enlaces WiFi como *Netstumbler* y cartográficas como *GPS Babel*, *Mapsource* y *Mapinfo*, asociada a los GPS Garmin de 44 canales de alta precisión.

C-1 CANALES USADOS EN WiFi POPAYÁN

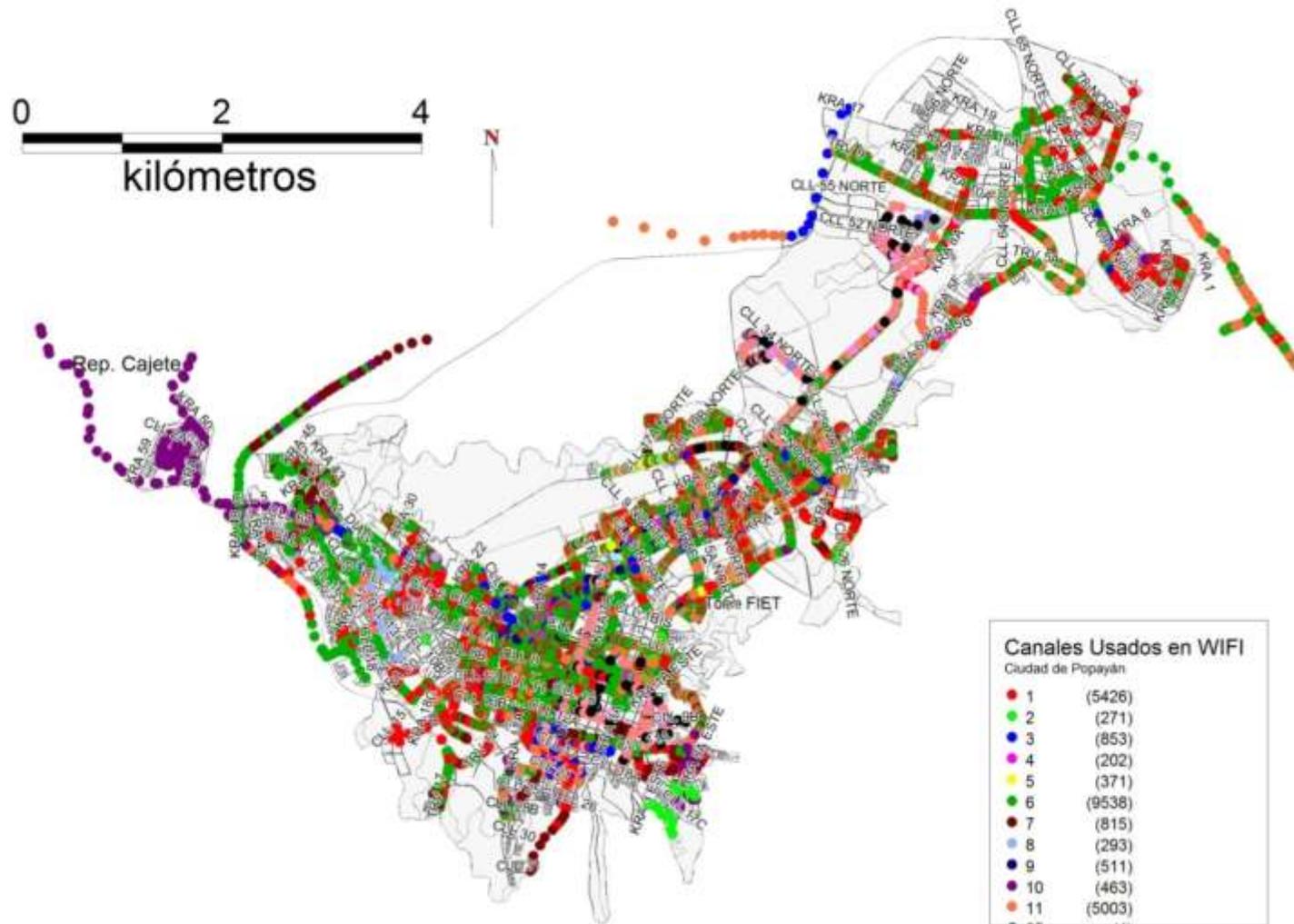


Figura C-1 Canales usados en WiFi Popayán

C-2 CANALES USADOS EN WiFi CAJIBÍO



Figura C-2 Canales usados en WiFi Cajibío

C-5 CANALES USADOS EN WiFi TIMBÍO

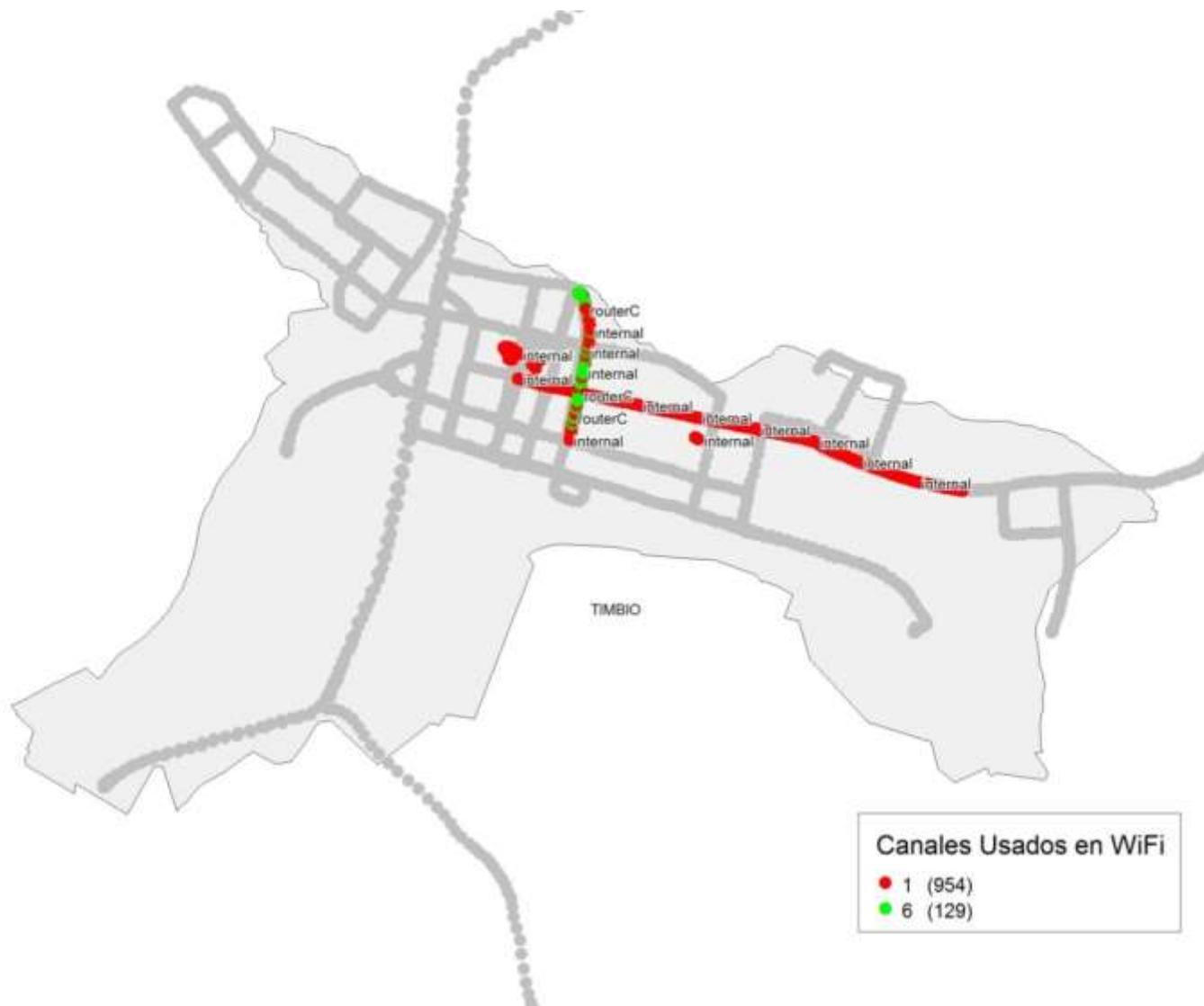


Figura C-5 Canales usados en WiFi Timbío

C-6 CANALES USADOS EN WiFi TOTORÓ

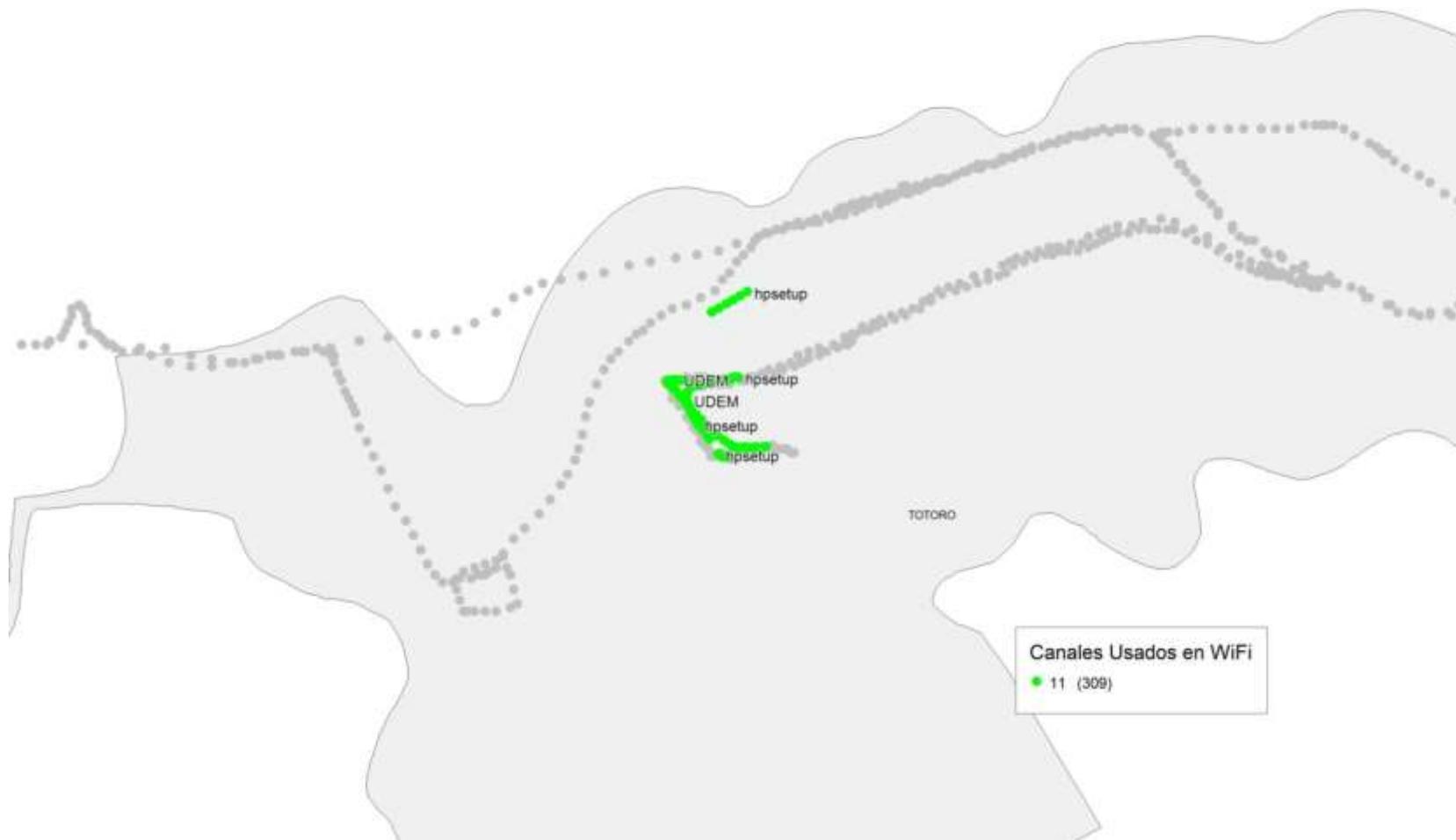


Figura C-2 Canales usados en WiFi Totoró

ANEXO D

PRINCIPALES REDES DETECTADAS EN POPAYAN

Las imágenes presentadas en esta sección, son resultado del análisis realizado bajo filtros especiales de procesamiento de datos diseñados durante el transcurso del trabajo de grado, estos permitieron generar mapas temáticos de cobertura para las redes y enlaces más significativos en el área urbana de Popayán

D-1 ZONAS CON COBERTURA WiFi DETECTADA PARA LA EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES DE POPAYAN EMTEL

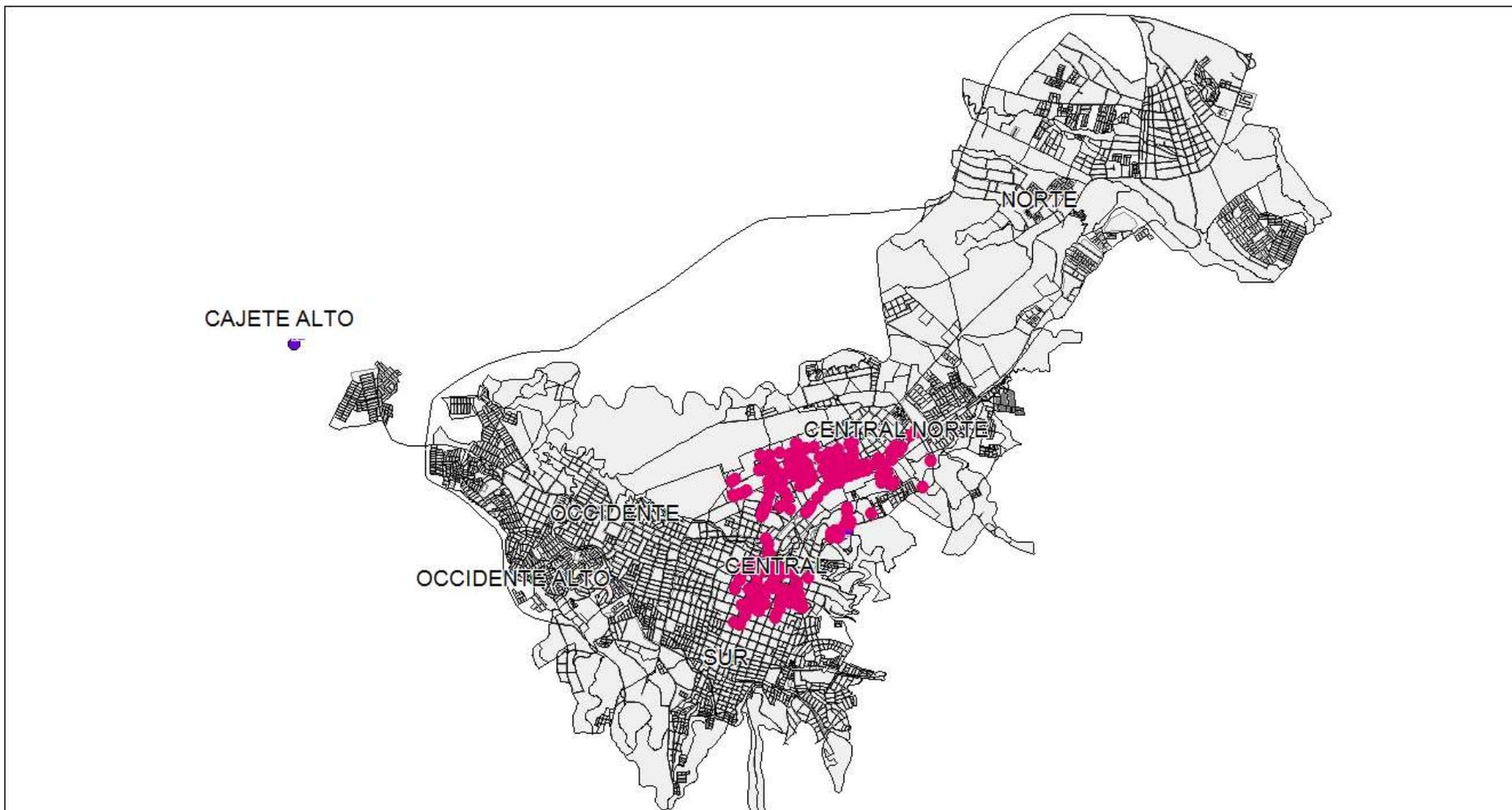


Figura D-1 Cobertura WiFi EMTEL

D-2 ZONAS CON COBERTURA WiFi DETECTADA PARA LA EMPRESA CABLE UNION DE OCCIDENTE

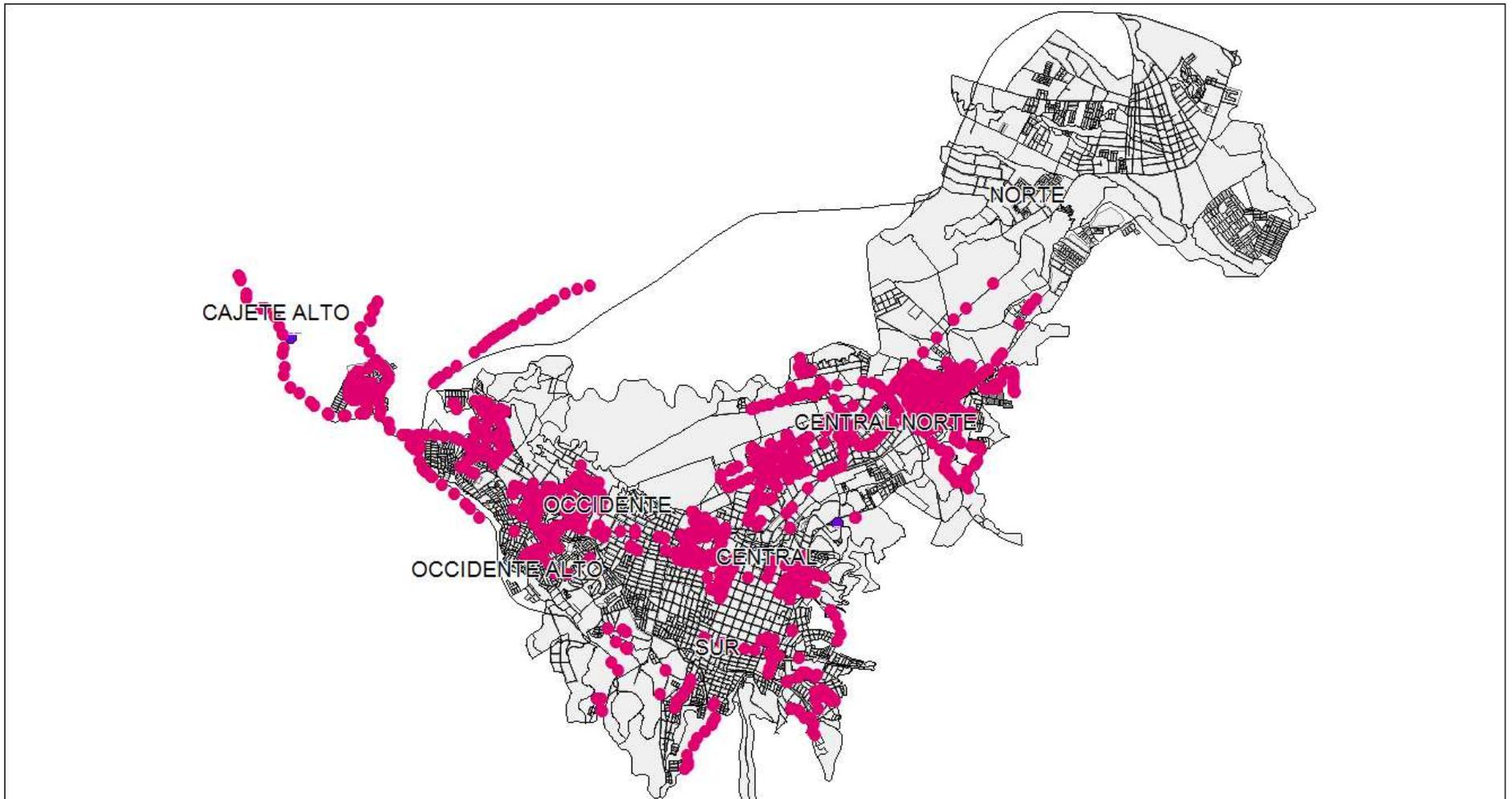


Figura D-2 Cobertura WiFi Cable Unión de Occidente

D-3 ZONAS CON COBERTURA WiFi DETECTADA EL ENLACE CORSEDA

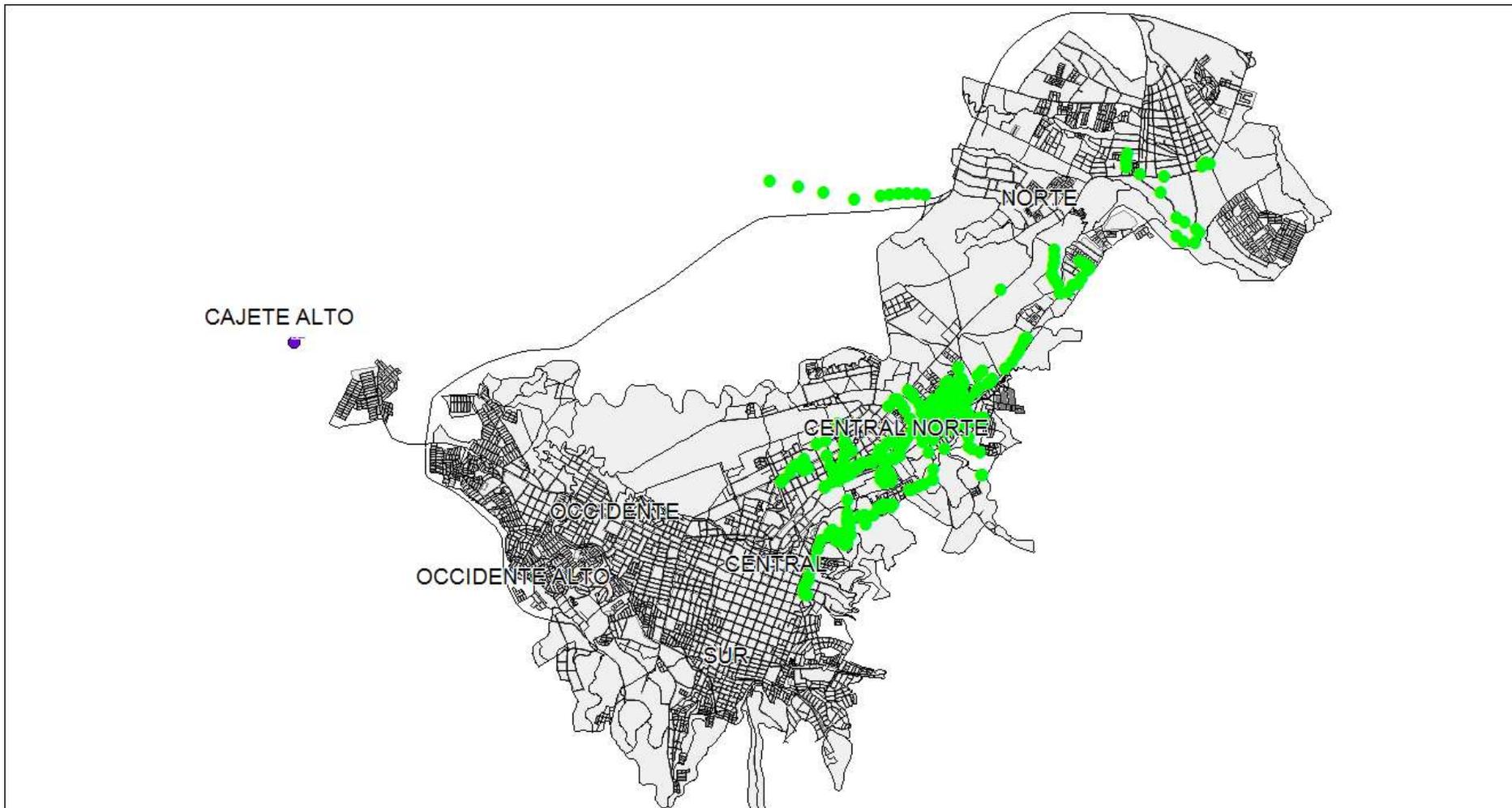


Figura D-3 Cobertura WiFi enlace Corseda

D-4 ZONAS CON COBERTURA WiFi DETECTADA LA EMPRESA TELEFÓNICA TELECOM



Figura D-4 Cobertura WiFi Telefónica Telecom

D-5 ZONAS CON COBERTURA WiFi DETECTADA LA EMPRESA CABLE CAUCA

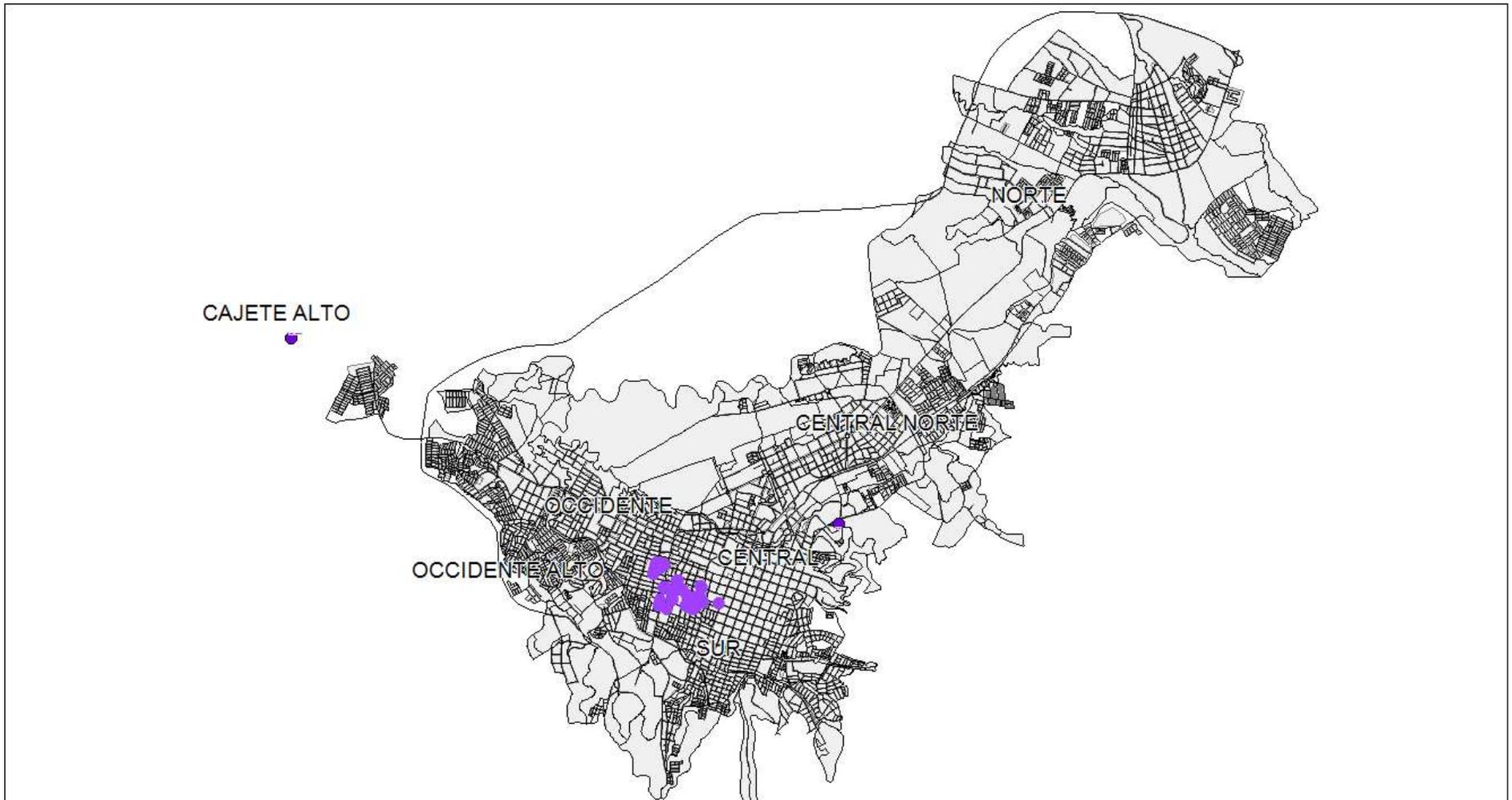


Figura D-5 Cobertura WiFi Cable Cauca

D-6 ZONAS CON COBERTURA WiFi DETECTADA LA EMPRESA TELMEX

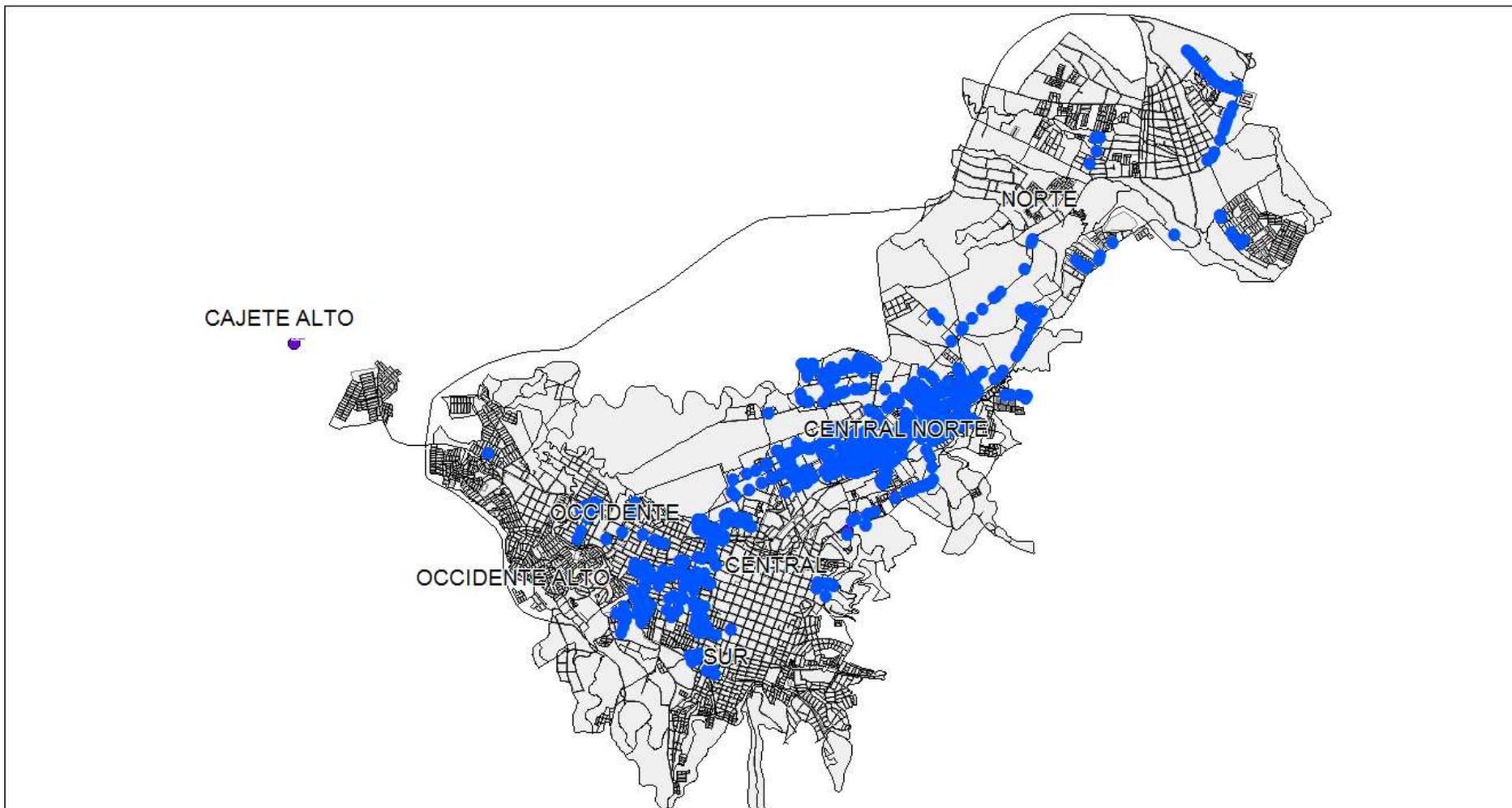


Figura D-6 Cobertura WiFi Telmex

ANEXO E

PRÁCTICA ANALIZADOR VECTORIAL ROHDE&SCHWARZ

Las prácticas realizadas respecto al uso del analizador vectorial adquirido por la Universidad del Cauca, fueron realizadas por medio un montaje compuesto por:

- Analizador Vectorial de red, “R&S ZVL6 Vector Network Analyzer”⁶.
- Equipo *Power Station 2 Ubiquiti*, encargado de generar las señales para ser detectadas.
- Antena receptora grillada de 24dBi, de ganancia, conectada al analizador como entrada de RF.
- Conectores y *Pigtail* tipo N.



Figura E-1 Montaje de antenas previo

⁶ Dataheet y manual de uso disponibles en http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/test_and_measurement/network_analysis/ZVL6.html

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WiFi DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

Bajo un entorno que incluyó generar varias portadoras en modo IEEE 802.11b y IEEE 802.11g se procedió a variar la potencia de transmisión aplicada, de esta forma se pudo obtener resultados del espectro analizado. Al haber varias redes y enlaces disponibles en el medio de RF⁷, fue necesario generar una portadora que pudiese sobre salir respecto a las demás así entre otras pruebas se configuró un canal de transmisión único en el medio bajo un esquema de comunicación IEEE 802.11b, el canal 13 y 398mW de potencia de salida, obteniendo los resultados vistos en la Figura E-3.



Figura E-2 Medición de espectro previa sin ajustes

⁷ Acrónimo de Radio Frecuencia

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS



Figura E-3 Espectro portadora Canal 13 WiFi 802.11b, posterior a ajustes

Realizar esta práctica en laboratorio, permitió definir los alcances que puede tener el equipo para investigaciones y nuevos desarrollos que involucren el análisis y estudio del medio radio eléctrico en la frecuencias comprendidas en la banda de 2.4Ghz. En el caso puntual del presente trabajo de grado, se concluye que el espectro de radio frecuencia se encuentra usado en gran medida en las instalaciones internas de la FIET, situación que se confirmó cuando se generaron portadoras en bandas canales no utilizados por los equipos comercialmente disponibles en Colombia, de esta forma cuando se trabajó con el canal 13, el estudio del espectro generado bajo IEEE 802.11b fue más claro para su análisis.

ANEXO F

VALIDACIÓN RECOMENDACIONES GENERADAS SOBRE EL ENLACE PILOTO.

F-1 Estado Pre Optimización enlace Torre FIET ↔ Biblioteca Cabildo Puracé.

Se procedió a instalar los equipos Power Station 2 marca *Ubiquiti* con una potencia de salida de 398mW, bajo estas condiciones el equipo inicialmente fue encendido con la configuración que trae de fábrica, esta viene programada con el canal 1 y polarización horizontal, estos datos iniciales son tomados para la generación de las gráficas que muestran los valores de RSSI, test y gráficas de velocidad⁸ durante 24 horas en el estado “pre optimizado” imágenes F-1, F-2, F-3 y F-4.

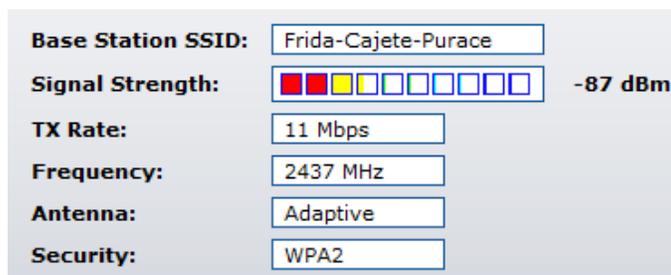


Figura F-1.

RSSI pre optimización polarización horizontal CH1, abril 7 2009

Las imágenes F-2 y F-3 muestra el compendio de medidas de velocidad hechas en el transcurso de un día hábil previo a la optimización del enlace, situación que no cumple con los requerimientos hechos en la sección 3.1.

⁸ Datos medidos con la herramienta *Air OS*, propietaria de los equipos *Power Station 2* de Ubiquiti Networks.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

NETWORK SPEED TEST

Select destination IP:

or specify manually:

User:

Password:

Remote WEB port:

Show advanced options

Direction:

Duration: seconds

Data amount: bytes

TEST RESULTS

Rx: 1.53 Mbps
Tx: 579.66 Kbps

Figura F-2.
Test de velocidad previo a optimización, abril 7 2009

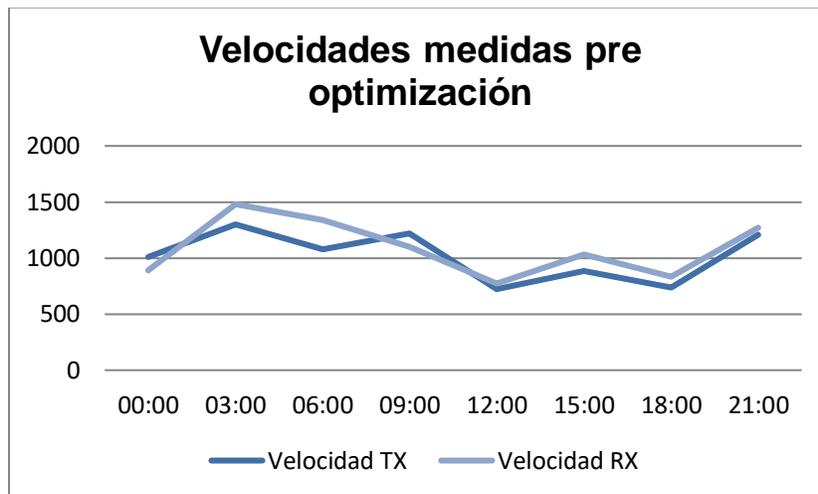


Figura F-3.
Velocidades medidas martes, abril 7 2009

Es notable en la Figura F-4, previo a la optimización la pérdida de paquetes ICMP es significativa encontrándose en el 7%, situación que no cumple con los requerimientos hechos en la sección 3.1.

```
Command Prompt
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=9ms TTL=63
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=21ms TTL=63
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=7ms TTL=63
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=6ms TTL=63
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=8ms TTL=63
Request timed out.
Reply from 172.16.202.167: Destination host unreachable.
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=121ms TTL=63
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=6ms TTL=63
Request timed out.
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=10ms TTL=63
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=7ms TTL=63
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=26ms TTL=63
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=24ms TTL=63
Reply from 198.1.1.4: bytes=32 time=11ms TTL=63

Ping statistics for 198.1.1.4:
    Packets: Sent = 5140, Received = 4730, Lost = 410 (7% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 6ms, Maximum = 3349ms, Average = 43ms
Control-C
^C
C:\Users\TeoTeo>
```

Figura F-4
Ping de respuesta enlace, pre optimización abril 7 2009

F-1 Estado Pos Optimización enlace Torre FIET ↔ Biblioteca Cabildo Puracé.

Tras aplicar las recomendaciones hechas en el trabajo de grado y especialmente en la sección 4.1.7 y 4.2 a nivel de radio frecuencia se obtienen las graficas más significativas de los principales indicadores medidos entre Torre FIET ↔ Biblioteca Cabildo Puracé, estos datos son mostrados en las imágenes F-5, F-6, F-7 Y F-8.

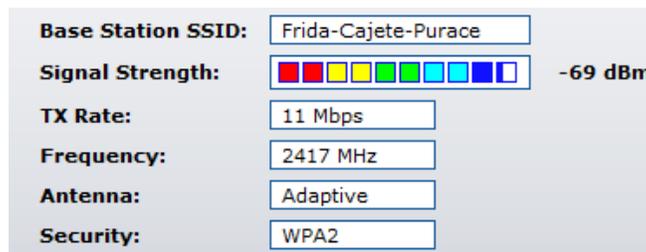


Figura F-5.
RSSI optimizado polarización Adaptativa CH4, mayo 12 2009

Las imágenes F-6 y F-7 muestran el compendio de muestras de velocidad hechas en el transcurso de un día hábil posterior a la optimización del enlace, situación que cumple con los requerimientos hechos en la sección 3.1.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

NETWORK SPEED TEST

Select destination IP:

or specify manually:

User:

Password:

Remote WEB port:

Show advanced options

Direction:

Duration: seconds

Data amount: bytes

TEST RESULTS

Rx: 2.45 Mbps
Tx: 1.77 Mbps

Figura F-6.
Test de velocidad previo a optimización, mayo 12 2009

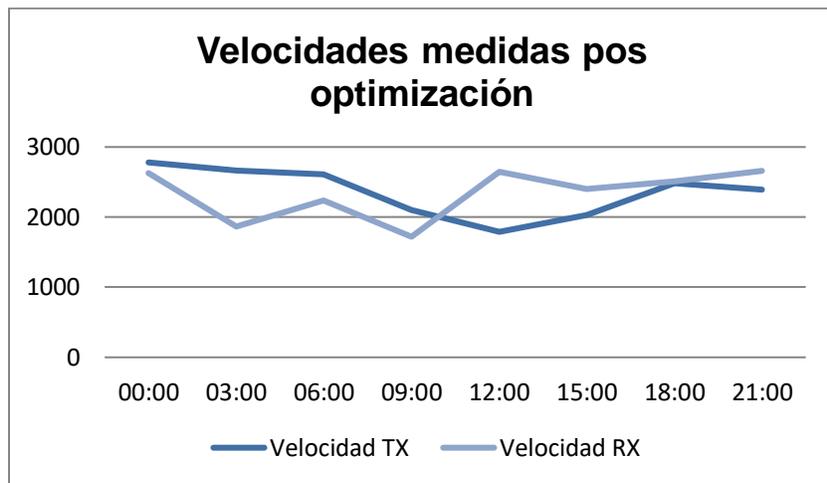
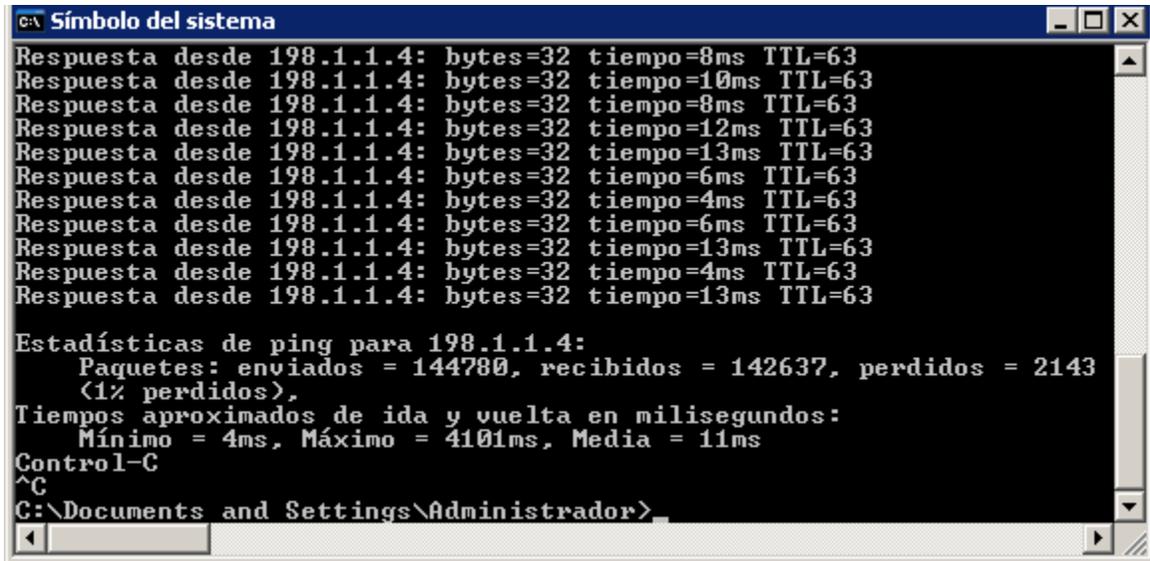


Figura F-7.
Velocidades medidas pos optimización martes, mayo 12 2009

Tras la optimización se procedió igualmente a realizar tomas de muestras durante 48 horas obteniendo una mejora de 6 puntos porcentuales, llegando la pérdida de paquetes ICMP al 1%, situación que supera el 7% medido en abril 7.



```
C:\ Símbolo del sistema
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=8ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=10ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=8ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=12ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=6ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=4ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=6ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=4ms TTL=63
Respuesta desde 198.1.1.4: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63

Estadísticas de ping para 198.1.1.4:
    Paquetes: enviados = 144780, recibidos = 142637, perdidos = 2143
    (<1% perdidos>),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 4ms, Máximo = 410ms, Media = 11ms
Control-C
^C
C:\Documents and Settings\Administrador>
```

Figura F-8
Ping de respuesta enlace, pos optimización mayo 12 2009

Las gráficas mostradas en esta sección son todas resultado de muestras que son significativas de muchos valores similares medidos durante los meses posteriores a haber puesto en servicio el enlace, se tomó como referencia un día hábil, martes con comportamientos similares en condiciones climatológicas.

Otra de las herramientas utilizadas durante el proceso de optimización fue la denominada *Visual Route 2009*, mediante ella se logró mejorar tiempos de respuesta y tener gráficas que permitieran tener una idea del comportamiento en cada uno de los saltos realizado, la figura F-9 muestra un ejemplo de gráficos obtenido en los enlaces monitoreados.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

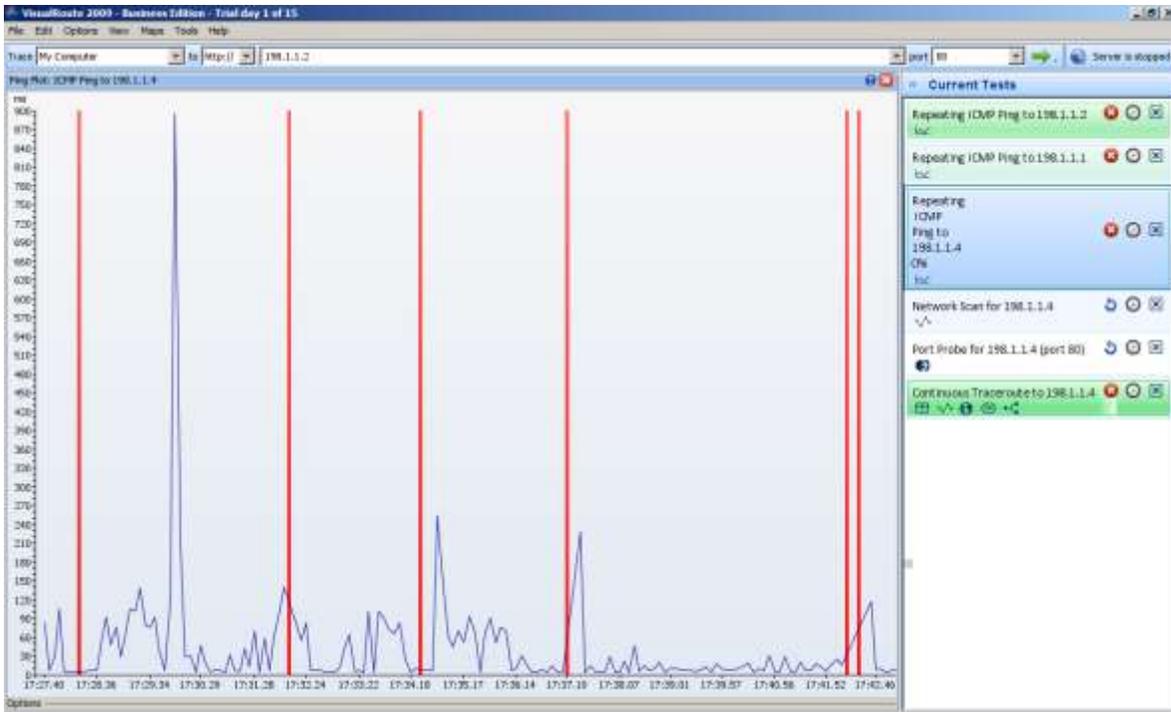


Figura F-9 Repeticiones de respuesta ICMP y tiempos de retardo (proceso previo a optimización)

ANEXO DIGITAL G

Comprende todo el material digital elaborado en el trabajo de grado, con esta información disponible se pueden visualizar todas las gráficas y generar mapas adicionales sobre las zonas de trabajo que se desee.

ANEXO H

FORMATOS DE CARTAS ENVIADAS A EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES

Como resultado final del proceso de Optimización de la Planeación de Espectro, se remitió copia a empresas interesadas en aplicar las recomendaciones resultantes de la investigación, el esquema incluyó presentar personalmente estas recomendaciones a las personas responsables de la planeación de redes y servicios WiFi en empresas como UNICAUCA, CABLE UNION, TELEFONICA Y EMTEL, entre otras.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

Popayán Mayo 22 de 2009

Ingeniero
Jaime Martínez
Red de Datos Universidad del Cauca

MAY 22 4:09 PM 2009

Atento Saludo,

En el marco del proyecto de grado denominado "ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4GHZ EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS" se estudió durante los últimos meses la distribución de espectro electromagnética para las redes y enlaces WiFi en Popayán y sus zonas de influencia, en el se generaron recomendaciones para las personas y empresas interesadas en obtener el mejor uso de espectro disponible.

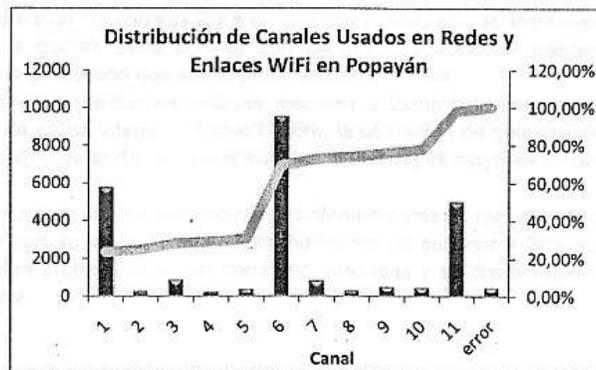
Conociendo que en la actualidad la Universidad viene implementando la instalación de la red inalámbrica con soporte en WiFi, queremos hacerle llegar a usted una sugerencia de uso de canales para los edificios involucrados en el proyecto de acuerdo al estudio e investigación que hemos realizado.

El estudio se basa en la distribución encontrada a nivel general en Popayán, la cual se presenta estadísticamente a continuación:

Distribución porcentual de canales detectados en Popayán

Canal	Frecuencia	% acumulado	%
1	5753	23.44%	23.44%
2	271	24.55%	1.10%
3	853	28.02%	3.48%
4	202	28.85%	0.82%
5	371	30.36%	1.51%
6	9538	69.22%	38.87%
7	815	72.54%	3.32%
8	293	73.74%	1.19%
9	511	75.82%	2.08%
10	463	77.71%	1.89%
11	5003	98.09%	20.39%
error...	468	100.00%	1.91%

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA 2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS



Distribución porcentual de canales detectados en Popayán

Zona centro Universidad del Cauca

- No usar el canal 6, en este sector de la ciudad estos canales corresponden al 57% de todos los valores detectados.
- Utilizar en lo posible los canales 3, 7 y 10 los cuales son poco usados en el sector, evitando posibles re usos con canales sugeridos de otras zonas de la ciudad.
- Evitar el uso de polarización vertical con excepción de aquellos enlaces mayores a 2kms.

Zona Sector Tulcán Universidad del Cauca

- No configurar enlaces en los canales 6 y 11, los cuales corresponden a cerca del 42% del total de redes detectadas en el sector.
- Utilizar nuevas opciones de canales poco usados en la zona, en este caso se sugiere usar los canales 2, 5 y 9 los cuales puede considerarse como no utilizados ya que su uso no llega al 0.5% del total procesado en el sector.
- Evitar el uso de polarización horizontal y utilizar polarización vertical para los enlaces que se vayan a instalar mayores a 2kms, el uso de polarización vertical se hace con el fin de poder re usar canales sin traslapes mayores en otras zonas de la ciudad.

Zona Las Guacas Universidad del Cauca

- No configurar enlaces en el canal 1 o 6, canales que se encuentran usados en un 71% de las redes detectadas, situación que conllevará a inconvenientes para conexiones realizados al interior de la zona o entre sectores de Popayán que incidan sobre estos barrios.

ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE ESPECTRO Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA BANDA
2.4 GHz EN ENLACES WIFI DE POPAYÁN Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS

- Se propone usar los canales 2 y 8 en enlaces y redes que se implementen sobre esta parte de la ciudad, estos canales son los menos usados, se plantean teniendo en cuenta una asignación que afecte al mínimo otras zonas.
- Se recomienda realizar los enlaces menores a 2kms bajo polarización horizontal y potencia de salida inferior a 50mw/17dBm, la utilización de polarización horizontal se hace con el fin de poder re utilizar canales sin traslapes mayores en otras zonas de la ciudad.
- Para los equipos usados que requieran antena externa se recomienda utilizar antenas directivas con apertura de *beamwidth* horizontal no superior a 20°, de esta forma se evitan sobre propagaciones en zonas no deseadas y se cumple con la normatividad colombiana.

Aportamos este segmento de recomendaciones como sugerencia, estos datos y estudios totales se encontrarán disponibles para consulta en la biblioteca de Unícauca.

Cordialmente,


Lida Jimena Marin

Estudiantes Trabajo de Grado- FIET


Diego Salcedo Vélez