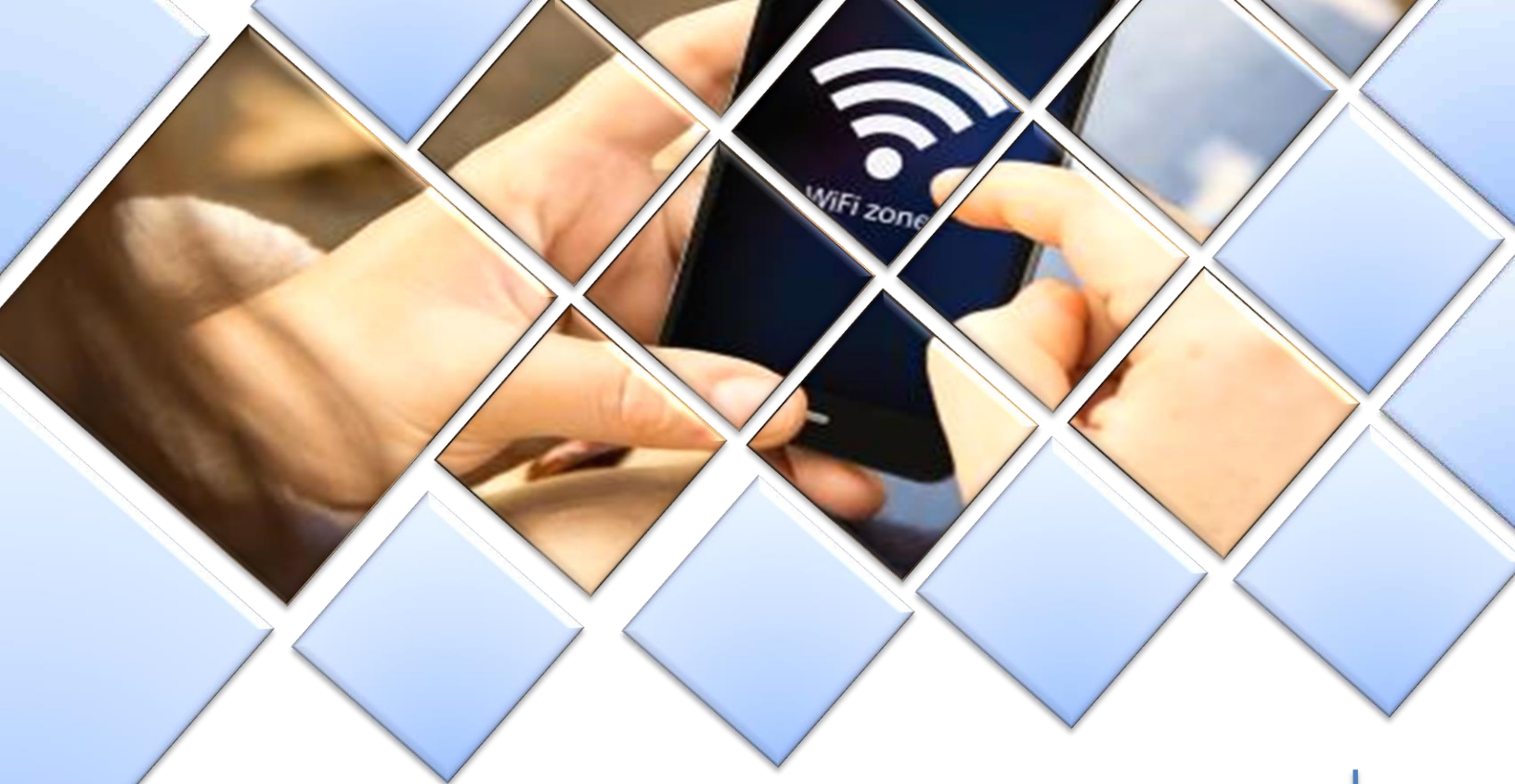




Análisis de proyección de saturación del espectro electromagnético en la banda no licenciada de 5 GHz en la ciudad de Salta y su impacto en el despliegue de otras tecnologías

Kevin G. Elliott & Guillermo J. Lagoria

Ingeniería en Telecomunicaciones

Universidad Católica de Salta

Diciembre 2020.

Análisis de proyección de saturación del espectro electromagnético en la banda no licenciada de 5 GHz en la ciudad de Salta y su impacto en el despliegue de otras tecnologías

Kevin G. Elliott

Ing. Duilio Cavalli
Profesor Guía

Guillermo J. Lagoria

Dedicatoria

Al compañero incondicional en toda esta etapa, dando fuerzas y buenos motivos para seguir, gracias Guille por hacer que todo sea más fácil. A Emi por su amor y acompañamiento en los logros y en las dificultades. A mi familia y amigos, en especial Mamá y Edgardo por haber transitado junto a mí este camino. A Mex, Kenko y Jana por darme luz todos los días.

Kevin G. Elliott

A mi compañero y amigo Kevin por haber compartido toda una carrera juntos con quien aprendí que no solo importa llegar a la meta, sino a disfrutar cada momento del camino transitado. A mis padres Liliana Tapia y Martín Lagoria por su acompañamiento incondicional y confianza, a mi hermano Esteban Lagoria quién me ha compartido su conocimiento y tiempo, y a mi pareja Micaela Lasquera, quien fue mi motivación y compañía para alcanzar el título.

Guillermo J. Lagoria

Agradecimientos

A nuestro Jefe de Carrera, Ing. Roberto Breslin.

Por brindarnos la motivación y empuje en los momentos que los necesitábamos y estar dispuesto siempre a ayudarnos en nuestro progreso.

A nuestro Director del proyecto de graduación, Ing. Duilio Cavalli.

Por guiarnos y su buena predisposición en todo momento.

A Ing. Ernesto Bonfiglioli.

Por haber sido nuestro empuje en los comienzos y siempre haber creído en nosotros.

A los Profesores y Personal Administrativo de la Facultad.

Por su compañía y enseñanza tanto académica como humana.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1 Introducción e información general	23
1.1 – El tema de investigación.....	23
1.1.1 El tema.....	23
1.1.2 La justificación.....	23
1.1.3 La delimitación espacio-temporal.....	25
1.2 – El problema de la investigación.....	26
1.3 – Los objetivos	27
1.3.1 Los objetivos generales.....	27
1.3.2 Los objetivos específicos	28
1.4 – Los alcances y las limitaciones	28
1.4.1 Los alcances.....	28
1.4.2 Las limitaciones	29
1.5 – La metodología	29
1.5.1 El tipo de investigación	29
1.5.2 El enfoque de la investigación	29
1.5.3 El tratamiento de la información	30
1.5.4 La población y muestra de estudio.....	30
1.5.5 Las técnicas de recolección de información.....	30
1.6 – Las fuentes de información	31
Capítulo 2 El marco teórico	32
2.1 – Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM).....	32
2.2 – El espectro radioeléctrico.....	32
2.3 – La atribución de bandas en Argentina.....	34

2.4 – Otras tecnologías que conviven en la frecuencia de 5 GHz	35
2.5 - Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica - IEEE.....	36
2.6 – El Estándar IEEE 802.11 Wifi.....	36
2.6.1 Introducción	36
2.6.2 Recorrido histórico de sus versiones.....	37
2.7 – Conexión a internet Wifi en la Argentina	40
2.7.1 Velocidad de Internet	40
2.7.2 HFC.....	42
2.7.3 ADSL.....	42
2.7.4 FTTH	43
2.8 – Conexión a internet WiFi en Salta	43
2.9 – Diferencias entre 2.4 y 5 GHz.	44
2.10 – Módems y routers utilizados.....	48
 Capítulo 3 Medición de datos en la ciudad de Salta	50
3.1 - Objetivo	50
3.2 – Equipamiento utilizado.....	50
3.3 - Procedimiento.....	52
3.3.1 Zonas y Sectores.....	52
3.3.2 Frecuencia de mediciones	58
3.3.3 Cronograma.....	59
3.4 - Resultados.....	59
 Capítulo 4 Análisis de datos obtenidos en la ciudad de Salta	61
4.1 - Objetivo	61
4.2 - Expectativas.....	61
4.3 – Metodología de evaluación.....	62

4.4 – Análisis de datos	67
4.4.1 Mapa de ruta de mediciones.....	67
4.4.2 Resumen de redes detectadas	71
4.4.3 Espectro Radioeléctrico en 2.4 y 5 GHz	75
4.4.4 Ubicación de los APs 2.4 y 5 GHz.....	84
 Capítulo 5 Laboratorio WiFi	 96
5.1 - Objetivo	96
5.2 - Consideraciones.....	96
5.3 - Procedimiento.....	97
5.3.1 Preparación.....	97
5.3.2 Ejecución.....	98
5.4 - Conclusión	101
 Capítulo 6 Encuesta social y proyecciones	 103
6.1 - Objetivo	103
6.2 - Procedimiento.....	103
6.3 - Resultados.....	103
6.3.1 ¿Qué velocidad de Internet tienes contratada actualmente?	103
6.3.2 En tu uso habitual, ¿Utilizas más la conexión por Wifi que la conexión por cable?.....	104
6.3.3 Si tuvieras que elegir un aspecto a mejorar de WiFi, sería.....	104
6.3.4 ¿Conoces la diferencia que existe entre las redes WiFi de 2.4 y 5 GHz?	105
6.3.6 ¿Consideras que las velocidades de internet contratadas en la actualidad son suficientes para tu uso habitual?	107
6.3.7 ¿Planeas aumentar tu velocidad de internet en el corto o mediano plazo?	107
6.3.8 ¿Consideras que la cantidad de redes WiFi activas en la ciudad afectan a la salud de las personas?	108

Capítulo 7 Alternativas tecnológicas para la problemática	109
7.1 - Objetivo	109
7.2 - Alternativas	109
7.2.1 LiFi	112
7.2.2 WIFI 6	113
Capítulo 8 Conclusiones finales	116
Lista de referencias	121
Anexos.....	122
Anexo 1 Sector 1 - El Típal	122
Anexo 2 Sector 2 - El Típal	129
Anexo 3 Sector 3 - El Típal	136
Anexo 4 Sector 4 - El Típal	142
Anexo 5 Sector 5 - Centro	149
Anexo 6 Sector 6 - Centro	155
Anexo 7 Sector 7 - Centro	163
Anexo 8 Sector 8 - Centro	170
Anexo 9 Sector 9 - Centro	177
Sector 10 Sector 10 - Centro	184
Anexo 11 Sector 11 - Centro	191
Anexo 12 Sector 12 - Centro	198
Anexo 13 Sector 13 - Centro	205
Anexo 14 Sector 14 - Centro	212
Anexo 15 Sector 15 - Centro	218
Anexo 16 Sector 16 - Centro	225
Anexo 17 Sector 17 - Centro	232

Anexo 18 Sector 18 - Centro	239
Anexo 19 Sector 19 - Centro	246
Anexo 20 Sector 20 - Centro	252
Anexo 21 Sector 21 - Centro	259
Anexo 22 Sector 22 - Centro	266
Anexo 23 Sector 23 - Centro	273
Anexo 24 Sector 24 - Centro	280
Anexo 25 Sector 25 - Tres Cerritos	287
Anexo 26 Sector 26- Tres Cerritos	294
Anexo 27 Sector 27 - Tres Cerritos	301
Anexo 28 Laboratorio WiFi.....	308

Lista de Tablas

Tabla 1 Bandas respecto a la longitud de onda	33
Tabla 2 Bandas de frecuencias atribuidas para ser utilizadas por los equipos de bajas potencias ...	34
Tabla 3 Velocidades promedio por provincias argentinas	40
Tabla 4 Canales en la norma 802.11b de 2.4 GHz.	45
Tabla 5 Canales en la norma 802.11n de 5 GHz.	46
Tabla 6 Cantidad de mediciones según velocidad	58
Tabla 7 Calificación de la señal según su intensidad	62
Tabla 8 RSSI máximos, mínimos y promedios medidos por Sector	63
Tabla 9 RSSI de APs mayores a -55 dBm.....	65
Tabla 11 Resumen de redes detectadas.....	71
Tabla 12 Registro de canales en 5 GHz por sector.....	94
Tabla 13 Registro de canales en 2.4 GHz por sector.....	95
Tabla 14 Calculo teórica de perdida de transmisión por distancia	97
Tabla 15 Potencias y velocidades en relación a la distancia en 2.4 GHz.....	99
Tabla 16 Potencias y velocidades en relación a la distancia en 5 GHz.....	99
Tabla 17 Potencias y velocidades con y sin obstáculo en 2.4 GHz.....	100
Tabla 18 Potencias y velocidades con y sin obstáculo en 5 GHz.....	100
Tabla 19 Potencias y velocidades con y sin interferencia en 2.4 GHz.....	101
Tabla 20 Potencias y velocidades con y sin interferencia en 5 GHz.....	101
Tabla 21 Argumento de por qué eligen más una red que otra	106
Tabla 22 Comparación entre WiFi 6 vs WiFi 5	114
Tabla 23 Sector 1 – Redes detectadas	122
Tabla 24 Sector 1 – BSSIDs 2.4 GHz	122
Tabla 25 Sector 2 – Redes detectadas	129
Tabla 26 Sector 3 – Redes detectadas	136
Tabla 27 Sector - Redes detectadas	142
Tabla 28 Sector 5 – Redes detectadas	149
Tabla 29 Sector 6 – Redes detectadas	156
Tabla 30 Sector 7 – Redes detectadas	163
Tabla 31 Sector 8 – Redes detectadas	170
Tabla 32 Sector 9 – Redes detectadas	177
Tabla 33 Sector 10 – Redes detectadas	184
Tabla 34 Sector 11 – Redes detectadas	191
Tabla 35 Sector 12 – Redes detectadas	198
Tabla 36 Sector 13 – Redes detectadas	205
Tabla 37 Sector 14 – Redes detectadas	212
Tabla 38 Sector 15 – Redes detectadas	218
Tabla 39 Sector 16 – Redes detectadas	225
Tabla 40 Sector 17 – Redes detectadas	232
Tabla 41 Sector 18 – Redes detectadas	239
Tabla 42 Sector 19 – Redes detectadas	246
Tabla 43 Sector 20 – Redes detectadas	252
Tabla 44 Sector 21 – Redes detectadas	259
Tabla 45 Sector 22 – Redes detectadas	266
Tabla 46 Sector 23 – Redes detectadas	273

Tabla 47 Sector 24 – Redes detectadas	280
Tabla 48 Sector 25 – Redes detectadas	287
Tabla 49 Sector 26 – Redes detectadas	294
Tabla 50 Sector 27 – Redes detectadas	301

Lista de figuras

Figura 1 Servicios permitidos por ENACOM en la banda de frecuencias 5250 – 5570 MHz.	35
Figura 2 Velocidades de los diferentes estándares WiFi	48
Figura 3 Distritos en área urbana consolidada	52
Figura 4 Áreas especiales y distritos en áreas sub-urbanas.....	53
Figura 5 Distritos de Zonificación Salta Capital.....	53
Figura 6 Leyenda Distritos de Zonificación Salta Capital	54
Figura 7 Densidades indicativas por distrito.....	54
Figura 8 Zona 1: B° El Típal	55
Figura 9 Zona 2: Centro	57
Figura 10 Zona 3: Tres Cerritos.....	57
Figura 11 Frecuencia de mediciones según velocidad.....	58
Figura 12 Cronograma de mediciones.....	59
Figura 13 Mediciones en zona centro	60
Figura 14 Reportes generados por sector	63
Figura 15 Gama de colores adoptada.....	67
Figura 16 Ruta de medición B° El Típal	68
Figura 17 Ruta de medición Centro	69
Figura 18 Ruta de medición Tres Cerritos	70
Figura 19 Ejemplo de una red con varios APs.....	73
Figura 20 Redes en las dos bandas.....	74
Figura 21 Redes ocultas.....	74
Figura 22 Cifrado de seguridad	75
Figura 23 Edición de mapa 3d representando RSSI de zona Centro	76
Figura 24 RSSI 2.4 GHz B° El Típal	77
Figura 25 RSSI 5 GHz B° El Típal	78
Figura 26 RSSI 2.4 GHz Centro	79
Figura 27 RSSI 5 GHz Centro	80
Figura 28 RSSI 5 GHz Tres Cerritos	81
Figura 29 RSSI 5 GHz Tres Cerritos	82
Figura 30 Redes con sus respectivas direcciones MAC.....	84
Figura 31 Posibles ubicaciones de AP con dos anclas.....	85
Figura 32 Ubicación de AP con tres anclas	86
Figura 33 Comparativa ubicación APs con RSSI	86
Figura 34 Ubicación de APs 2.4 GHz Centro	87
Figura 35 Ubicación de APs 5 GHz Centro	88
Figura 36 Ubicación de APs 2.4 GHz Centro	89
Figura 37 Ubicación de APs 5 GHz Centro	90
Figura 38 Ubicación de APs 2.4 GHz Tres Cerritos.....	91
Figura 39 Ubicación de APs 5 GHz Tres Cerritos.....	92
Figura 40 Pared de obstáculo para realizar las mediciones.....	99
Figura 41 Ubicación de microondas junto a PC muestreadora de datos	100
Figura 42 ¿Qué velocidad de Internet tienes contratada actualmente?	103
Figura 43 En tu uso habitual, ¿Utilizas más la conexión por WiFi que la conexión por cable?	104
Figura 44 Si tuvieras que elegir un aspecto a mejorar de WiFi, sería... ..	104

Figura 45 ¿Conoces la diferencia que existe entre las redes WiFi de 2.4 y 5 GHz?	105
Figura 46 En tu uso habitual, ¿Qué red utilizas más entre éstas dos y por qué?	105
Figura 47 ¿Consideras que las velocidades de Internet contratadas en la actualidad son suficientes para tu uso habitual?	107
Figura 48 ¿Planeas aumentar tu velocidad de internet en el corto o mediano plazo?	107
Figura 49 ¿Consideras que la cantidad de redes WiFi activas en la ciudad afectan a la salud de las personas?	108
Figura 50 Logotipo LiFi	112
Figura 51 Sector 1 – Mapa de ruta de mediciones	122
Figura 52 Sector 1 – BSSIDs 5 GHz	123
Figura 53 Sector 1 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	123
Figura 54 Sector 1 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	124
Figura 55 Sector 1 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	124
Figura 56 Sector 1 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	124
Figura 57 Sector 1 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	125
Figura 58 Sector 1 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	125
Figura 59 Sector 1 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	126
Figura 60 Sector 1 – Mapa de ubicación de los APs totales	126
Figura 61 Sector 1 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	126
Figura 62 Sector 1 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	127
Figura 63 Sector 2 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	127
Figura 64 Sector 2 – Mapa channel coverage 5 GHz	128
Figura 65 Sector 1 - Mapa de channel overlap 2.4 GHz	128
Figura 66 Sector 1 – Mapa de channel overlap 5 GHz	128
Figura 67 Sector 2 – Mapa de ruta de mediciones	129
Figura 68 Sector 2 – BSSIDs 2.4 GHz	129
Figura 69 Sector 2 – BSSIDs 5 GHz	130
Figura 70 Sector 2 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	130
Figura 71 Sector 2 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	130
Figura 72 Sector 2 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	131
Figura 73 Sector 2 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	131
Figura 74 Sector 2 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	132
Figura 75 Sector 2 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	132
Figura 76 Sector 2 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	132
Figura 77 Sector 2 – Mapa de ubicación de los APs totales	133
Figura 78 Sector 2 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	133
Figura 79 Sector 2 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	133
Figura 80 Sector 2 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	134
Figura 81 Sector 2 – Mapa channel coverage 5 GHz	134
Figura 82 Sector 2 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	134
Figura 83 Sector 2 – Mapa de channel overlap 5 GHz	135
Figura 84 Sector 3 – Mapa de ruta de mediciones	136
Figura 85 Sector 3 – BSSIDs 2.4 GHz	136
Figura 86 Sector 3 – BSSIDs 5 GHz	137
Figura 87 Sector 3 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	137
Figura 88 Sector 3 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	138
Figura 89 Sector 3 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	138

Figura 90 Sector 3 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	138
Figura 91 Sector 3 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	139
Figura 92 Sector 3 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	139
Figura 93 Sector 3 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	139
Figura 94 Sector 3 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	140
Figura 95 Sector 3 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	140
Figura 96 Sector 3 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	140
Figura 97 Sector 3 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	141
Figura 98 Sector 3 – Mapa channel coverage 5 GHz	141
Figura 99 Sector 3 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	141
Figura 100 Sector 3 – Mapa de channel overlap 5 GHz	142
Figura 101 Sector 4 – Mapa de ruta de mediciones	142
Figura 102 Sector 4 – BSSIDs 2.4 GHz.....	143
Figura 103 Sector 4 – BSSIDs 5 GHz	143
Figura 104 Sector 4 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	143
Figura 105 Sector 4 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	144
Figura 106 Sector 4 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	144
Figura 107 Sector 4 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	145
Figura 108 Sector 4 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	145
Figura 109 Sector 4 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	145
Figura 110 Sector 4 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	146
Figura 111 Sector 4 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	146
Figura 112 Sector 4 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	147
Figura 113 Sector 4 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	147
Figura 114 Sector 4 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	147
Figura 115 Sector 4 – Mapa channel coverage 5 GHz	147
Figura 116 Sector 4 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	148
Figura 117 Sector 4 – Mapa de channel overlap 5 GHz	148
Figura 118 Sector 5 – Mapa de ruta de mediciones	149
Figura 119 Sector 5 – BSSIDs 2.4 GHz.....	149
Figura 120 Sector 5 – BSSIDs 5 GHz	150
Figura 121 Sector 5 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	150
Figura 122 Sector 5 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	151
Figura 123 Sector 5 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	151
Figura 124 Sector 5 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	151
Figura 125 Sector 5 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	152
Figura 126 Sector 5 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	152
Figura 127 Sector 5 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	153
Figura 128 Sector 5 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	153
Figura 129 Sector 5 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	153
Figura 130 Sector 5 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	154
Figura 131 Sector 5 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	154
Figura 132 Sector 5 – Mapa channel coverage 5 GHz	154
Figura 133 Sector 5 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	155
Figura 134 Sector 5 – Mapa de channel overlap 5 GHz	155
Figura 135 Sector 6 – Mapa de ruta de mediciones	155
Figura 136 Sector 6 – BSSIDs 2.4 GHz.....	156

Figura 137 Sector 6 – BSSIDs 5 GHz	157
Figura 138 Sector 6 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	157
Figura 139 Sector 6 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	158
Figura 140 Sector 6 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	158
Figura 141 Sector 6 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	158
Figura 142 Sector 6 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	159
Figura 143 Sector 6 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	159
Figura 144 Sector 6 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	160
Figura 145 Sector 6 – Mapa de ubicación de los APs totales	160
Figura 146 Sector 6 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	160
Figura 147 Sector 6 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	161
Figura 148 Sector 6 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	161
Figura 149 Sector 6 – Mapa channel coverage 5 GHz	161
Figura 150 Sector 6 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	162
Figura 151 Sector 6 – Mapa de channel overlap 5 GHz	162
Figura 152 Sector 7 – Mapa de ruta de mediciones	163
Figura 153 Sector 7 – BSSIDs 2.4 GHz	164
Figura 154 Sector 7 – BSSIDs 5 GHz	164
Figura 155 Sector 7 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	164
Figura 156 Sector 7 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	165
Figura 157 Sector 7 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	165
Figura 158 Sector 7 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	166
Figura 159 Sector 7 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	166
Figura 160 Sector 7 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	166
Figura 161 Sector 7 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	167
Figura 162 Sector 7 – Mapa de ubicación de los APs totales	167
Figura 163 Sector 7 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	168
Figura 164 Sector 7 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	168
Figura 165 Sector 7 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	168
Figura 166 Sector 7 – Mapa channel coverage 5 GHz	169
Figura 167 Sector 7 – Mapa	169
Figura 168 Sector 7 – Mapa de channel overlap 5 GHz	169
Figura 169 Sector 8 – Mapa de ruta de mediciones	170
Figura 170 Sector 8 – BSSIDs 2.4 GHz	171
Figura 171 Sector 8 – BSSIDs 5 GHz	171
Figura 172 Sector 8 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	171
Figura 173 Sector 8 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	172
Figura 174 Sector 8 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	172
Figura 175 Sector 8 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	173
Figura 176 Sector 8 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	173
Figura 177 Sector 8 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	173
Figura 178 Sector 8 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	174
Figura 179 Sector 8 – Mapa de ubicación de los APs totales	174
Figura 180 Sector 8 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	175
Figura 181 Sector 8 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	175
Figura 182 Sector 8 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	175
Figura 183 Sector 8 – Mapa channel coverage 5 GHz	176

Figura 184 Sector 8 – Mapa.....	176
Figura 185 Sector 8 – Mapa de channel overlap 5 GHz	176
Figura 186 Sector 9 – Mapa de ruta de mediciones	177
Figura 187 Sector 9 – BSSIDs 2.4 GHz	178
Figura 188 Sector 9 – BSSIDs 5 GHz	178
Figura 189 Sector 9 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	178
Figura 190 Sector 9 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	179
Figura 191 Sector 9 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	179
Figura 192 Sector 9 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	180
Figura 193 Sector 9 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	180
Figura 194 Sector 9 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	180
Figura 195 Sector 9 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	181
Figura 196 Sector 9 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	181
Figura 197 Sector 9 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	181
Figura 198 Sector 9 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	182
Figura 199 Sector 9 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	182
Figura 200 Sector 9 – Mapa channel coverage 5 GHz	182
Figura 201 Sector 9 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	183
Figura 202 Sector 9 – Mapa de channel overlap 5 GHz	183
Figura 203 Sector 10 – Mapa de ruta de mediciones	184
Figura 204 Sector 10 – BSSIDs 2.4 GHz	185
Figura 205 Sector 10 – BSSIDs 5 GHz	185
Figura 206 Sector 10 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	185
Figura 207 Sector 10 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	186
Figura 208 Sector 10 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	186
Figura 209 Sector 10 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	187
Figura 210 Sector 10 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	187
Figura 211 Sector 10 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	187
Figura 212 Sector 10 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	188
Figura 213 Sector 10 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	188
Figura 214 Sector 10 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	189
Figura 215 Sector 10 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	189
Figura 216 Sector 10 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	190
Figura 217 Sector 10 – Mapa channel coverage 5 GHz	190
Figura 218 Sector 10 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	190
Figura 219 Sector 10 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	190
Figura 220 Sector 11 – Mapa de ruta de mediciones	191
Figura 221 Sector 11 – BSSIDs 2.4 GHz	192
Figura 222 Sector 11 – BSSIDs 5 GHz	192
Figura 223 Sector 11 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	192
Figura 224 Sector 11 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	193
Figura 225 Sector 11 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	193
Figura 226 Sector 11 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	193
Figura 227 Sector 11 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	194
Figura 228 Sector 11 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	194
Figura 229 Sector 11 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	195
Figura 230 Sector 11 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	195

Figura 231 Sector 11 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	196
Figura 232 Sector 11 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	196
Figura 233 Sector 11 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	196
Figura 234 Sector 11 – Mapa channel coverage 5 GHz	197
Figura 235 Sector 11 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	197
Figura 236 Sector 11 – Mapa de channel overlap 5 GHz	197
Figura 237 Sector 12 – Mapa de ruta de mediciones	198
Figura 238 Sector 12 – BSSIDs 2.4 GHz	199
Figura 239 Sector 12 – BSSIDs 5 GHz	199
Figura 240 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	199
Figura 241 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	200
Figura 242 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	200
Figura 243 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	200
Figura 244 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	201
Figura 245 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	201
Figura 246 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	202
Figura 247 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	202
Figura 248 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	202
Figura 249 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	203
Figura 250 Sector 12 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	203
Figura 251 Sector 12 – Mapa channel coverage 5 GHz	204
Figura 252 Sector 12 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	204
Figura 253 Sector 12 – Mapa de channel overlap 5 GHz	204
Figura 254 Sector 12 – Mapa de ruta de mediciones	205
Figura 255 Sector 12 – BSSIDs 2.4 GHz	206
Figura 256 Sector 12 – BSSIDs 5 GHz	206
Figura 257 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	206
Figura 258 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	207
Figura 259 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	207
Figura 260 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	208
Figura 261 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	208
Figura 262 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	208
Figura 263 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	209
Figura 264 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	209
Figura 265 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	210
Figura 266 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	210
Figura 267 Sector 12 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	210
Figura 268 Sector 12 – Mapa channel coverage 5 GHz	211
Figura 269 Sector 12 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	211
Figura 270 Sector 12 – Mapa de channel overlap 5 GHz	211
Figura 271 Sector 13 – Mapa de ruta de mediciones	212
Figura 272 Sector 13 – BSSIDs 2.4 GHz	213
Figura 273 Sector 13 – BSSIDs 5 GHz	213
Figura 274 Sector 13 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	213
Figura 275 Sector 13 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	214
Figura 276 Sector 13 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	214
Figura 277 Sector 13 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	214

Figura 278 Sector 13 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	215
Figura 279 Sector 13 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	215
Figura 280 Sector 13 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	215
Figura 281 Sector 13 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	216
Figura 282 Sector 13 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	216
Figura 283 Sector 13 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	217
Figura 284 Sector 13 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	217
Figura 285 Sector 13 – Mapa channel coverage 5 GHz	217
Figura 286 Sector 13 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	218
Figura 287 Sector 13 – Mapa de channel overlap 5 GHz	218
Figura 288 Sector 15 – Mapa de ruta de mediciones	218
Figura 289 Sector 15 – BSSIDs 2.4 GHz.....	219
Figura 290 Sector 15 – BSSIDs 5 GHz.....	219
Figura 291 Sector 15 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	219
Figura 292 Sector 15 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	220
Figura 293 Sector 15 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	220
Figura 294 Sector 15 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	221
Figura 295 Sector 15 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	221
Figura 296 Sector 15 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	221
Figura 297 Sector 15 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	222
Figura 298 Sector 15 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	222
Figura 299 Sector 15 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	223
Figura 300 Sector 15 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	223
Figura 301 Sector 15 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	223
Figura 302 Sector 15 – Mapa channel coverage 5 GHz	224
Figura 303 Sector 15 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	224
Figura 304 Sector 15 – Mapa de channel overlap 5 GHz	224
Figura 305 Sector 16 – Mapa de ruta de mediciones	225
Figura 306 Sector 16 – BSSIDs 2.4 GHz.....	225
Figura 307 Sector 16 – BSSIDs 5 GHz.....	226
Figura 308 Sector 16 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	226
Figura 309 Sector 16 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	226
Figura 310 Sector 16 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	227
Figura 311 Sector 16 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	227
Figura 312 Sector 16 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	228
Figura 313 Sector 16 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	228
Figura 314 Sector 16 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	228
Figura 315 Sector 16 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	229
Figura 316 Sector 16 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	229
Figura 317 Sector 16 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	229
Figura 318 Sector 16 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	230
Figura 319 Sector 16 – Mapa channel coverage 5 GHz	230
Figura 320 Sector 16 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	230
Figura 321 Sector 16 – Mapa de channel overlap 5 GHz	231
Figura 322 Sector 17 – Mapa de ruta de mediciones	232
Figura 323 Sector 17 – BSSIDs 2.4 GHz.....	232
Figura 324 Sector 17 – BSSIDs 5 GHz.....	233

Figura 325 Sector 17 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	233
Figura 326 Sector 17 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	234
Figura 327 Sector 17 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	234
Figura 328 Sector 17 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	234
Figura 329 Sector 17 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	235
Figura 330 Sector 17 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	235
Figura 331 Sector 17 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	235
Figura 332 Sector 17 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	236
Figura 333 Sector 17 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	236
Figura 334 Sector 17 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	237
Figura 335 Sector 17 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	237
Figura 336 Sector 17 – Mapa channel coverage 5 GHz	238
Figura 337 Sector 17 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	238
Figura 338 Sector 17 – Mapa de channel overlap 5 GHz	238
Figura 339 Sector 18 – Mapa de ruta de mediciones	239
Figura 340 Sector 18 – BSSIDs 2.4 GHz	239
Figura 341 Sector 18 – BSSIDs 5 GHz	240
Figura 342 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	240
Figura 343 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	241
Figura 344 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	241
Figura 345 Sector 18 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	241
Figura 346 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	242
Figura 347 Sector 18 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	242
Figura 348 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	242
Figura 349 Sector 18 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	243
Figura 350 Sector 18 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	243
Figura 351 Sector 18 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	244
Figura 352 Sector 18 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	244
Figura 353 Sector 18 – Mapa channel coverage 5 GHz	244
Figura 354 Sector 18 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	245
Figura 355 Sector 18 – Mapa de channel overlap 5 GHz	245
Figura 356 Sector 19 – Mapa de ruta de mediciones	246
Figura 357 Sector 19 – BSSIDs 2.4 GHz	246
Figura 358 Sector 19 – BSSIDs 5 GHz	247
Figura 359 Sector 19 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	247
Figura 360 Sector 19 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	247
Figura 361 Sector 19 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	248
Figura 362 Sector 19 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	248
Figura 363 Sector 19 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	249
Figura 364 Sector 19 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	249
Figura 365 Sector 19 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	250
Figura 366 Sector 19 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	250
Figura 367 Sector 19 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	250
Figura 368 Sector 19 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	251
Figura 369 Sector 19 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	251
Figura 370 Sector 19 – Mapa channel coverage 5 GHz	251
Figura 371 Sector 19 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	252

Figura 372 Sector 19 – Mapa de channel overlap 5 GHz	252
Figura 373 Sector 20 – Mapa de ruta de mediciones	252
Figura 374 Sector 20 – BSSIDs 2.4 GHz	253
Figura 375 Sector 20 – BSSIDs 5 GHz	253
Figura 376 Sector 20 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	254
Figura 377 Sector 20 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	254
Figura 378 Sector 20 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	254
Figura 379 Sector 20 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	255
Figura 380 Sector 20 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	255
Figura 381 Sector 20 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	256
Figura 382 Sector 20 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	256
Figura 383 Sector 20 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	256
Figura 384 Sector 20 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	257
Figura 385 Sector 20 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	257
Figura 386 Sector 20 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	258
Figura 387 Sector 20 – Mapa channel coverage 5 GHz	258
Figura 388 Sector 20 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	258
Figura 389 Sector 20 – Mapa de channel overlap 5 GHz	259
Figura 390 Sector 21 – Mapa de ruta de mediciones	259
Figura 391 Sector 21 – BSSIDs 2.4 GHz	260
Figura 392 Sector 21 – BSSIDs 5 GHz	260
Figura 393 Sector 21 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	261
Figura 394 Sector 21 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	261
Figura 395 Sector 21 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	261
Figura 396 Sector 21 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	262
Figura 397 Sector 21 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	262
Figura 398 Sector 21 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	262
Figura 399 Sector 21 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	263
Figura 400 Sector 21 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	263
Figura 401 Sector 21 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	264
Figura 402 Sector 21 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	264
Figura 403 Sector 21 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	264
Figura 404 Sector 21 – Mapa channel coverage 5 GHz	265
Figura 405 Sector 21 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	265
Figura 406 Sector 21 – Mapa de channel overlap 5 GHz	266
Figura 407 Sector 22 – Mapa de ruta de mediciones	266
Figura 408 Sector 22 – BSSIDs 2.4 GHz	267
Figura 409 Sector 22 – BSSIDs 5 GHz	267
Figura 410 Sector 22 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	268
Figura 411 Sector 22 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	268
Figura 412 Sector 22 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	269
Figura 413 Sector 22 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	269
Figura 414 Sector 22 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	269
Figura 415 Sector 22 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	270
Figura 416 Sector 22 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	270
Figura 417 Sector 22 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	270
Figura 418 Sector 22 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	271

Figura 419 Sector 22 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	271
Figura 420 Sector 22 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	271
Figura 421 Sector 22 – Mapa channel coverage 5 GHz	272
Figura 422 Sector 22 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	272
Figura 423 Sector 22 – Mapa de channel overlap 5 GHz	273
Figura 424 Sector 23 – Mapa de ruta de mediciones	273
Figura 425 Sector 23 – BSSIDs 2.4 GHz	273
Figura 426 Sector 23 – BSSIDs 5 GHz	274
Figura 427 Sector 23 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	274
Figura 428 Sector 23 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	274
Figura 429 Sector 23 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	275
Figura 430 Sector 23 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	275
Figura 431 Sector 23 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	275
Figura 432 Sector 23 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	276
Figura 433 Sector 23 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	276
Figura 434 Sector 23 – Mapa de ubicación de los APs totales	277
Figura 435 Sector 23 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	277
Figura 436 Sector 23 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	277
Figura 437 Sector 23 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	278
Figura 438 Sector 23 – Mapa channel coverage 5 GHz	278
Figura 439 Sector 23 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	278
Figura 440 Sector 23 – Mapa de channel overlap 5 GHz	279
Figura 441 Sector 24 – Mapa de ruta de mediciones	280
Figura 442 Sector 24 – BSSIDs 2.4 GHz	280
Figura 443 Sector 24 – BSSIDs 5 GHz	281
Figura 444 Sector 24 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	281
Figura 445 Sector 24 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	282
Figura 446 Sector 24 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	282
Figura 447 Sector 24 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	282
Figura 448 Sector 24 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	283
Figura 449 Sector 24 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	283
Figura 450 Sector 24 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	283
Figura 451 Sector 24 – Mapa de ubicación de los APs totales	284
Figura 452 Sector 24 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	284
Figura 453 Sector 24 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	284
Figura 454 Sector 24 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	285
Figura 455 Sector 24 – Mapa channel coverage 5 GHz	285
Figura 456 Sector 24 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	286
Figura 457 Sector 24 – Mapa de channel overlap 5 GHz	286
Figura 458 Sector 25 – Mapa de ruta de mediciones	287
Figura 459 Sector 25 – BSSIDs 2.4 GHz	288
Figura 460 Sector 25 – BSSIDs 5 GHz	288
Figura 461 Sector 25 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	288
Figura 462 Sector 25 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	289
Figura 463 Sector 25 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	289
Figura 464 Sector 25 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	289
Figura 465 Sector 25 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	290

Figura 466 Sector 25 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	290
Figura 467 Sector 25 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	291
Figura 468 Sector 25 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	291
Figura 469 Sector 25 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	292
Figura 470 Sector 25 – Mapa de ubicación de los Aps 5 GHz	292
Figura 471 Sector 25 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	292
Figura 472 Sector 25 – Mapa channel coverage 5 GHz	293
Figura 473 Sector 25 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	293
Figura 474 Sector 25 – Mapa de channel overlap 5 GHz	293
Figura 475 Sector 26 – Mapa de ruta de mediciones	294
Figura 476 Sector 26 – BSSIDs 2.4 GHz.....	294
Figura 477 Sector 26 – BSSIDs 5 GHz.....	295
Figura 478 Sector 26 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	295
Figura 479 Sector 26 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	295
Figura 480 Sector 26 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	296
Figura 481 Sector 26 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	296
Figura 482 Sector 26 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	296
Figura 483 Sector 26 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	297
Figura 484 Sector 26 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	297
Figura 485 Sector 26 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	297
Figura 486 Sector 26 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	298
Figura 487 Sector 26 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	298
Figura 488 Sector 26 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	299
Figura 489 Sector 26 – Mapa channel coverage 5 GHz	299
Figura 490 Sector 26 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	299
Figura 491 Sector 26 – Mapa de channel overlap 5 GHz	300
Figura 492 Sector 27 – Mapa de ruta de mediciones	301
Figura 493 Sector 27 – BSSIDs 2.4 GHz.....	302
Figura 494 Sector 27 – BSSIDs 5 GHz.....	302
Figura 495 Sector 27 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total	302
Figura 496 Sector 27 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total	303
Figura 497 Sector 27 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2	303
Figura 498 Sector 27 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz	304
Figura 499 Sector 27 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz	304
Figura 500 Sector 27 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz	304
Figura 501 Sector 27 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz	305
Figura 502 Sector 27 – Mapa de ubicación de los APs totales.....	305
Figura 503 Sector 27 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz	305
Figura 504 Sector 27 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz	306
Figura 505 Sector 27 – Mapa channel coverage 2.4 GHz	306
Figura 506 Sector 27 – Mapa channel coverage 5 GHz	307
Figura 507 Sector 27 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz	307
Figura 508 Sector 27 – Mapa de channel overlap 5 GHz	307
Figura 509 Red 2.4 GHz Distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos	308
Figura 510 Velocidad red 2.4 GHz Distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos	308
Figura 511 Red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos	309
Figura 512 Medición red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos	309

Figura 513 Velocidad red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos	309
Figura 514 Red 2.4 GHz Distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos	310
Figura 515 Medición red 2.4 GHz Distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos	310
Figura 516 Velocidad Red 2.4 GHz Distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos.....	310
Figura 517 Red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos	311
Figura 518 Medición red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos	311
Figura 519 Velocidad red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos.....	311
Figura 520 Red 2.4 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos.....	312
Figura 521 Medición red 2.4 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos.....	312
Figura 522 Velocidad red 2.4 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos	312
Figura 523 Red 5 GHz distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos.....	313
Figura 524 Medición red 5 GHz distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos	313
Figura 525 Velocidad red 5 GHz distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos	313
Figura 526 Red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos.....	313
Figura 527 Medición red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos	313
Figura 528 Velocidad red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos	314
Figura 529 Red 5 GHz distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos.....	314
Figura 530 Medición red 5 GHz distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos	314
Figura 531 Velocidad red 5 GHz distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos	314
Figura 532 Red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos	315
Figura 533 Medición red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos	315
Figura 534 Velocidad red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos	315
Figura 535 Red 5 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos	316
Figura 536 Medición red 5 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos.....	316
Figura 537 Velocidad red 5 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos	316

Capítulo 1

Introducción e información general

1.1 – El tema de investigación

1.1.1 El tema

El tema del proyecto se titula:

“Análisis de proyección de saturación del espectro electromagnético en la banda no licenciada de 5 GHz en la ciudad de Salta y su impacto en el despliegue de otras tecnologías”

1.1.2 La justificación

Debido a la reciente experiencia en la cual la banda de 2.4 GHz se vio saturada en puntos de grandes concentraciones de personas, a causa que la tecnología Wifi es cada vez más requerida y con mayor ancho de banda, es necesario realizar un análisis de la situación actual en Salta sobre las redes inalámbricas y proyectar si la banda de 5 GHz corre con el mismo destino.

Esto nos podría dar un estimativo del tiempo en el cual se podría empezar a generar inconvenientes, evaluar alternativas de solución e implementarlas de manera precautoria y no cuando los problemas ya hayan aparecido.

Para poder obtener resultados confiables por el cual realizar el análisis, los procedimientos de esta investigación son:

- Realizar un análisis integral sobre el desempeño de las bandas de frecuencias elegidas para el uso de Wifi teniendo en cuenta las limitaciones físicas que van surgiendo a medida que las necesidades y capacidades aumentan.
- Analizar el espectro electromagnético para obtener un panorama claro sobre los diferentes servicios licenciados y no licenciados, que operan y operarán, en

frecuencias cercanas a las de nuestro estudio como posibles interferencias y puntos límites de trabajo.

- Detallar las especificaciones técnicas respecto a administración de canales y capacidades que permiten, en general, los equipos que proveen de Wifi.
- Obtener un mapa de ruta de mediciones, indicando cuantas muestras por cuadra en las zonas definidas por el proyecto.
- Obtener datos sobre la potencia de las señales de Wifi RSSI en las bandas de 2.4 y 5 GHz en las zonas definidas por el proyecto.
- Obtener datos sobre la cantidad de APs (Access Point) y BSSID en las bandas de 2.4 y 5 GHz con sus respectivos BSSID, y estimar la ubicación de los en las zonas definidas por el proyecto.
- Obtener los diferentes *channel coverage* para 2.4 y 5 GHz en las zonas definidas en el proyecto.
- Obtener los diferentes *channel overlap* para 2.4 y 5 GHz en las zonas definidas en el proyecto.
- Realizar comparativas estadísticas de la cobertura RSSI, solapamiento de canal e interferencia co-canal por zonas.
- Realizar un análisis social respecto al presente y futuro del uso de dicha tecnología en ambientes hogareños, teniendo en cuenta parámetros de alcance, velocidad, y ocupación en la ciudad de Salta.
- Adjuntar información relevante a posibles opciones que sean capaces de administrar mayores velocidades requeridas en un futuro, teniendo en cuenta parámetros como las frecuencias, métodos de administración y optimización de dichas señales.

- Realizar una prueba experimental respecto al comportamiento de un equipo proveedor de señales Wifi, enfrentando diferentes obstáculos, analizando su comportamiento y respuesta en frecuencia.

1.1.3 La delimitación espacio-temporal

La saturación del espectro de una banda electromagnética se produce cuando varios dispositivos transmiten en la misma frecuencia a una distancia en el cual las señales confluyen.

Nuestro proyecto está centrado en cómo es la situación actual en la ciudad de Salta Capital, Argentina.

En dicha ciudad hay una gran diferencia entre la densidad poblacional del microcentro y los barrios aledaños a ella, siendo la primera mucho mayor. Por este motivo, es muy posible que esta zona sea la más afectada en cuanto al espectro ocupado y posiblemente en un futuro se vea saturada, primeramente. Por consiguiente, es necesario hacer el estudio centrándonos en dicha zona y comparándola con dos barrios aledaños con menores densidades de población.

Con lo cual, la delimitación espacial se circunscribe a 3 grandes zonas que a su vez estarán divididas en sectores:

- Zona 1: B° El Típal, subdividido en 4 sectores.
- Zona 2: Microcentro comprendido por el área entre las calles Entre Ríos hasta Avda. San Martín, y Avda. Bicentenario hasta calle Junín, subdividido en 10 sectores.
- Zona 3: Tres Cerritos, subdividido en 3 sectores.

La delimitación temporal del estudio está desarrollada en el mes de septiembre de 2020, y el análisis de la proyección considera hasta 2 años siguientes.

1.2 – El problema de la investigación

El desarrollo tecnológico avanza a pasos agigantados en las últimas décadas y todo conlleva a que múltiples factores de la sociedad acompañen dicho cambio.

Los contenidos multimedia adquiridos a través de internet cada vez son más diversos, en mejor calidad y de diferentes interacciones que obligan a las tecnologías a ponerse en capacidad de soportar dicho tráfico, de una manera fluida y en el lugar que se lo requiera.

Las velocidades que los clientes demandan son cada vez mayores. Sumado a eso tenemos una necesidad de servicio en tiempo completo en lo que respecta a internet e inclusive en diferentes espacios recorridos a lo largo de un día de cualquier persona.

Por lo cual tenemos la necesidad de un ancho de banda mayor, durante mayor tiempo, todos los días y en diferentes lugares.

Otro escenario importante es el que vivimos recientemente con la pandemia de Coronavirus donde se realizó en muchos países, incluido Argentina, un aislamiento obligatorio. Esto trajo como consecuencia una mayor demanda de los servicios de internet y los proveedores se vieron colapsados.

Ya que el tema que vamos a tratar es el de la tecnología Wifi en sus diferentes frecuencias para uso domiciliario, vamos a dejar de lado las posibilidades que existen a través del cableado y otras tecnologías inalámbricas.

De esta manera llegamos a un análisis sobre su primera versión, ubicada en la frecuencia de los 2.4GHz. Una frecuencia no licenciada que cualquier cliente puede utilizar a una potencia tal que no interfiera con sus adyacentes, o al menos eso se pretendía en sus comienzos.

Con el pasar del tiempo la demanda se hizo cada vez mayor. Las zonas residenciales no tienen el mismo impacto que en zonas de alta densidad como lo son los edificios y la cantidad de redes emitidas comenzaron a interferir. Las distancias que abarca cada red no se comportan igual en todos los ambientes, los canales para organizar mejor las frecuencias en

el espacio no terminan siendo suficiente en algunos escenarios y cumplir con la premisa de las necesidades se vuelve cada vez más difícil.

Adicionalmente, las velocidades que los proveedores de Internet ofrecían con esta tecnología comenzaron a aumentar (acompañando la demanda) y llegaron a velocidades que el ancho de banda estandarizado por las 802.11 no puede transmitir. Así se empieza a dar uso a la otra banda no licenciada de 5 GHz, con mayor cantidad de canales disponibles y adaptables a diferentes perfiles con el costo que implica la naturaleza de incrementar la frecuencia de trabajo, menos alcance.

Hoy en día dichas frecuencias conviven aprovechando lo mejor de cada una teniendo en cuenta que gran parte de la sociedad aún no tienen necesidad de incursionar en mayores velocidades, porque el cambio de tecnologías de dispositivos todavía no impacta, como lo sería televisión 4k, contenido multimedia de mayor definición, etc. A esa dirección apunta con este escrito, el realizar un análisis de la situación actual en la ciudad de Salta sobre estas tecnologías, proyectar cuánto de vida útil les queda en dichas frecuencias y hacia donde deberíamos mirar para acompañar el avance tecnológico y la demanda.

1.3 – Los objetivos

1.3.1 Los objetivos generales

- Realizar un estudio para determinar la situación actual de la ciudad de Salta sobre las tecnologías 2.4 y 5 GHz.
- Proyectar la posible saturación del espectro electromagnético de la banda no licenciada de 5 GHz en la ciudad de Salta.
- Proponer alternativas a dicha tecnología en un futuro.

1.3.2 Los objetivos específicos

- Recopilación de información histórica sobre las tecnologías WIFI utilizadas: velocidades, alcances, limitaciones, seguridad, administración de canales, capacidades, ventajas y desventajas.
- Análisis legal sobre el espectro electromagnético que rige en la Argentina teniendo en cuenta los diferentes servicios licenciados y no licenciados, que operan y operarán, en frecuencias cercanas a las de nuestro estudio como posibles interferencias y puntos límites de trabajo.
- Medición mediante pruebas reales la saturación del espectro de dichas bandas en la zona delimitada en el proyecto.
- Elaboración de mapas de calor de los datos obtenidos en el inciso anterior.
- Recabado de información social sobre sus perspectivas de contar con mayor velocidad de internet a corto, mediano y largo plazo utilizando encuestas personales.
- Prueba experimental respecto al comportamiento de un equipo proveedor de señales Wifi, enfrentando diferentes obstáculos, analizando su comportamiento y respuesta en frecuencia para 2.4 y 5 GHz.
- Análisis de alternativas viables sobre otras tecnologías y/o frecuencias.

1.4 – Los alcances y las limitaciones

1.4.1 Los alcances

La trascendencia de esta investigación radica en hacer un estudio teórico práctico de la situación actual en la Ciudad de Salta sobre las tecnologías utilizadas en 2.4 y 5 GHz, y proyectar la posible saturación del espectro electromagnético con el objetivo de prevenir un posible colapso de los sistemas de Wifi debido a las interferencias provocadas por los dispositivos.

1.4.2 Las limitaciones

En el desarrollo de esta investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- Durante los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto no se pudo hacer análisis de campo debido a la pandemia de Coronavirus, que hizo que el gobierno decreta un aislamiento social obligatorio. Esto derivó a recién en el mes de septiembre poder hacer las pruebas en las calles, y con ciertas limitaciones en algunas zonas.
- Por motivo del distanciamiento social, las encuestas sociales no se pudieron hacer en formato presencial, con lo cual se procedió de manera digital.
- Debido a la gran dimensión del proyecto, la capacidad de procesamiento de las computadoras se vio limitada. Con lo cual, se procedió a sectorizar las zonas para así poder trabajar con menos información en simultáneo.

1.5 – La metodología

1.5.1 El tipo de investigación

El método de investigación de la presente Tesis es de tipo combinada, abarcando lo documental con la tarea de campo.

- Documental debido a que se va a recopilar antecedentes e información sobre la temática desarrollada como, por ejemplo, historia de tecnología Wifi, características, datos técnicos, etc.
- Tarea de campo debido a que se va a recopilar, procesar y analizar información relevante para obtener un resultado sobre la temática llevada a cabo. La misma incluye toma de datos de espectro en las zonas definidas de la ciudad de Salta, elaboración de mapas de calor, análisis de datos obtenidos, etc.

1.5.2 El enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es de tipo mixto, tanto cuantitativo como cualitativo.

- Cuantitativo porque se recolectarán datos numéricos cuantificables mediante procedimientos estadísticos como lo es el análisis de espectro.
- Cualitativo porque se tendrán en cuenta otros aspectos no cuantificables como lo son las experiencias propias y opiniones subjetivas.

1.5.3 El tratamiento de la información

El tratamiento de la información es de tipo:

- Transcriptivo ya que se citarán definiciones de otros autores
- Expositivo porque haremos referencia a nuestros métodos utilizados y resultados obtenidos.

1.5.4 La población y muestra de estudio

La población de estudio es en la ciudad de Salta con las muestras tomadas en:

- Zona 1: B° El Típal, subdividido en 4 sectores.
- Zona 2: Microcentro comprendido por el área entre las calles Entre Ríos hasta Avda. San Martín, y Avda. Bicentenario hasta calle Junín, subdividido en 10 sectores.
- Zona 3: Tres Cerritos, subdividido en 3 sectores.

1.5.5 Las técnicas de recolección de información

La información bibliográfica en lo que al marco teórico de esta investigación respecta se obtuvo a partir de análisis documental.

Además, se emplearon encuestas para obtener una proyección de la perspectiva de demanda a corto y mediano plazo.

Por último, se tomaron muestras del espectro electromagnético en nuestra zona de estudio.

1.6 – Las fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas en este proyecto dieron la posibilidad de fundamentar los contenidos teóricos planteados, tener un relevamiento de lo acontecido previamente en esta temática y ampliar los conocimientos.

- Fuentes bibliográficas:
 - Leyes:
 - Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de la República Argentina (CABFRA)
 - Normas:
 - Estándar 802.11 y sus respectivas actualizaciones
- Fuentes electrónicas:
 - Sitios web de Internet:
 - enacom.gob.ar
 - <https://www.ieee.org/>
 - https://www.citypopulation.de/php/argentina-admin_s.php?adminid=66
 - <https://www.xataka.com/especiales/guia-basica-para-comprar-tu-nuevo-router-consejos-especificaciones-y-seleccion-de-modelos-para-todos-los-bolsillos>
 - https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/arss/arss10_11/slides/35y36-CSMA-CA.pdf
 - https://www.researchgate.net/publication/28083044_Wi-Fi_el_diferente_uso_del_espectro_en_EEUU_y_Europa

Capítulo 2

El marco teórico

2.1 – Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM)

El Ente Nacional de Comunicaciones, ENACOM, es un ente autárquico y descentralizado que funciona en el ámbito de la Jefatura de Gabinete de Ministros de la Nación Argentina creado en 2015 a través del decreto 267, según se desprende de su sitio web enacom.gob.ar.

Su objetivo principal es el de regular las comunicaciones con el fin de asegurar que los usuarios de nuestro país cuenten con servicios de calidad tanto de internet como de telefonía fija, móvil, radio, postales y televisión.

En nuestro proyecto es importante conocer sus funciones, porque es el ente que asigna las bandas del espectro radioeléctrico para las diferentes tecnologías de comunicaciones. Esto nos permite conocer los servicios que actúan en las bandas de nuestro estudio y, en caso de que encontremos una posible saturación de la banda de 5 GHz en un futuro, evaluaremos alternativas que se adecuen a su normativa.

2.2 – El espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es un conjunto de frecuencias, también llamadas “bandas de frecuencias” que pueden utilizarse para la prestación de servicios de comunicaciones.

No todas las bandas de frecuencia son aptas para todos los tipos de comunicaciones, primero por sus características físicas y segundo por el tipo de servicio atribuido por el ENACOM.

Debido a la alta demanda del espectro, el ENACOM se encarga de regularlas y a través de licitaciones se les asigna a determinados usuarios los permisos correspondientes para transmitir.

Dependiendo de la frecuencia de trabajo será su longitud de onda, calculada con la fórmula:

$$f = \frac{1}{T} \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

donde f = frecuencia (Hz), T = periodo (seg), v = velocidad de la luz (m/seg) y λ = longitud de onda (m).

Cada longitud de onda tiene su característica física, con lo cual en caso de analizar a posterior un cambio de frecuencia se deberá tener en cuenta este ítem.

Tabla 1 Bandas respecto a la longitud de onda

BANDA	LONGITUD DE ONDA (M)	FRECUENCIA (HZ)
RAYOS GAMMA	< 10 pm	< 30 EHz
RAYOS X	< 10 nm	< 30 PHz
ULTRAVIOLETA EXTREMO	< 200 nm	< 1,5 PHz
ULTRAVIOLETA CERCANO	< 380 nm	< 789 THz
LUZ VISIBLE	< 780 nm	< 384 THz
INFRAROJO CERCANO	< 2,5 μm	< 120 THz
INFRAROJO MEDIO	< 50 μm	< 6 THz
INFRAROJO LEJANO	< 1 mm	< 300 GHz
MICROONDAS	< 30 cm	< 1 GHz
ULTRA ALTA FRECUENCIA	< 1 m	< 300 MHz
MUY ALTA FRECUENCIA	< 10 m	< 30 MHz

ONDA CORTA	< 180 m	< 1,7 MHz
ONDA MEDIA	< 650m	< 650 KHz
ONDA LARGA	< 10 km	< 30 KHz
MUY BAJA FRECUENCIA	> 10 km	< 30 KHz

2.3 – La atribución de bandas en Argentina

La atribución de bandas está descrita en el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencia de la República Argentina (CABFRA). Se adjunta en este proyecto la correspondiente a las bandas de baja potencia (incluida la 5 GHz) donde contempla el servicio TIC para banda de frecuencia de uso compartido, descrito en la resolución número RESOL-2017-5186-APN-ENACOM#MCO.

Tabla 2 Bandas de frecuencias atribuidas para ser utilizadas por los equipos de bajas potencias

Bandas [MHz]	Intensidad de Campo Eléctrico [µV/m]	Ancho de banda	Nivel de Emisiones no descadas
0,009 a 0,490	2.400 @ 30 m (1)	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
3,155 a 3,400	100 @ 30 m (1)	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
7,400 a 8,800	100 @ 30 m (1)	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
10,440 a 10,760	30 @ 30 m (2)	120 kHz @ -15 dB	≤ banda fundamental (1)
13,553 a 13,567	15.848 @ 30 m (2)	---	(1)
30 a 87,8	100 @ 3 m	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
88 a 108	250 @ 3 m	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
138,200 a 138,450	130 @ 3 m	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
216 a 217	200 @ 3 m	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
310 a 314	200 @ 3 m	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
401 a 402	18.260 @ 3 m	100 kHz @ -20 dB	≤ banda fundamental
403 a 405	18.260 @ 3 m	100 kHz @ -20 dB	≤ banda fundamental
405 a 406	18.260 @ 3 m	100 kHz @ -20 dB	≤ banda fundamental
433,075 a 434,775	366.000 @ 3 m	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
903 a 928	10.000 @ 3 m	Contenido dentro de la banda atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
		Contenido dentro de la banda	
2.400,0 a 2.483,5	30.000 @ 3 m	atribuida @ -20 dB	≤ banda fundamental
3.100 a 10.600	1.000 @ 3 m (4)	Contenido dentro de la banda atribuida @ -10 dB	≤ banda fundamental
22.000 a 26.650	1.000 @ 3 m (4)	Contenido dentro de la banda atribuida @ -10 dB	≤ banda fundamental

2.4 – Otras tecnologías que conviven en la frecuencia de 5 GHz

Es importante saber que no solo la tecnología Wifi opera en la frecuencia de 5 GHz, sino que hay otras que también utilizan las mismas bandas.

A continuación, ponemos los servicios determinados por ENACOM que están permitidos operar en dicho espectro:

Ente Nacional de Comunicaciones

5.250 – 5570 MHz (C37)

RANGO DE FRECUENCIA			
5.250 – 5.255			
OBSERVACIONES GENERALES			
SERVICIO (T10)	TIPO DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	NORMATIVA
Servicio de Radiolocalización – SRL	FIJO/MOVIL	Actualmente no disponible para asignación	RR UIT/R2 – Art. 5
Sistemas de Baja Potencia - SBP	FIJO/MOVIL	Categoría Secundaria (3,1 – 10,6 GHz)	5186ENACOM17 507ENACOM18
Servicio TIC para banda de frecuencia de uso compartido	FIJO/MOVIL	Uso Privado – Prestador (5.250 – 5.350 MHz)	581MM18 4653ENACOM19

RANGO DE FRECUENCIA			
5.255 – 5.350			
OBSERVACIONES GENERALES			
SERVICIO (T10)	TIPO DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	NORMATIVA
Servicio de Radiolocalización – SRL	FIJO/MOVIL	Actualmente no disponible para asignación	RR UIT/R2 – Art. 5
Sistemas de Baja Potencia - SBP	FIJO/MOVIL	Categoría Secundaria (3,1 – 10,6 GHz)	5186ENACOM17 507ENACOM18
Servicio TIC para banda de frecuencia de uso compartido	FIJO/MOVIL	Uso Privado – Prestador (5.250 – 5.350 MHz)	581MM18 4653ENACOM19

RANGO DE FRECUENCIA			
5.350 – 5.460			
OBSERVACIONES GENERALES			
SERVICIO (T10)	TIPO DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	NORMATIVA
Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite - SETS	FIJO		RR UIT/R2 – Art. 5
Servicio de Radiolocalización – SRL	FIJO/MOVIL	Actualmente no disponible para asignación	RR UIT/R2 – Art. 5
Servicio de Radionavegación Aeronáutica – SRNA	MOVIL		RR UIT/R2 – Art. 5
Servicio de Investigación Espacial - SIE	FIJO		RR UIT/R2 – Art. 5
Sistemas de Baja Potencia - SBP	FIJO/MOVIL	Categoría Secundaria (3,1 – 10,6 GHz)	5186ENACOM17 507ENACOM18

RANGO DE FRECUENCIA			
5.460 – 5.470			
OBSERVACIONES GENERALES			
SERVICIO (T10)	TIPO DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	NORMATIVA
Servicio de Radionavegación – SRN	MOVIL		RR UIT/R2 – Art. 5
Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite - SETS	FIJO		RR UIT/R2 – Art. 5
Servicio de Investigación Espacial - SIE	FIJO		RR UIT/R2 – Art. 5
Servicio de Radiolocalización – SRL	FIJO/MOVIL	Actualmente no disponible para asignación	RR UIT/R2 – Art. 5
Sistemas de Baja Potencia - SBP	FIJO/MOVIL	Categoría Secundaria (3,1 – 10,6 GHz)	5186ENACOM17 507ENACOM18

Figura 1 Servicios permitidos por ENACOM en la banda de frecuencias 5250 – 5570 MHz.

2.5 - Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica - IEEE

El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (en inglés, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*), más conocido como IEEE, es la organización técnica más grande del mundo que se dedica al avance y normalización de la tecnología.

Esta asociación sin fines de lucro reúne ingenieros de diversas ramas, entre ellas las telecomunicaciones.

Se divide en treinta y ocho sociedades, cada una con un área de trabajo determinado. En lo que a nuestro proyecto refiere, las áreas involucradas son:

- IEEE *Antennas & Propagation Society*
- IEEE *Circuits and Systems Society*
- IEEE *Information Theory Society*
- IEEE *Signal Processing Society*

Entre sus variados Estándares, se encuentran la “IEEE 802 LAN/MAN “que se divide en “IEEE 802.3 Ethernet” para redes alámbricas y, el que es de análisis en este proyecto el “IEEE 802.11 Wifi “de red inalámbrica.

2.6 – El Estándar IEEE 802.11 Wifi

2.6.1 Introducción

Uno de los principales temas de investigación a la hora de enmarcar el contexto teórico para nuestro proyecto es el de analizar el Estándar utilizado que plantea todas las bases del funcionamiento de redes Wifi.

El Estándar IEEE 802.11 es una parte del IEEE 802, que fue creado para integrar tecnologías con todo lo relacionado a la transmisión de datos, tanto para medios físicos alámbricos e inalámbricos.

Fue desarrollado paralelamente con el Modelo OSI de interconexión de sistemas abiertos, siendo éste un modelo de referencia para los protocolos de red. El Estándar IEEE 802.11 se centra en especificar los tres niveles más bajos de este modelo, que son capa física, de enlace y red.

2.6.2 Recorrido histórico de sus versiones

Estándar IEEE 802.11

La primera versión registrada del Estándar 802.11 tiene lugar en 1997 que establecía velocidades de transmisión de 1 y 2 Mbit/s que se transmitían por señales infrarrojas. Se utilizaba la banda no licenciada de 2,45 GHz y utiliza técnicas de espectro disperso como salto en frecuencia (FHSS) y esparcimiento en secuencia directa (DSSS)

Estándar IEEE 802.11a

El estándar 802.11a tiene lugar en 1999, cuyas características principales eran operar en la banda de 5GHz utilizando 52 subportadoras de OFDM con velocidades de hasta 54 MBit/s y tenía un alcance de 20 Km. Posee 12 canales sin solapamiento, 4 para conexiones Punto a Punto y 8 para red inalámbrica.

Estándar IEEE 802.11b

El estándar 802.11b también publicado en 1999 se maneja en la banda de 2,4GHz y utiliza como método de acceso CSMA/CA alcanzando una velocidad de transmisión de 11 Mbps.

Estándar IEEE 802.11c

El estándar 802.11c publicada en 2009 no tiene un uso muy popular, viene a proporcionar un estándar para la interconexión de redes distantes ya que admite una vinculación entre diferentes normas. Trabaja con bandas de 2.4 y 5 GHz, alcanzando velocidades de hasta 600Mbit/s a distancias de hasta 820m. El ancho de banda de los canales es de 20/40 MHz.

Estándar IEEE 802.11d

El estándar 802.11d es una actualización de la norma 802.11 para permitir el uso global y la interconexión de WLANs. El motivo del surgimiento de esta versión era darle un marco legal operativo agregando opciones y restricciones que permitan adaptarse a las reglas de diferentes países.

Estándar IEEE 802.11e

El estándar 802.11e es uno de los primeros estándares inalámbricos que permite trabajar en contextos empresariales y domésticos. Sus ventajas respecto a sus versiones a y b, es la admisión de contenido multimedia y la incorporación de QoS que se ve necesitada para transmitir dicho contenido. A partir de este momento las redes comienzan a soportar tráfico en tiempo real.

Estándar IEEE 802.11f

El estándar 802.11f incorpora admisión de compatibilidad entre diferentes puntos de acceso que le permite al usuario cambiar entre ellos en movimiento. Esto es conocido como itinerancia y es crítico en estos tiempos.

Estándar IEEE 802.11g

El estándar 802.11g publicado en 2003 es una mejora del 802.11b. su única diferencia es la velocidad máxima que alcanza en teoría los 54 MBit/s. Opera también en la banda de 2.4GHz y es compatible con su versión 802.11b. Existe una variante 802.11g+ que alcanza los 108MBit/s de tasa de transferencia.

Estándar IEEE 802.11h

El estándar 802.11h se define con el fin de evitar las interferencias provocadas por el incremento de uso de la banda 2,4Ghz y considera conveniente agregar la banda de 5GHz que es utilizada generalmente por sistemas militares. A partir de este momento las redes 802.11a son capaces de gestionar dinámicamente tanto la frecuencia como la potencia de

transmisión lo que permite una mayor adaptabilidad de las redes bajo las circunstancias oscilantes del uso del espectro.

Estándar IEEE 802.11i

El estándar 802.11i se encarga de la definición de seguridad de protocolos de autenticación y codificación.

Estándar IEEE 802.11k

El estándar 802.11k es el encargado de definir los recursos de RF que administrarán los conmutadores y puntos de acceso de redes WLAN.

Estándar IEEE 802.11n

El estándar 802.11n publicado en 2004 es una revisión que permite llegar a velocidades reales de 600 Mbps y puede trabajar tanto en las bandas de 2,4GHz y la banda de 5 GHz, y es por esto que los dispositivos trabajando bajo esta norma son compatibles con todas sus anteriores. Una de sus principales ventajas es la operabilidad en la banda de 5GHz debido a su menor congestión, motivo de estudio en este proyecto.

Estándar IEEE 802.11p

El estándar 802.11p utiliza las bandas de 5,8GHz y 6,2 GHz originalmente indicado para automóviles. Debido a su naturaleza las comunicaciones deben ser de corto alcance y se espera un gran uso en sistemas inteligentes de transporte.

Estándar IEEE 802.11ac

El estándar 802.11ac cuyos nombres comerciales son Wifi 5 o Wifi Gigabit se ha aprobado en 2014 y es una mejora del ya utilizado 802.11g alcanzando velocidades de 1,3 Gbit/s. Utiliza la banda de 5 GHz y los canales tienen un ancho de banda de 160MHz.

Estándar IEEE 802.11ax

El estándar 802.11ax llamada Wifi 6 se utiliza en las bandas de 2.4 y 5 GHz, pero incorporando OFDMA intentando solucionar la gran densidad ocupacional del espectro. Este estándar fue lanzado este año (2020) por lo que su implementación se encuentra en desarrollo.

2.7 – Conexión a internet Wifi en la Argentina

Argentina es el país con mayor penetración de internet de Latinoamérica y el cuarto en ventas en línea de la región. 456

La cantidad de usuarios argentinos que se conectan diariamente a internet es de un 88%. El 70% de los usuarios se conecta mediante teléfonos celulares según datos de la Cepal.

2.7.1 Velocidad de Internet

Según el Internet Index (un informe presentado por la Cámara Argentina de Internet), la velocidad promedio de internet en las conexiones fijas del país es de 13,1 megas, pero hay un 40,7% que tiene entre 1 y 6 Mbps y solamente un 43,3% que supera los 10 Mbps.

Las velocidades promedio por provincia quedan de la siguiente manera:

Tabla 3 Velocidades promedio por provincias argentinas.

<i>Provincia/ Ciudades</i>	<i>Velocidad de internet (Mbps)</i>
<i>Ciudad Autónoma de Buenos Aires</i>	38,71
<i>Provincia de Buenos Aires</i>	25,68
<i>Neuquén</i>	23,75
<i>Córdoba</i>	23,19
<i>Chaco</i>	19,99

San Luis 19,74

Tucumán 19,32

Santa Fe 18,17

Misiones 17,93

Corrientes 16,70

Río Negro 15,98

Salta 14,75

Entre Ríos 14,7

Formosa 13,22

Jujuy 11,97

Santiago del Estero 9,39

Catamarca 9,29

La Rioja 8

Chubut 6,97

Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur 6,69

Mendoza 6,11

San Juan	6,04
La Pampa	5,72
Santa Cruz	5,02

En la ciudad de Salta los ISP más importantes distribuyen Internet mediante redes HFC, ADSL, fibra óptica y en algunos casos mediante radioenlaces, siendo esta última un número mucho más reducido pero presente en localidades alejadas a las ciudades.

Cada tecnología presenta sus diferencias y para nuestro estudio resultan de mucha importancia ya que entre esos parámetros podemos encontrar la velocidad ofrecida y otros como los equipos terminales que son los módems, cumpliendo la función de router WiFi en la mayoría de los casos.

2.7.2 HFC

La tecnología que hace uso de redes híbridas coaxil-fibra óptica actualmente emplean DocSis 3.1 capaces de proveer hasta 1GB de velocidad de navegación siendo este su mejor desempeño en la práctica y actualmente la demanda hogareña representa una mínima porción de los clientes. Velocidades de 50Mb, 100Mb y 300Mb resultan mucho mejor distribuidas para esta tecnología y los equipos utilizados son capaces de proveer WiFi tanto en las bandas de 2,4GHz como de 5,8GHz.

Uno de los principales motivos del uso de las redes de 5.8GHz es debido a que las redes de 2.4GHz son solamente capaces de llegar a transmitir hasta 40Mb en promedio.

2.7.3 ADSL

Si bien esta tecnología y sus versiones actuales como VDSL están viendo su fin próximamente debido a sus limitaciones frente a la competencia, aún ocupan una gran cantidad de clientes en toda la Argentina y sus velocidades son variables dependiendo de las

arquitecturas disponibles que se hayan desplegado. Debemos tener en cuenta que, debido a la naturaleza del cable, las distancias son su mayor problema y es este parámetro se debe tener en cuenta a la hora de determinar la velocidad disponible.

Actualmente las velocidades comerciales van desde los 10Mb de bajada y 1Mb de subida hasta los 80Mb de bajada y 30Mb de subida.

Los Módems utilizados en esta tecnología también en su mayoría incorporan antenas de 2.4 y 5 GHz

En gran parte del territorio argentino esta tecnología se está viendo reemplazada por redes de fibra óptica.

2.7.4 FTTH

En gran auge y con muchas inversiones para su mayor distribución, las redes de fibra óptica capaces de velocidades mucho mayores, en la actualidad su uso comercial y hogareño se ve limitado por los diferentes ISP logrando velocidades similares a las de HFC.

Las velocidades comerciales mayor distribuidas son de 50Mb de bajada y 10Mb de subida, 100Mb de bajada y 20Mb de subida, y 300Mb de bajada y 30Mb de subida.

Los equipos utilizados también admiten redes de 2.4Ghz y 5.8Ghz para WiFi.

Actualmente todos los ISP buscan convertir sus redes de distribución en redes de Fibra hasta el hogar y eso se va viendo en algunas provincias donde la transición ya es un hecho.

2.8 – Conexión a internet WiFi en Salta

Los grandes ISP en la provincia de Salta son:

- Telecom (Actualmente incluye a Fibertel): Cuentan con redes HFC pertenecientes a la ex Fibertel, redes ADSL pertenecientes a Arnet y nuevas redes de Fibra óptica
- Claro: Posee redes FTTH que no son distribuidas en toda la ciudad de Salta

- Nubicom: Ofrece Internet por radioenlace
- Cable Express: Poseen redes HFC

2.9 – Diferencias entre 2.4 y 5 GHz.

Como hemos visto, la norma 802.11 define las características de importancia para sus diferentes versiones, siendo esta una guía para los valores de transmisión que vamos a obtener teóricamente.

Algunos ejemplos son:

- 802.11a 5GHz velocidad de datos hasta 54Mbps
- 802.11b 2.4GHz velocidad de datos hasta 11Mbps
- 802.11g 2.4GHz velocidad de datos hasta 54Mbps
- 802.11n 2.4 y 5GHz velocidad de datos hasta 248Mbps

Estas velocidades se logran dependiendo del aprovechamiento que hacen del espectro, y como sabemos, es un recurso finito que debe ser bien utilizado para lograr obtener los resultados esperados.

El espectro se divide en varios canales, varias frecuencias cercanas que según su agrupamiento vamos a poder hacer un uso más eficiente ya que va a ser un recurso compartido en el espacio.

Los canales en la norma 802.11b se encuentran asignados de la siguiente manera:

Tabla 4 Canales en la norma 802.11b de 2.4 GHz.

Canal	Frecuencia (MHz)
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472
14	2484

Algunos de estos canales no son legales en diferentes países utilizando en algunos casos menos canales, como en Argentina donde solo disponemos de 11 canales.

Los canales consecutivos se interfieren, motivo por el cual se debe hacer una correcta asignación para su buena gestión.

De todas formas, el mecanismo de acceso al medio es capaz de soportar varias redes en el mismo canal cercanas utilizando colisiones y CSMA.

La banda de 5 GHz dispone de un mayor ancho de banda que la banda de 2.4 GHz, y presenta un menor nivel de interferencias ya que en la banda de 5 GHz existen menos servicios que los que se pueden encontrar en la banda ICM. No es de extrañar entonces que se creará un estándar específico para hacer uso de estas frecuencias.

Aun así, presenta otros problemas como, por ejemplo, el uso de mayores frecuencias implica mayor atenuación en las transmisiones y hay poca armonía a nivel internacional en cuanto a las bandas.

Tabla 5 Canales en la norma 802.11n de 5 GHz.

Banda de frecuencia (MHz)	Número de canal	Frecuencia Central (MHz)
5150-5250	36	5180
	40	5200
	44	5220
	48	5240
5470-5725	52	5260
	56	5280
	60	5300
	64	5320

	100	5500
	104	5520
	108	5540
	112	5560
	116	5580
	120	5600
	124	5620
	128	5640
	132	5660
	136	5680
	140	5700
5725-5825	149	5745
	153	5765
	157	5785
	161	5805

La red de 5GHz provee una mayor capacidad gracias a la posibilidad de agregar un mayor número de canales. Por otro lado, los esquemas de modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) utilizados en la banda de 5 GHz son más robustos frente a la propagación multitrayecto que los esquemas DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) de la banda de 2.4 GHz

2.10 – Módems y routers utilizados

En la actualidad existen routers con tecnologías como MU-MIMO (*Multi-User Multiple-Input, Multiple-Output*) y *Beamforming*, que mejora la recepción de la señal gracias a la orientación de la energía emitida por las antenas en un haz estrecho directamente hacia el dispositivo que estemos utilizando en cada momento.

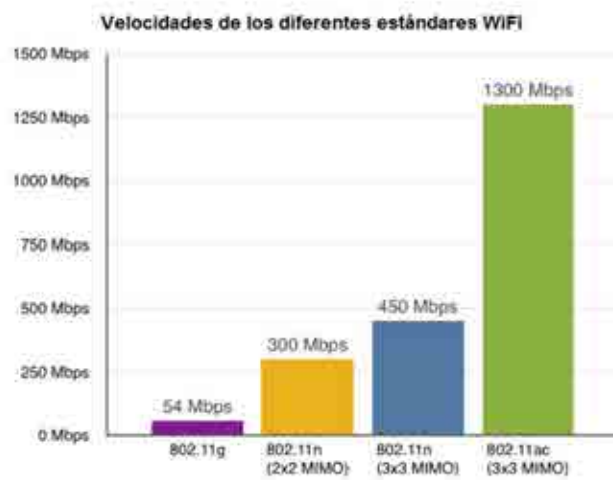


Figura 2 Velocidades de los diferentes estándares WiFi

Los routers de serie de los ISP vienen con versiones básicas de WiFi N que funcionan bien con uno o dos dispositivos a la vez, pero que fallan si hacemos un uso intensivo de la red inalámbrica.

Los equipos WiFi AC (es decir, compatible con el estándar de comunicaciones inalámbrico 802.11ac), puede llegar a velocidades muy buenas logrando cifras mínimas de 433 Mbps pero que combinando varios flujos de datos pueden alcanzar los 1,3 Gbps teóricos.

La gestión de trabajo de los routers denominada *Quality of Service* (QoS), permite al router redirigir el tráfico de forma inteligente por las diferentes bandas de frecuencia (por ejemplo, un canal en 2.4 GHz con WiFi N y dos en 5 GHz con WiFi AC) dando prioridad a los dispositivos y aplicaciones que necesiten más velocidad y menos retardo. Pero no todos los equipos en Salta presentan esta posibilidad.

Desde 2019 las redes WiFi cambiarán su nombre. WiFi 6 se usará para dispositivos compatibles con la tecnología 802.11ax, WiFi 5 se usará para dispositivos compatibles con la tecnología 802.11ac y WiFi 4 se usará para dispositivos compatibles con la tecnología 802.11n.

Capítulo 3

Medición de datos en la ciudad de Salta

3.1 - Objetivo

Realizar mediciones con la finalidad de obtener todos los datos relevantes sobre las tecnologías WiFi 2.4 y 5 GHz en las zonas definidas en el proyecto.

Como resultados de las mediciones se obtienen:

- Mapa de ruta de mediciones, indicando cuantas muestras por cuadra en las zonas definidas por el proyecto.
- Mapa de calor 2d y 3d de la potencia de las señales de Wifi RSSI (2.4 GHz y 5 GHz) en las zonas definidas por el proyecto.
- Mapa de ubicación de los APs (*access point*) con su respectivos BSSID de las bandas 2.4 y 5 GHz, en las zonas definidas por el proyecto.
- Mapa Números de APs, para estimar la cantidad que hay por cuadra de las bandas 2,4 y 5 GHz en las zonas definidas en el proyecto.
- Mapa Channel Coverage, indicando la cobertura de canales usados para 2.4 y 5 GHz en las zonas definidas en el proyecto.
- Mapa Channel Overlap, indicando la cantidad de solapamiento de canales usados para 2.4 y 5 GHz en las zonas definidas en el proyecto.

3.2 – Equipamiento utilizado

Software utilizado:

- Acrylic WiFi – Heatmap

Acrylic Wifi es un software creado por la empresa española Tarlogic Security que se encarga del desarrollo de aplicaciones de análisis de redes WiFi. Éste software permite el diseño, análisis y detección de problemas en las redes.

En particular, utilizamos la versión Heatmap, ya que además de análisis *Site Survey* (estudio de redes ya desplegadas), el software provee herramientas para una fácil generación de mapas de calor, en donde se pueden visualizar más de 14 parámetros.

Si bien es una herramienta paga, brinda una relación servicio-costo muy bueno. Tras el análisis de otras alternativas gratuitas como fue WiFi Analyzer y otras pagas como Ekahau Connect, Netspot, VisiWave Site Survey y AirMagnet Survey Pro, nos inclinamos por éste software ya que su precio es menor que algunos de los mencionados, y las prestaciones que brinda se adecuaba a lo requerido. Además, luego de unas pruebas comprobamos la fiabilidad de los resultados.

Algunas de las posibilidades con Acrylic Wifi Heatmap descritas en su web, son:

⊕ **Diseño y planificación**

- ❖ Diseño de instalaciones WiFi desde 0.
- ❖ Simulador predictivo WiFi.
- ❖ Cálculo de puntos de acceso necesarios.
- ❖ Identificación del mejor sitio para instalar APs.

⊕ **Site Survey**

- ❖ Análisis de infraestructura WiFi existente.
- ❖ Estudio de cobertura y calidad de señal.
- ❖ Generación de mapas de calor de la calidad de la señal.
- ❖ Visualización de 14 parámetros diferentes.

⊕ **Wi-Fi Quality**

- ❖ Define el rendimiento de una red.
- ❖ Valoración global de la instalación inalámbrica.

⊕ **Generador de informes**

- ❖ Generación de informes editables.

- ❖ Exporta mapas de calor en KMZ para herramientas de Google Earth.
 - ❖ Guarda mediciones en formato RAW.
- Microsoft Word.
 - Adobe Photoshop 2020.

Hardware utilizado:

- Notebook HP Omen con placa WiFi.

3.3 - Procedimiento

3.3.1 Densidad Poblacional en Salta Capital por Distrito

Para elegir que Zonas van a ser de nuestro análisis, se decidió visualizar como era la densidad poblacional en la ciudad de Salta Capital.

Mediante el Código de Planeamiento Urbano Ambiental, y más precisamente en el Anexo 2 de dicho Código, llamado “Distritos de Zonificación”, se obtuvo la siguiente distribución:

DISTRITOS EN ÁREA URBANA CONSOLIDADA	
Código	Distritos de Zonificación.
R1	Residencial Alta Densidad.
R2	Residencial Media - Alta Densidad.
R3	Residencial Media Densidad.
R4	Residencial Media - Baja Densidad.
R5	Residencial Baja Densidad.
AC1	Área Centro con predominancia de inmuebles a preservar (Mixto: Residencial Media-Baja Densidad - Institucional - Comercial - Servicios).
AC2	Área Centro con tejido urbano de valor histórico (Mixto: Residencial Media Densidad - Institucional - Comercial - Servicios).
AC3	Área Centro (Mixto: Residencial Media-Alta Densidad - Institucional - Comercial - Servicios).
AC4	Área Centro - Residencial de Baja Densidad que por su conformación urbana tiene una calidad ambiental que debe ser preservada. Puede complementarse solo con servicios profesionales anexos a viviendas.
M1	Mixto (Residencial - Comercial - Servicios).
M2	Mixto (Comercial - Residencial - Recreativo - Turístico).
M3	Mixto (Residencial - Comercial - Servicios).
M4	Mixto (Comercial - Servicios - Residencial).
M5	Mixto (Comercial - Servicios - Industrial de pequeña escala).
M6	Mixto (Residencial - Comercial - Servicios - Industrial).
NC1	Nodo de Centralidad (Institucional - Deportivo - Recreativo).
NC2	Nodo de Centralidad (Multiple).
NC3	Nodo de Centralidad (Comercial-Institucional-Servicios- Sanitarios).
NC4	Nodo de Centralidad (Multiple).
PI	Parque Industrial.

Figura 3 Distritos en área urbana consolidada

ÁREAS ESPECIALES	
Código	Distritos de Zonificación.
AE-ES	A.E. de Interés Institucional – Equipamiento Estatal.
AE-NG	A.E. de Interés Institucional – Equipamiento No Gubernamental.
AE-IS	A.E. de Interés Urbanístico – Interés Social.
AE-NA	A.E. de Interés Urbanístico – No Aptas.
AE-RE	A.E. de Interés Urbanístico – Revitalización o Renovación.
AE-RN	A.E. de Interés Ambiental – Reserva Natural.
AE-PN	A.E. de Interés Ambiental – Parque Natural.
AE-EP	A.E. de Interés Ambiental – Entorno Patrimonial.
DISTRITOS EN ÁREAS SUB - URBANAS	
Código	Distritos de Zonificación.
AGR	Áreas de Explotación Agropecuaria.
PPU	Núcleos Habitacionales Productivos Suburbanos.
R6	Barrios Cerrados o Countries - Residencial Muy Baja Densidad.

Figura 4 Áreas especiales y distritos en áreas sub-urbanas

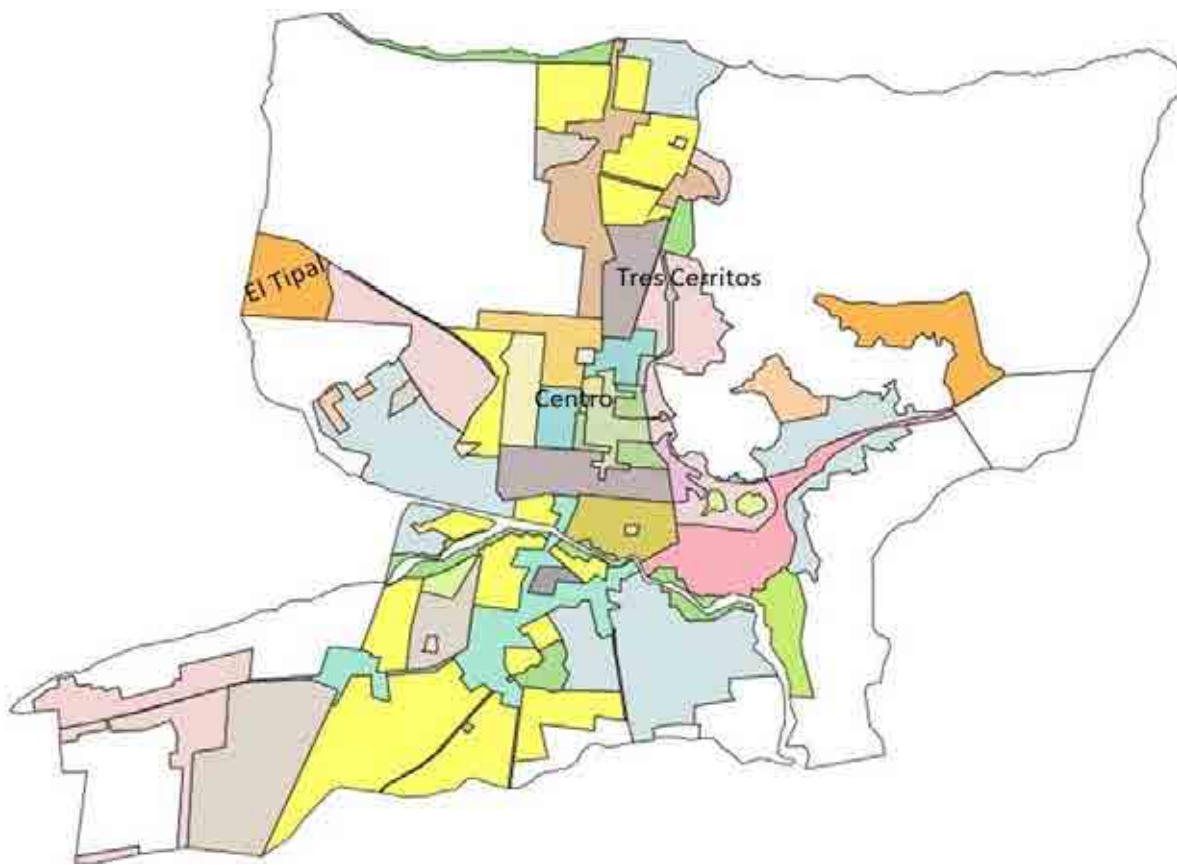


Figura 5 Distritos de Zonificación Salta Capital

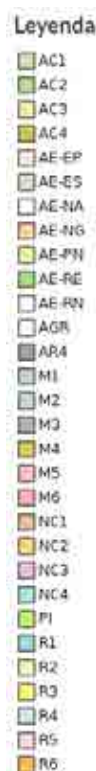


Figura 6 Leyenda Distritos de Zonificación Salta Capital

Luego para hacer un análisis de la densidad poblacional específica de cada zona, se utilizó el Anexo 3 llamado “Densidades Indicativas por Distrito”, obteniendo los siguientes datos:

DENSIDADES INDICATIVAS		ANEXO 3.1.	
COD.	DISTRITO DE ZONIFICACIÓN	DENSIDAD NETA	
		Hab. / Ha.	
R1	Residencial Muy Alta Densidad.	Hasta 1.900	(*1)
R2	Residencial Alta Densidad.	Hasta 1.600	(*1)
R3	Residencial Media Densidad.	Hasta 1.000	(*2)
R4	Residencial Media-Baja Densidad	Hasta 600	(*3)
R5	Residencial Baja Densidad	Hasta 250	(*4)
R6	Barrios Cerrados o Countries-Residencial Muy Baja Densidad.	Hasta 200	(*5)
AC1	Área Centro con predominancia de inmuebles a preservar (Mixto: Residencial Media-Baja Densidad - Institucional - Comercial - Servicios).	Hasta 600	(*1)
AC2	Área Centro con tejido urbano de valor histórico (Mixto: Residencial Media Densidad - Institucional - Comercial - Servicios).	Hasta 1.000	(*1)
AC3	Área Centro (Mixto: Residencial Media-Alta Densidad - Institucional - Comercial - Servicios).	Hasta 1.200	(*1)

Figura 7 Densidades indicativas por distrito

Analizando dichos datos, se decidió realizar el análisis en la Zona Centro, abarcando zonas R1, R2 y R3 con muy alta, alta y media densidad respectivamente. Luego, Zona Tres Cerritos con R5 que representa baja densidad y por último Zona El Típal con R6 Barrio cerrado residencial de muy baja densidad.

3.3.2 Zonas y Sectores

Se procede a realizar las mediciones utilizando el programa Acrylic WiFi Heatmap, recorriendo el alcance de este proyecto dividiéndolo en las siguientes zonas y sectores:

- **Zona 1:** B° El Típal - Salta Capital
 - Sector 1: Juan C. Dávalos - Iruya y La Viña - Cachi
 - Sector 2: Juan C. Dávalos - Iruya y Cachi - La Paz
 - Sector 3: Iruya - Los Chalchaleros y La Viña - Cachi
 - Sector 4: Iruya - Cobos y Cachi - La Paz

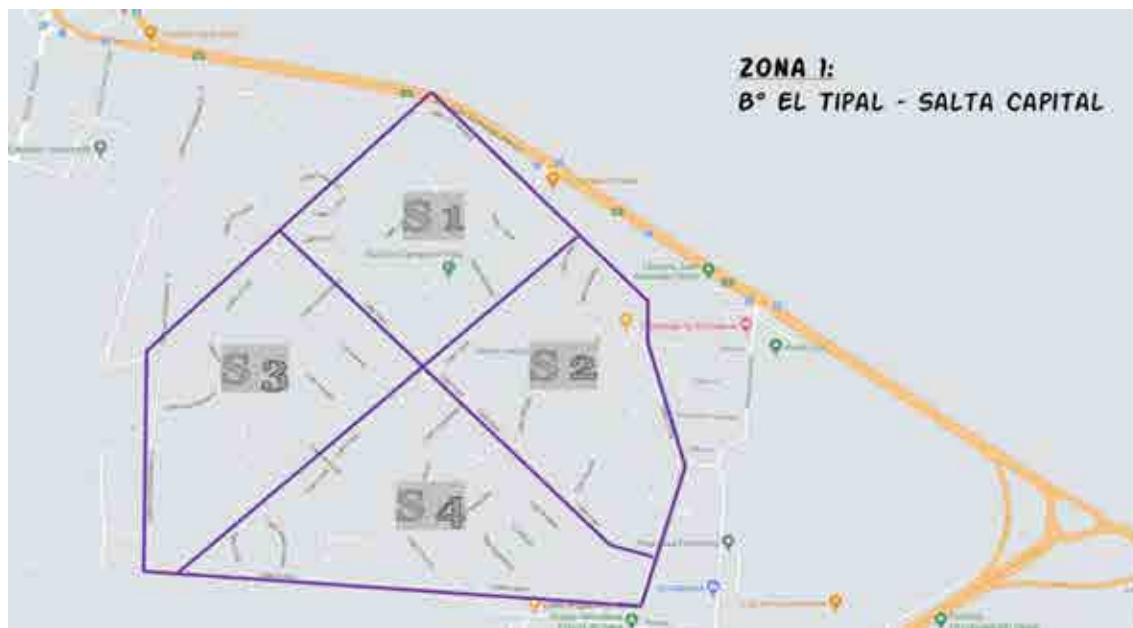


Figura 8 Zona 1: B° El Típal

Zona 2: Centro - Salta Capital

- Sector 5: Av. Entre Ríos - Leguizamón y Junín - Martín Cornejo
- Sector 6: Av. Entre Ríos - Leguizamón y Martín Cornejo - Sarmiento
- Sector 7: Av. Entre Ríos - Leguizamón y Sarmiento - Mitre
- Sector 8: Av. Entre Ríos - Leguizamón y Mitre - Bicentenario
- Sector 9: Leguizamón - Gral. Güemes y Junín - Martín Cornejo
- Sector 10: Leguizamón - Gral. Güemes y Martín Cornejo - Sarmiento
- Sector 11: Leguizamón - Gral. Güemes y Sarmiento - Mitre
- Sector 12: Leguizamón - Gral. Güemes y Mitre - Bicentenario
- Sector 13: Gral. Güemes - España y Junín - Martín Cornejo
- Sector 14: Gral. Güemes - España y Martín Cornejo - Sarmiento
- Sector 15: Gral. Güemes - España y Sarmiento - Mitre
- Sector 16: Gral. Güemes - España y Mitre - Bicentenario
- Sector 17: España - Alvarado y Ayacucho - 10 de octubre
- Sector 18: España - Alvarado y 10 de octubre - Jujuy
- Sector 19: España - Alvarado y Jujuy - Alberdi
- Sector 20: España - Alvarado y Alberdi - Lerma
- Sector 21: España - Alvarado y Lerma - Av. Hipólito Yrigoyen
- Sector 22: Alvarado - Av. San Martín y Ayacucho - 10 de octubre
- Sector 23: Alvarado - Av. San Martín y 10 de octubre - Jujuy

- Sector 24: Alvarado - Av. San Martín y Jujuy - Bicentenario



Figura 9 Zona 2: Centro

- **Zona 3:** Tres Cerritos - Salta Capital
 - Sector 25: Los Crisantemos - Los Molles y Reyes Católicos - Los Durazneros
 - Sector 26: Chañares - Los Yuchanes - Reyes Católicos - Los Cardones
 - Sector 27: Los Molles - Los Ombúes y Reyes Católicos - Los Arces



Figura 10 Zona 3: Tres Cerritos

3.3.3 Frecuencia de mediciones

Las mediciones se tomaron de manera continua desde un punto inicial hasta uno final, a una frecuencia de medición de 2 segundos por muestra.

Para obtener mediciones precisas se comprobó a qué velocidad constante debíamos movernos resultando que la cantidad de mediciones serían:

Tabla 6 Cantidad de mediciones según velocidad

Velocidad	Tiempo p/ Cuadra	Cantidad Mediciones
10 Kms / h	36 seg	18 mediciones por cuadra
20 Kms / h	18 seg	9 mediciones por cuadra
30 Kms / h	12 seg	6 mediciones por cuadra

Realizando una cuadra de experimento por cada velocidad, las mediciones quedaron de la siguiente forma:



Figura 11 Frecuencia de mediciones según velocidad

Con lo cual concluimos realizar todas las mediciones en un promedio de 15 km / h, sin límite mínimo y con uno máximo de 20 km /h.

3.3.4 Cronograma

Luego de un análisis de los diferentes factores que podían afectar los resultados obtenidos como ser condiciones climáticas muy variables y distanciamiento temporal entre mediciones, se planteó un cronograma donde se mantuvieran las mediciones lo más estables posibles.

El cronograma de mediciones se desarrolló de la siguiente manera:

Fecha	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Sector	7/9/2020	8/9/2020	9/9/2020	10/9/2020	11/9/2020	12/9/2020	13/9/2020	14/9/2020	15/9/2020	16/9/2020	17/9/2020	18/9/2020
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												

Figura 12 Cronograma de mediciones

3.4 - Resultados

Todas las tablas y figuras están ubicadas en el anexo.

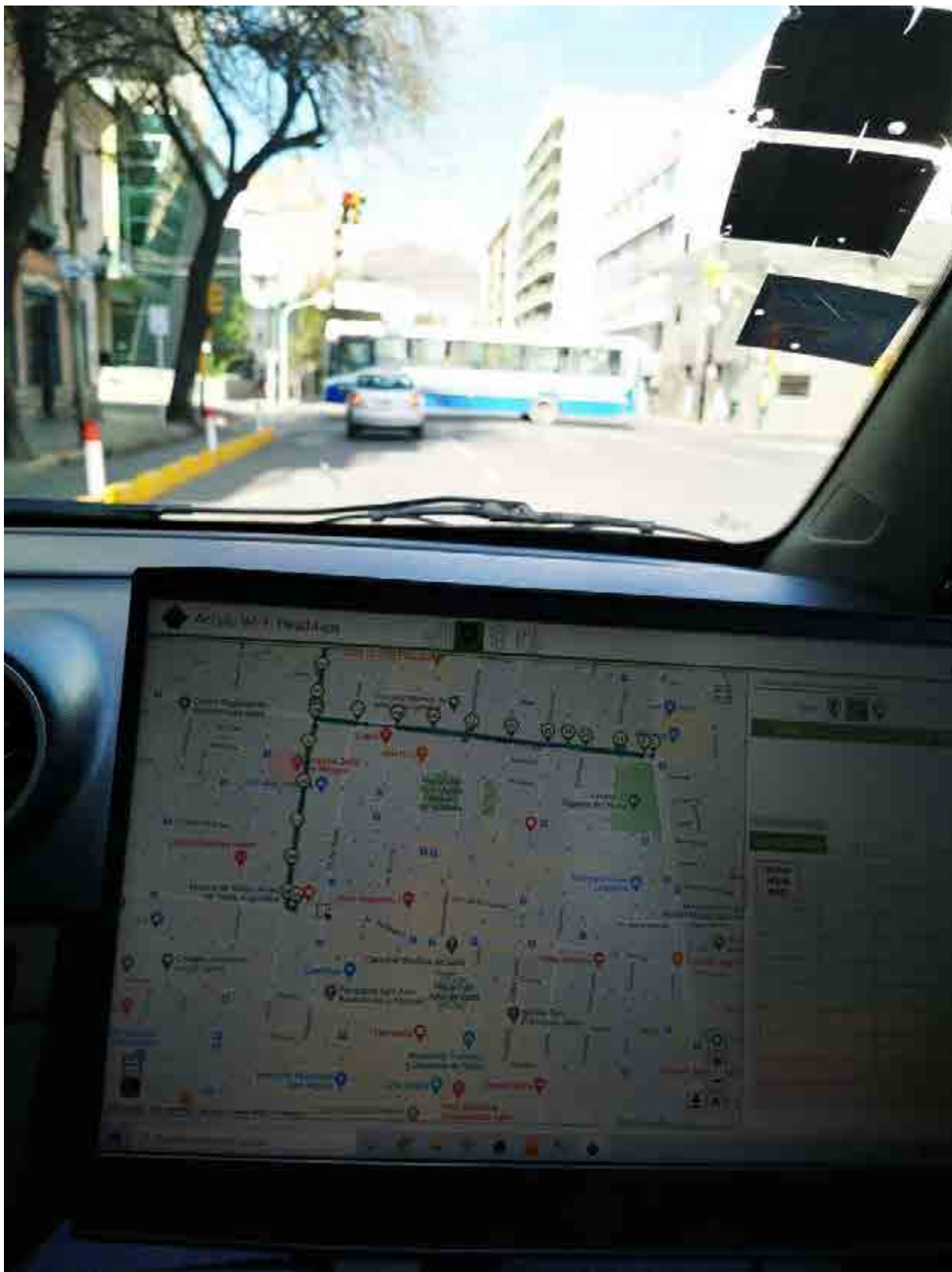


Figura 13 Mediciones en zona centro

Capítulo 4

Análisis de datos obtenidos en la ciudad de Salta

4.1 - Objetivo

Realizar un análisis de los datos obtenidos a través de las mediciones tomadas en el capítulo anterior.

Como resultados obtendremos:

- Datos del total de BSSIDs por zonas, para 2.4 y 5 GHz en las zonas definidas en el proyecto.
- Comparativas estadísticas de la cobertura RSSI, solapamiento de canal e interferencia por zonas.
- Comparativa de los niveles obtenidos en diferentes zonas residenciales.

4.2 - Expectativas

De los datos obtenidos se espera observar una clara diferencia en la densidad de redes presentes en la ciudad de Salta en sus diferentes zonas, motivo por el cual se tomó mediciones de una zona céntrica (alta densidad), una zona urbana (densidad media) y una zona urbana de mayor distanciamiento entre viviendas (baja densidad).

Además, pensamos encontrar diferencias que resulten significativas tanto en la cantidad de APs como en la potencia medida en el recorrido de dichas zonas ya que el distanciamiento entre éstos debería ser mayor.

También se tiene en cuenta que los ISP son los mismos para todas las zonas con lo que no debería existir una diferencia muy grande en los equipos medidos.

Al esperar una mayor concentración de APs en zonas céntricas se esperaba también un mayor solapamiento de canales tanto para redes de 2.4GHz como en las de 5GHz traducido esto como un limitante en los servicios obtenidos.

4.3 – Metodología de evaluación

La medida utilizada para representar la intensidad de la señal es el dBm que indica los decibelios relativos a 1 milivatio.

El rango que puede adoptar es de 0 a -100 dBm siendo 0 la mayor potencia y - 100 la menor.

Para saber si estamos en presencia de una buena señal para garantizar la transferencia de datos, nos podemos regir por el siguiente cuadro:

Tabla 7 Calificación de la señal según su intensidad

Intensidad de la señal	Estado
$0 > x > 49$	Excelente
$50 > x > 69$	Muy buena
$70 > x > 79$	Aceptable
$x > 80$	Deficiente

Debido a que las mediciones se toman desde la calle y no desde el interior de las casas de los abonados, es lógico que las potencias recibidas sean mucho menores que las que experimentan los clientes en su domicilio. Esto lo comprobaremos en el Capítulo 5 denominado “Laboratorio WiFi” de esta tesis.

Para determinar cómo la señal se ve afectada por las distancias nos vamos a referir a la señal en términos de potencia independientemente de la cantidad de obstáculos que se

encuentren en el medio, esto nos va a permitir tomar conclusiones más acertadas sobre la densidad, los niveles y las limitaciones de cada frecuencia.

Como sabemos, las frecuencias más altas se ven más afectadas por el factor distancia, lo que se traduce en un menor recorrido de la señal en algunos casos como un beneficio y en otros como un limitante.

Para decidir qué gama de colores adoptar en relación al máximo y mínimo de potencia de señal recibida, se realizó un informe de cada red detectada para comparar los datos y obtener el máximo y mínimo RSSI de cada sector.

Sector	Latitud	Longitud	RSSI	Other Data
1	-34.755513	-65.471134	-46	...
2	-34.755513	-65.471134	-51	...
3	-34.755513	-65.471134	-54	...
4	-34.755513	-65.471134	-51	...

Figura 14 Reportes generados por sector

La tabla resumida con los datos obtenidos es la siguiente:

Tabla 8 RSSI máximos, mínimos y promedios medidos por Sector

Sector	RSSI máximo (dBm)	RSSI mínimo (dBm)	RSSI promedio (dBm)
1	- 46	-99	-81.35
2	-51	-99	-80.51
3	-54	-99	-83.30
4	-51	-99	-81.48

5	-49	-99	-77.82
6	-45	-99	-76.30
7	-49	-99	-76.98
8	-47	-98	-77.82
9	-43	-99	-75.51
10	-44	-99	-76.33
11	-37	-99	-76.29
12	-45	-98	-76.75
13	-46	-99	-77.26
14	-47	-99	-77.06
15	-41	-98	-75.67
16	-43	-99	-75.76
17	-38	-97	-76.40
18	-39	-96	-76.42
19	-40	-98	-76.30
20	-44	-99	-76.53
21	-40	-99	-76.48
22	-42	-98	-75.76

23	-42	-98	-76.01
24	-42	-99	-75.91
25	-44	-99	-78.44
26	-50	-98	-78.03
27	-48	-99	-77.67
Promedio			-77.41

Sacando conclusiones de los datos, el promedio total de RSSI de todos los sectores es de -77,41 dBm. Por lo tanto, se decidió adoptar la gama de colores de -55 dBm a -100 dBm, ya que su medio es de -77,5 dBm y así las mediciones quedarían representadas por colores distribuidos de manera homogénea.

Los picos de RSSI mayores a -55 dBm por sector fueron los siguientes:

Tabla 9 RSSI de APs mayores a -55 dBm

Sector	RSSI APs > -55 dBm	APs totales	Porcentaje (%)
1	1	3170	0.03155
2	6	5749	0.10437
3	1	4918	0.02033
4	7	7853	0.08914
5	14	9369	0.14943
6	77	11136	0.69145
7	35	11450	0.30568

8	36	12916	0.27872
9	29	7678	0.37770
10	47	10181	0.46164
11	79	11910	0.66331
12	62	14203	0.43653
13	46	9514	0.48350
14	41	14487	0.28301
15	135	13204	1.02242
16	167	17097	0.97678
17	46	10013	0.45940
18	70	12799	0.54692
19	51	10036	0.50817
20	97	8084	1.19990
21	77	10094	0.76283
22	40	8767	0.45626
23	97	13336	0.72735
24	113	27286	0.41413
25	12	6830	0.17570

26	5	3821	0.13086
27	9	5122	0.17571
Total	1400	281023	0.4981% Promedio

Con lo cual, el filtrado de picos de RSSI es de 0.49%, siendo insignificante en base al total. La gama de colores queda de la siguiente manera:

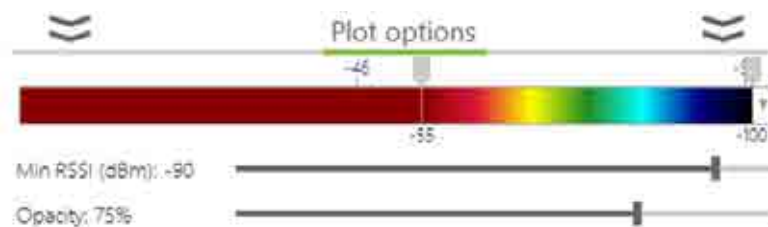


Figura 15 Gama de colores adoptada

De esta forma podremos analizar bajo un mismo criterio de colores los mapas obtenidos para comprender los valores de intensidad de señal obtenidos durante nuestros recorridos, siendo -55 dBm y superiores la potencia máxima recibida y -100 la mínima.

4.4 – Análisis de datos

4.4.1 Mapa de ruta de mediciones

Las imágenes muestran el camino recorrido durante el proceso de estudio dentro de la localización del sector, indicando todas aquellas posiciones donde se registraron datos para su posterior estudio.

Además, se indica la cantidad de mediciones que se hicieron específicamente por cuadra.



Kevin G. Elliott & Guillermo J. Lagoria

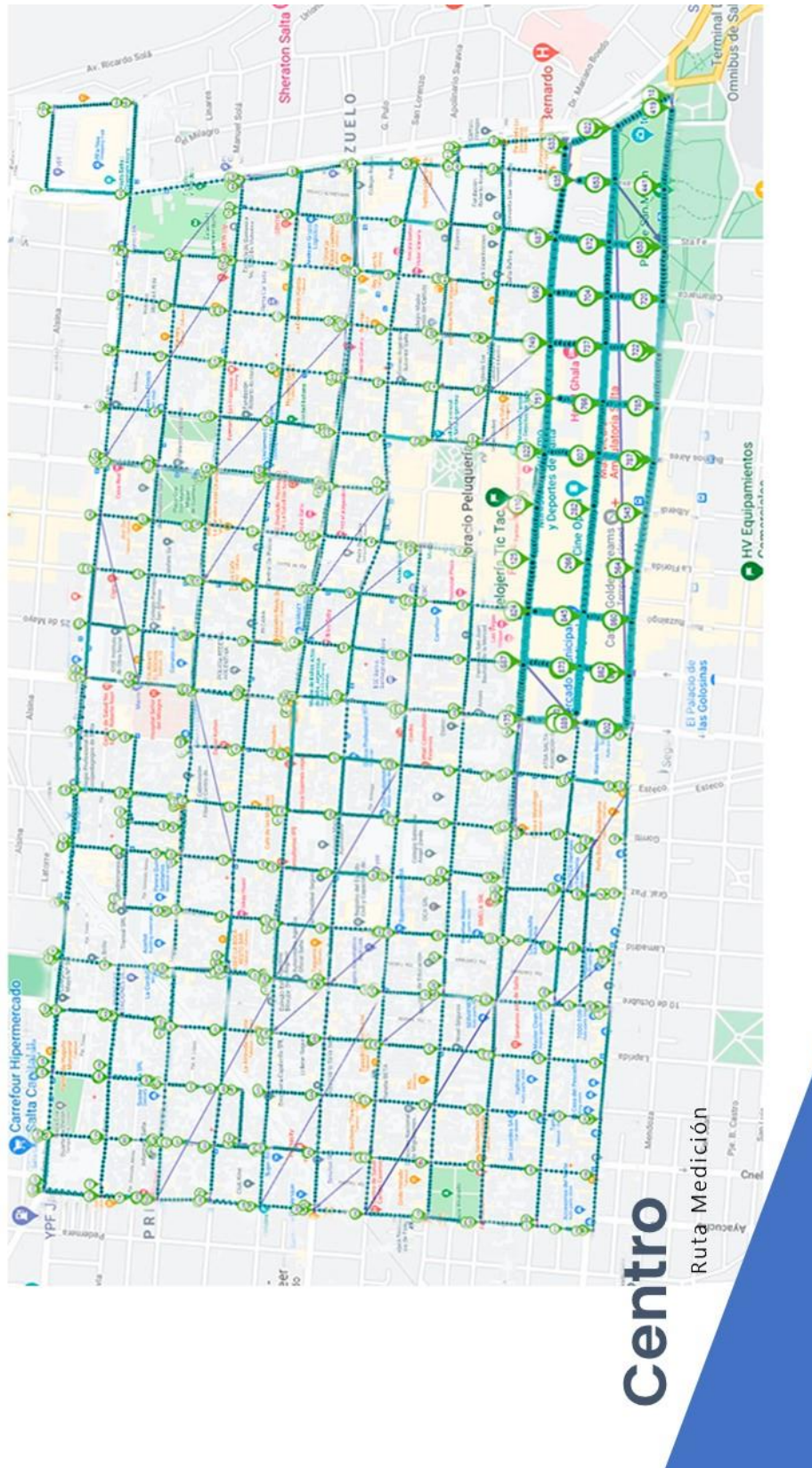
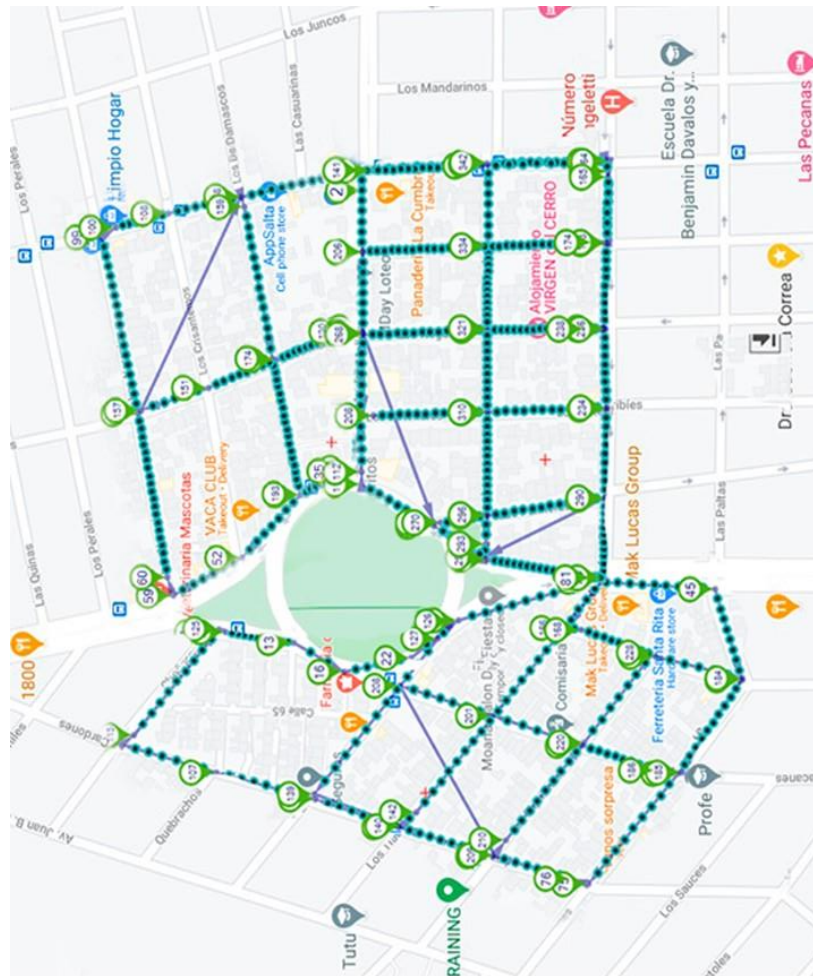


Figura 17 Ruta de medición Centro



Tres Cerritos

Figura 18 Ruta de medición Tres Cerritos

Como se observa se tomaron más de 10 mediciones por cuadra en todos los sectores, con lo cual la precisión de los datos es alta.

4.4.2 Resumen de redes detectadas

La siguiente tabla resume las redes, los puntos de acceso físicos y las direcciones MAC (BSSID) que brindan acceso a la red:

- Redes: número de redes detectadas.
- Puntos de acceso (AP): número de puntos de acceso físicos detectados
- BSSID: Redes proporcionadas por esos puntos de acceso físicos indicados por diferentes direcciones MAC.

Tabla 10 Resumen de redes detectadas

Sector	Redes	Redes 2.4GHz	Redes 5GHz	5APs totales	APs 2.4GHz	5GHz BSSIDs
1 El Típal	406	299	107	300	284	299
2 El Típal	550	449	101	457	442	439
3 El Típal	435	328	107	338	317	247
4 El Típal	730	538	192	567	526	564
5 Centro	1078	729	349	861	721	846
6 Centro	1379	897	482	1049	897	840
7 Centro	1577	1007	570	1177	989	920
8 Centro	2013	1329	684	1537	1300	1670
9 Centro	1217	766	451	900	758	709
10 Centro	1797	1104	693	1335	1104	1621
11 Centro	1807	1194	613	1403	1178	1577

12 Centro	2353	1579	774	1834	1551	759	1971
13 Centro	1594	1004	590	1160	993	589	923
14 Centro	1905	1246	659	1461	1238	647	1698
15 Centro	1683	1096	587	1280	1056	552	964
16 Centro	2052	1398	654	1603	1359	616	1651
17 Centro	1394	904	490	1068	900	486	1187
18 Centro	1837	1211	626	1418	1201	622	1121
19 Centro	1491	971	520	1084	916	474	1250
20 Centro	1083	746	337	842	725	326	946
21 Centro	1351	963	388	1071	940	380	1191
22 Centro	1252	839	413	976	824	403	769
23 Centro	1719	1134	585	1306	1117	571	1542
24 Centro	3343	2205	1138	2498	2161	1102	2868
25 Tres Cerritos	635	444	191	494	444	191	566
26 Tres Cerritos	539	373	166	421	373	166	507
27 Tres Cerritos	731	527	204	577	527	204	680
Total	37951	22040	15911	29017	24841	12302	32609

Un detalle importante es que la cantidad de redes en algunas situaciones excede la cantidad de APs físicos porque un solo AP puede propagar más de una red e inclusive en diferentes frecuencias. En ese caso, además, el número de APs totales es inferior que la suma de APs de 2.4 y 5 GHz porque algunos transmiten en las dos señales.

Otro caso es donde hay más APs que redes y esto se debe al caso de repetidores, donde se utiliza una misma red con varios equipos para el acceso.

De las mediciones se pueden obtener resultados muy claros sobre la cantidad de redes WiFi en cada frecuencia.

Afirmamos entonces que en la ciudad de Salta limitado a las zonas de muestras el porcentaje de APs de 5GHz respecto al total es del 49,5%. Es decir, aproximadamente la mitad de equipos y, en consecuencia, aproximadamente la mitad de redes. Esto se debe a que la penetración de las redes en 5GHz es un proceso que todavía no se despliega en su totalidad. Tener en cuenta que las velocidades que requieren del uso de redes de 5GHz son relativamente nuevas en la ciudad de Salta. A medida que el requerimiento de velocidades más elevadas incrementa, también lo harán las redes de 5GHz.

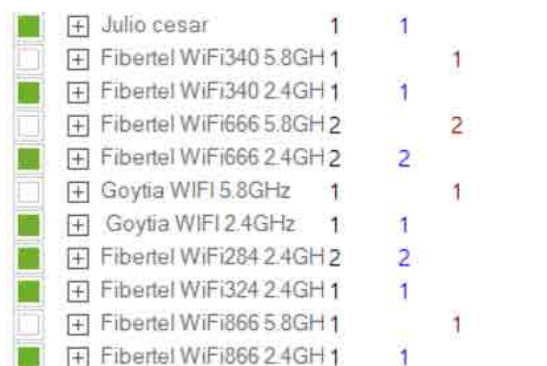
Además de la totalidad de APs, al menos el 85,6% poseen una red de 2.4GHz, esto no solo se debe a que es el estándar que venía siendo utilizado como única opción, sino a que todavía se aprovecha dicha red para una mayor cobertura de equipos, ya que no todos los dispositivos finales de los usuarios tienen la capacidad de leer redes de 5GHz. Por lo tanto, los nuevos equipos distribuidos en la actualidad deben contar con estas redes.

A continuación, ponemos un ejemplo donde un domicilio tiene una red 2.4 GHz con varios APs y a su vez otra red de 5 GHz obtenidos en las muestras:

18	armanini-2.4G	14:CC:20:67:23	11	2462	-89	-89	-89	WPA Personal- (TKIP/CCMP)	1.0
		34:A2:A2:19:16	11	2462	-82	-79	-88	WPA2 Personal- (TKIP/CCMP)	
		50:C7:BF:D0:88	11	2462	-86	-85	-87	WPA2 Personal- (TKIP/CCMP)	
19	armanini-5G	34:A2:A2:19:16	149	5745	-84	-80	-89	WPA2 Personal- CCMP	1.0

Figura 19 Ejemplo de una red con varios APs

Los usuarios que tienen red de 5 GHz, por lo general, tienen además una red de 2.4 para poder transferir datos con equipos que no aceptan el nuevo protocolo o incluso por el mayor alcance que tiene este último.



+	Julio cesar	1	1
+	Fibertel WiFi340 5.8GH 1		1
+	Fibertel WiFi340 2.4GH 1	1	
+	Fibertel WiFi666 5.8GH 2		2
+	Fibertel WiFi666 2.4GH 2	2	
+	Goytia WIFI 5.8GHz 1	1	1
+	Goytia WIFI 2.4GHz 1	1	
+	Fibertel WiFi284 2.4GH 2	2	
+	Fibertel WiFi324 2.4GH 1	1	
+	Fibertel WiFi866 5.8GH 1		1
+	Fibertel WiFi866 2.4GH 1	1	

Figura 20 Redes en las dos bandas

Otro caso que se presenta es que en algunos lugares hay menos BSSID que redes, esto es debido a las redes ocultas que no muestran su BSSID.

Llama la atención la gran cantidad de redes ocultas que nos encontramos en las mediciones. Si una red está oculta no se conoce su BSSID y por lo tanto no se puede conectar a la misma a menos que se la conozca de antemano.



Network	#	2.4	5
WiFi-Arnet-6psr-5	1		1
[Hidden]	59	25	34
chiade11	1	1	
WiFi-Arnet-ij7k-5	1		1

Figura 21 Redes ocultas

En cuanto a la seguridad vemos que, a pesar del amplio conocimiento popular de la necesidad de implementar mecanismos de seguridad de acceso a la red, todavía existen redes con cifrados poco seguros y algunos incluso sin seguridad:



Figura 22 Cifrado de seguridad

4.4.3 Espectro Radioeléctrico en 2.4 y 5 GHz

En esta sección se representa la información obtenida del medio radioeléctrico en las bandas de frecuencia de 2.4 y 5Ghz. Las transmisiones WiFi usan una de estas bandas en función del estándar de comunicación 802.11 que implementen.

Dentro de cada banda, un punto de acceso emitirá en un subconjunto de frecuencias. Dependiendo de la configuración del AP y de la revisión del estándar 802.11 que implemente, las redes pueden transmitir con anchos de frecuencia de 20, 40, 80, e incluso 160Mhz.

De esta forma, un AP configurado para emitir en el canal 6 de 2.4Ghz con un ancho de 20Mhz, usará las frecuencias de los canales 4, 5, 6, 7 y 8 (dos a la izquierda y otros dos a la derecha del canal central 6).

Las comunicaciones WiFi se ven degradadas cuando hay otras emisiones de radio en las mismas frecuencias. Estas emisiones pueden provenir de otras redes WiFi o bien de cualquier otro tipo de fuente. Esta sección visualiza cualquier emisión dentro de las bandas de frecuencia usadas en comunicaciones WiFi, sean o no dispositivos WiFi.

En aquellas zonas donde aparecen emisiones radioeléctricas, pero no hay instalado un punto de acceso WiFi, indican la presencia de aparatos o dispositivos emitiendo en ese rango de frecuencias que pueden estar provocando degradación de las comunicaciones.

En 2.4GHz es común encontrarse interferencias provocadas por dispositivos Bluetooth, microondas, cámaras de videovigilancia, micrófonos inalámbricos, controles remotos de drones, etc.

El control de Cobertura RSSI muestra las áreas donde la intensidad de señal recibida por alguno de los puntos de accesos seleccionados es de al menos el valor seleccionado como umbral en la configuración del control. La intensidad de señal influye de manera significativa en la calidad de las comunicaciones. Ésta se mide en dBm y va desde 0 dBm (la mejor) a -100 dBm (la peor).

Con intensidades inferiores a -75 dBm no se puede garantizar una comunicación.

Para generar los gráficos donde se visualizan las emisiones de radio en la banda de 2.4 y 5 GHz usada en comunicaciones WiFi, se realizó un trabajo de procesamiento de imagen para obtener el mapa completo por zona.



Figura 23 Edición de mapa 3d representando RSSI de zona Centro

En las zonas donde había doble medición, se priorizaba la medición de potencia más alta.

Los resultados fueron los siguientes:

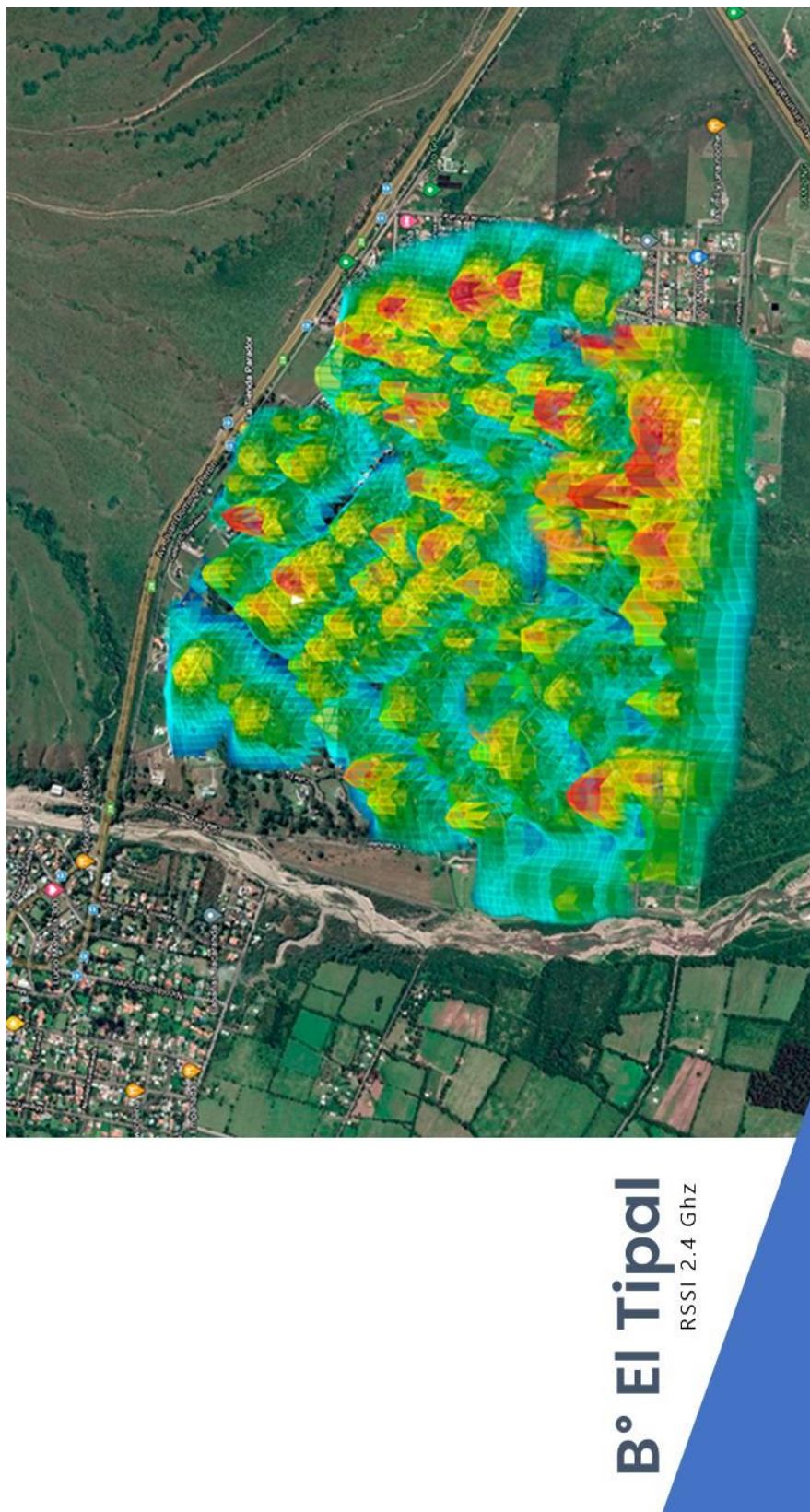


Figura 24 RSSI 2.4 GHz B° El Típal

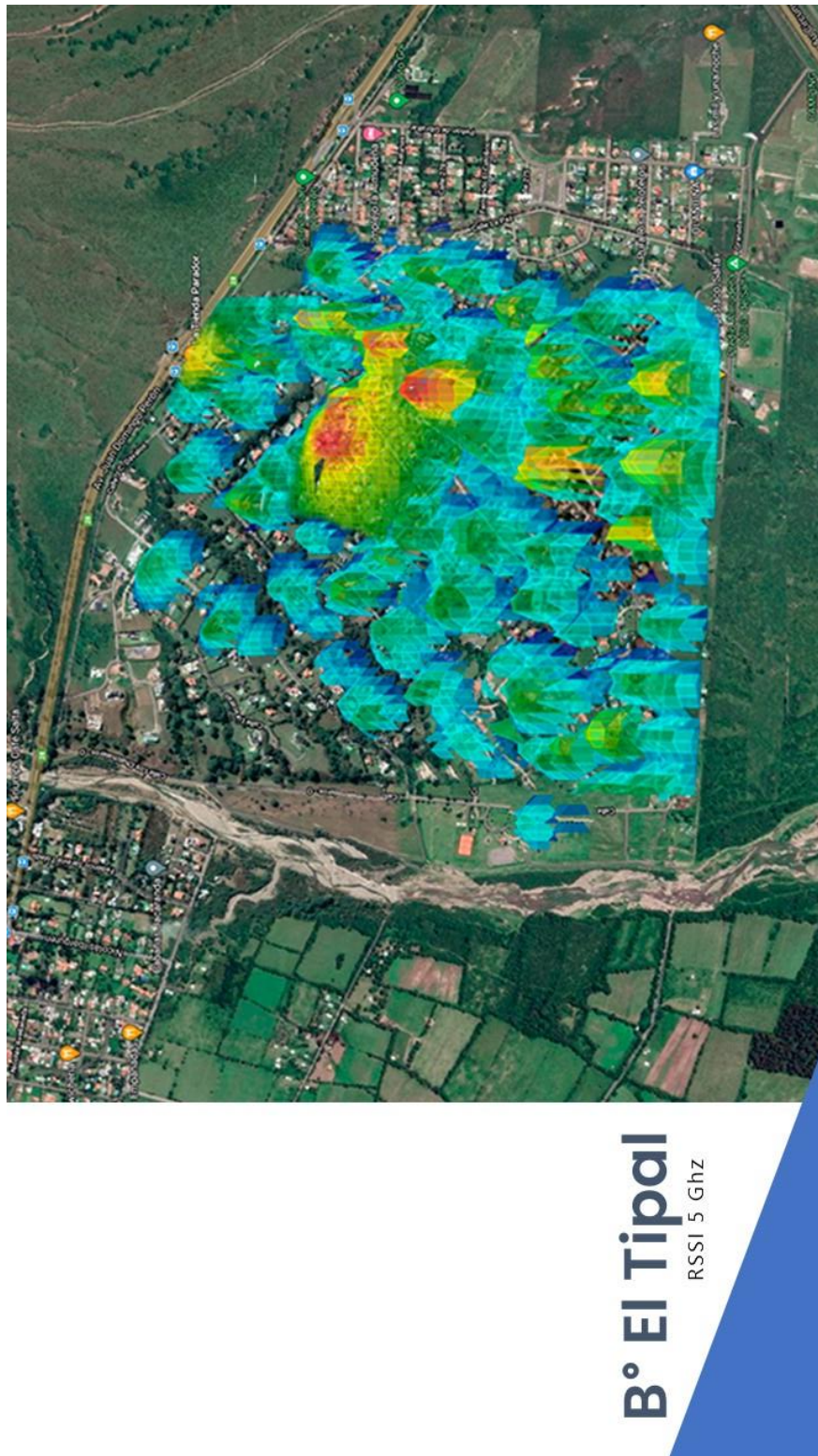


Figura 25 RSSI 5 GHz B° El Tipal

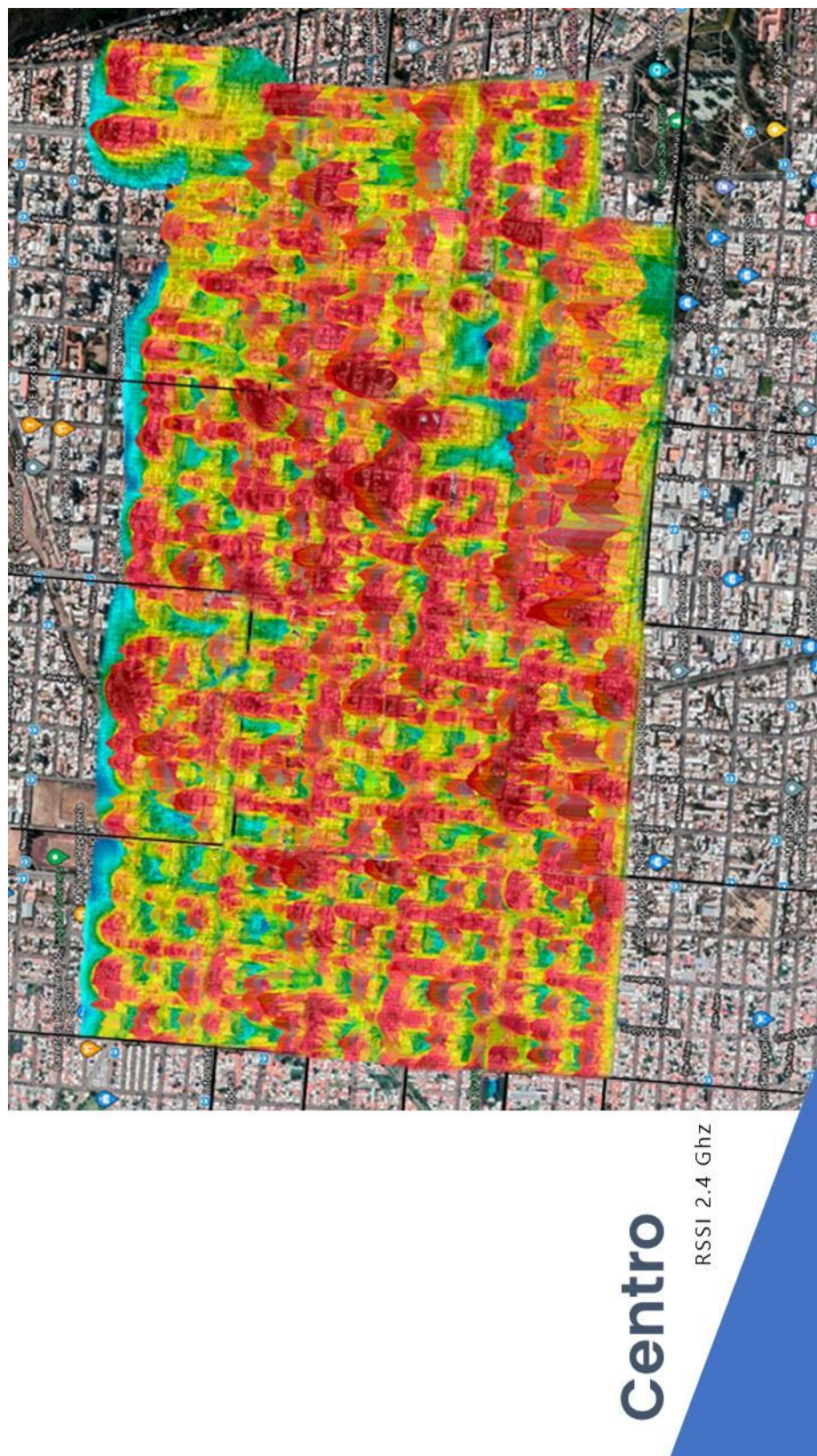


Figura 26 RSSI 2.4 GHz Centro

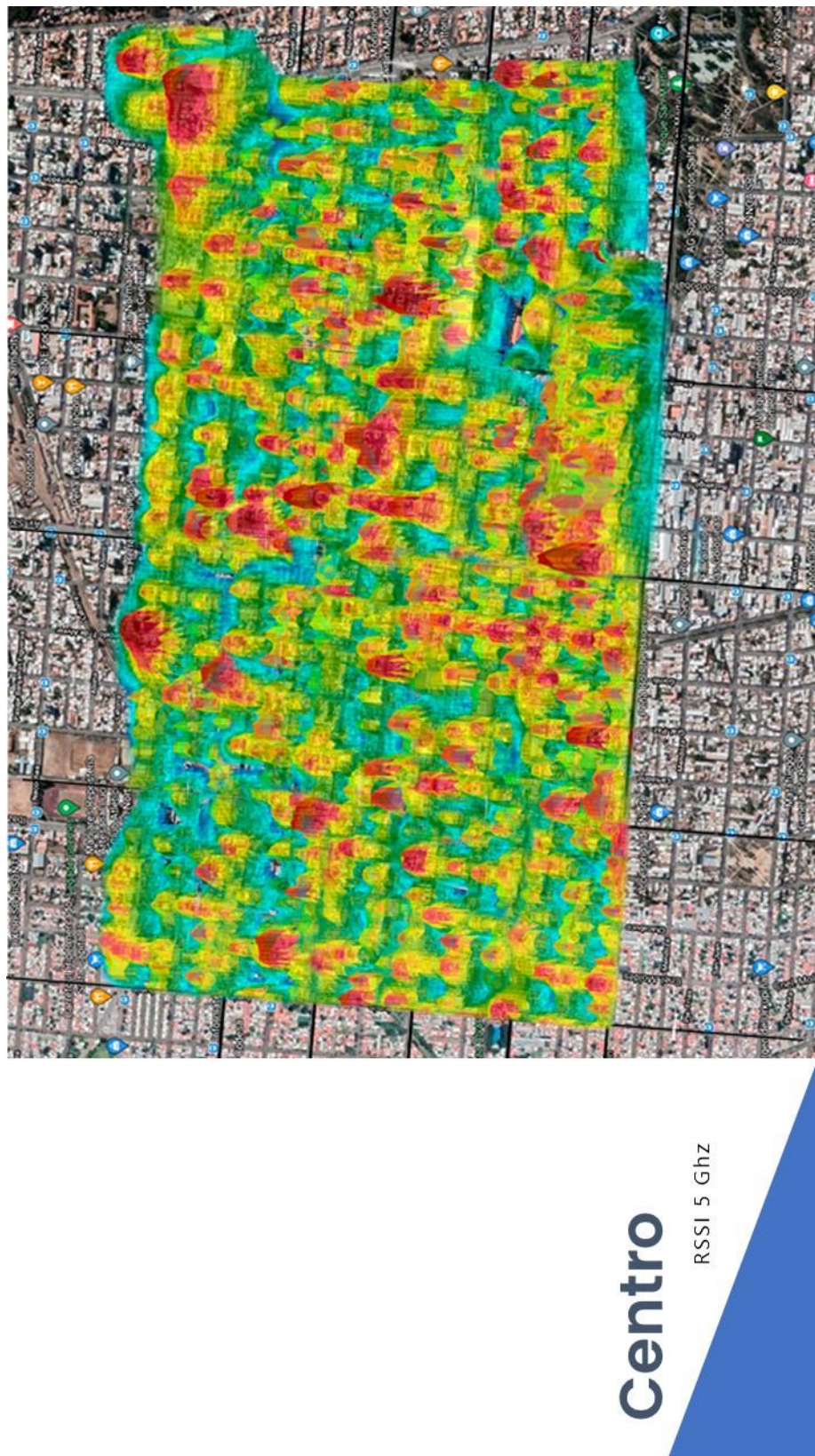
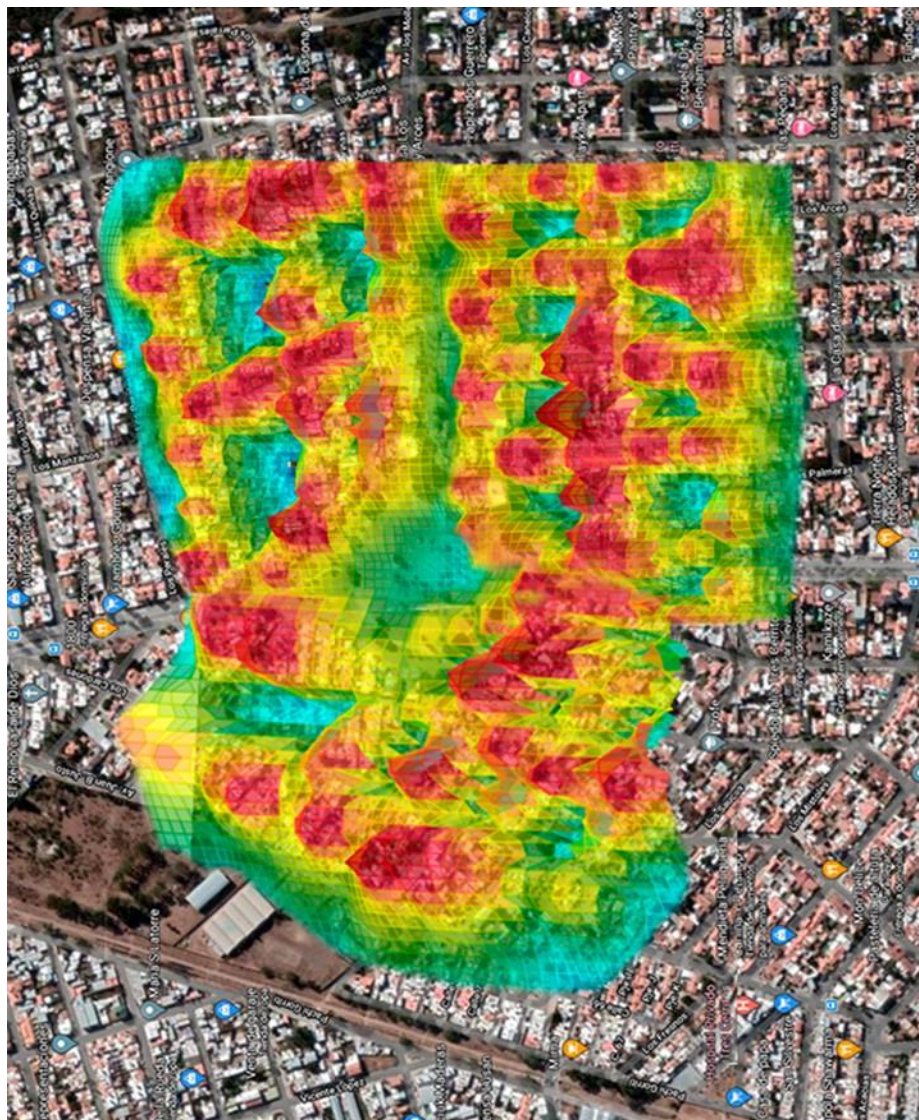


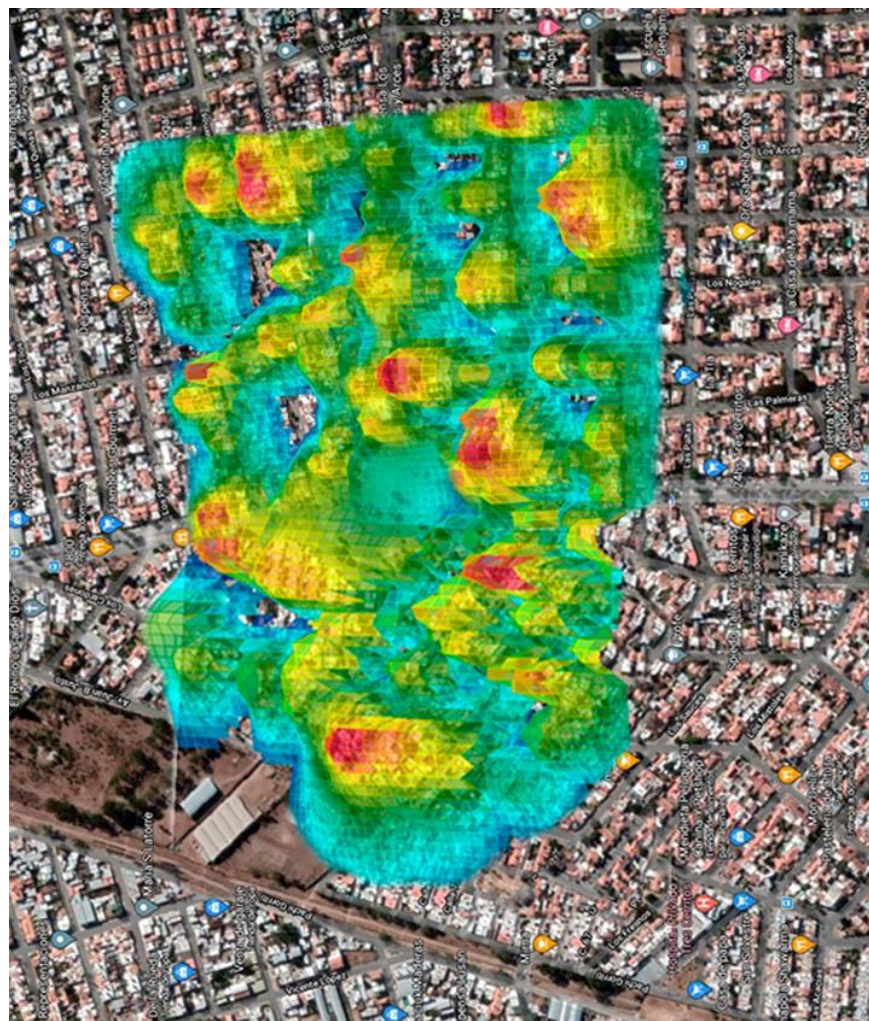
Figura 27 RSSI 5 GHz Centro



Tres Ceritos

RSSI 2.4 Ghz

Figura 28 RSSI 5 GHz Tres Cerritos



Tres Cerritos
RSSI 5 Ghz

Figura 29 RSSI 5 GHz Tres Cerritos

En estos mapas discriminamos por frecuencias, analizando por separado el espectro y la potencia recibida tanto en 2.4 y 5GHz para determinar cuál es el nivel de saturación que tenemos.

Al analizar las mediciones tomadas por sectores, podemos observar que al hablar de redes 2.4 GHz nos encontramos con una notable diferencia de densidad como de niveles de potencia medidos en la zona céntrica en contraste con las zonas urbanas. Esto se debe principalmente a la cantidad de APs que encontramos en dichas zonas. A medida que nos aproximamos al centro encontramos una mayor cantidad de viviendas y edificios, motivo por el cual los niveles de señal son muy fuertes aún en las calles y esto nos genera un solapamiento mayor.

En las zonas urbanas analizadas, los terrenos son de mayor tamaño, y las coberturas de las redes de 2.4 GHz llegan a niveles más aceptables a zonas donde el servicio ya no es de utilidad, es decir, las coberturas son más apropiadas para el uso habitual y para la no interferencia de equipos adyacentes. La menor cantidad de APs también dan lugar a una mejor utilización de los canales.

Para las redes de 5 GHz encontramos que los niveles de señal medidos no son tan elevados como para las redes 2.4 GHz, esto se debe por supuesto a la propia naturaleza de la frecuencia que no es capaz de llegar a las mismas distancias y se ve atenuada en mayor medida por los obstáculos. Pero con el fin de mantener un espectro más ordenado para la cantidad de equipos requeridos esto resulta de mucha utilidad y es muy poco probable que los valores encontrados a las distancias medidas resulten en interferencias con sus equipos adyacentes.

Así también, este suceso se ve repetido y más acentuado en las zonas urbanas elegidas debido a la menor cantidad de APs y distancia entre los mismos.

4.4.4 Ubicación de los APs 2.4 y 5 GHz

En las siguientes imágenes se muestran la ubicación aproximada de todos los puntos de acceso identificados durante el estudio que están publicando las redes diferenciadas entre 2.4 y 5 GHz. Esta ubicación será calculada automáticamente en base a los datos de las mediciones realizadas.

El objetivo de obtener esta apreciación es conocer exactamente cuáles son los equipos responsables de la radiación de la señal. Cada equipo posee una dirección MAC única, motivo por el cual las mediciones son exactas respecto a la cantidad de redes, pero gran parte de esos equipos son capaces de generar redes tanto en 2,4GHz y 5GHz, por lo que se pueden encontrar MACs repetidas en diferentes redes. Veamos el siguiente ejemplo:

	SSID	BSSID	Chan	Freq	WPA	WPA2	WPA3	SECURITY	Rate
92	Larran	04:A2:22:A3:89	11	2462	-84	-79	-81	WPA2 Personal (TKIP)CCMP	1.0
		04:A2:22:AC:54	1	2412	-74	-66	-89	WPA2 Personal CCMP	1.0
98	Larran-5GHz	04:A2:22:A3:89	52	5280	-89	-89	-90	WPA2 Personal CCMP	1.0
		04:A2:22:AC:54	60	5300	-79	-76	-82	WPA2 Personal CCMP	1.0
99	LarranWiFi	10:FE:ED:54:CE	7	2442	-81	-74	-88	WPA2 Personal CCMP	1.0
100	LBE-SAC Gen2:13E2296484FD	1A:6E:29:84:8A	6	2417	-81	-71	-95	Open	
101	LG K4 (2017)	8A:60:5F:20:A2	1	2412	-73	-68	-81	WPA2 Personal CCMP	1.0
102	linksys	00:14:EF:F4:42	6	2437	-78	-79	-80	WPA Personal (TKIP)CCMP	
								WPA2 Personal (TKIP)CCMP	
103	LVIND	0C:80:61:07:64	11	2462	-82	-78	-85	WPA Personal (TKIP)CCMP	
								WPA2 Personal (TKIP)CCMP	
104	Los Labradores 23	04:A2:22:A8:20	1	2412	-82	-72	-93	WPA2 Personal CCMP	1.0
		50:C7:8F:E0:74	1	2412	-81	-75	-80	WPA Personal (TKIP)CCMP	
105	Los Labradores 23-S	04:A2:22:A8:20	57	5280	-85	-78	-88	WPA2 Personal CCMP	1.0
106	Loutayf	5C:B1:3E:9F:50	11	2462	-75	-64	-84	WPA2 Personal CCMP	1.0
107	Loutayf_5GHz	5C:B1:3E:9F:50	44	5320	-80	-73	-87	WPA2 Personal CCMP	1.0
108	Loutayf-S3	E0:CC:7A:7C:5A	140	5745	-87	-83	-91	WPA2 Personal CCMP	1.0
109	Lucasol-2.4G	74:5A:AA:4D:8F	6	2437	-81	-72	-89	WPA2 Personal CCMP	1.0
110	Lucasol-S3	74:5A:AA:4D:8F	140	5745	-75	-75	-76	WPA2 Personal CCMP	1.0

Figura 30 Redes con sus respectivas direcciones MAC

Los mapas de ubicación de APs se obtienen a través de la triangulación de señales siendo este resultado una ubicación aproximada del equipo. Se define como triangulación al

uso de la trigonometría de triángulos para determinar posiciones de puntos, medidas de distancias o áreas de figuras.

El software Acrylic WiFi Heatmap utiliza varios algoritmos avanzados de triangulación para lograr estimar la geolocalización de los APs con precisión.

Uno de esos métodos, adopta la técnica de Punto en Triangulación Aproximado (APIT). En este caso, las “anclas “serán los puntos en donde se realizan las mediciones ya que se conoce la ubicación del equipo receptor y no del transmisor, a diferencia de la telefonía celular. Se necesitan 3 para obtener un resultado preciso. Con 2 anclas tendremos dos posibilidades de geolocalización del AP, no teniendo certeza del punto exacto. El fundamento de esta técnica se basa en que la potencia de la señal recibida disminuye con el cuadrado de la distancia entre el emisor y receptor. Mediante algoritmo matemático se puede estimar un radio aproximado de una circunferencia en la que se encuentra el AP en base a la potencia recibida. A mayor potencia, menor será el radio.

Con dos “anclas “las posibilidades serán las siguientes:

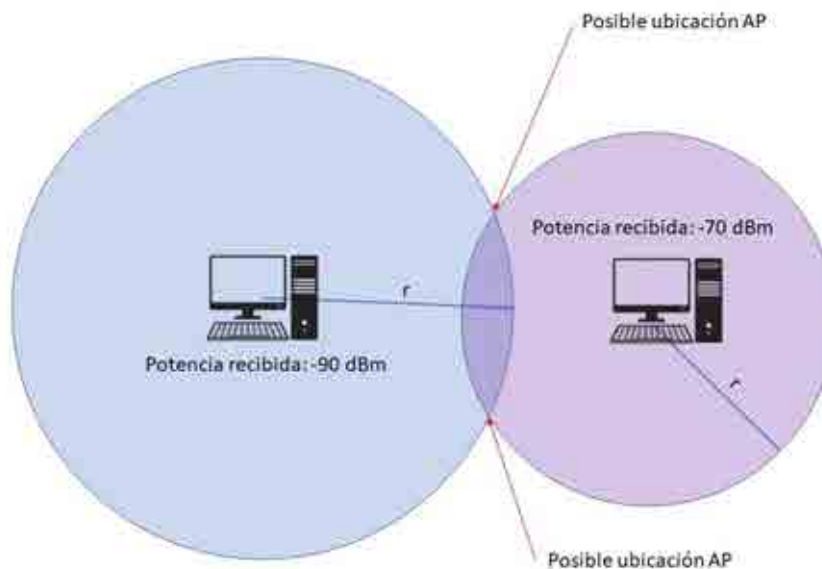


Figura 31 Posibles ubicaciones de AP con dos anclas

Luego si se adiciona una tercera ancla, podremos obtener una ubicación más precisa:

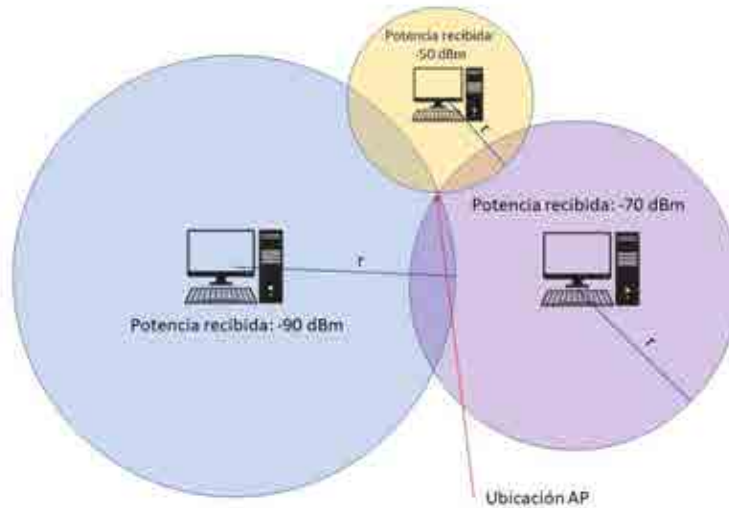


Figura 32 Ubicación de AP con tres anclas

Para comprobar los resultados, se puede realizar una comparativa entre el posicionamiento calculado del AP y su respectivo mapa de calor de RSSI, donde la señal de mayor intensidad debería ser en el mismo lugar o cercano a donde se encuentra el AP.



Figura 33 Comparativa ubicación APs con RSSI

Los mapas quedan elaborados de la siguiente manera:

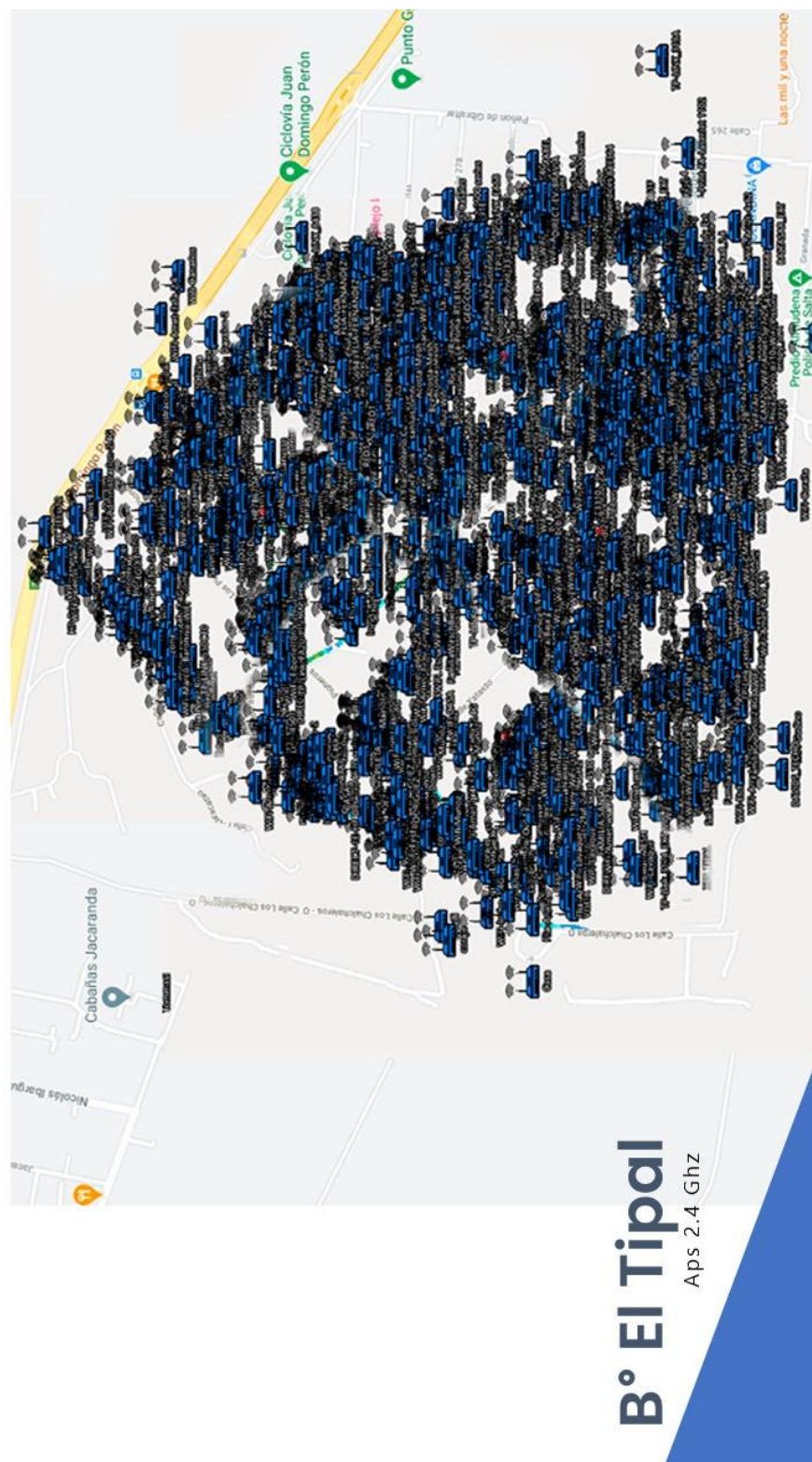


Figura 34 Ubicación de APs 2.4 GHz Centro



Kevin G. Elliott & Guillermo J. Lagoria

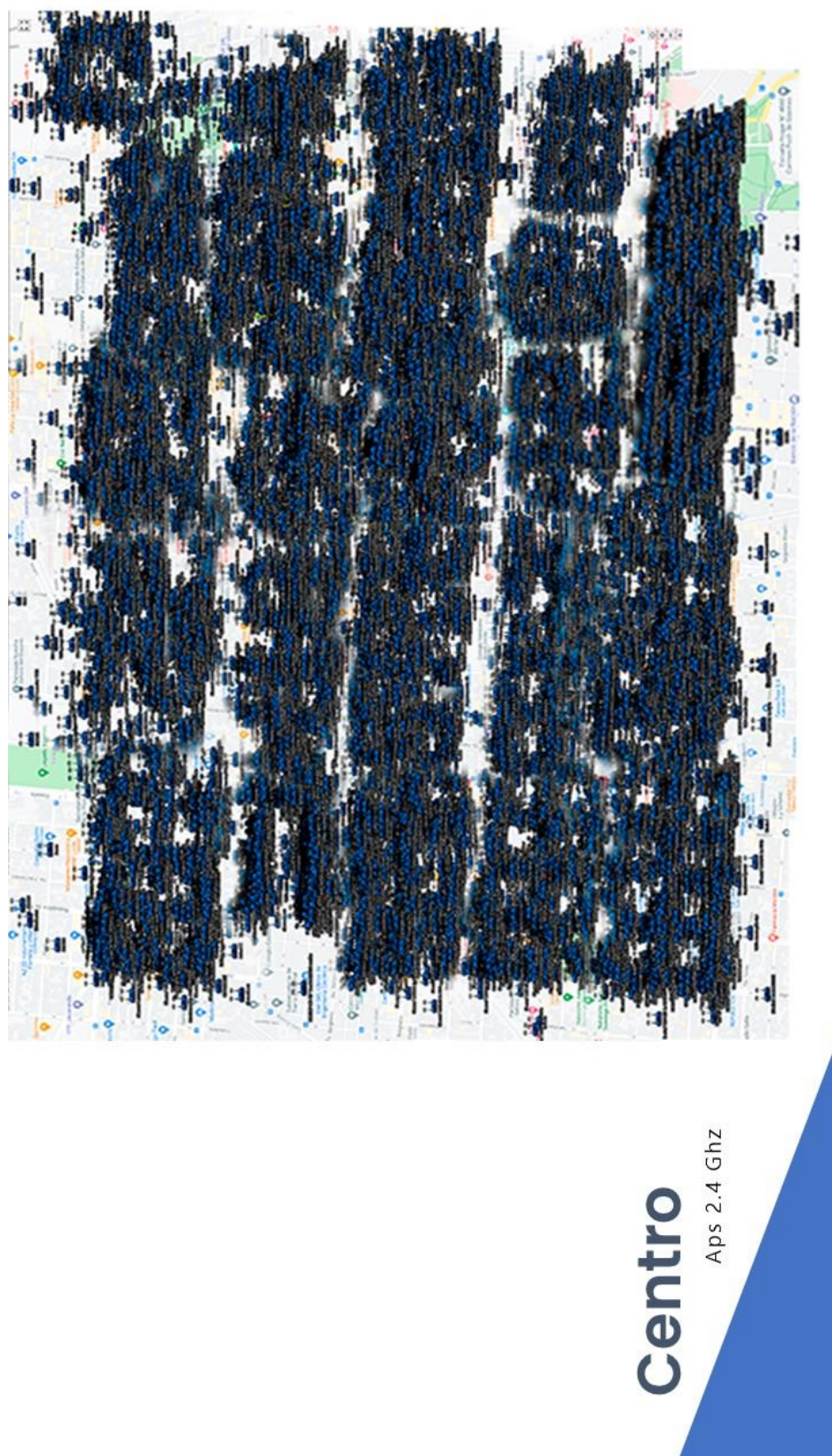


Figura 36 Ubicación de APs 2.4 GHz Centro



Figura 37 Ubicación de APs 5 GHz Centro

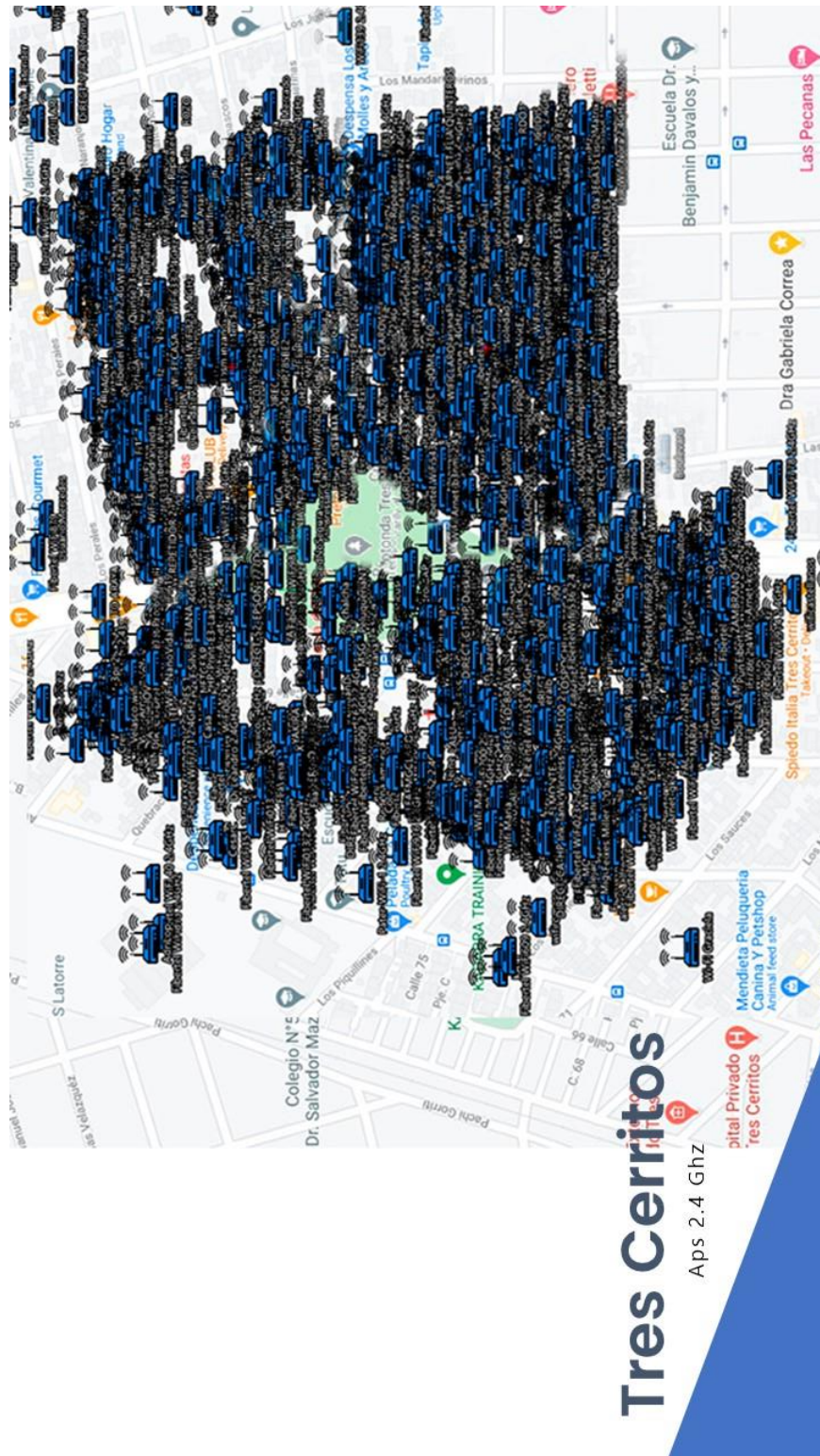


Figura 38 Ubicación de APs 2.4 GHz Tres Cerritos



4.4.5 Mapa Channel Overlap 2.4 y 5 GHz

Existen dos maneras en que nuestra señal se puede ver degradada:

Solapamiento de canal

El control de Solapamiento de canal muestra las áreas donde los requisitos de interferencia adyacente se cumplen.

Se considera que un AP tiene una interferencia adyacente cuando existe otro AP emitiendo en un canal de forma que dicha emisión se solapará con una parte de las frecuencias en las que emite el primero.

Interferencia de Co-Canal

Este control muestra las áreas donde los requisitos para la interferencia co-canal se cumplen.

Se considera que un AP tiene una interferencia co-canal cuando existe otro AP emitiendo en el mismo canal.

La consecuencia de este tipo de interferencia es que los puntos de acceso ocupan el mismo espectro radioeléctrico, compartiéndolo y usándolo por turnos, de manera que sólo uno emitirá a la vez.

Este tipo de interferencias degradan el rendimiento de las comunicaciones al tener en cuenta la disponibilidad del medio inalámbrico antes de emitir. Si existe otro punto de acceso emitiendo, el resto de puntos de acceso deberán esperar para poder emitir. Esto hace que el tiempo total de transmisión se divida entre el número de puntos de acceso que emiten en la misma frecuencia.

De esta información podemos obtener qué canales se encuentran solapados o con interferencia co-canal.

Esta distribución es útil apreciar ya que bajo ciertas circunstancias son las mismas interferencias de las redes WiFi debido a los AP 's trabajando sobre el mismo canal con una distancia reducida o bien una potencia elevada que provocan limitaciones. Esta información sumada a los niveles de potencia que podemos tener de las redes 2.4GHz como 5GHz van a determinar si estas tecnologías son capaces de perdurar en el tiempo o si se verán limitadas próximamente.

Los canales ocupados por sector los representamos en las siguientes tablas:

Tabla 11 Registro de canales en 5 GHz por sector

Registro de canales 5GHz por sector																										
Sector	36	40	44	48	52	56	60	64	100	104	108	112	116	120	124	132	136	140	149	153	157	161	165			
Sector 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 23	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 25	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
Total	26	26	26	25	26	26	26	26	26	16	15	12	8	2	1	7	4	5	26	26	26	26	26	22		

Tabla 12 Registro de canales en 2.4 GHz por sector

Registro de canales en 2,4GHz por sector											
Sector	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sector 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 23	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 25	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sector 27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Total	26	26	26	26	26	26	26	26	26	25	26

Se puede observar según el análisis de cobertura por canal en cada sector, que en la totalidad de ellos para la frecuencia de 2.4GHz se encuentra ocupada al 100%, es decir, en todos los sectores se detectó al menos una red en cada canal disponible del espectro de frecuencias.

Para la frecuencia de 5GHz podemos observar que al haber mayor cantidad de canales se encuentran espacios con muy poca ocupación como son los canales del 104 al 140. El resto, en su totalidad también fueron encontrados en todos los sectores analizados. Esto muy probablemente se deba a que son pocos los proveedores de Internet que suministran equipos que trabajan con esos canales.

Capítulo 5

Laboratorio WiFi

5.1 - Objetivo

- Analizar el comportamiento de las señales emitidas por un router.
- Determinar el nivel de degradamiento de la señal con la distancia.
- Determinar el nivel de degradamiento de la señal con los obstáculos.
- Determinar el nivel de degradamiento de la velocidad con las interferencias.
- Comparar los niveles de potencia obtenidos con los que se dispone en la teoría.

5.2 - Consideraciones

Para poder analizar los resultados del laboratorio debemos entender cómo se calcula teóricamente la atenuación a la que nos vamos a enfrentar.

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la pérdida de espacio libre considerando dos antenas isotrópicas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre, esto se calcula de la siguiente manera:

$$L_{bf} = 20\log\left(\frac{4\pi * d}{\lambda}\right) = 20\log\left(\frac{4\pi * d * f}{c}\right)[dB]$$

Ecuación 1 Pérdida de transmisión en el espacio libre

Donde:

- Lbf: pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB).
- d: distancia.
- λ : longitud de onda.
- c: velocidad de la luz.
- d y λ se expresan en las mismas unidades.

Es muy importante notar que el modelo de pérdida por espacio libre es válido solo para antenas cuyas distancias están en el campo lejano de transmisión. La pérdida por espacio libre siempre está presente y depende de la distancia y frecuencia.

La pérdida por espacio libre entre dos antenas isotrópicas se deriva de la relación entre la potencia total desde el transmisor y la potencia recibida en el receptor (Manning, 2009).

Después de convertir las unidades de frecuencia y expresarlo en la forma logarítmica (decibel), la ecuación se transforma en:

$$L_{bf} = 32.4 + 20\log(f) + 20\log(d)[dB]$$

Ecuación 2 Pérdida de transmisión en el espacio libre en DB

donde:

- f: frecuencia (MHz).
- d: distancia (km).

Bajo estas consideraciones las pérdidas que deberíamos obtener en nuestros puntos de medición serían:

Tabla 13 Cálculo teórica de pérdida de transmisión por distancia

Frec. / Distancia	5 mts	10 mts	20 mts
2.4 GHz	54.02 db	60.04 db	66.06 db
5 GHz	60.40 db	66.42 db	72.44 db

5.3 - Procedimiento

5.3.1 Preparación

Se realizó un escaneo de la zona para encontrar todas las señales que ya existían para determinar los canales libres y las redes que deben ser ignoradas en el proceso.

Se analizó las distancias a la que debería ser medido el rendimiento y la potencia de la señal WiFi tanto de 2.4 como de 5 GHz, en rangos libres como con obstáculos en el medio.

La lista de puntos a medir es la siguiente:

1. A 0 metros del equipo
2. A 5 metros del equipo
3. A 10 metros del equipo

La lista de obstáculos es la siguiente:

1. Una pared
2. Un microondas

5.3.2 Ejecución

Para realizar este laboratorio se colocó un equipo Router Arcadyan Vrv9518 en un lugar fijo para emitir las señales de WiFi tanto en 2.4GHz como en 5GHz y se comenzó a medir utilizando los programas WiFi Analyzer para medir las potencias y Speed Test para las velocidades.

La frecuencia de 2.4 GHz fue transmitida en el canal 6 (Frecuencia 2437 MHz) con un ancho de 20 MHz y la de 5 GHz en el canal 36 (5220 MHz) con un ancho de 80 MHz.

Todas Figuras de los resultados están ubicadas en el anexo 28 Laboratorio Wifi.

- **Mediciones de potencias y velocidades en relación a la distancia:**

Tabla 14 Potencias y velocidades en relación a la distancia en 2.4 GHz

DISTANCIA	POTENCIA	VELOCIDAD DE SUBIDA	VELOCIDAD DE BAJADA
0 MTS	- 15 dBm	0.94 Mbps	9.87 Mbps
5 MTS	- 40 dBm	0.91 Mbps	9.94 Mbps
10 MTS	- 47 dBm	0.88 Mbps	9.92 Mbps

Tabla 15 Potencias y velocidades en relación a la distancia en 5 GHz

DISTANCIA	POTENCIA	VELOCIDAD DE SUBIDA	VELOCIDAD DE BAJADA
0 MTS	- 21 dBm	0.94 Mbps	9.99 Mbps
5 MTS	- 46 dBm	0.78 Mbps	10 Mbps
10 MTS	- 50 dBm	0.83 Mbps	9.56 Mbps

- **Mediciones de potencias y velocidades con y sin obstáculo:**

Como obstáculo, elegimos una pared de concreto, manteniendo la distancia de 5 Mts.

*Figura 40 Pared de obstáculo para realizar las mediciones*

Tabla 16 Potencias y velocidades con y sin obstáculo en 2.4 GHz

DISTANCIA MTS	5 POTENCIA	VELOCIDAD DE SUBIDA	VELOCIDAD DE BAJADA
SIN OBSTACULO	- 40 dBm	0.91 Mbps	9.94 Mbps
CON OBSTACULO (PARED)	- 63 dBm	0.91 Mbps	9.56 Mbps

Tabla 17 Potencias y velocidades con y sin obstáculo en 5 GHz

DISTANCIA MTS	5 POTENCIA	VELOCIDAD DE SUBIDA	VELOCIDAD DE BAJADA
SIN OBSTACULO	- 46 dBm	0.78 Mbps	10 Mbps
CON OBSTACULO (PARED)	- 77 dBm	0.84 Mbps	9.83 Mbps

▪ **Mediciones de potencias y velocidades con y sin interferencia:**

Como interferencia, decidimos poner el dispositivo receptor a la par de un microondas.



Figura 41 Ubicación de microondas junto a PC muestreadora de datos

Tabla 18 Potencias y velocidades con y sin interferencia en 2.4 GHz

DISTANCIA MTS	5	POTENCIA	VELOCIDAD DE SUBIDA	VELOCIDAD DE BAJADA
SIN INTERFERENCIA		- 40 dBm	0.91 Mbps	9.94 Mbps
CON INTERFERENCIA (MICROONDAS)		- 44 dBm	0.95 Mbps	5.08 Mbps

Tabla 19 Potencias y velocidades con y sin interferencia en 5 GHz

DISTANCIA MTS	5	POTENCIA	VELOCIDAD DE SUBIDA	VELOCIDAD DE BAJADA
SIN INTERFERENCIA		- 46 dBm	0.78 Mbps	10 Mbps
CON INTERFERENCIA (MICROONDAS)		- 47 dBm	0.93 Mbps	9.98 Mbps

5.4 - Conclusión

Afirmando lo que la teoría indicaba, la capacidad de penetración de la señal esta limitada por la frecuencia que determina el estándar Wifi. A mayor frecuencia menor es la capacidad de penetración y por lo tanto su alcance es menor.

Además de ello, los obstáculos como lo son las paredes, muebles, puertas, personas, etc. reducen considerablemente la potencia recibida a una distancia determinada porque absorben parte de la energía de la señal. Igual que en el apartado anterior, a mayor frecuencia

más se ve afectada por este problema. Este laboratorio ayuda a entender por que en zonas de mayor densidad poblacional el alcance de una red individual de 5 GHz se ve drásticamente disminuida por la cercanía de casas y edificios. En las zonas no tan residenciales este problema no se presenta tan frecuente.

Luego podemos evaluar las interferencias. Una interferencia es producida cuando otra fuente transmite en la misma frecuencia. Estos pueden ser otros routers u otros dispositivos como los microondas, celulares, bluetooth, etc. Las interferencias generadas por las señales solapadas en canal se pueden observar con tan solo un equipo adicional, considerando que en zonas de mayor densidad esto es un hecho para las redes de 2.4GHz, es un efecto que vamos a ver mucho más acentuado.

En este caso particular, vimos como el microondas afecto a la señal 2.4 y no así a la de 5 GHz, y esto es debido a que el mismo utiliza la de 2.45 GHz, muy cercana a la de WiFi.

Las limitaciones de las redes de 5GHz significan una ventaja a la hora de hablar de interferencias ya que las zonas donde la señal es óptima, no se ven afectadas por redes vecinas debido a su limitación en distancia.

La cantidad de canales disponibles para las redes de 5GHz nos permiten obtener una mayor cantidad de opciones a la hora de elegir los canales a utilizar teniendo en cuenta que para lograr mejores velocidades, el estándar 802.11ac hace uso de varios en simultáneo, y esto se verá acentuado cuando las velocidades lleguen a sus límites del estándar.

Capítulo 6

Encuesta social y proyecciones

6.1 - Objetivo

Realizar una encuesta anónima a habitantes de la ciudad de Salta para obtener más información sobre sus servicios actuales contratados y perspectivas a futuro.

6.2 - Procedimiento

Se llevó a cabo de forma online mediante la plataforma “Google Forms” y tuvo un alcance de 87 personas.

6.3 - Resultados

6.3.1 ¿Qué velocidad de Internet tienes contratada actualmente?

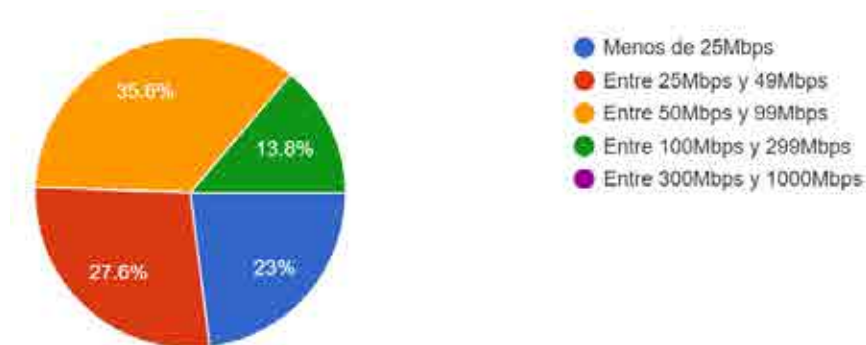


Figura 42 ¿Qué velocidad de Internet tienes contratada actualmente?

Como resultado podemos ver que un poco más de la mitad de las personas se encuentran con menos de 50 Mbps, mientras que un 35% está entre 50 y 99 Mbps, y una cantidad muy menor tiene contratado una mayor velocidad.

6.3.2 En tu uso habitual, ¿Utilizas más la conexión por Wifi que la conexión por cable?

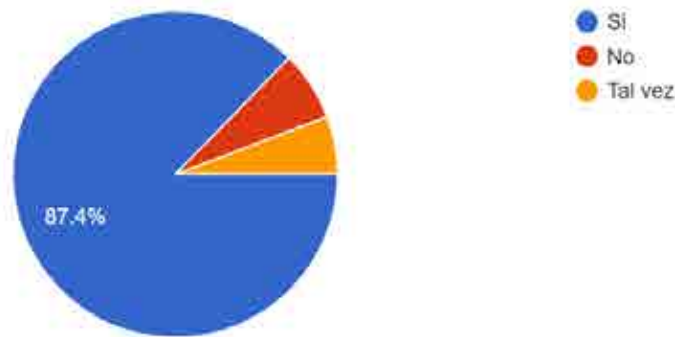


Figura 43 En tu uso habitual, ¿Utilizas más la conexión por WiFi que la conexión por cable?

Como era de esperar, el método de conexión más utilizado en la actualidad es vía inalámbrica mediante Wifi, siendo un porcentaje mucho mayor que por cable Ethernet. Esto nos da indicios de que analizar si esta tecnología es la más adecuada es de suma importancia por su uso actual.

6.3.3 Si tuvieras que elegir un aspecto a mejorar de WiFi, sería...

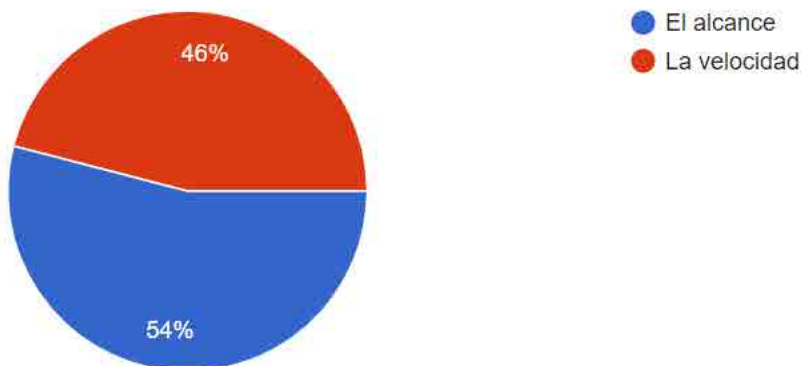


Figura 44 Si tuvieras que elegir un aspecto a mejorar de WiFi, sería...

Contrariamente a lo que se pensaría, de que el mayor inconveniente es la velocidad, por un pequeño margen el aspecto que más le gustaría mejorar a la gente es el alcance.

Éste no es un dato menor, ya que como vimos previamente en la comparativa de Wifi 2,4 vs Wifi 5 GHz, el último vino a solucionar el inconveniente de la velocidad, pero a coste de reducir el alcance.

6.3.4 ¿Conoces la diferencia que existe entre las redes WiFi de 2.4 y 5 GHz?

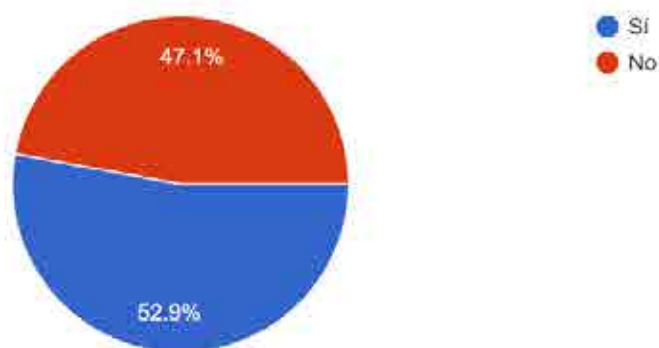


Figura 45 ¿Conoces la diferencia que existe entre las redes WiFi de 2.4 y 5 GHz?

Nuestra intención era estimar si las personas sabían diferenciar estas dos redes.

6.3.5 En tu uso habitual, ¿Qué red utilizas más entre éstas dos y por qué?

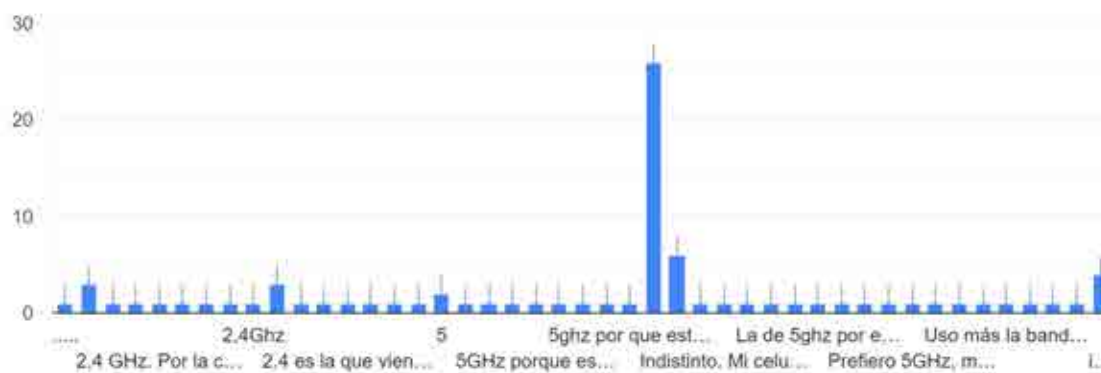


Figura 46 En tu uso habitual, ¿Qué red utilizas más entre éstas dos y por qué?

Tabla 20 Argumento de por qué eligen más una red que otra

VOTOS	RESPUESTA
44	Indistinto
9	2,4 Ghz por la compatibilidad del hardware
11	2,4 Ghz por el alcance
14	5 GHz por velocidad e interferencia
4	2,4 GHz por qué es la que viene por defecto en mi casa
4	5 GHz por qué es la que viene por defecto en mi casa

Al ser esta la única pregunta en donde los encuestados podían desarrollar, es interesante ver que, sacando los votos indistintos porque no tienen conocimiento del tema, la gente elige 2,4 Ghz por dos motivos: el alcance y por compatibilidad de hardware. Como sabemos, los dispositivos que aceptan 5Ghz son los de ultima tecnología en el país, con lo cual hay una “resistencia” al cambio, sobre todo por el aspecto económico.

En contraparte, la red de 5 GHz es elegida por los encuestados por su velocidad y menor interferencia. Pero a pesar de esto, claramente si es una limitación grande el alcance de la misma.

6.3.6 ¿Consideras que las velocidades de Internet contratadas en la actualidad son suficientes para tu uso habitual?

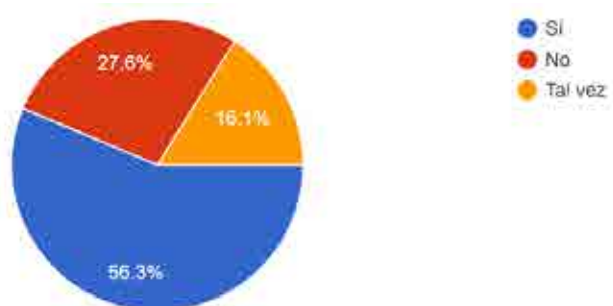


Figura 47 ¿Consideras que las velocidades de Internet contratadas en la actualidad son suficientes para tu uso habitual?

Poco más de la mitad de los encuestados indicó que le es suficiente su velocidad actual. A medida que la tecnología va avanzando, se requiere mayor ancho de banda para utilizar los nuevos servicios como, por ejemplo, reproducción de contenido multimedia en 4k.

Vemos que es una problemática a resolver en el corto o mediano plazo.

6.3.7 ¿Planeas aumentar tu velocidad de internet en el corto o mediano plazo?

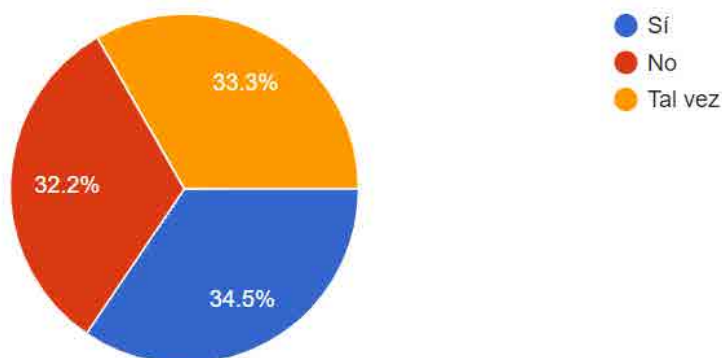


Figura 48 ¿Planeas aumentar tu velocidad de internet en el corto o mediano plazo?

Estos resultados son los que más nos interesaban para hacer la proyección. Como vemos está muy parejo, pero podemos sacar la conclusión que solo el 32,2 % está seguro que no desea aumentar su velocidad en el corto o mediano plazo. Esto nos daría un porcentaje de 67,8 % de encuestados que sí estarían dispuestos o por lo menos lo pensarían.

6.3.8 ¿Consideras que la cantidad de redes WiFi activas en la ciudad afectan a la salud de las personas?

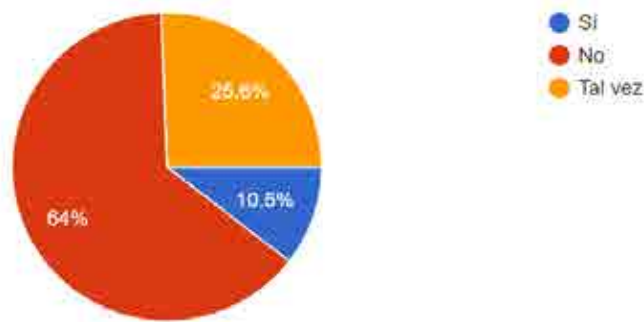


Figura 49 ¿Consideras que la cantidad de redes WiFi activas en la ciudad afectan a la salud de las personas?

Realizamos esta pregunta para ver si las personas están informadas sobre el “posible impacto” en el medio ambiente de las redes WiFi, pero como vimos a la mayoría de personas no les preocupa.

Capítulo 7

Alternativas tecnológicas para la problemática

7.1 - Objetivo

Plantear opciones de tecnologías capaces de solucionar problemáticas encontradas en el presente estudio.

7.2 – Alternativas

A la hora de plantear alternativas vamos a considerar si es posible o no hacer un uso más eficiente de las herramientas con las que contamos actualmente y por otro lado se ofrecerá información sobre posibles alternativas futuras que se encuentran en desarrollo para suplir las deficiencias y limitaciones de las tecnologías actuales.

Para ello tendremos en cuenta que para la frecuencia de 2.4GHz es la más afectada en las zonas de estudio tanto céntricas como urbanas y es aquella que más tratamiento debería recibir.

7.2.1 Correcta administración de canales

Una de las principales herramientas con las que contamos en la actualidad para tener un mejor aprovechamiento del espectro es la relación que existe entre el espacio y las frecuencias utilizadas.

Como sabemos, la banda de 2.4 GHz cuenta con 11 canales disponibles en la Argentina de 10 MHz. Teniendo en cuenta que en la mayoría de las situaciones los routers asignan 20MHz de ancho de banda, tendremos una ocupación de más de 3 canales sin solapamiento. Esto significa que nuestro espectro nos permite una administración de 3 redes en simultaneo en el mismo espacio físico sin interferencias. Como vimos en nuestras mediciones, la cantidad de routers en la ciudad de Salta superan ampliamente esa disponibilidad, por lo que se deben empezar a reducir las eficiencias de la conectividad

asignando más redes entre los 11 canales disponibles con el menor solapamiento posible. Las interferencias que se pueden encontrar entre dos redes en el mismo espacio físico con solapamiento de canal, son mayores frente a aquellas que tienen interferencia de canales adyacentes.

Este proceso es un movimiento automático para los routers en la mayoría de los casos, pero no para todos, motivo por el cuál la administración en muchos casos se da de manera manual y quizás sin conocimientos de parte del usuario. Esto lleva a que la eficiencia del espectro va a ser aprovechada, en la mayoría de los casos, solo para aquellos que conocen sobre la distribución de canales y que además la densidad de equipos que alcanzan su espacio físico no se ve completamente saturado.

Otro detalle a tener en cuenta es que la mayoría de los ISP en la provincia de Salta, no permiten la administración de canales de forma sencilla ya que la configuración de los módems es un acceso limitado únicamente para el proveedor.

Para la frecuencia de 5GHz contamos con una mayor cantidad de canales disponibles sumado a un menor alcance en distancia, lo que nos da más posibilidades de una correcta administración, Como vimos en nuestras mediciones, no solo hay menor potencia medida en las calles, sino que también contamos con una menor cantidad de APs trabajando en dicha frecuencia.

La asignación de canales se realiza de manera automática o manual, teniendo en cuenta que la mayoría de los equipos no solo asigna un canal correspondiente, sino también el ancho de banda que va a ocupar.

Según la disponibilidad de los canales y la potencia medida en los mismos, el AP decidirá si asignar un ancho de banda de 20MHz, 40MHz u 80MHz, teniendo un papel muy importante en la apreciación del servicio por parte del usuario, ya que dichos anchos de banda son capaces de transmitir a velocidades compatibles con las que se ofrecen en la actualidad.

Básicamente si tenemos un espectro un poco más libre el AP decidirá si incrementar el ancho de banda o reducirlo. Esto también es posible para redes de 2.4 GHz, pero al ser tan limitada la cantidad de canales es una situación que prácticamente no se puede aprovechar.

Concluimos de igual manera, que la correcta utilización de los canales es una posibilidad, pero prácticamente imposible de aplicar a la totalidad de equipos, por lo que esto solo implicaría una mejoría para aquellos que lo hagan de manera intencional conociendo su objetivo.

7.2.2 Implementación más avanzada de la frecuencia de 5 GHz

Teniendo en cuenta que bajo nuestro estudio encontramos que las redes de 5GHz poseen un espectro mucho más limpio tanto en cantidad de equipos como en el espacio que ocupan dichas redes, y teniendo en cuenta que su capacidad de transmisión de mayores velocidades comerciales es basta para el momento del estudio, podríamos comenzar a pensar en un despliegue mucho mayor para hacer un uso más equitativo entre las frecuencias requeridas.

Esto implicaría un proceso de renovación de equipos que cuenten con la emisión de redes de 5 GHz por parte de todos los ISP en la ciudad de Salta. Si bien es un hecho que es a la dirección en la que avanzan las empresas, acelerar el proceso resolvería muchos problemas respecto a las velocidades de transmisión y sus interferencias en la actualidad.

Actualmente la mayoría de los equipos que se entregan por parte de los ISP cuentan con ambas frecuencias y generan dos redes en simultaneo, una para 2.4GHz y otra para 5 GHz. Esto nos da como resultado el doble de redes por espacio. Como vimos las redes de 5GHz probablemente en su mayoría se encuentren sin interferencias en la mayoría de los casos, pero no las redes de 2.4GHz. De manera que, si se pudiera implementar de manera automática la activación o desactivación de las redes en desuso, el espectro quedaría un poco más despejado en algunas zonas.

Si bien aquellas redes activas que no tienen tráfico no significan un gran deterioro para aquellas que se encuentran solapadas, esto ayudaría a una correcta distribución de canales de igual manera.

7.2.3 LiFi



Figura 50 Logotipo LiFi

“La tecnología LiFi es un nuevo tipo de conexión inalámbrica. Para su funcionamiento utiliza fuentes de luz en lugar de microondas para la transmisión de datos. Su nombre proviene de Light Fidelity que se puede traducir como “fidelidad de la luz”.

La idea principal que ofrece la tecnología LiFi, es la posibilidad de utilizar las propias bombillas LED de nuestros hogares para que actúen de forma similar a un router. Para ello tendrán que incorporar un modulador emisor que será el encargado de transmitir la información.

Según los estudios que se han realizado con esta nueva tecnología, el sistema LiFi ofrece mejores resultados que el WiFi actual. Para empezar, nos encontramos con la velocidad de transmisión, que puede llegar a ser hasta 100 veces superior. Estudios recientes ya trabajan en velocidades de 1 Gbps, pero se espera que pueda alcanzar los 100 Gbps.

Además de la velocidad, otra ventaja a destacar es el ahorro de costes. Al utilizar las bombillas de los hogares, no será necesario utilizar otros dispositivos electrónicos como son el router, repetidores de señal o amplificadores de onda. Además, al no utilizar estos aparatos,

también estaremos ahorrando en el consumo eléctrico, ya que no estarán conectados a la red eléctrica.”

Fuente: [<https://www.incubaweb.com/como-funciona-lifi-alternativa-wifi>]

Esto no solo nos brinda una mayor calidad de servicio sino también una excelente delimitación de la señal que se traduce en mayor seguridad para las redes hogareñas ya que en la actualidad, una de las principales vulnerabilidades de las redes WiFi es la existencia de la misma fuera del hogar, en zonas que ya no están bajo nuestro control y un posible ataque informático podría presentarse en esos espacios físicos.

Con la tecnología LiFi esta vulnerabilidad se ve sumamente atenuada ya que para acceder a la red el ataque debería darse puntualmente desde una zona interior del área de cobertura.

Como principal ventaja para nuestro análisis teniendo en cuenta que lo que buscamos es un espectro radioeléctrico mucho más limpio y ordenado esto representa una excelente solución ya que de esta forma no existiría el solapamiento de redes de diferentes usuarios, simplemente la cobertura de un usuario no afecta a la de los otros ya que las zonas se encuentran físicamente delimitadas.

Entre las desventajas de esta tecnología podemos encontrar el alcance, ya que dicha transmisión utiliza como medio la luz, cualquier interferencia física entre emisor y receptor altera completamente el funcionamiento, y su alcance de máximo rendimiento ronda entre los 5 mts y 10 mts. Este precio es el que hay que pagar por un mayor control de la dispersión de redes como así también las grandes velocidades que pueden llegar a alcanzar.

7.2.4 WIFI 6

Otra posibilidad para continuar avanzando en términos de ancho de banda disponible es liberar nuevas frecuencias para continuar utilizando los estándares ya aceptados. WiFi 6

implementa muchas mejoras a niveles de transmisión que son capaces de sobrellevar gran parte de los problemas de interferencias que actualmente se viven.

El avance que consigue es gracias, en parte, a su modulación 1024-QAM, lo que permite que en un determinado ancho de banda se pueda enviar más cantidad de información por símbolo que con los protocolos WiFi anteriores. Esto es especialmente interesante en escenarios de alta densidad de conexiones a una red WiFi, que es donde el nuevo estándar espera poder incrementar en 4 veces el rendimiento promedio por usuario respecto al anterior.

Adjuntamos una tabla comparativa de los beneficios de WiFi 6 en comparación con su antecesor

Tabla 21 Comparación entre WiFi 6 vs WiFi 5

	WiFi 5 (802.11ac)	WiFi 6 (802.11ax)
BANDAS	5 GHz	2.4 y 5 GHz
ANCHO DE BANDA DEL CANAL	20, 40, 80, 80+80 y 160 MHz	20, 40, 80, 80+80 y 160 MHz
TAMAÑOS DE FTT	64, 126, 256, 512	256, 512, 1024, 2048
MODULACIÓN MÁS ALTA	256-QAM	1024-QAM
VELOCIDAD DE DATOS	433 Mbps por stream (80 MHz) Máx. 7000 Mbps	600 Mbps por stream (80 MHz) Máx. 10000 Mbps

En la actualidad se debaten cuáles serán las frecuencias que se podrían liberar para implementar este servicio.

La Comisión Federal de Comunicaciones, agencia estatal encargada de la regulación de las telecomunicaciones en su país, incluyendo redes móviles, radio, televisión, telefonía fija, cable, satelital votó a favor de liberar los 1.200 MHz de la banda de 6 GHz, divididos en cuatro bloques contiguos de distinto tamaño, por lo cual el WiFi multiplicará por cuatro el ancho de banda disponible en las frecuencias, UNII-5: 5925-6425 MHz (500 MHz), UNII-6: 6425-6525 MHz (100 MHz), UNII-7: 6525-6875 MHz (350 MHz), UNII-8: 6875-7125 MHz (250 MHz)

Fuente: [<https://urgente24.com/omni/tecno/antes-de-fin-ano-llegaran-los-6-ghz-de-wi-fi>]

Capítulo 8

Conclusiones finales

Tras haber realizado un análisis generalizado de los aspectos que envuelven a la tecnología WiFi actualmente desplegada en la ciudad de Salta podemos sacar algunas conclusiones sobre el estado actual y proyecciones de dicha tecnología.

Respecto al análisis RSSI de la distribución actual, podemos observar que las redes de 2.4GHz se encuentran en prácticamente la totalidad de las viviendas de Salta. Este se ve mucho más saturado en las zonas céntricas y los niveles de señal son más altos en comparación con las zonas urbanas. Los niveles de señal medidos en calle en la zona céntrica llegaron a valores mucho más elevados y de manera mucho más constante que en otras zonas, manteniendo picos de -50db en comparación con el promedio obtenido para la zona de Tres Cerritos que rondaba los -60db con algunos picos de -50db y del barrio El Tipal que fue mucho menor con potencias cercanas a los -70db en la mayoría de los puntos de medición con algunos picos eventuales.

Los niveles de RSSI obtenidos para las redes de 5GHz se encuentran muy por debajo de los medidos en la frecuencia de 2.4GHz y la relación que existía entre el centro y zonas urbanas es el mismo, en este caso los resultados si tuvieron picos próximos a los medidos en las frecuencias de 2.4 GHz pero con un promedio de niveles de señal mucho menor. Lo mismo ocurrió en las zonas urbanas donde pudimos ver una disminución de los valores de señal promedio obtenidos en calle.

Esto nos da una idea de que el uso de la red de 5GHz nos deja el espectro mucho más limpio y ordenado además de ofrecernos una mayor capacidad de velocidades admitidas para el uso que cada año se ve incrementado en mayor medida.

El número de APs encontrados para frecuencias de 5GHz fue mucho menor en comparación con los de 2.4GHz, esto se debe al nivel de implementación que se encuentra en este momento

por parte de los ISP. Esto también nos habla de las velocidades que se podrían medir en la actualidad en la ciudad de Salta. De la totalidad analizada, 12304, el 49,5% es capaz de acceder a velocidades mayores a 40Mbps de conectividad.

Tomando datos de las encuestas podemos relacionar esta información, donde solo el 32% de los encuestados no deseaban mejorar su velocidad, por lo que podemos proyectar que para la población de Salta es inevitable pensar en la necesidad de continuar avanzando tanto sobre despliegue de las tecnologías de WiFi sobre los 5GHz como las otras soluciones alternativas ya que como vimos también en las encuestas, el 87,4% utiliza mayormente las conexiones inalámbricas para su uso habitual.

Otro tema interesante que pudimos encontrar como resultado de las encuestas, fue que muy pocos usuarios utilizan actualmente velocidades comerciales mayores a 100Mbps, esto nos da un parámetro de que las velocidades en la actualidad van más avanzadas que el requerimiento del usuario. Si consideramos que los principales motivos para los que se usa internet en la actualidad es para comunicación, ocio y trabajo principalmente, nos encontramos con aplicaciones que en su mayoría no requieren de un ancho de banda tan grande.

Probablemente estas estadísticas obtenidas y el pensamiento de la población se vea muy cambiado en las etapas que nos dejan la pandemia que vivimos en la actualidad, de hecho se estima que el uso incrementó entre un 25% y un 38% de forma diaria. Esto significa que la población encontró como una alternativa viable el uso de mayor cantidad de herramientas digitales y no solo tiene una mayor demanda acumulada sino que también pasan más tiempo al día haciendo uso de las posibilidades que ofrece internet. Esto nos trae un panorama diferente a la hora de pensar en el futuro de las comunicaciones a como venían siendo encaradas previo a este suceso mundial.

Otro dato a tener en cuenta bajo el contexto actual, es que desde nuestro punto de vista, estos datos no tienen que ser observados como el uso individual. Desde nuestro análisis estamos analizando viviendas que en la mayoría de los casos conviven familias, que a cada edad se le

da un uso diferente a los servicios contratados, es decir, se realiza un consumo no solo mayor de los datos, sino de manera simultánea, y es ahí donde entra en juego la flexibilidad de las redes inalámbricas a cumplir su rol. En este caso nos encontramos con encuestados que consideran casi por igual que tanto la velocidad como el alcance tienen que ser aspectos de mejora en el futuro.

Probablemente para un uso habitual previo a la pandemia podemos encontrar que el rendimiento de las redes WiFi de 2.4GHz nos resultaban suficientes, de hecho, el 62,2% de los encuestados actualmente poseen velocidades menores a 50Mbps, lo que significa que para el 62,2% de los encuestados, su servicio aún se encuentra abarcado casi en su totalidad de eficiencia por esta frecuencia, claro está, si es que no se ve interferida. El 37,8% restante, ya se encuentran ante la necesidad de avanzar sobre al menos nuevas frecuencias. Las proyecciones que podemos anticipar frente a estos datos es que las velocidades para los servicios domiciliarios fijos vienen incrementando a un buen ritmo y van a comenzar a ser mayormente requeridos en la ciudad de Salta, al igual que en el resto del mundo, luego de haber experimentado la necesidad ante un uso tan incrementado que nos trajo esta pandemia.

Del análisis de laboratorio pudimos encontrar evidenciado el comportamiento de las redes WiFi en sus diferentes frecuencias, y tal como lo indicaba la teoría, las atenuaciones e interferencias a las que se ven expuestas en un uso habitual, tienen mucha incidencia en su rendimiento a las potencias a las que se trabajan. Las conclusiones son claras, la frecuencia de 5GHz no solo es ganadora en cuanto a espectro disponible para transmitir mayores velocidades, sino también, un excelente rango de frecuencias en la que los dispositivos de un uso habitual hogareño no afectan. Si bien uno de los fuertes de ésta última frecuencia es que su distancia de cobertura es menor, por lo tanto las redes cercanas no van a afectar tanto como ocurre con las frecuencias de 2.4GHz, esto también resulta en un limitante a la hora de percibir el servicio en los diferentes ambientes de una casa del tamaño que se encuentran en las zonas residenciales analizadas, por lo que una correcta disposición de las redes o una buena gestión son más que necesarias para encontrar un balance entre los puntos que se buscan solucionar.

Respecto al mayor inconveniente que presenta la frecuencia de 2.4GHz, su limitado ancho de banda, pudimos encontrar que 11 canales para distribuir adecuadamente las diferentes conexiones evitando el solapamiento, puede llegar a funcionar correctamente en zonas urbanas como los barrios analizados, pero en la zona céntrica de Salta la densidad es muy grande y en muchos casos existía mucho solapamiento, algo que simplemente no tiene solución desde la base del estándar utilizado. En los mapas de la cobertura de canal se pueden encontrar mediante el código de colores utilizados, que existe una muy buena distribución de aquellos que tienen mayor potencia (Teniendo en cuenta que este mapa nos muestra el canal utilizado de la mayor potencia medida, cuando otra potencia es mayor, identifica el canal y lo marca). Podemos ver que la distribución es tal que no existe un solapamiento de canal, existe la guarda suficiente para evitar esto dentro de las posibilidades, es decir, no se encuentran potencias grandes de canal 1 y 2 en distancias próximas. Por supuesto que esta gestión la hacen generalmente automáticas los equipos, pero ante una densidad superior no son capaces de vencer este problema. Así, encontramos zonas en el casco céntrico que llegan a un solapamiento de canales de hasta 9 señales. Esto sin duda es solucionado mediante la correcta distribución de canales en las frecuencias de 5GHz. Recordemos que la mayoría de los routers se ven forzados a elegir canales de un ancho de banda de 20MHz por la densidad de redes presentes, un limitante a la hora de hablar de velocidades.

El estándar presente aún se encuentra en despliegue en la ciudad de Salta, y las velocidades aún no llegan ni al 50% del límite propuesto por las frecuencias de 5GHz. El espectro para dicha frecuencia se encuentra en condiciones aceptables ya que no llegan a interferir con los equipos adyacentes y el solapamiento de canal es mínimo en comparación a su frecuencia hermana de 2.4GHz. Esto significa que las proyecciones de vida útil del estándar 802.11ac son prometedoras en la ciudad de Salta y que, a pesar de encontrar limitaciones, muy probablemente sean de menor importancia frente las que deben enfrentar los ISP al llevar mayores velocidades hasta nuestro punto de delimitación de estudio, el router.

Aun así, resulta útil nombrar aquellos avances en tecnología como WiFi 6, que nos representa un gran incremento en el desempeño de las redes WiFi, que se encuentran bajo

análisis en la actualidad y se debaten los mecanismos para liberar el espectro y darle lugar a este servicio. Y otras tecnologías como LiFi, que vienen a cambiar por completo la manera en la que recibimos nuestra conexión inalámbrica, y resuelven absolutamente todos los problemas a los que hoy se enfrentan.

Lista de referencias

- <https://www.ieee.org/>
- https://www.citypopulation.de/php/argentina-admin_s.php?adm1id=66
- <https://www.xataka.com/especiales/guia-basica-para-comprar-tu-nuevo-router-consejos-especificaciones-y-seleccion-de-modelos-para-todos-los-bolsillos>
- https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/arss/arss10_11/slides/35y36-CSMA-CA.pdf
- https://www.researchgate.net/publication/28083044_Wi-Fi_el_diferente_uso_del_espectro_en_EEUU_y_Europa
- resolución número RESOL-2017-5186-APN-ENACOM#MCO
- enacom.gob.ar
- https://www.researchgate.net/publication/28083044_Wi-Fi_el_diferente_uso_del_espectro_en_EEUU_y_Europa
- <https://www.xataka.com/especiales/guia-basica-para-comprar-tu-nuevo-router-consejos-especificaciones-y-seleccion-de-modelos-para-todos-los-bolsillos>

Anexos

Anexo 1 Sector 1 - El Típal

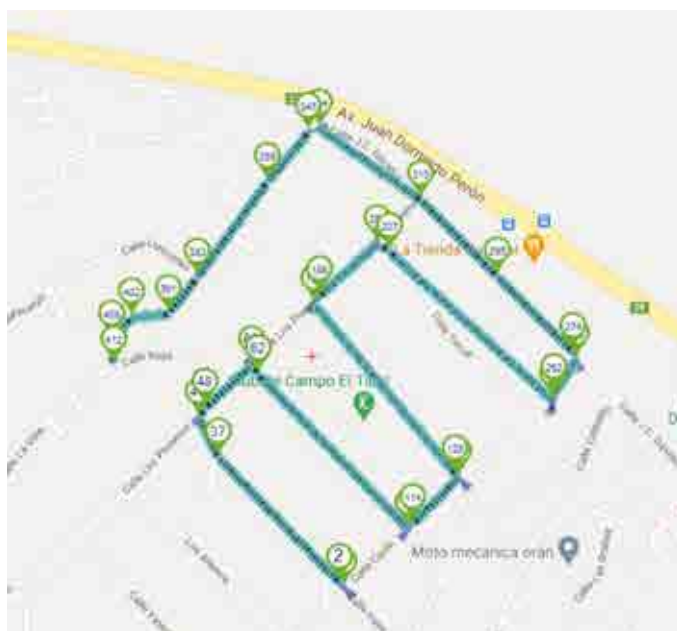


Figura 51 Sector 1 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 22 Sector 1 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #1 - El Típal	299	300	406
Total	299	300	406

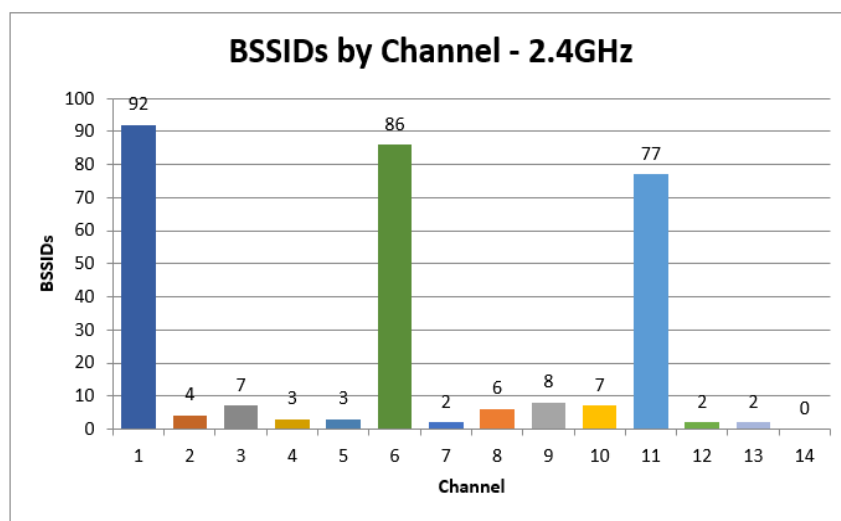


Tabla 23 Sector 1 – BSSIDs 2.4 GHz

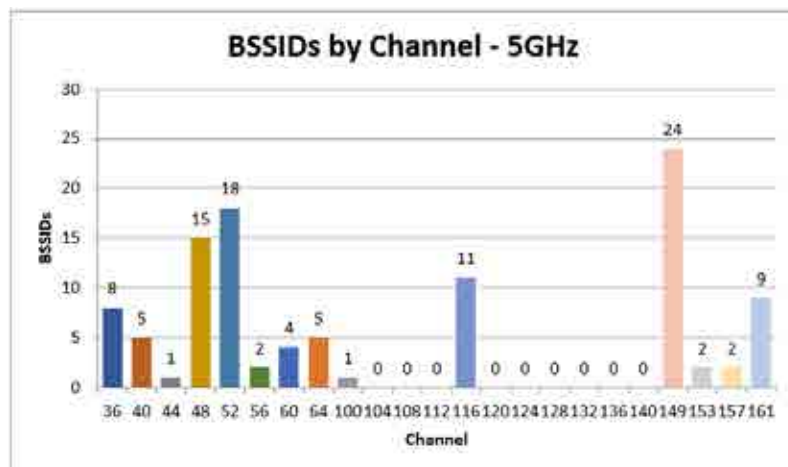


Figura 52 Sector 1 – BSSIDs 5 GHz



Figura 53 Sector 1 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

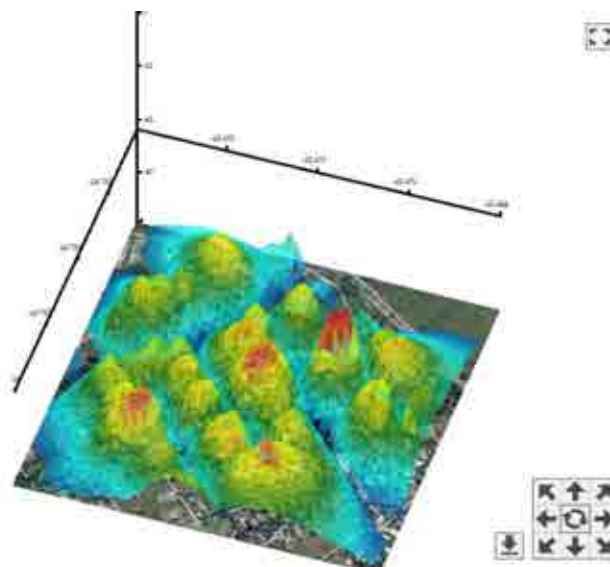


Figura 54 Sector 1 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

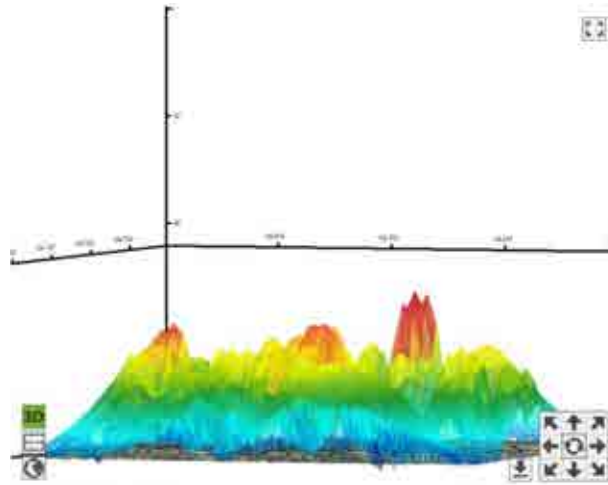


Figura 55 Sector 1 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 56 Sector 1 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

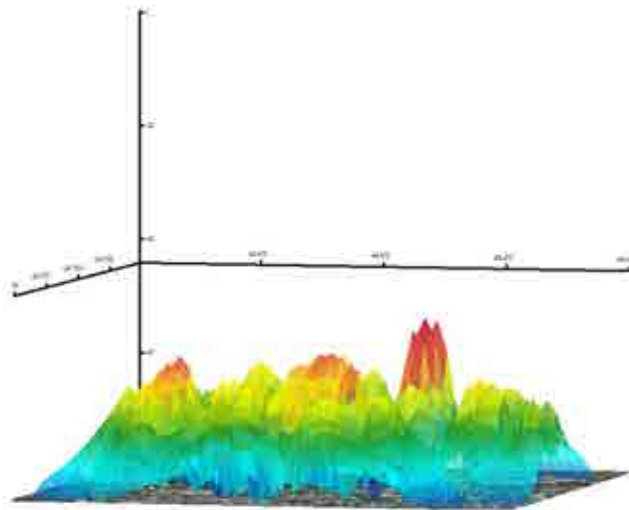


Figura 57 Sector 1 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz



Figura 58 Sector 1 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

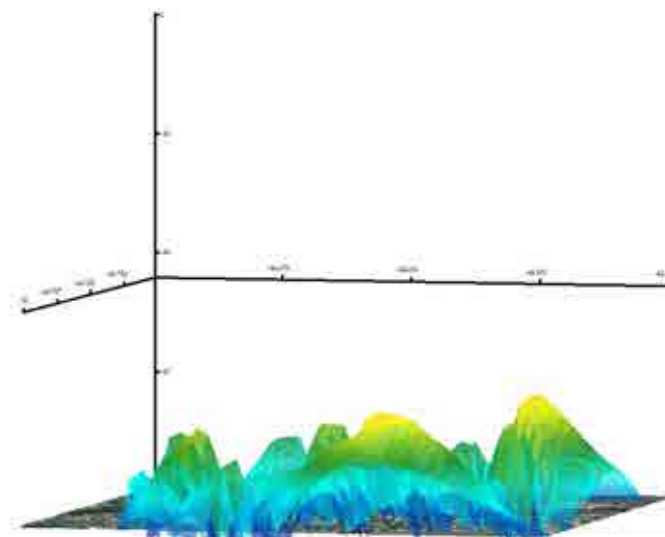


Figura 59 Sector 1 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 60 Sector 1 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 61 Sector 1 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 62 Sector 1 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

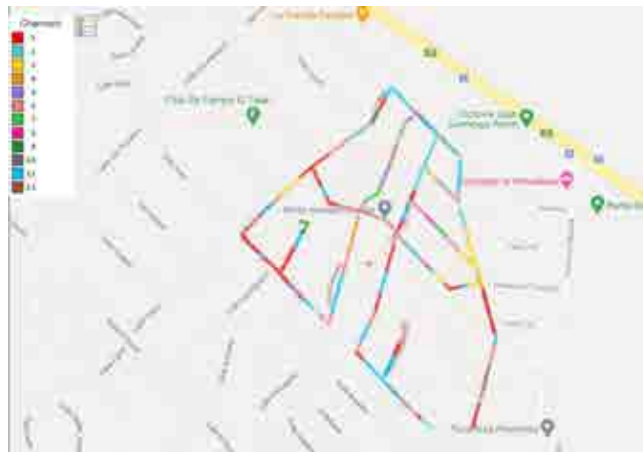


Figura 63 Sector 2 – Mapa channel coverage 2.4 GHz



Figura 64 Sector 2 – Mapa channel coverage 5 GHz



Figura 65 Sector 1 - Mapa de channel overlap 2.4 GHz



Figura 66 Sector 1 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 2 Sector 2 - El Típal

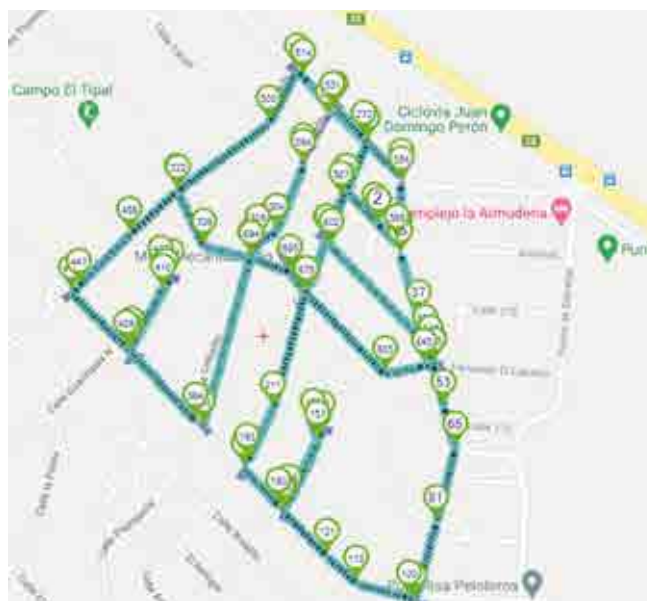


Figura 67 Sector 2 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 24 Sector 2 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #2 - El Típal	439	457	550
Total	439	457	550

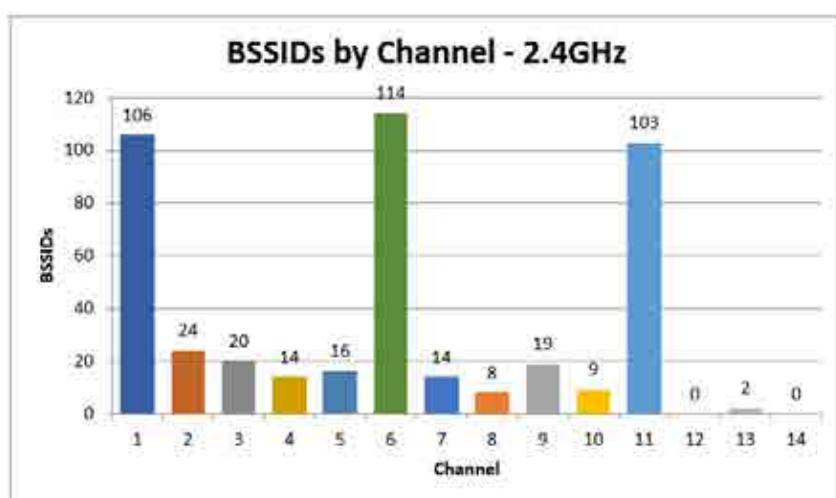


Figura 68 Sector 2 – BSSIDs 2.4 GHz

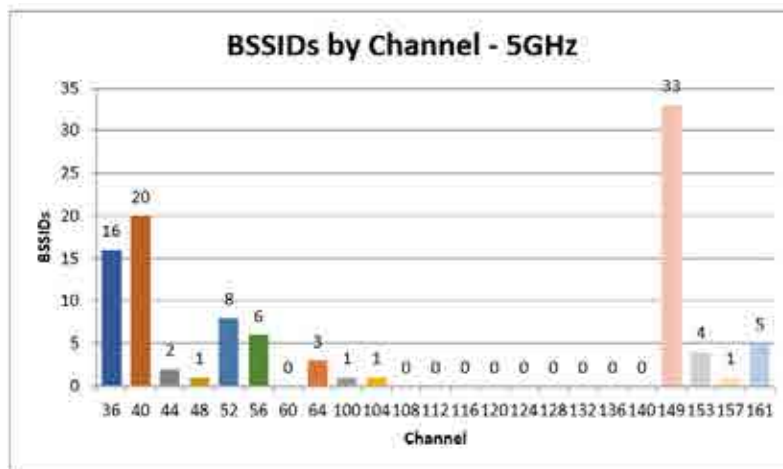


Figura 69 Sector 2 – BSSIDs 5 GHz

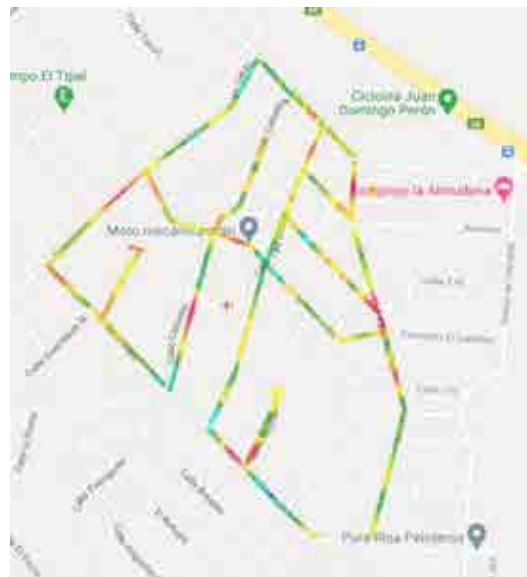


Figura 70 Sector 2 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

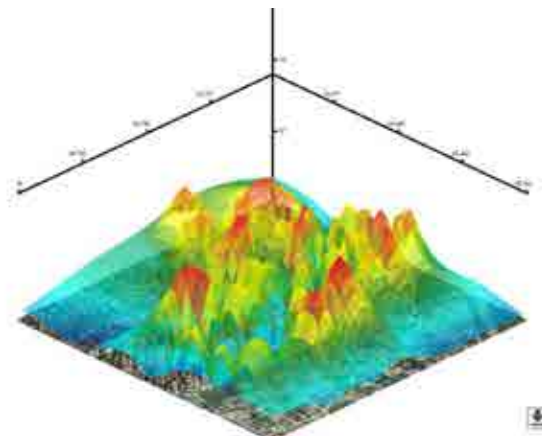


Figura 71 Sector 2 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

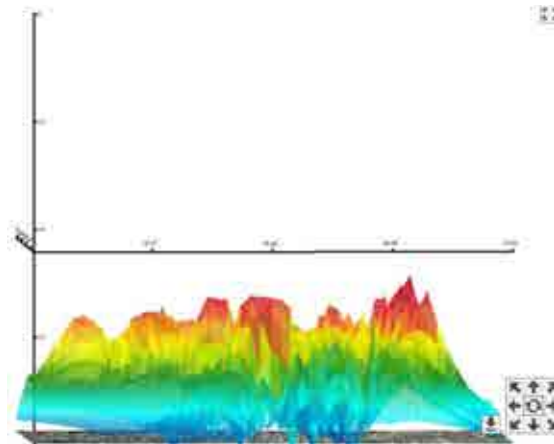


Figura 72 Sector 2 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

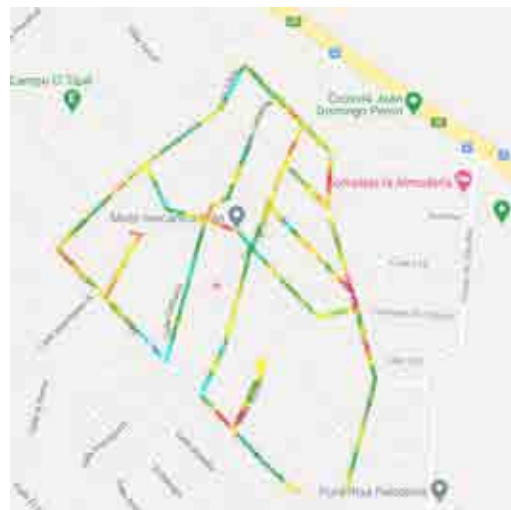


Figura 73 Sector 2 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

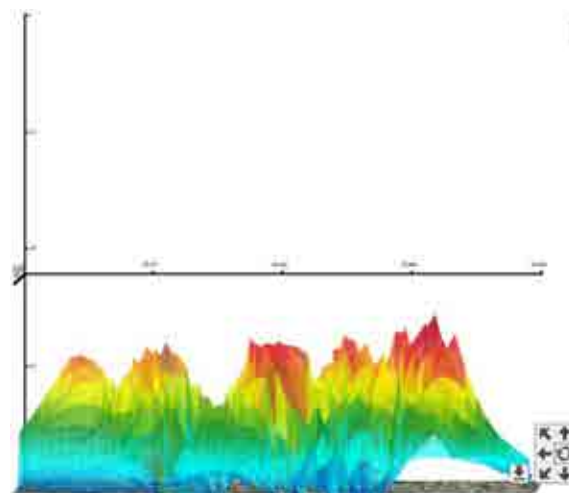


Figura 74 Sector 2 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

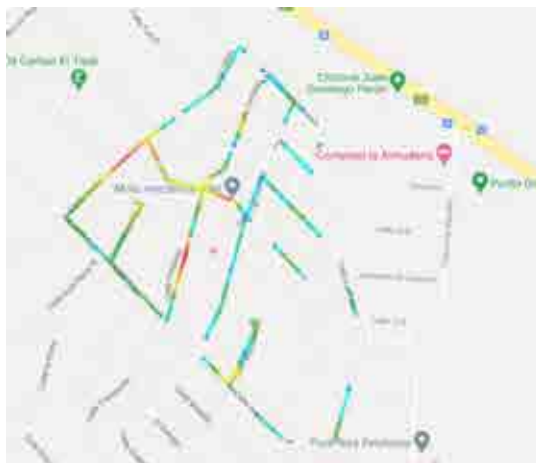


Figura 75 Sector 2 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

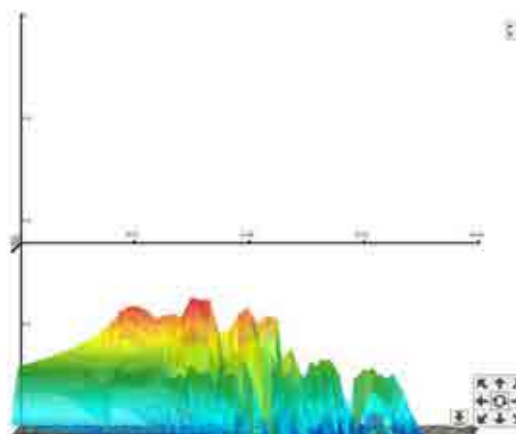


Figura 76 Sector 2 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 77 Sector 2 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 78 Sector 2 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 79 Sector 2 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz



Figura 80 Sector 2 – Mapa channel coverage 2.4 GHz



Figura 81 Sector 2 – Mapa channel coverage 5 GHz

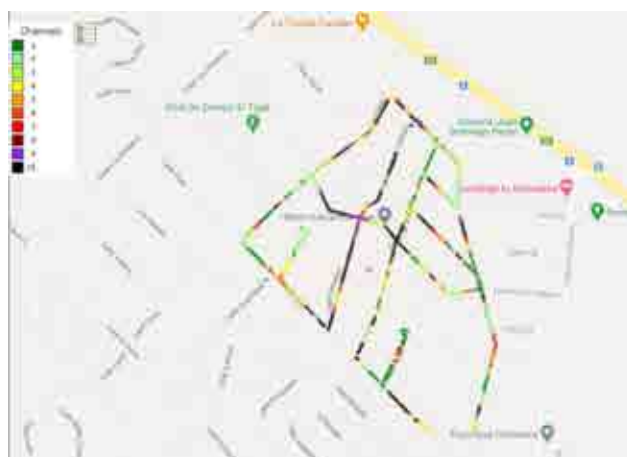


Figura 82 Sector 2 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

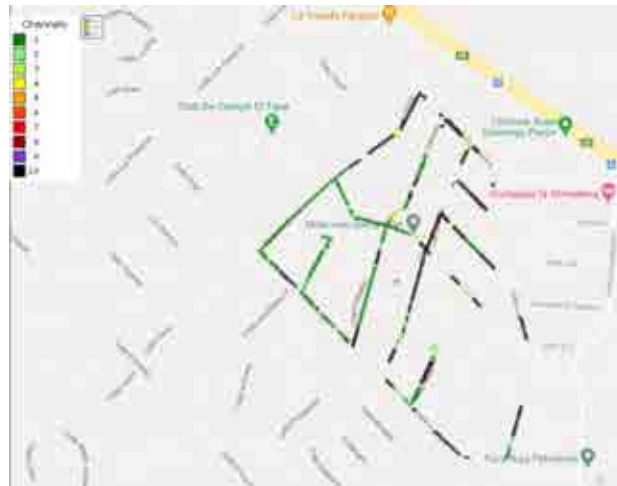


Figura 83 Sector 2 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 3 Sector 3 - El Típal



Figura 84 Sector 3 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 25 Sector 3 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #3 - El Típal	321	338	435
Total	321	338	435

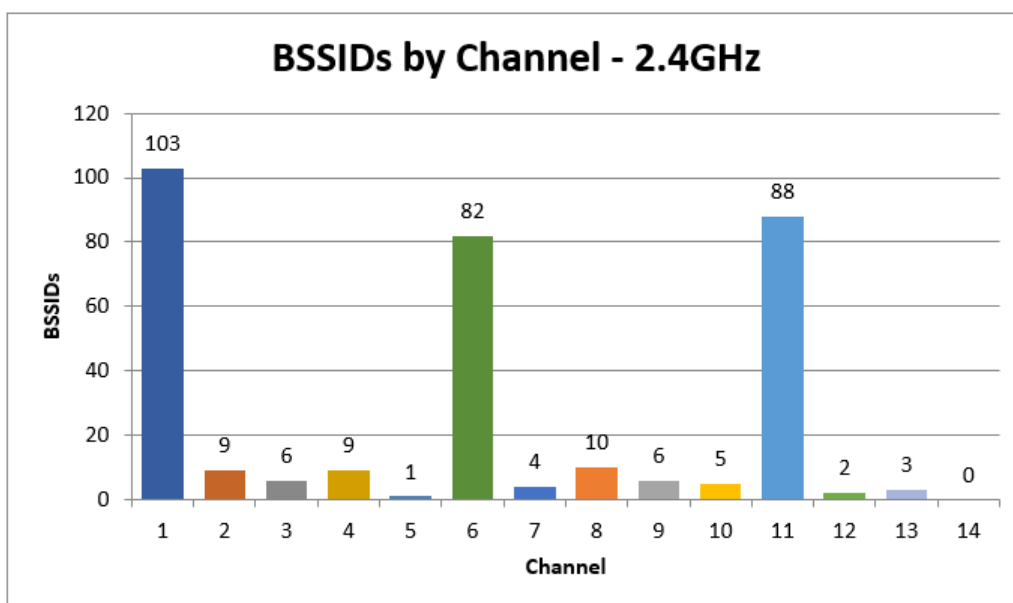


Figura 85 Sector 3 – BSSIDs 2.4 GHz

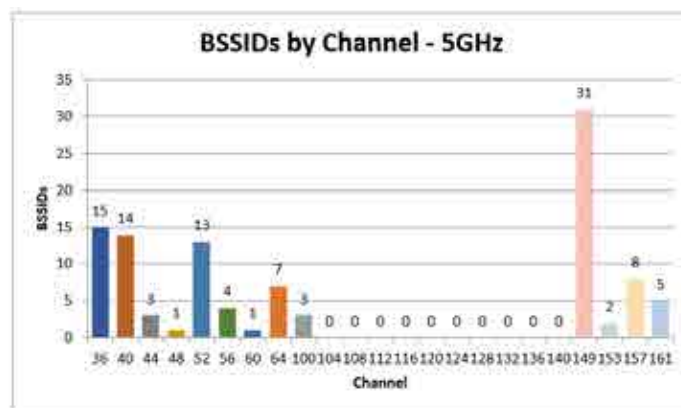


Figura 86 Sector 3 – BSSIDs 5 GHz



Figura 87 Sector 3 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

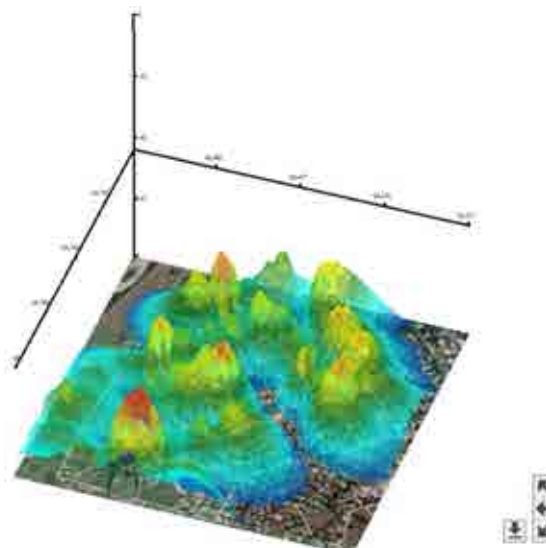


Figura 88 Sector 3 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

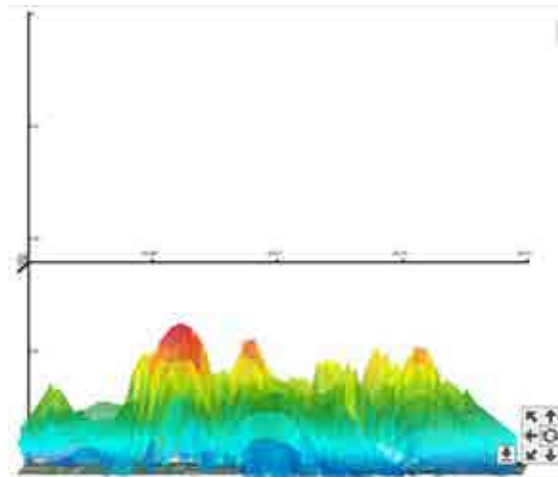


Figura 89 Sector 3 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 90 Sector 3 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

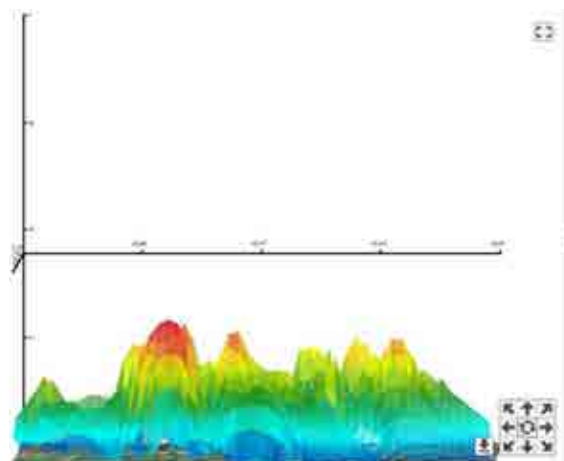


Figura 91 Sector 3 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz



Figura 92 Sector 3 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

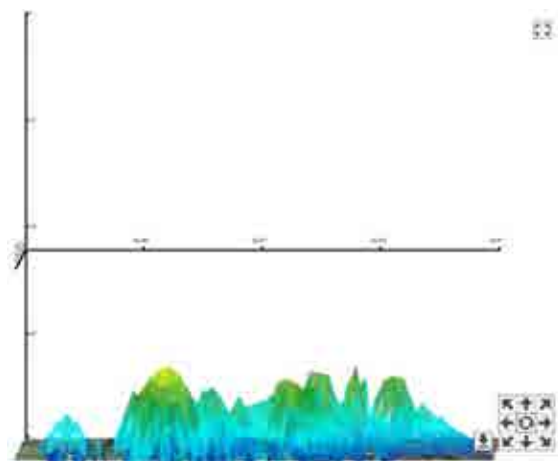


Figura 93 Sector 3 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 94 Sector 3 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 95 Sector 3 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 96 Sector 3 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz



Figura 97 Sector 3 – Mapa channel coverage 2.4 GHz



Figura 98 Sector 3 – Mapa channel coverage 5 GHz

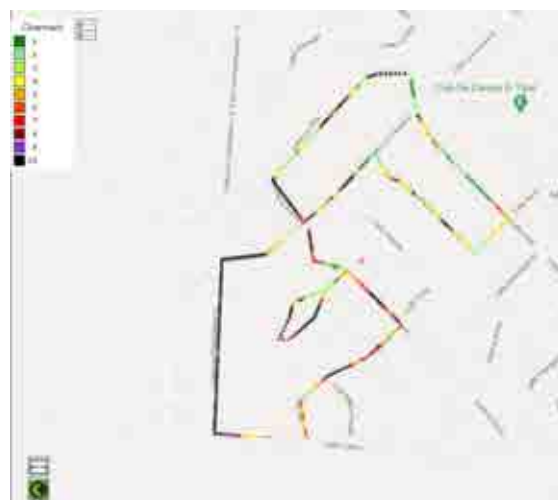


Figura 99 Sector 3 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

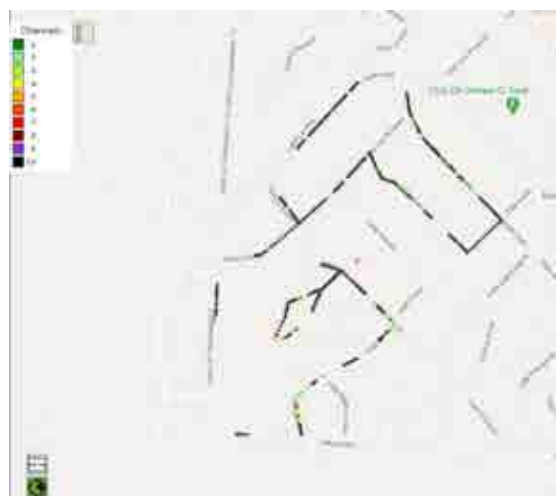


Figura 100 Sector 3 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 4 Sector 4 - El Tipal

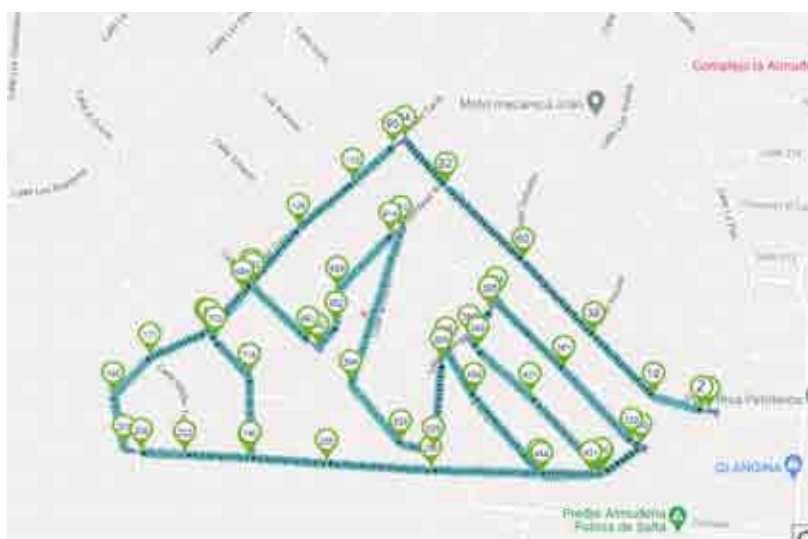


Figura 101 Sector 4 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 26 Sector - Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #4 - El Tipal	564	567	730
Total	564	567	730

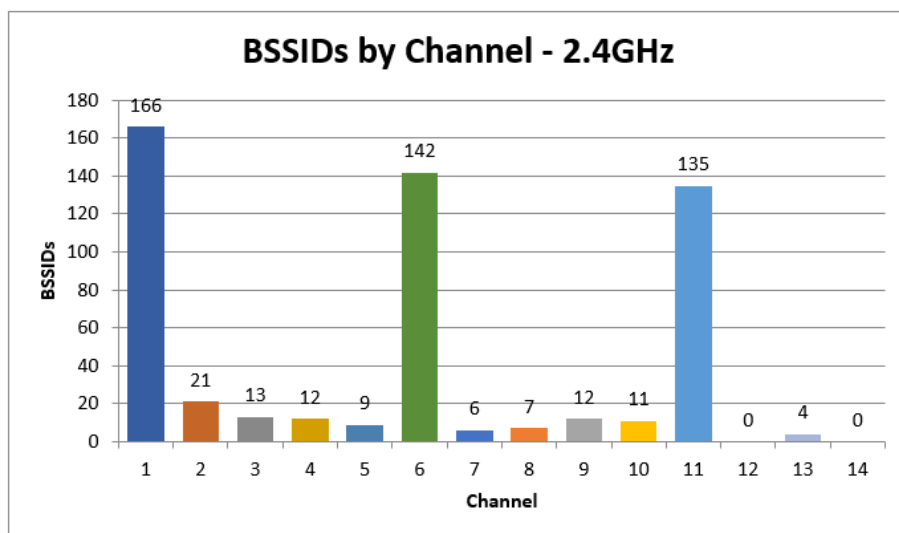


Figura 102 Sector 4 – BSSIDs 2.4 GHz

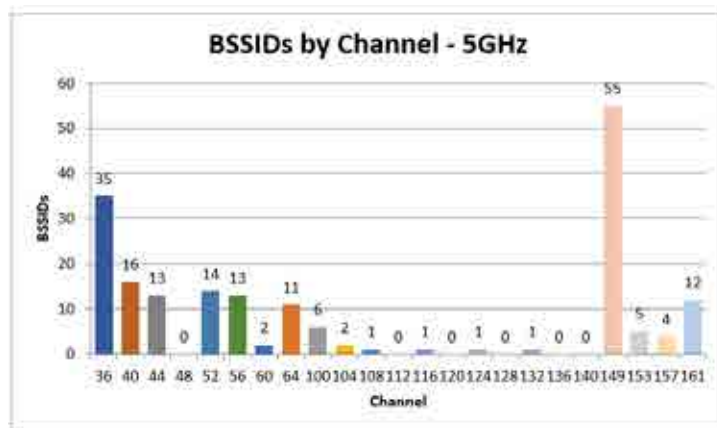


Figura 103 Sector 4 – BSSIDs 5 GHz



Figura 104 Sector 4 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

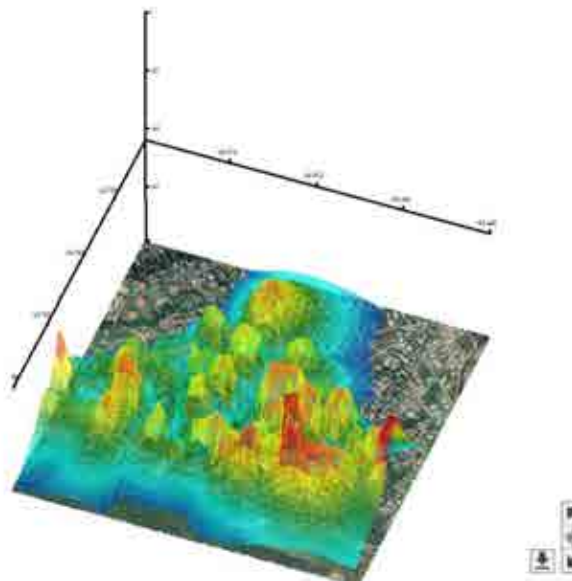


Figura 105 Sector 4 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

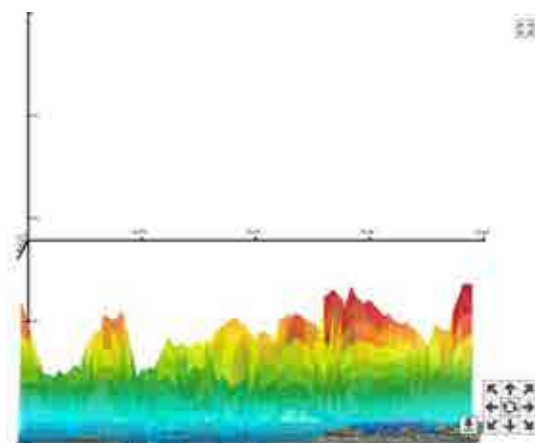


Figura 106 Sector 4 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 107 Sector 4 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

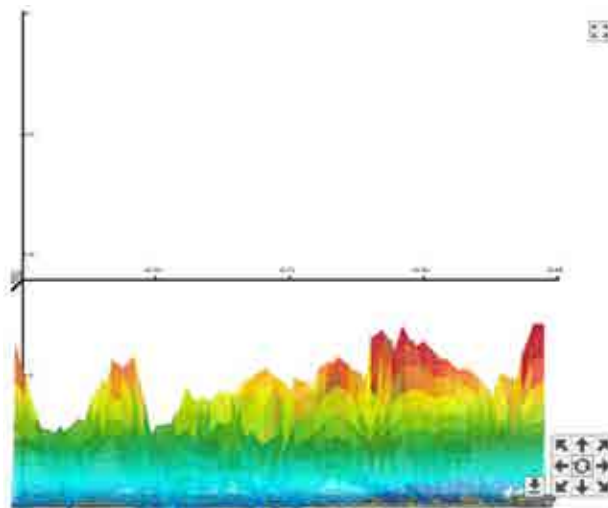


Figura 108 Sector 4 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz



Figura 109 Sector 4 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

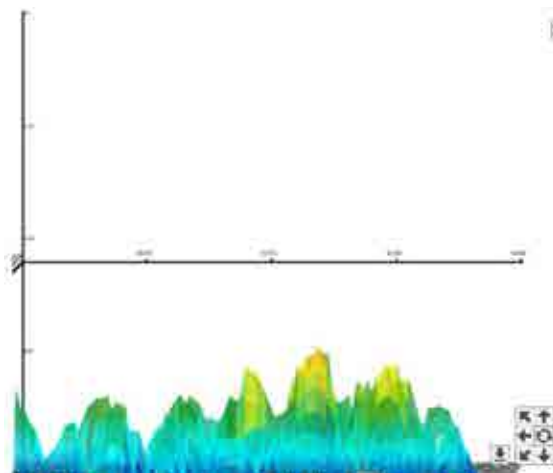


Figura 110 Sector 4 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 111 Sector 4 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 112 Sector 4 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 113 Sector 4 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz



Figura 114 Sector 4 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

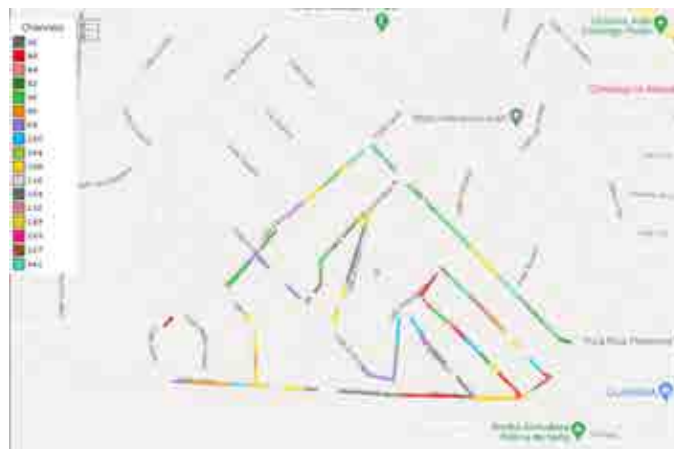


Figura 115 Sector 4 – Mapa channel coverage 5 GHz



Figura 116 Sector 4 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

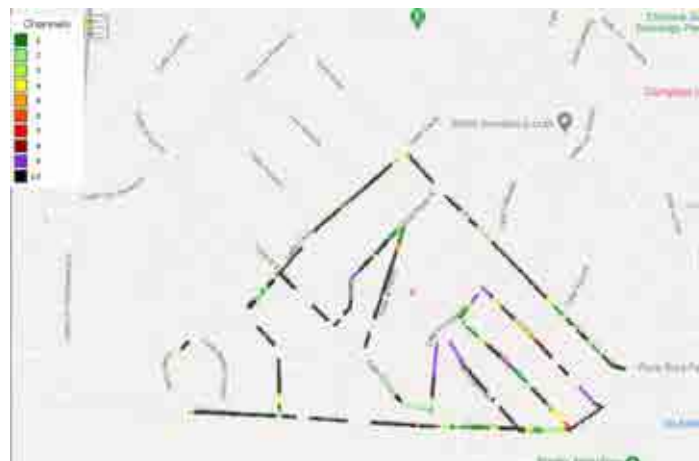


Figura 117 Sector 4 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 5 Sector 5 - Centro

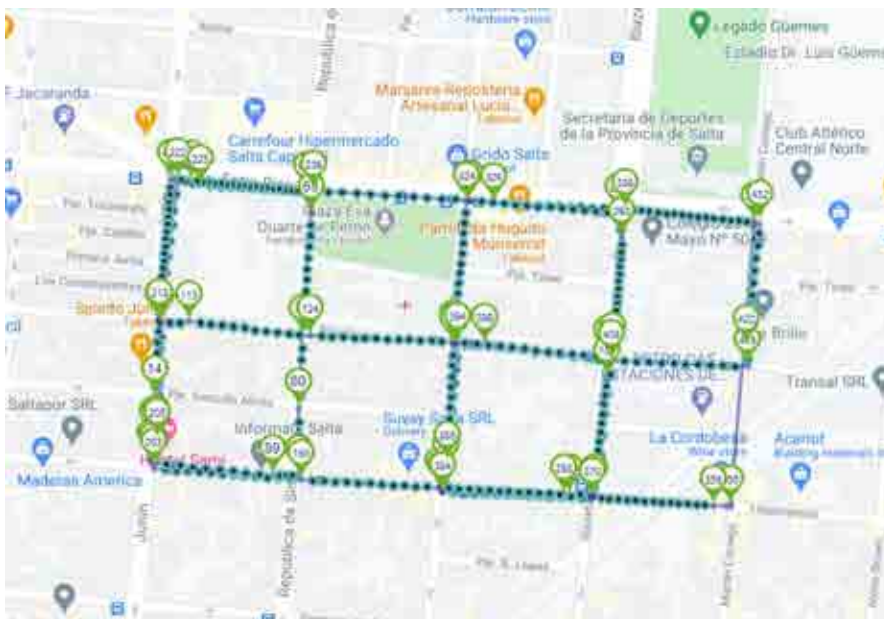


Figura 118 Sector 5 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 27 Sector 5 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #5 - Centro	846	861	1078
Total	846	861	1078

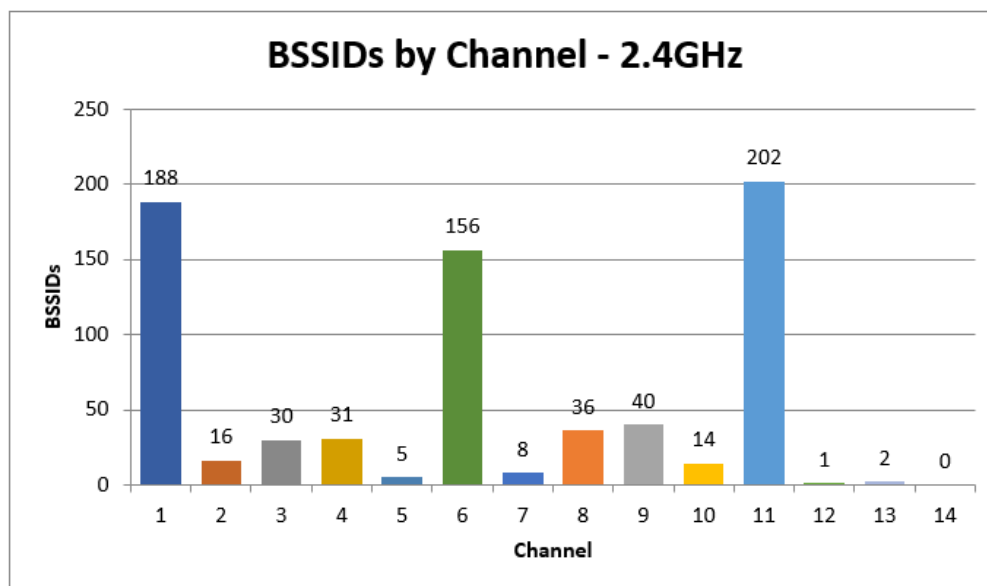


Figura 119 Sector 5 – BSSIDs 2.4 GHz

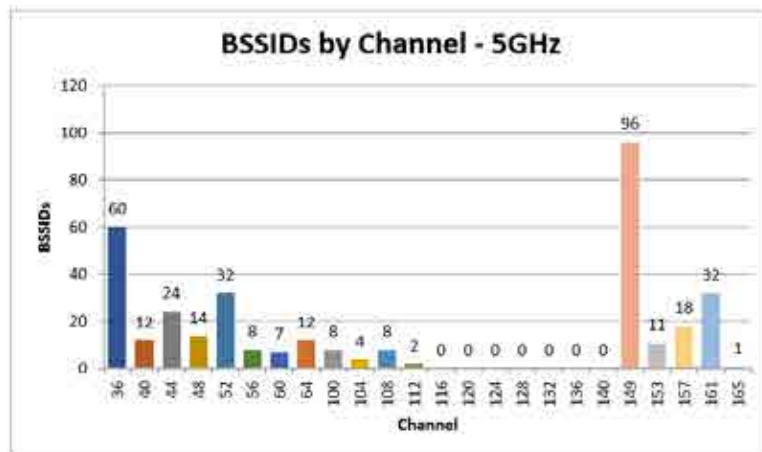


Figura 120 Sector 5 – BSSIDs 5 GHz

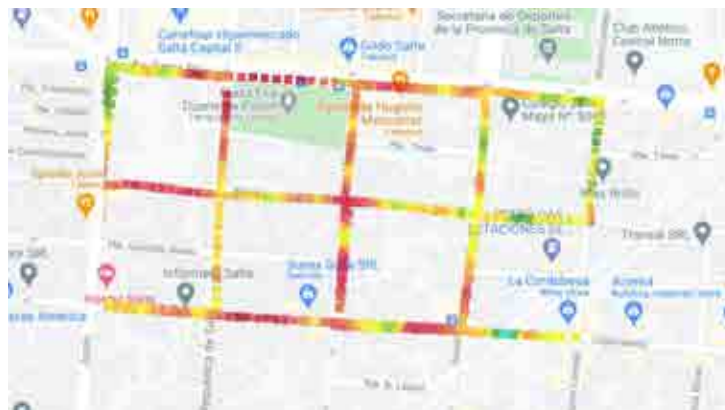


Figura 121 Sector 5 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

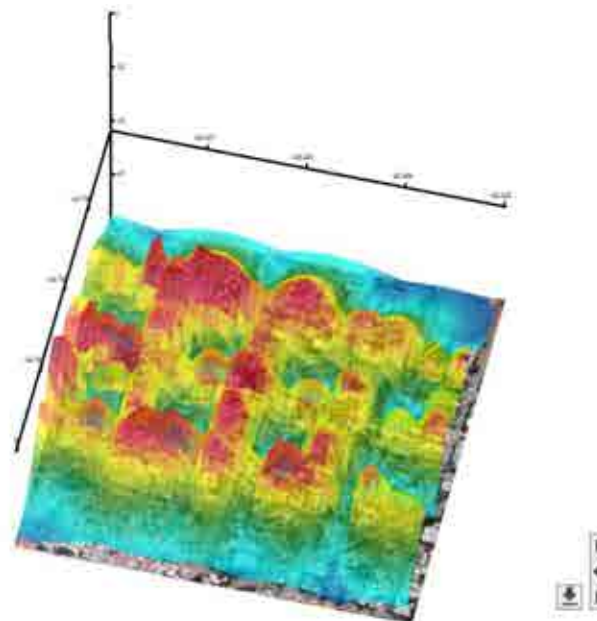


Figura 122 Sector 5 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

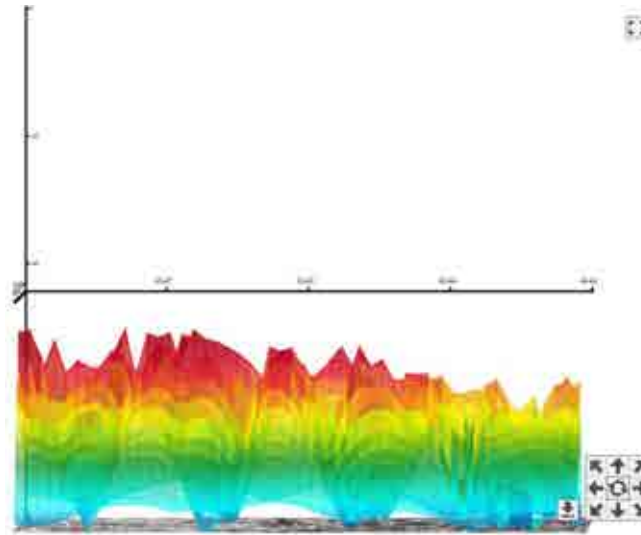


Figura 123 Sector 5 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

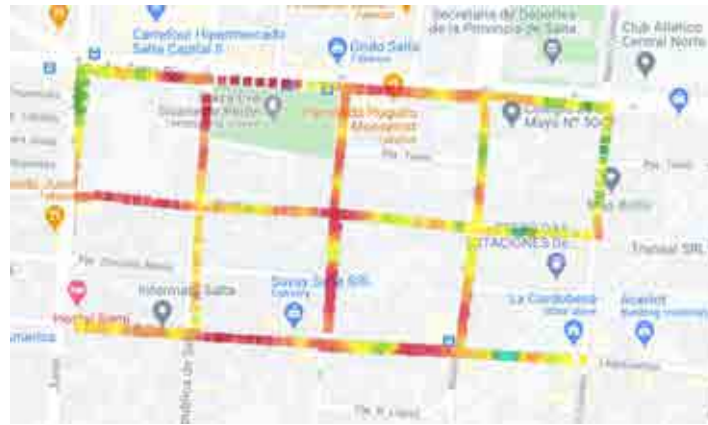


Figura 124 Sector 5 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

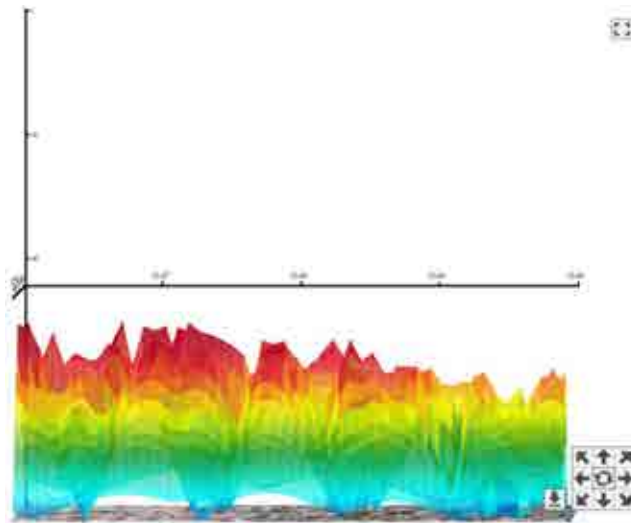


Figura 125 Sector 5 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

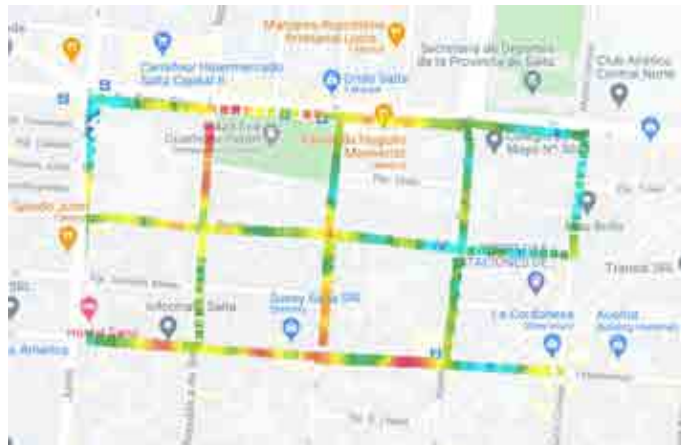


Figura 126 Sector 5 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

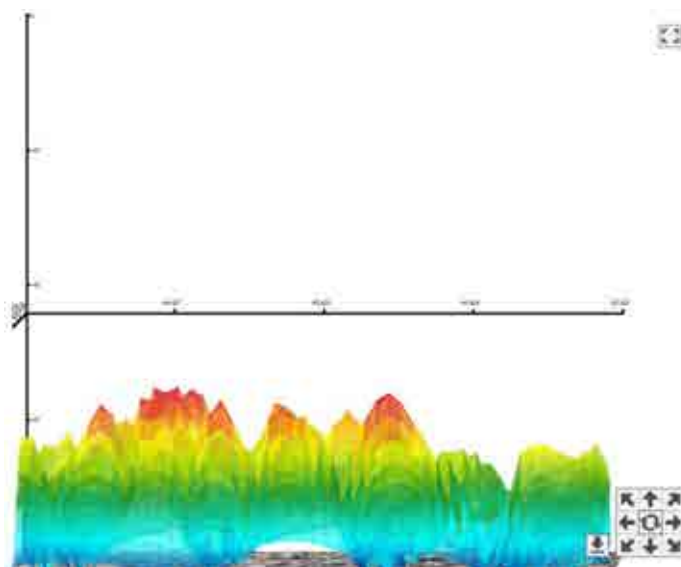


Figura 127 Sector 5 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 128 Sector 5 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 129 Sector 5 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz

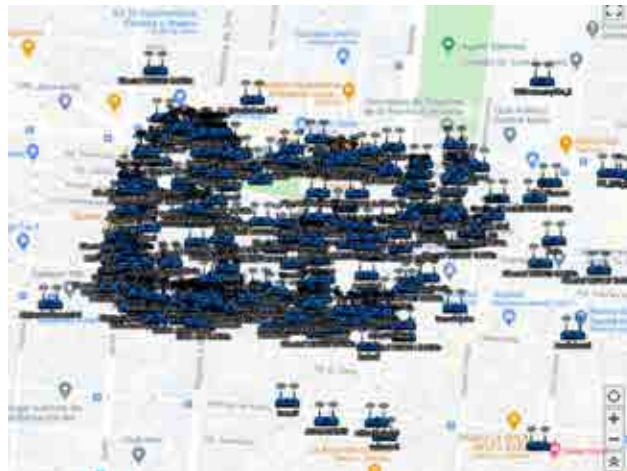


Figura 130 Sector 5 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

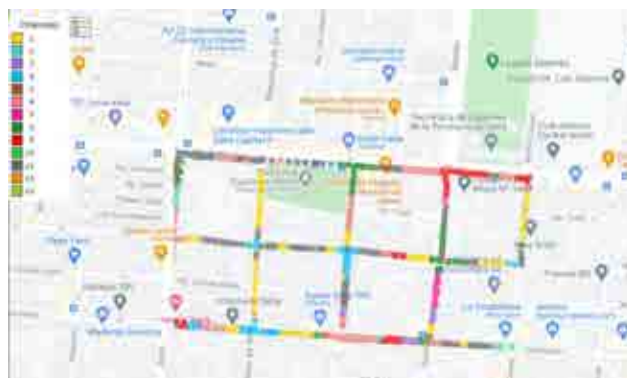


Figura 131 Sector 5 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

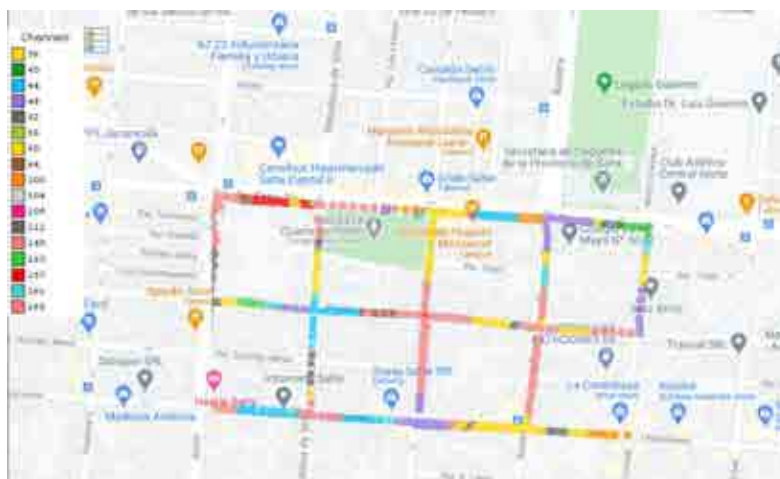


Figura 132 Sector 5 – Mapa channel coverage 5 GHz

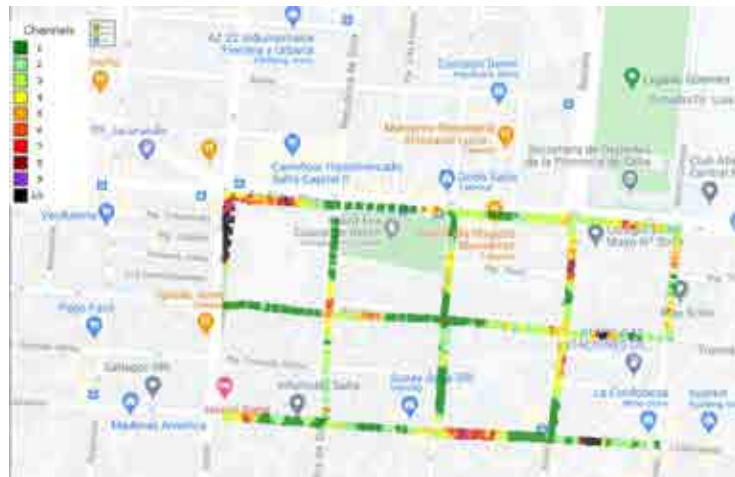


Figura 133 Sector 5 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

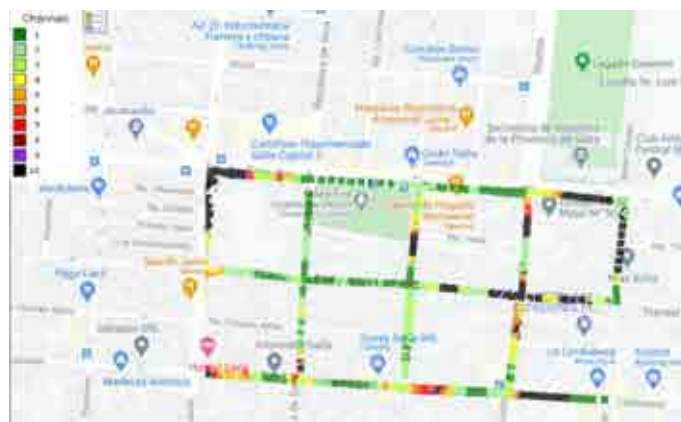


Figura 134 Sector 5 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 6 Sector 6 - Centro

Figura 135 Sector 6 – Mapa de ruta de mediciones

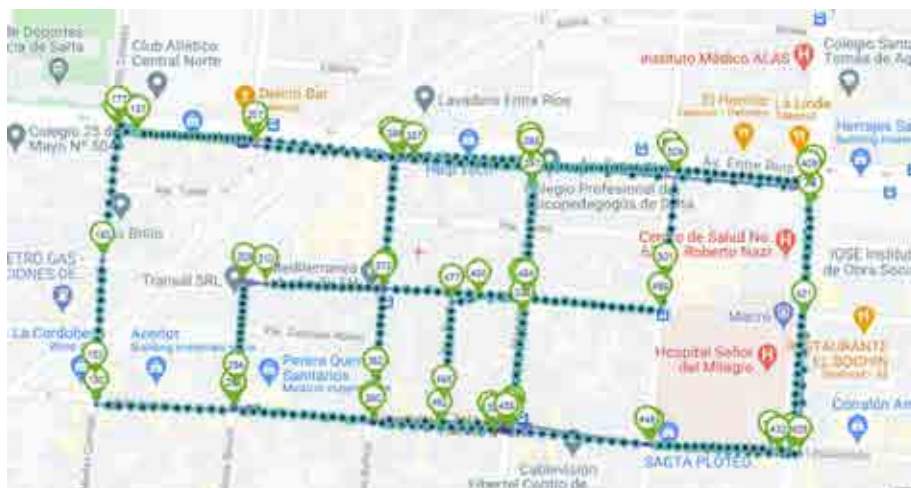


Tabla 28 Sector 6 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #6 - Centro	1249	1049	1379
Total	1249	1049	1379

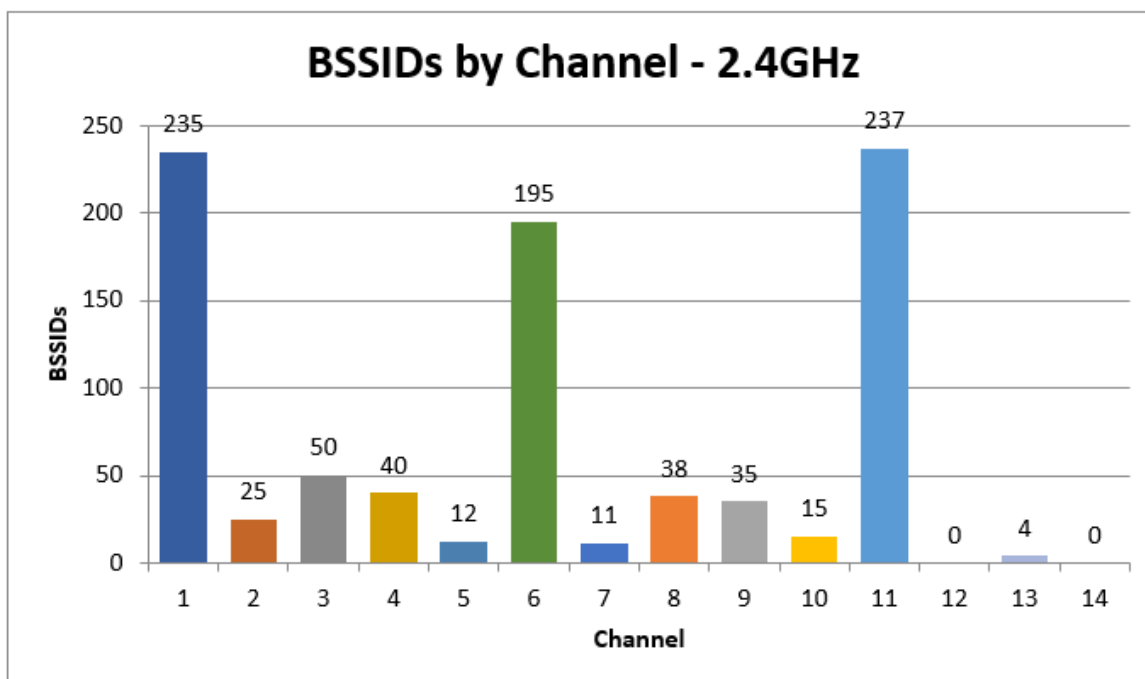


Figura 136 Sector 6 – BSSIDs 2.4 GHz

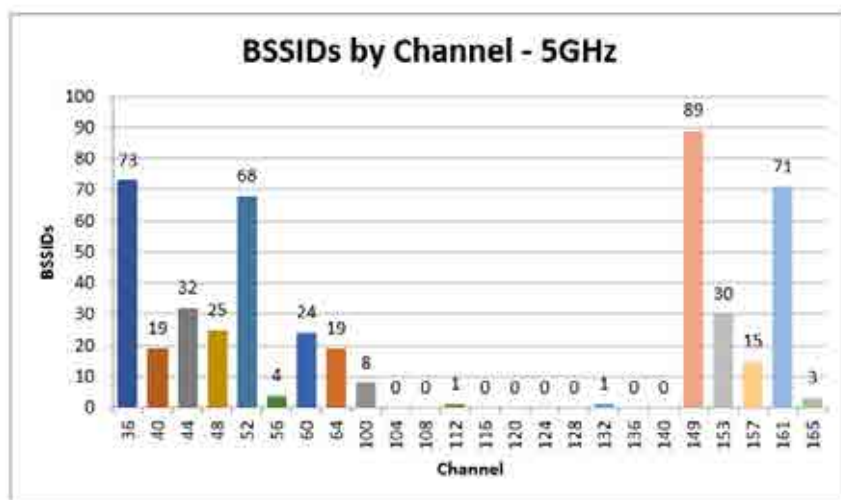


Figura 137 Sector 6 – BSSIDs 5 GHz



Figura 138 Sector 6 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

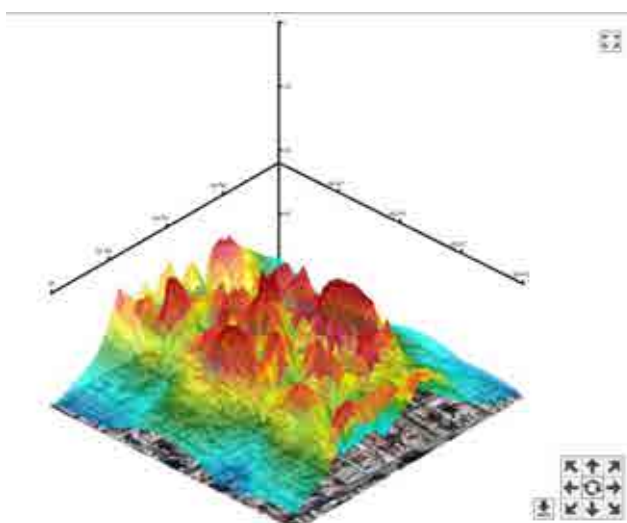


Figura 139 Sector 6 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

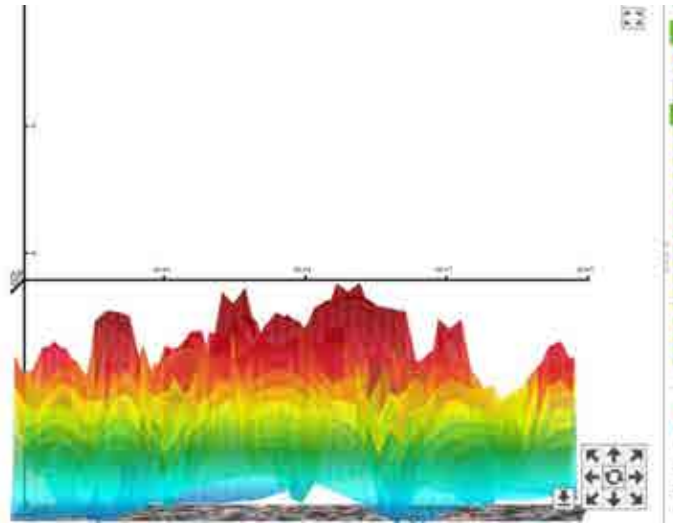


Figura 140 Sector 6 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

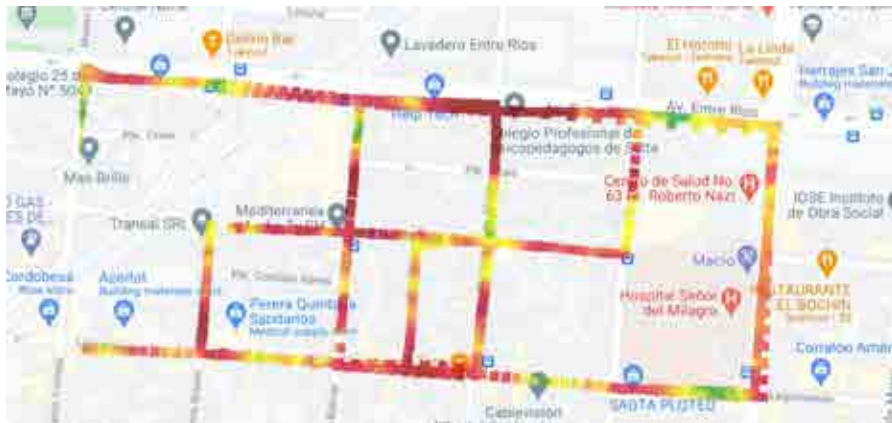


Figura 141 Sector 6 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

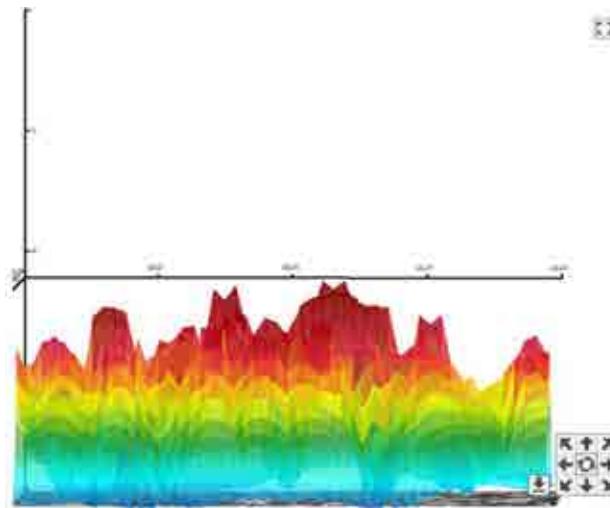


Figura 142 Sector 6 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz



Figura 143 Sector 6 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

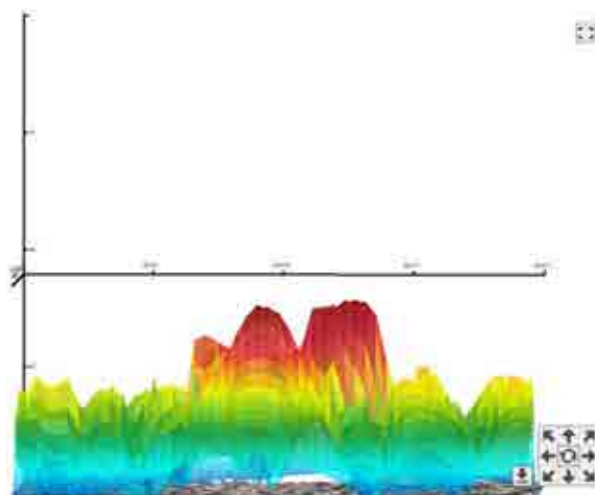


Figura 144 Sector 6 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 145 Sector 6 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 146 Sector 6 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 147 Sector 6 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

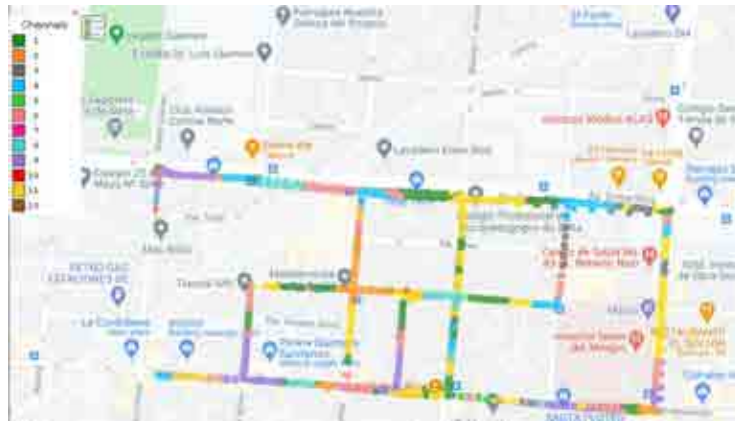


Figura 148 Sector 6 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

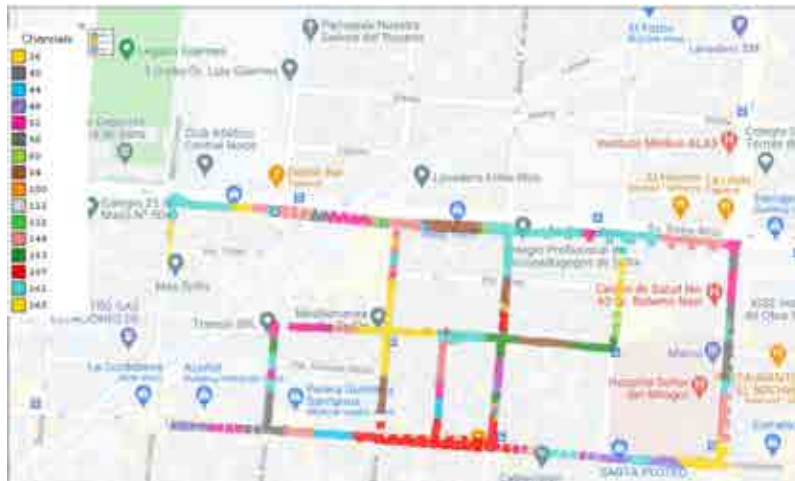


Figura 149 Sector 6 – Mapa channel coverage 5 GHz

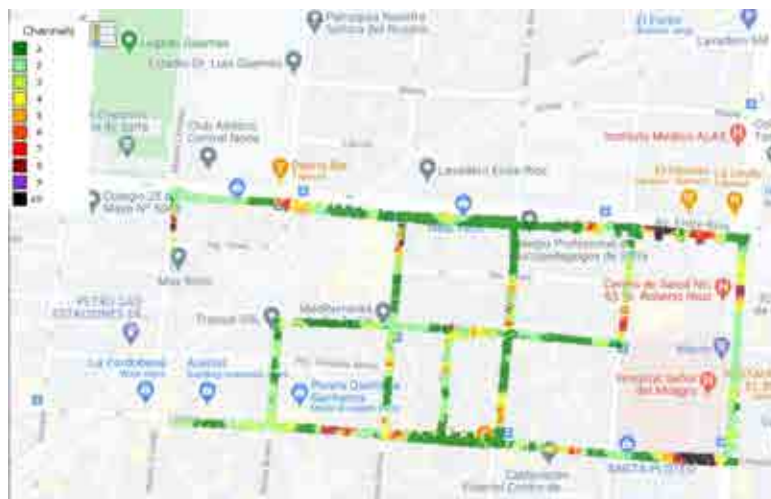


Figura 150 Sector 6 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

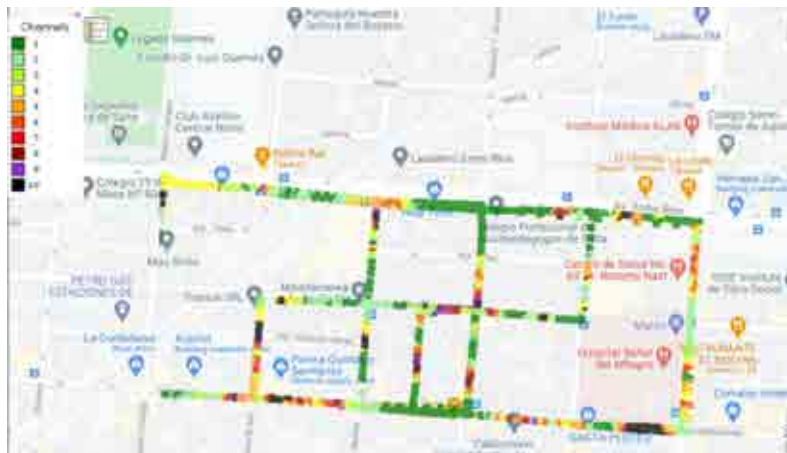


Figura 151 Sector 6 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 7 Sector 7 - Centro

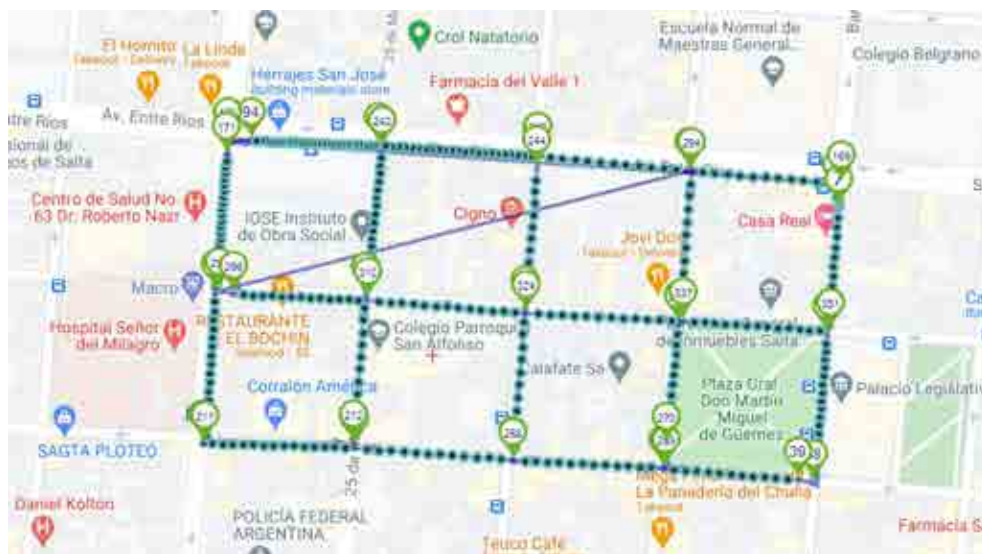


Figura 152 Sector 7 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 29 Sector 7 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #7 - Centro	1375	1177	1577
Total	1375	1177	1577

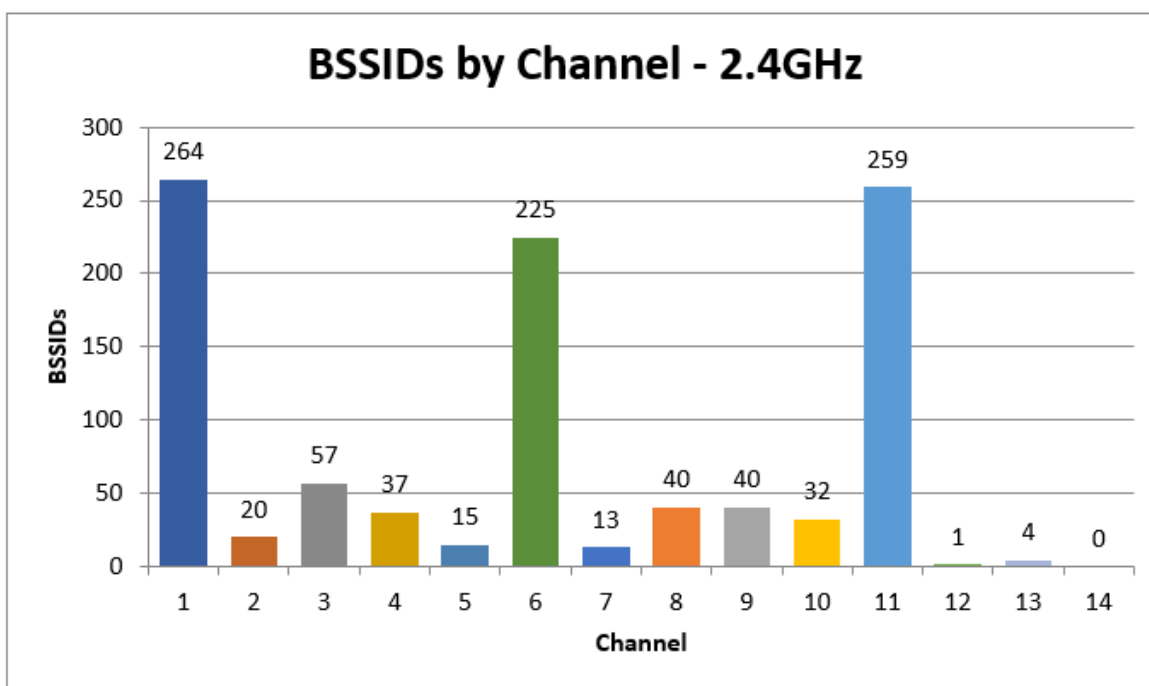


Figura 153 Sector 7 – BSSIDs 2.4 GHz

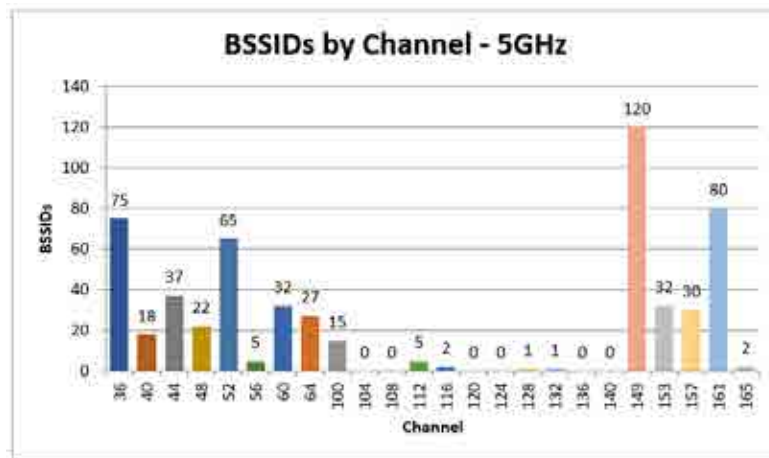


Figura 154 Sector 7 – BSSIDs 5 GHz



Figura 155 Sector 7 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

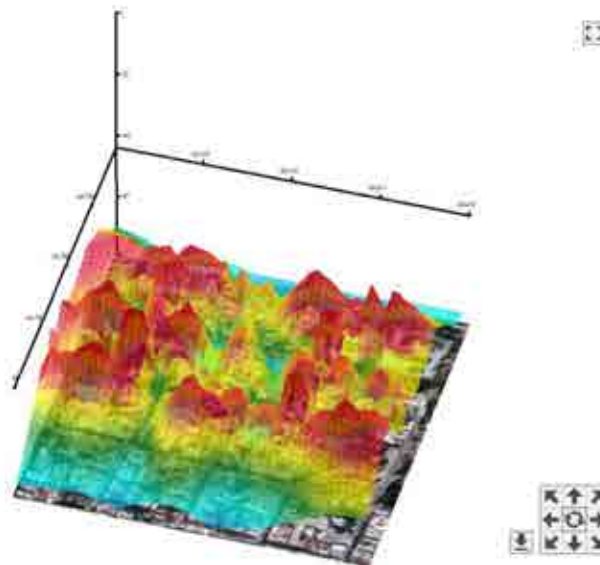


Figura 156 Sector 7 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

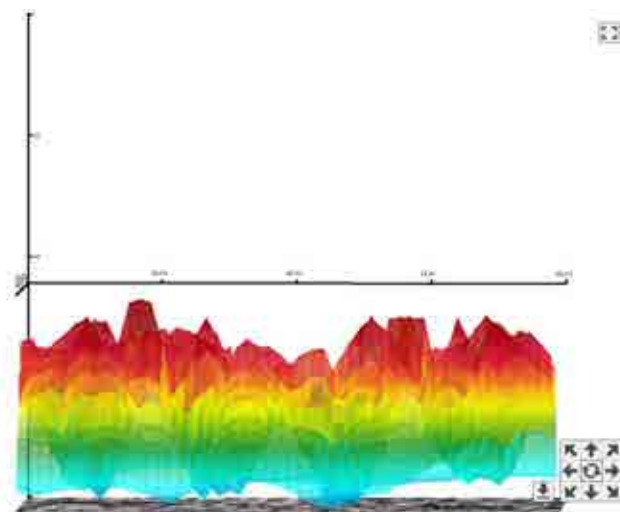


Figura 157 Sector 7 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

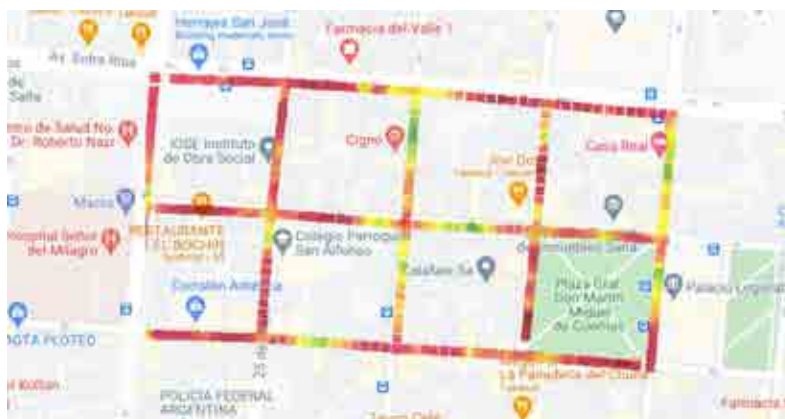


Figura 158 Sector 7 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

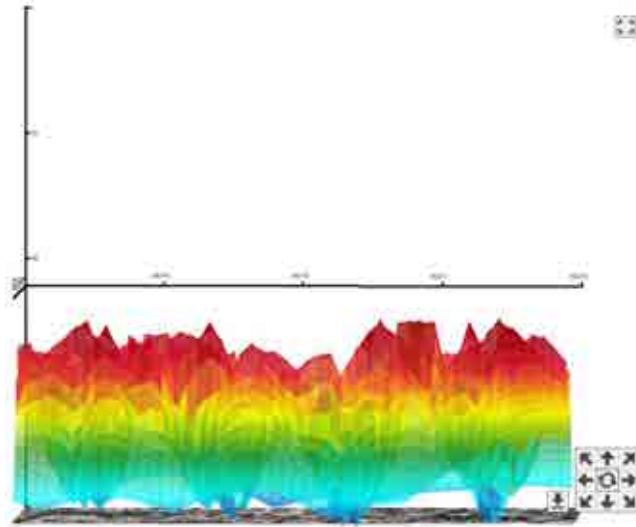


Figura 159 Sector 7 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

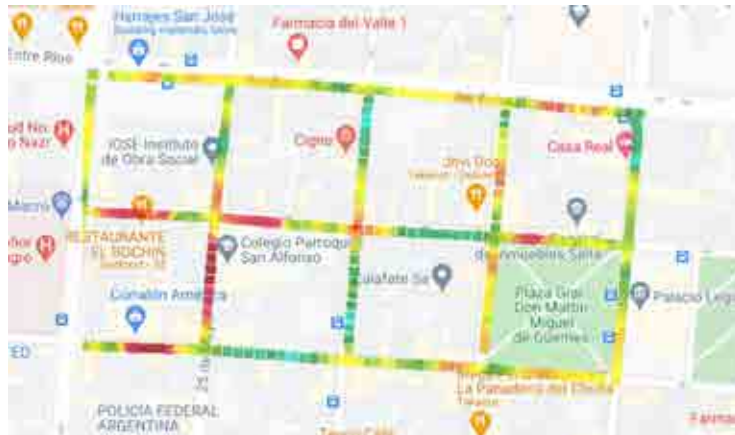


Figura 160 Sector 7 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

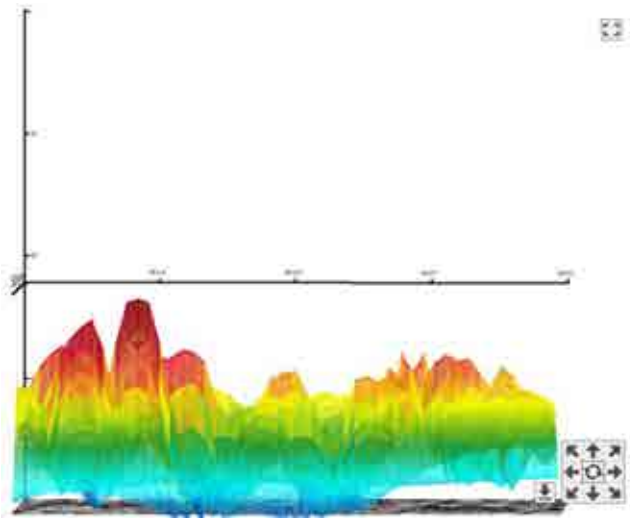


Figura 161 Sector 7 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 162 Sector 7 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 163 Sector 7 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 164 Sector 7 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

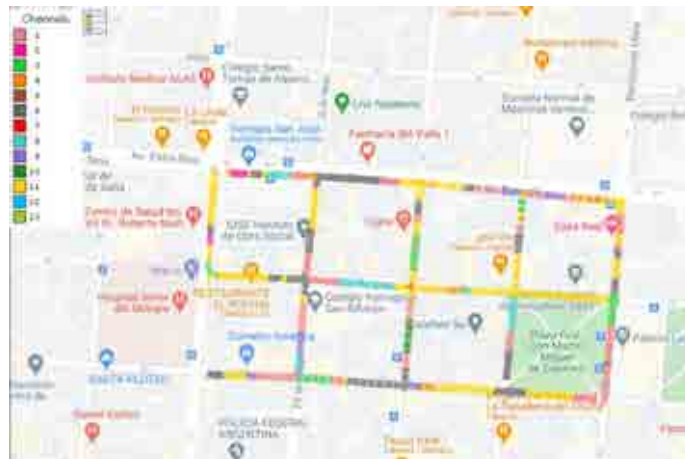


Figura 165 Sector 7 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

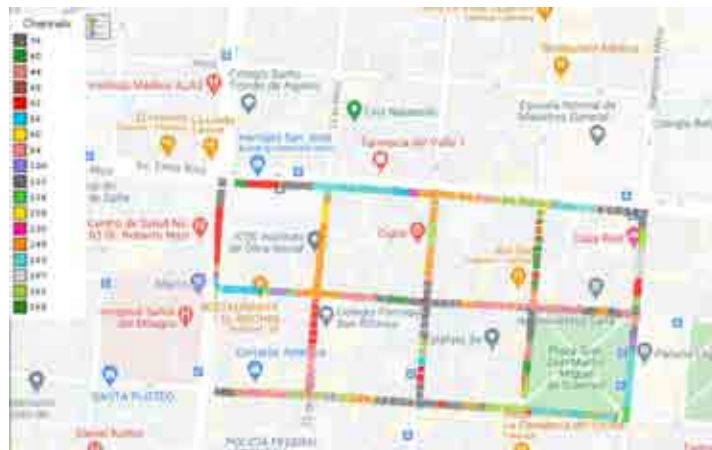


Figura 166 Sector 7 – Mapa channel coverage 5 GHz

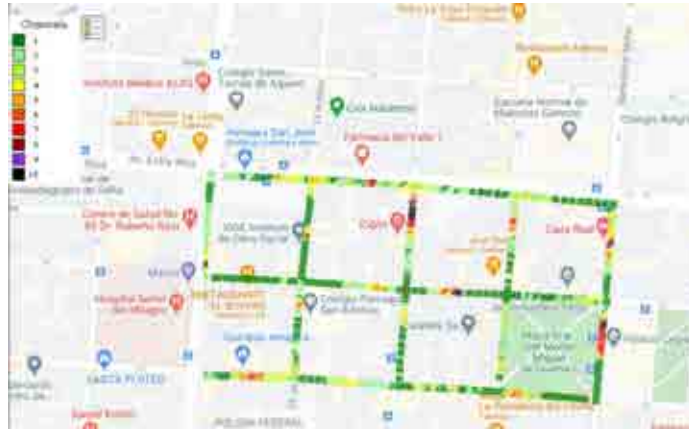


Figura 167 Sector 7 – Mapa

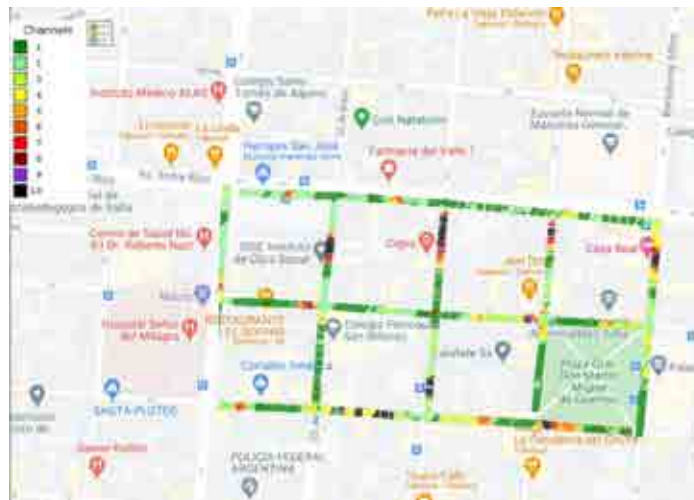


Figura 168 Sector 7 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 8 Sector 8 - Centro

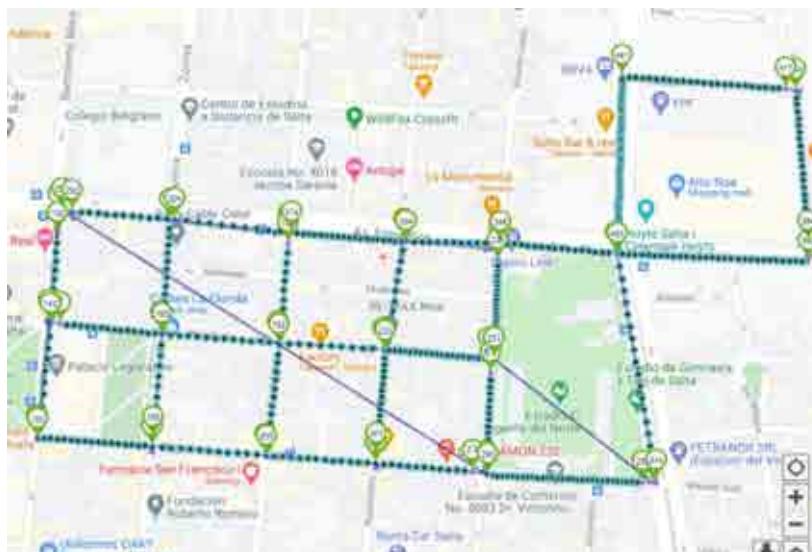


Figura 169 Sector 8 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 30 Sector 8 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #8 - Centro	1670	1537	2013
Total	1670	1537	2013

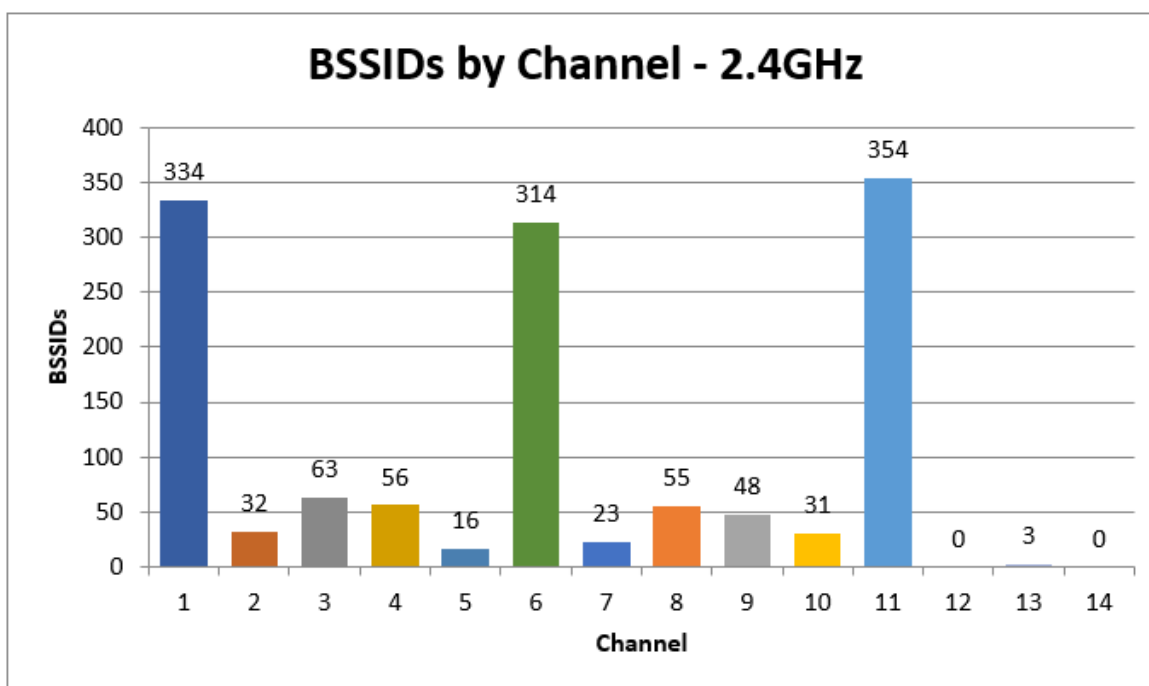


Figura 170 Sector 8 – BSSIDs 2.4 GHz

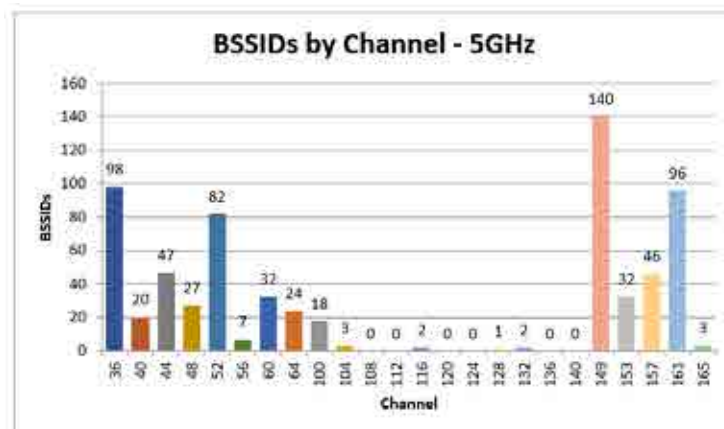


Figura 171 Sector 8 – BSSIDs 5 GHz



Figura 172 Sector 8 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

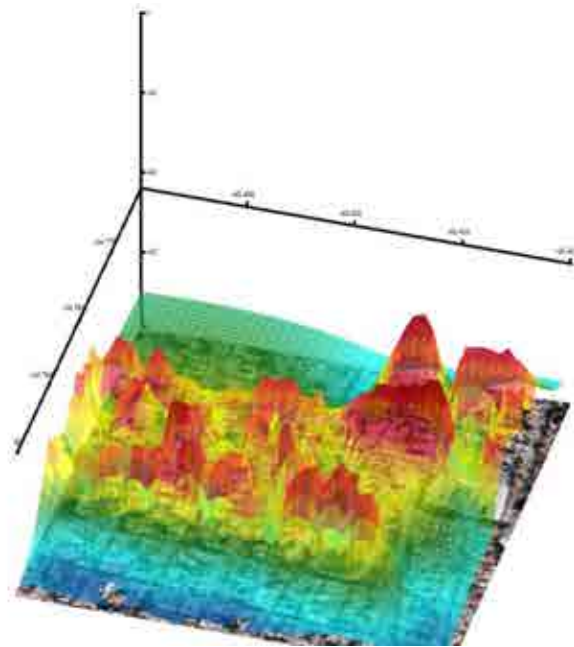


Figura 173 Sector 8 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

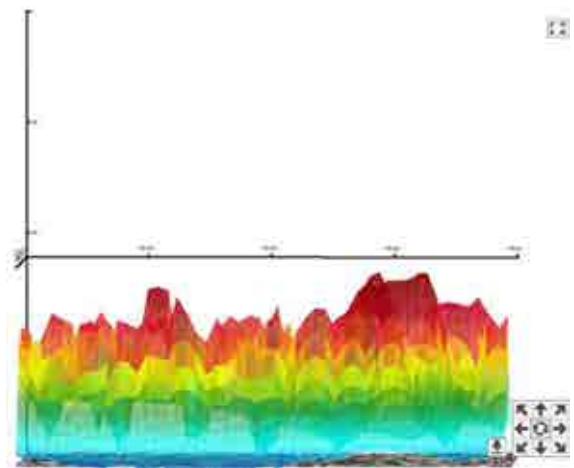


Figura 174 Sector 8 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 175 Sector 8 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

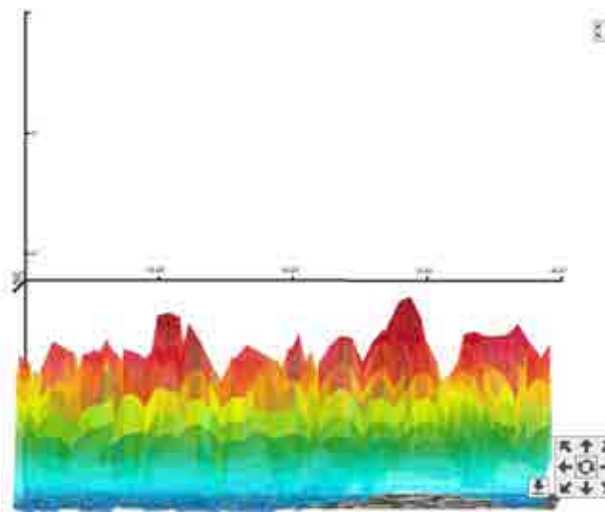


Figura 176 Sector 8 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

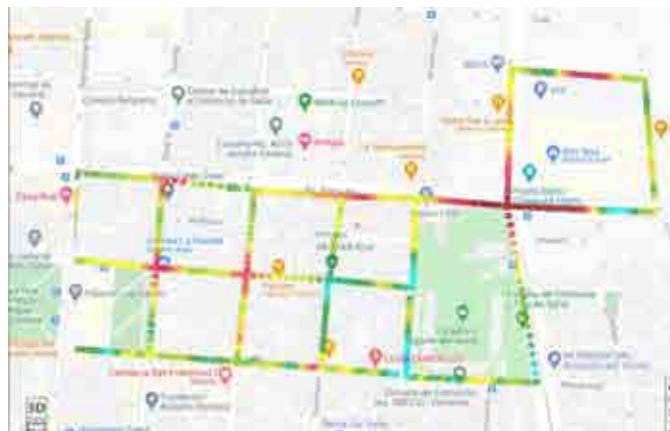


Figura 177 Sector 8 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

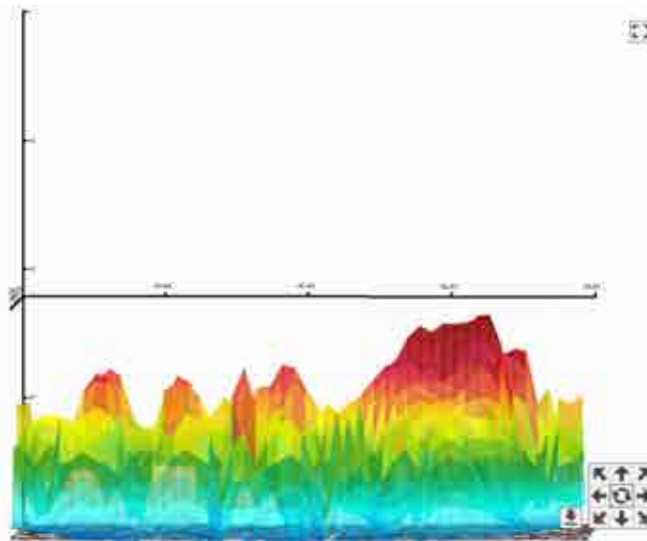


Figura 178 Sector 8 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 179 Sector 8 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 180 Sector 8 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 181 Sector 8 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

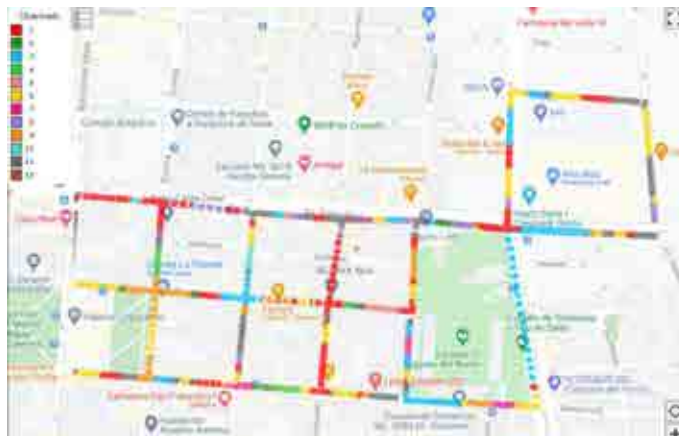


Figura 182 Sector 8 – Mapa channel coverage 2.4 GHz



Figura 183 Sector 8 – Mapa channel coverage 5 GHz



Figura 184 Sector 8 – Mapa

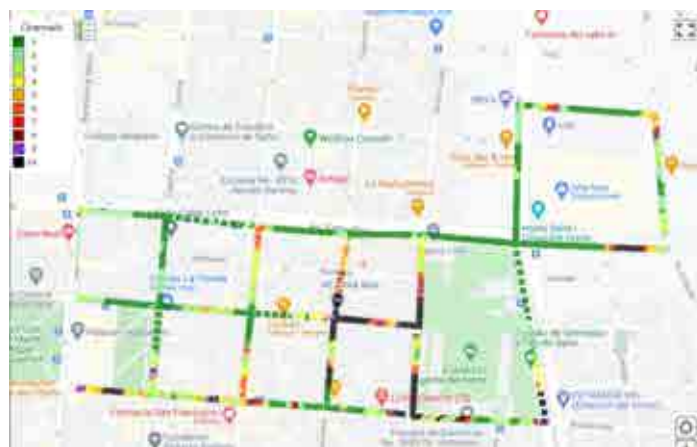


Figura 185 Sector 8 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 9 Sector 9 - Centro

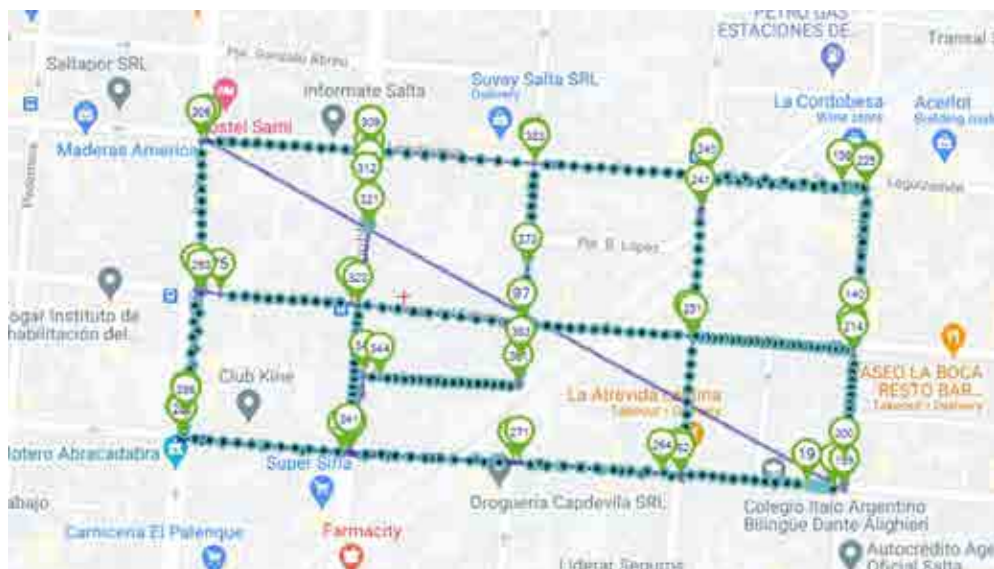


Figura 186 Sector 9 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 31 Sector 9 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #9 - Centro	1086	900	1217
Total	1086	900	1217

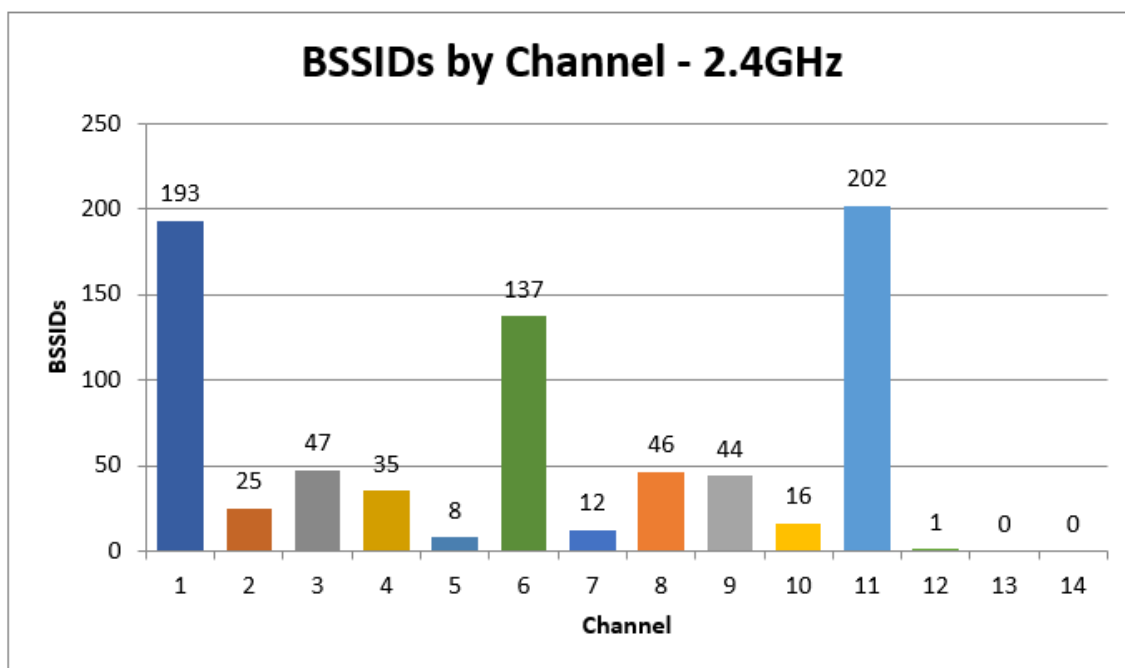


Figura 187 Sector 9 – BSSIDs 2.4 GHz

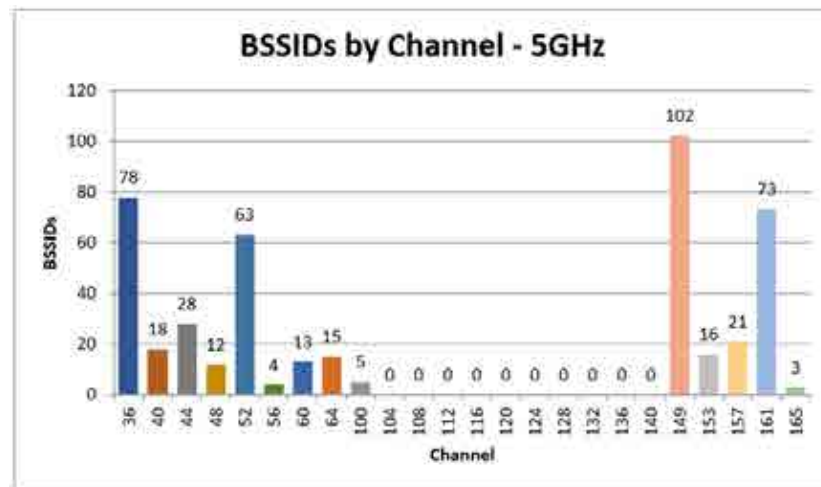


Figura 188 Sector 9 – BSSIDs 5 GHz



Figura 189 Sector 9 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

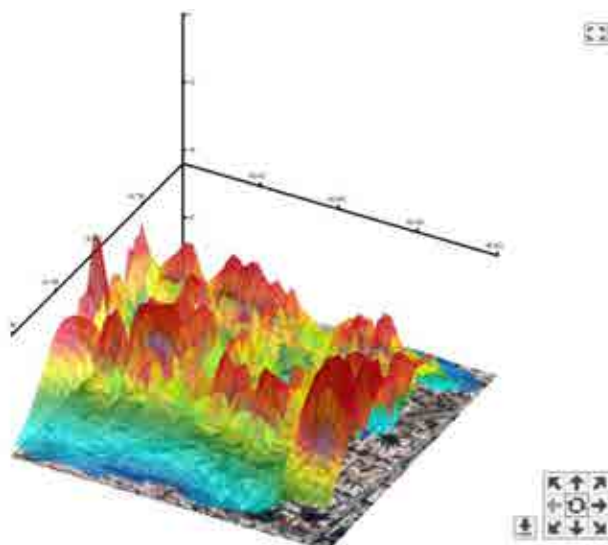


Figura 190 Sector 9 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

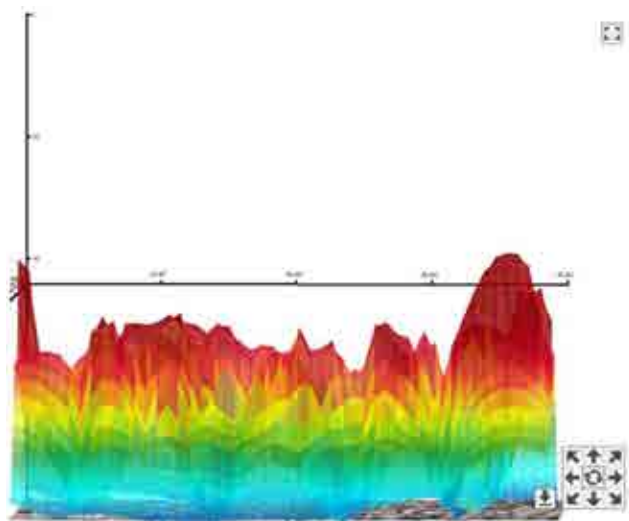


Figura 191 Sector 9 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

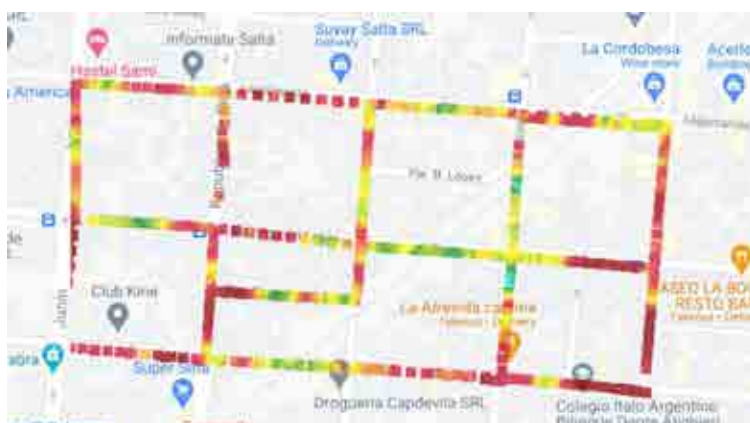


Figura 192 Sector 9 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

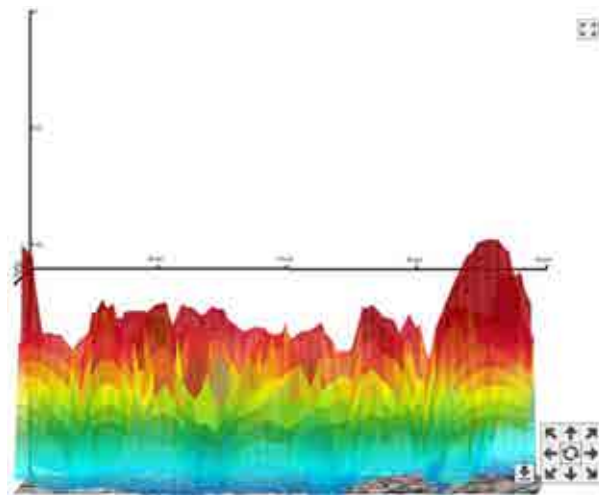


Figura 193 Sector 9 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

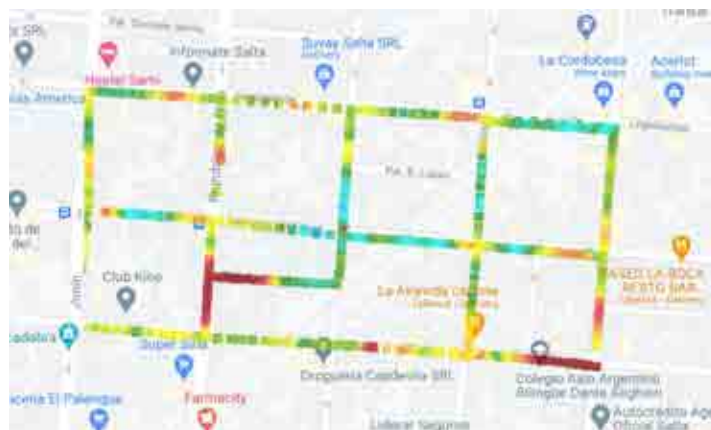


Figura 194 Sector 9 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

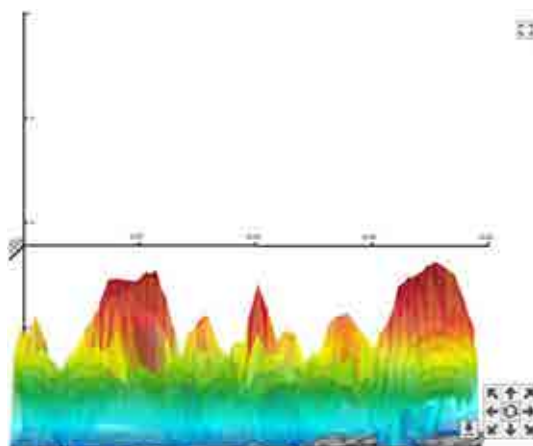


Figura 195 Sector 9 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 196 Sector 9 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 197 Sector 9 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz

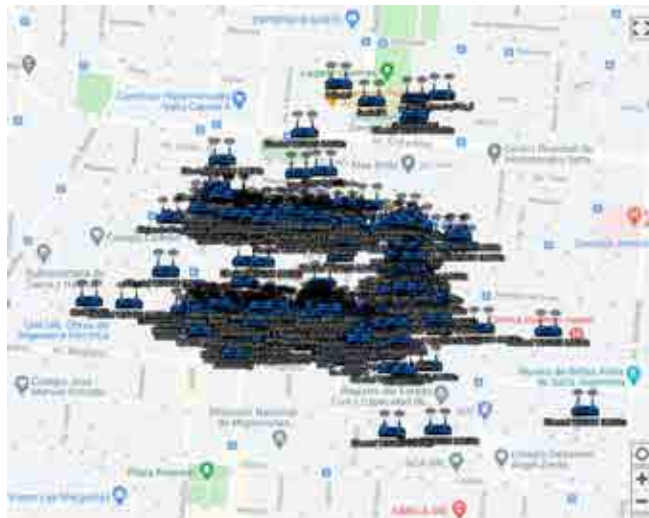


Figura 198 Sector 9 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

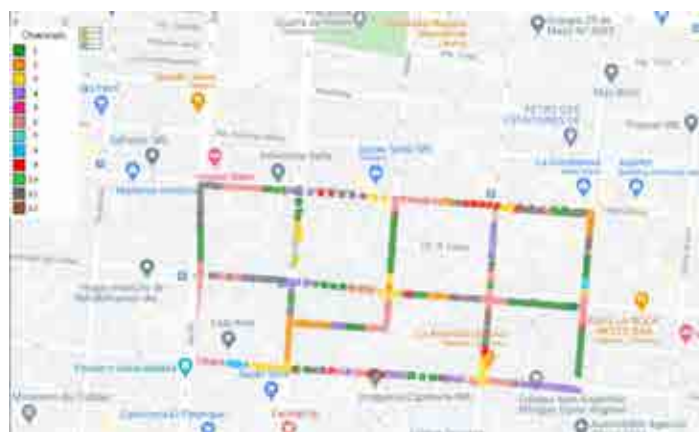


Figura 199 Sector 9 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

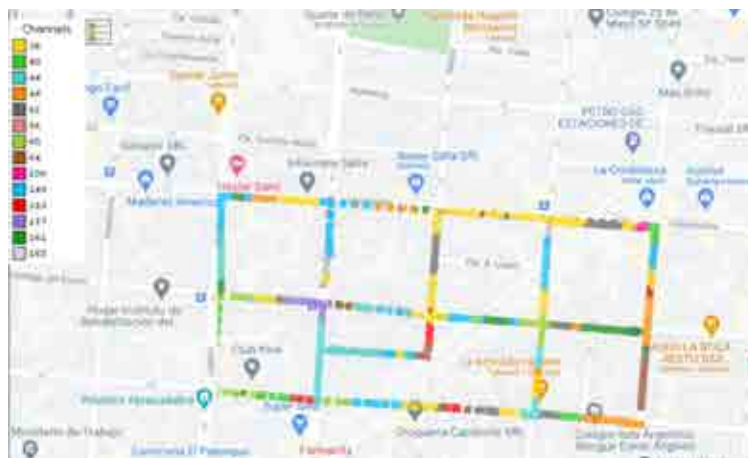


Figura 200 Sector 9 – Mapa channel coverage 5 GHz

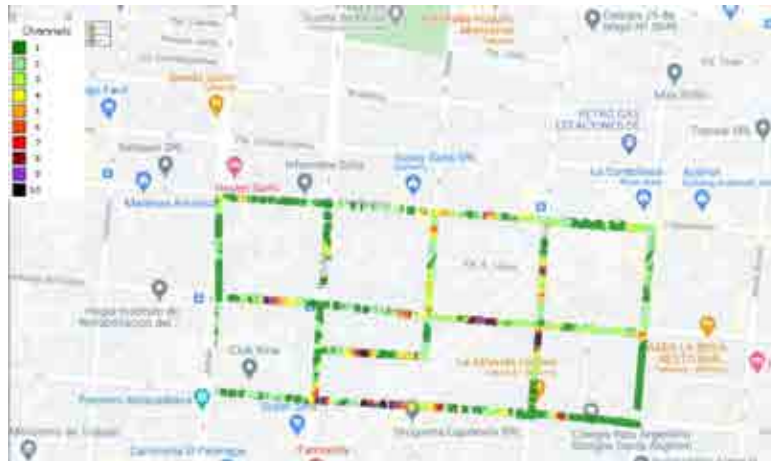


Figura 201 Sector 9 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

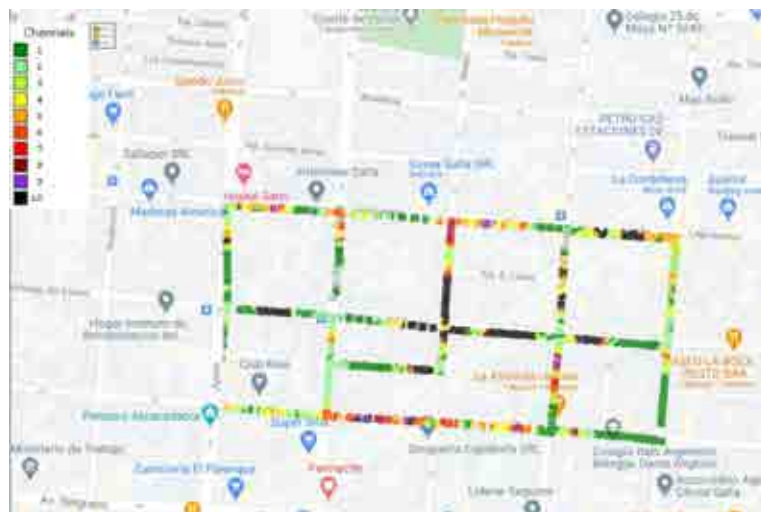


Figura 202 Sector 9 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Sector 10 Sector 10 - Centro

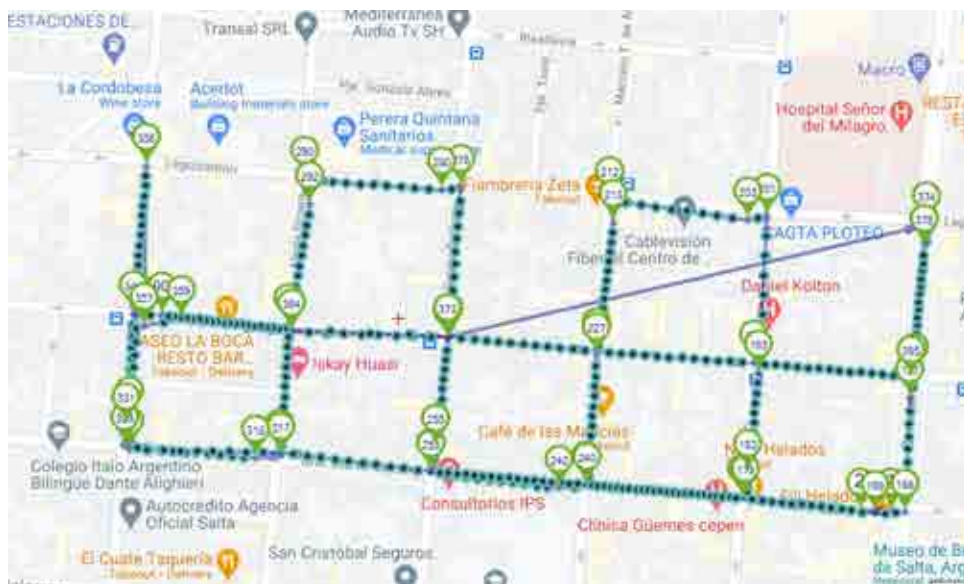


Figura 203 Sector 10 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 32 Sector 10 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #10 - Centro	1621	1335	1797
Total	1621	1335	1797

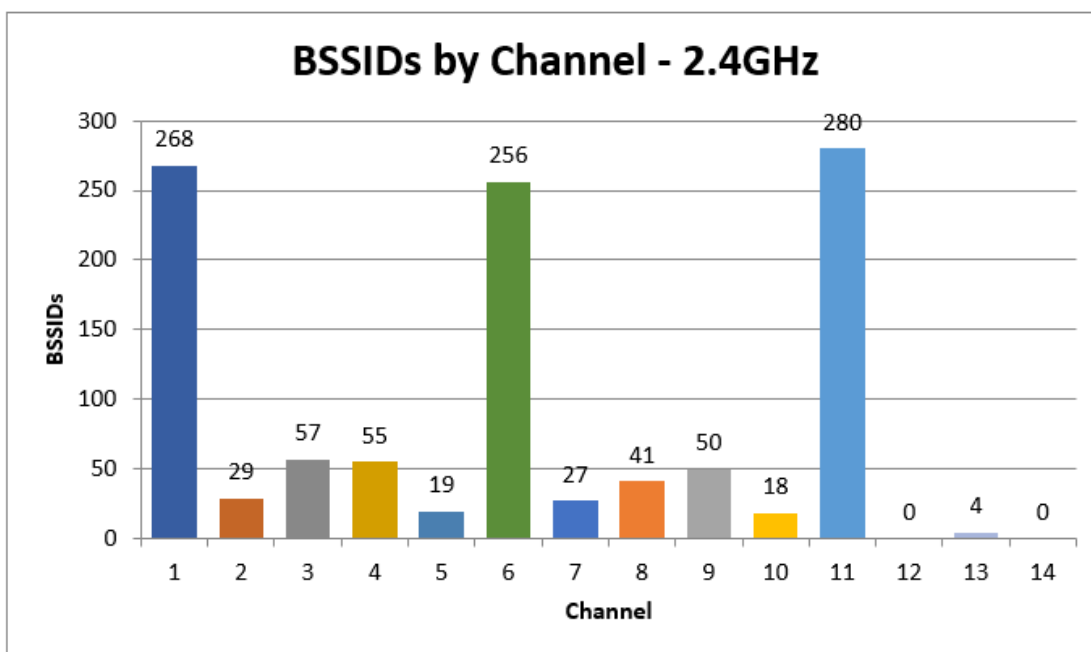


Figura 204 Sector 10 – BSSIDs 2.4 GHz

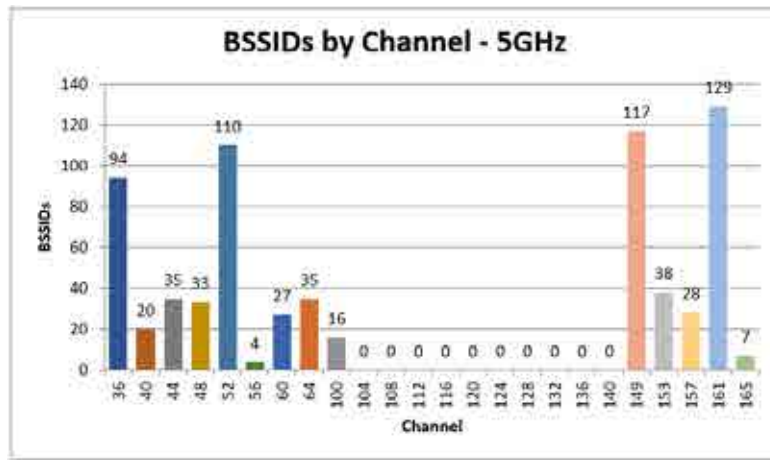


Figura 205 Sector 10 – BSSIDs 5 GHz



Figura 206 Sector 10 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

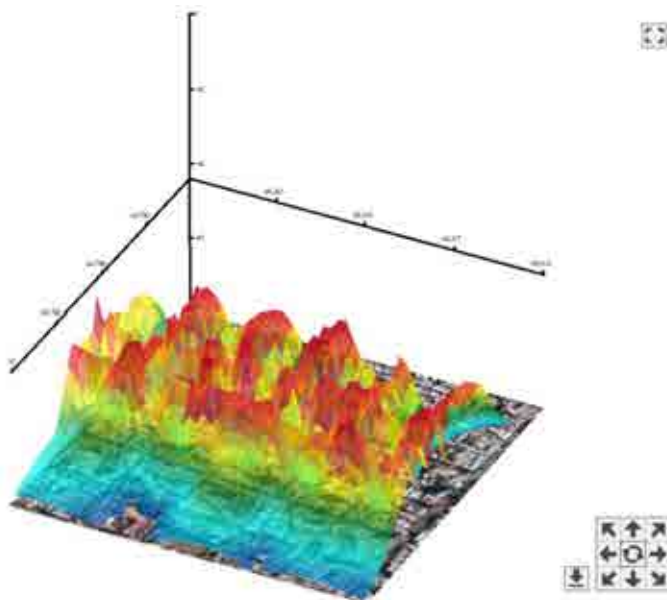


Figura 207 Sector 10 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

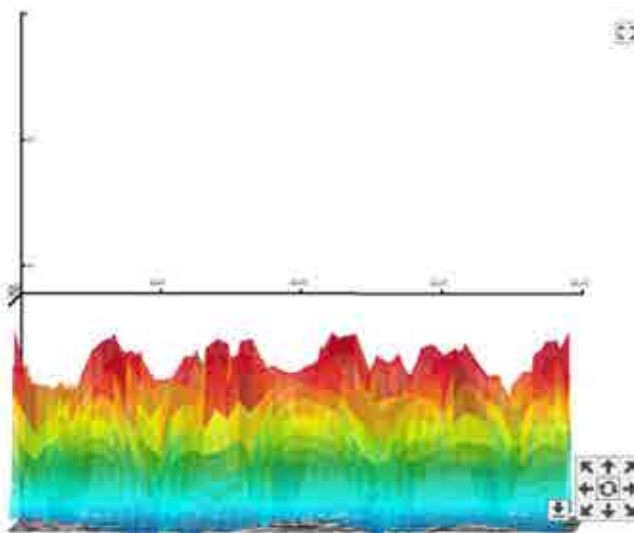


Figura 208 Sector 10 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

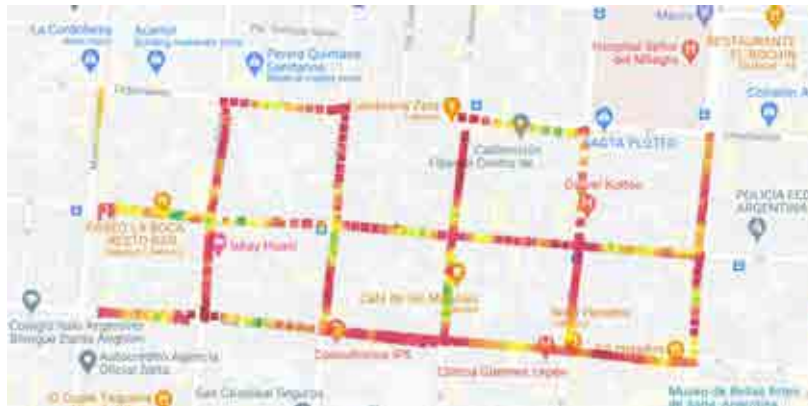


Figura 209 Sector 10 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

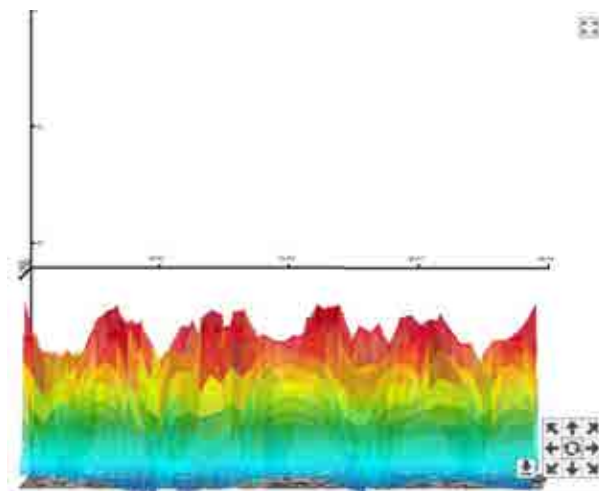


Figura 210 Sector 10 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

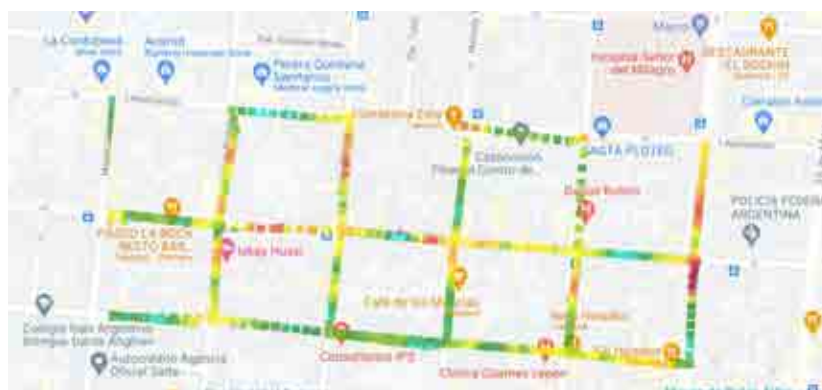


Figura 211 Sector 10 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

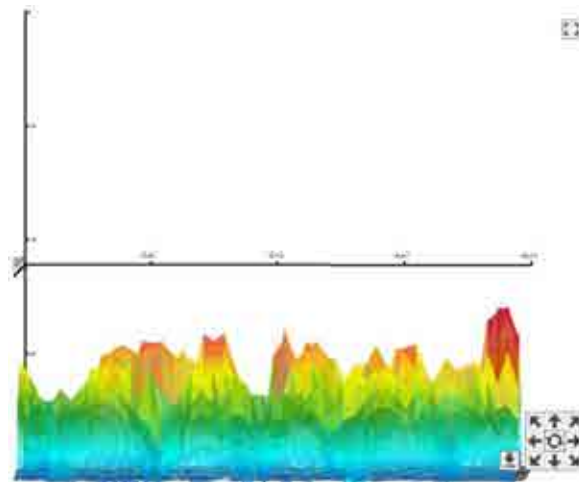


Figura 212 Sector 10 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 213 Sector 10 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 214 Sector 10 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 215 Sector 10 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

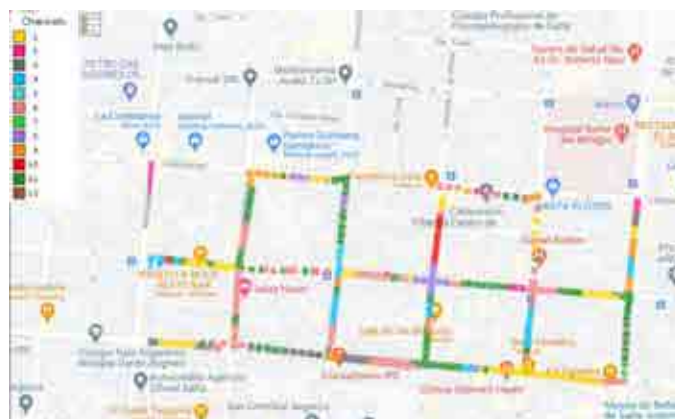


Figura 216 Sector 10 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

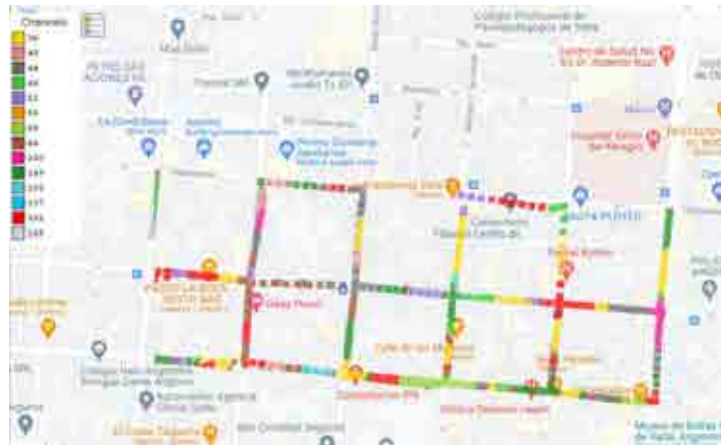


Figura 217 Sector 10 – Mapa channel coverage 5 GHz

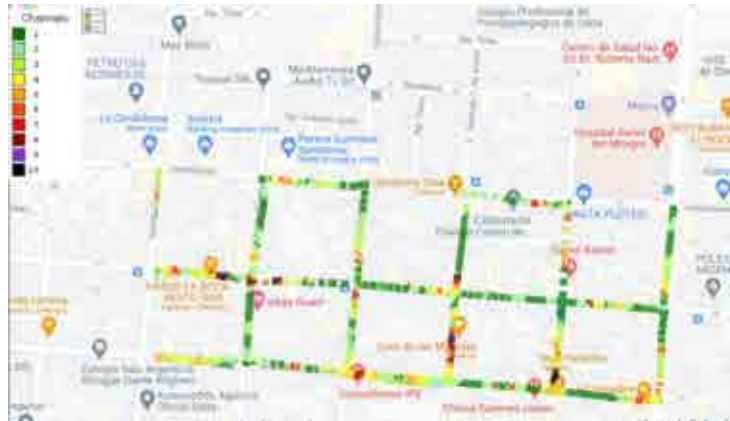


Figura 218 Sector 10 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

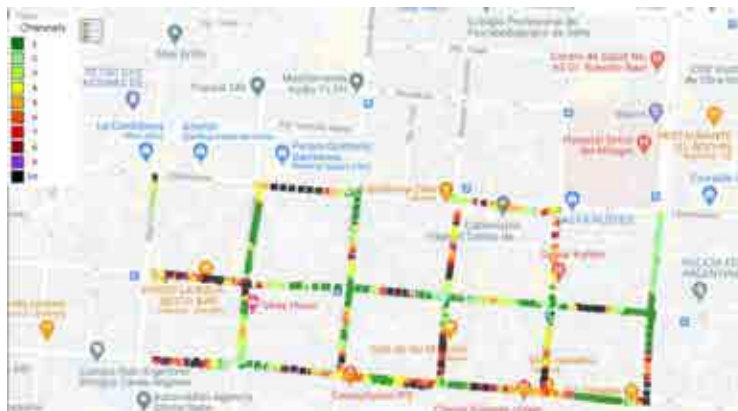


Figura 219 Sector 10 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

Anexo 11 Sector 11 - Centro

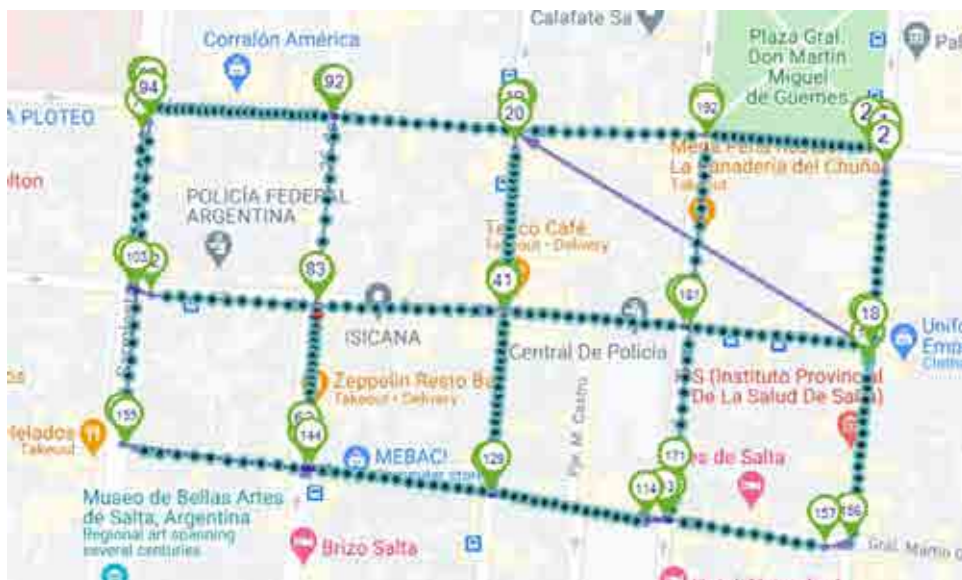


Figura 220 Sector 11 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 33 Sector 11 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #11 - Centro	1577	1403	1807
Total	1577	1403	1807

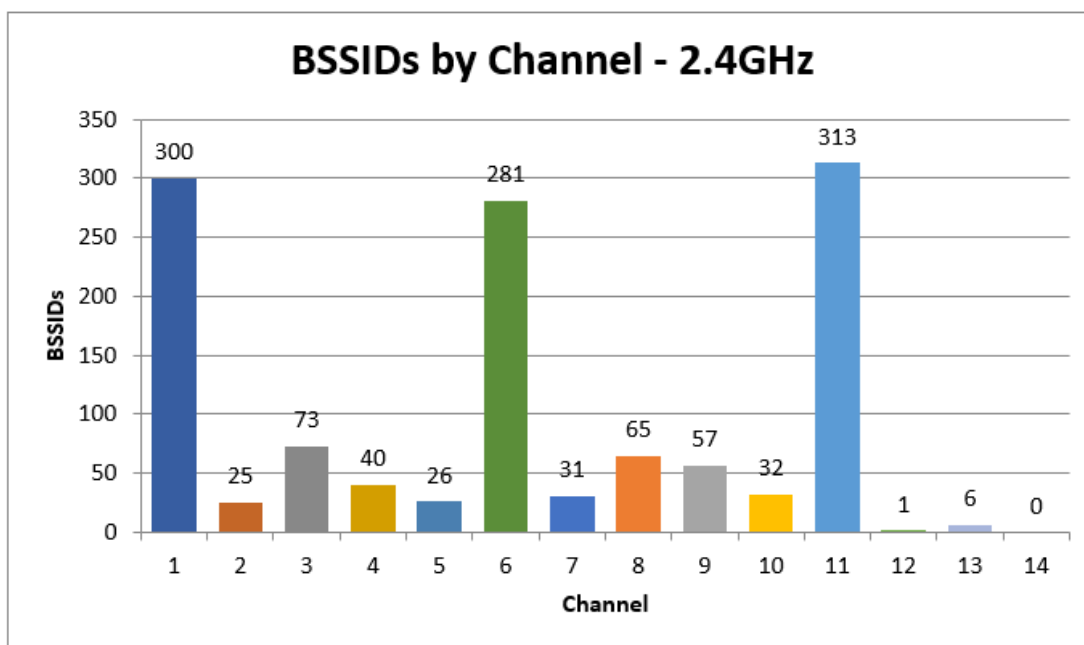


Figura 221 Sector 11 – BSSIDs 2.4 GHz

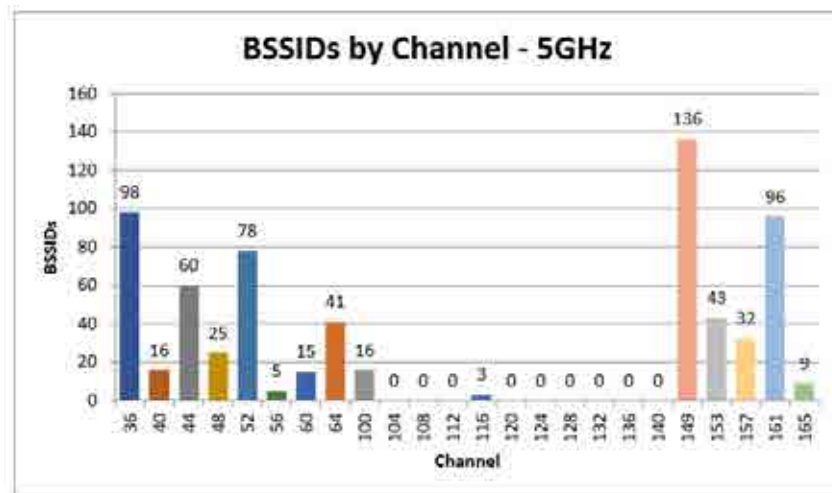


Figura 222 Sector 11 – BSSIDs 5 GHz



Figura 223 Sector 11 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

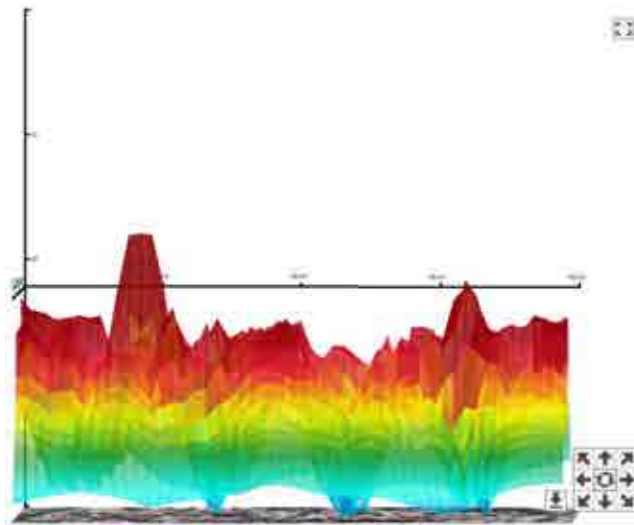


Figura 224 Sector 11 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

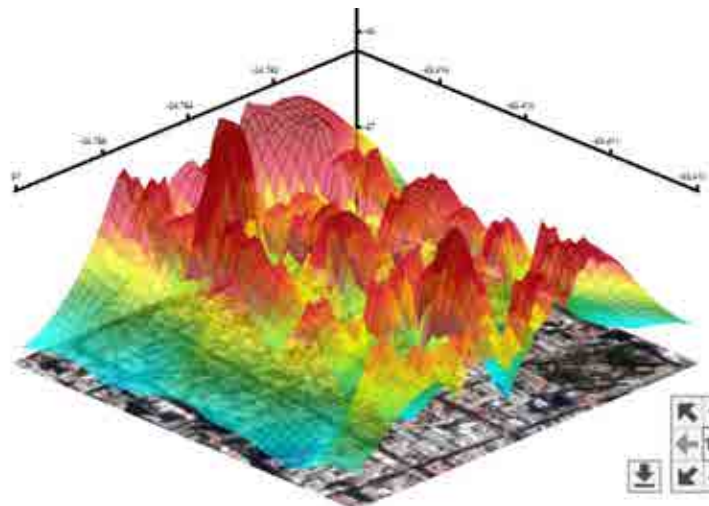


Figura 225 Sector 11 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

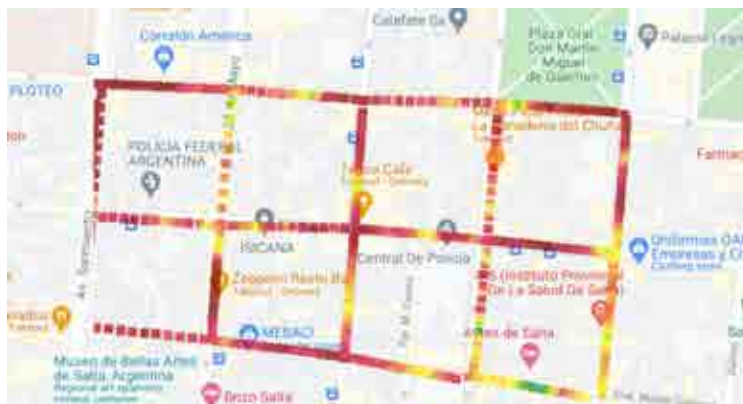


Figura 226 Sector 11 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

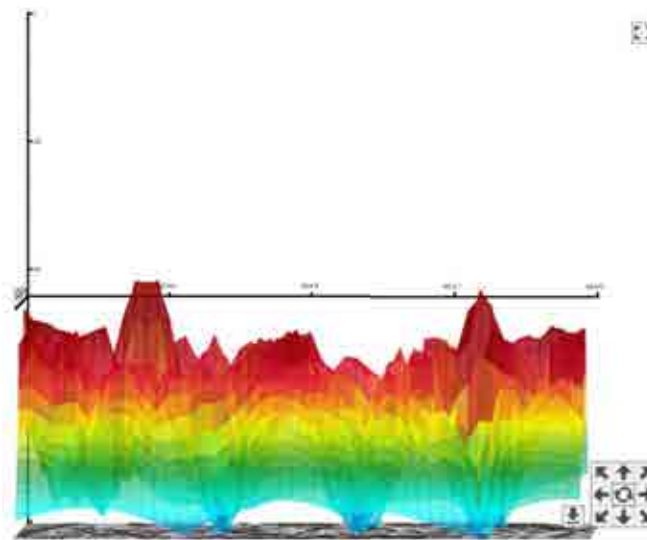


Figura 227 Sector 11 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

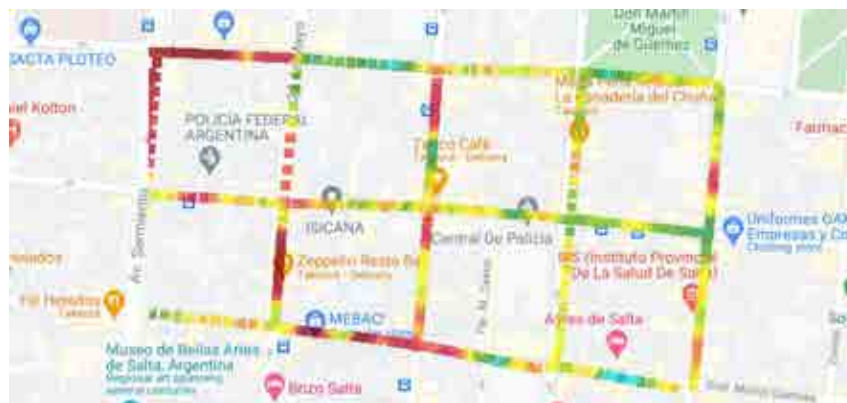


Figura 228 Sector 11 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

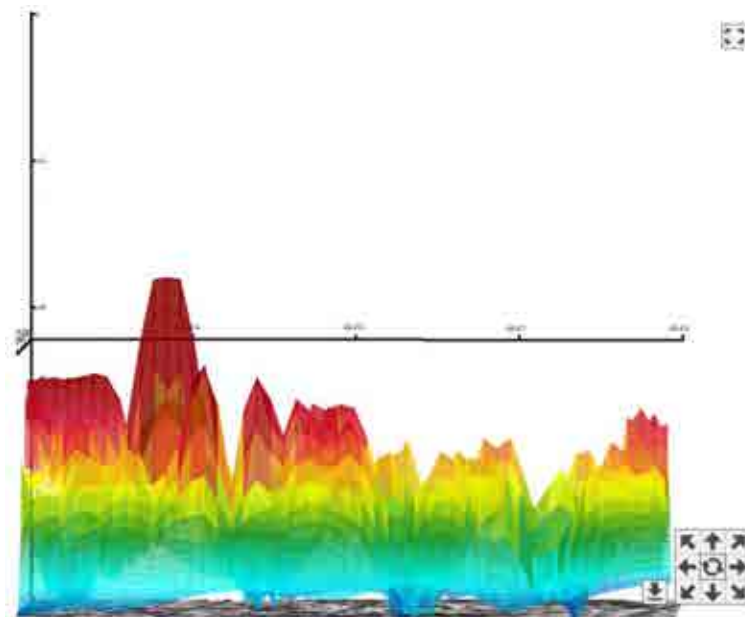


Figura 229 Sector 11 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 230 Sector 11 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 231 Sector 11 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 232 Sector 11 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

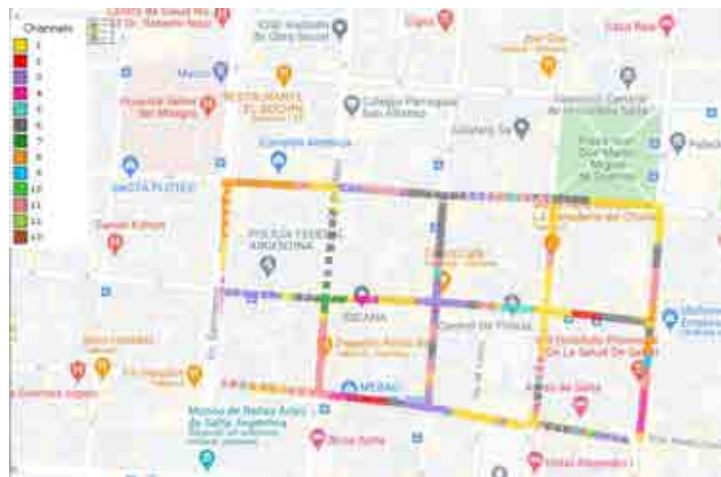


Figura 233 Sector 11 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

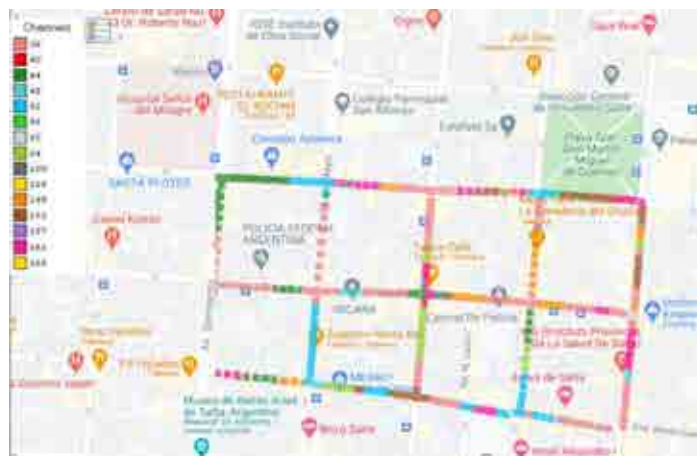


Figura 234 Sector 11 – Mapa channel coverage 5 GHz

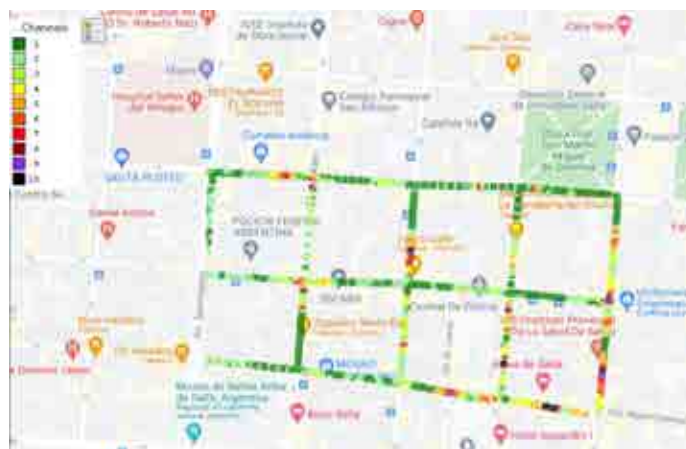


Figura 235 Sector 11 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

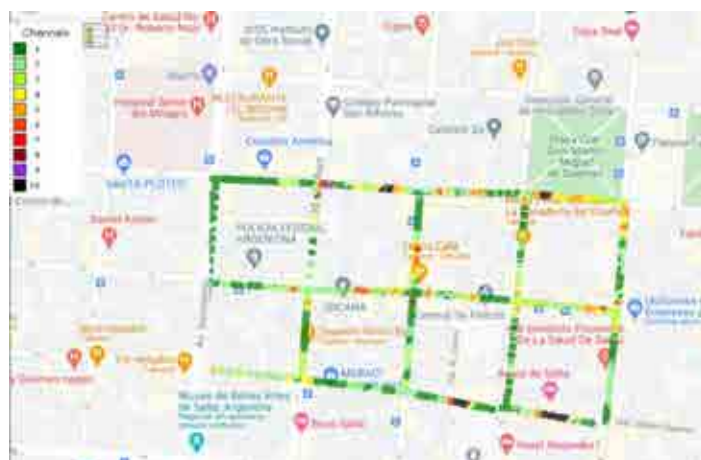


Figura 236 Sector 11 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 12 Sector 12 - Centro

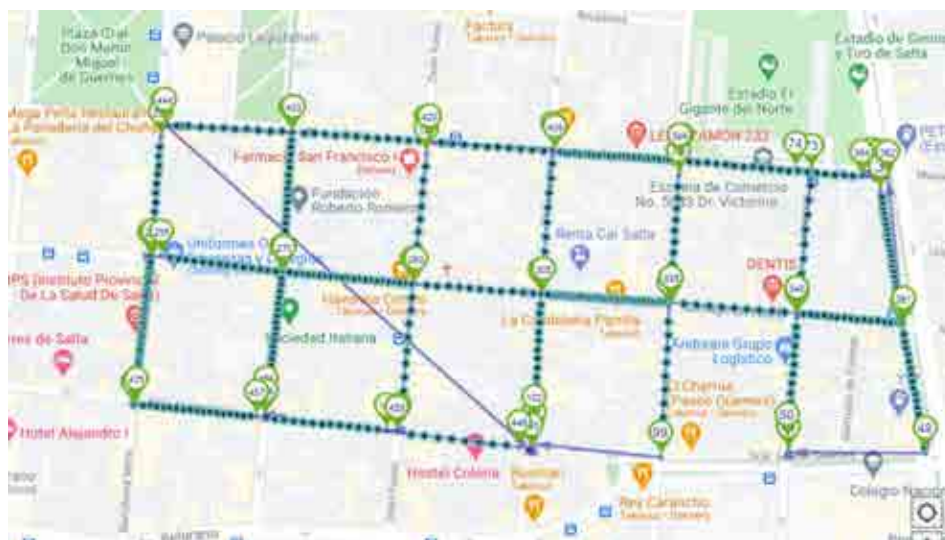


Figura 237 Sector 12 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 34 Sector 12 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #12 - Centro	1971	1834	2353
Total	1971	1834	2353

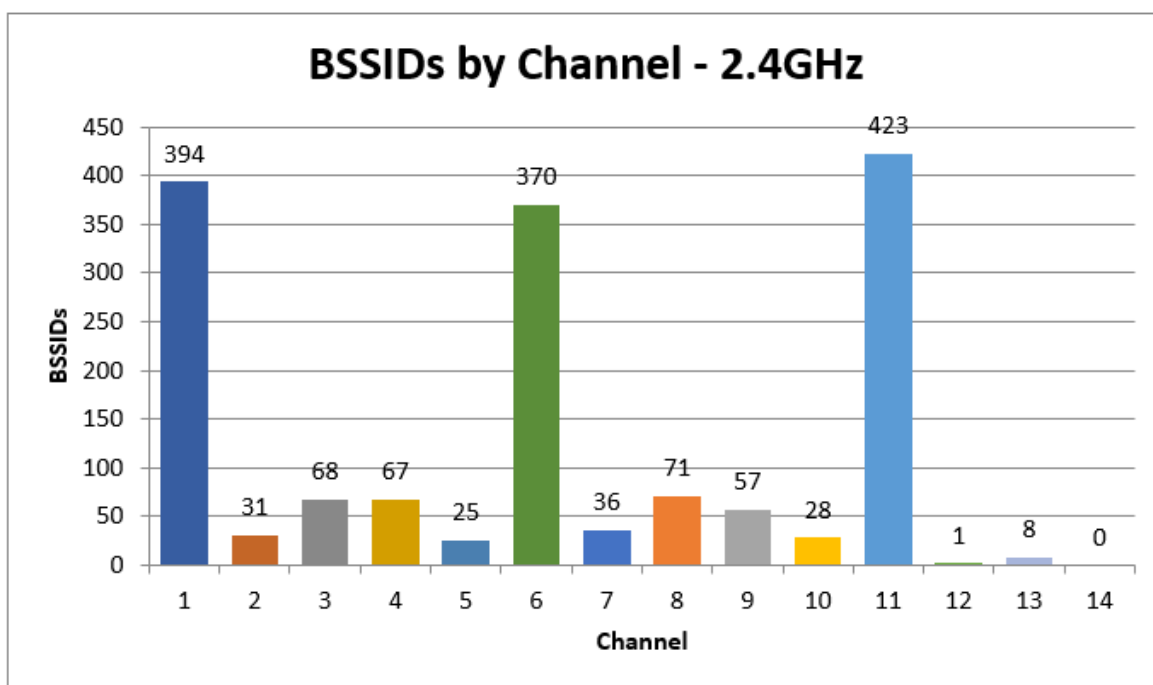


Figura 238 Sector 12 – BSSIDs 2.4 GHz

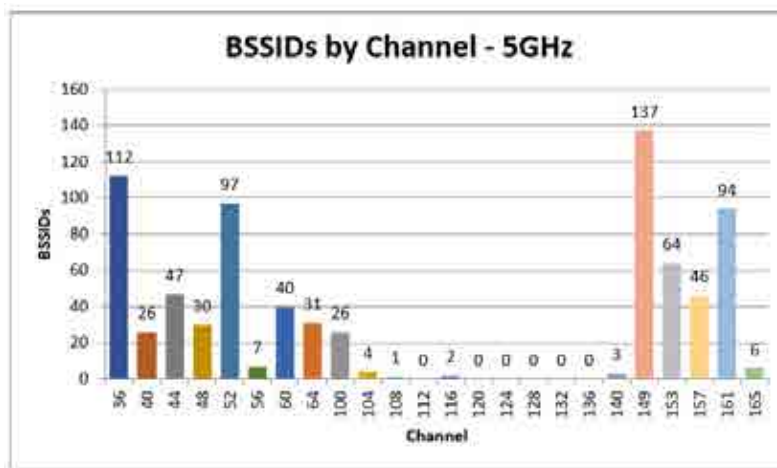


Figura 239 Sector 12 – BSSIDs 5 GHz

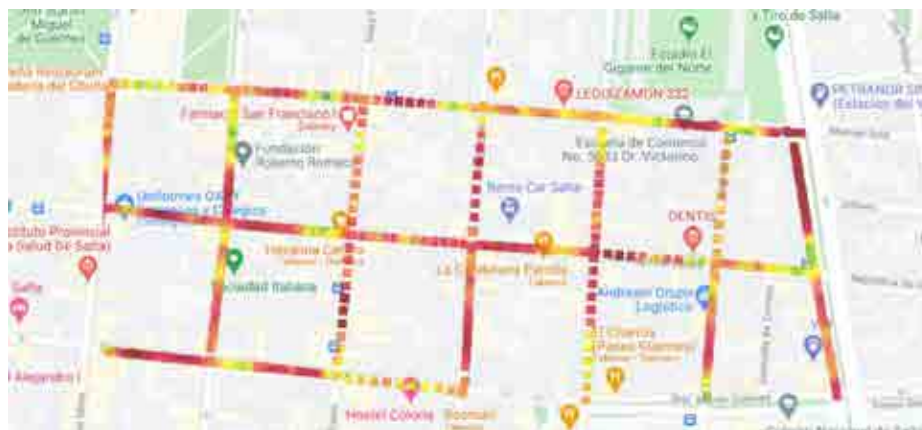


Figura 240 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

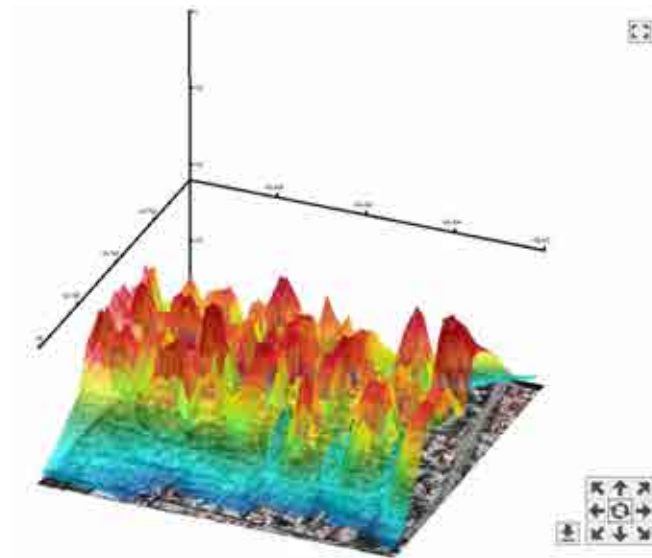


Figura 241 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

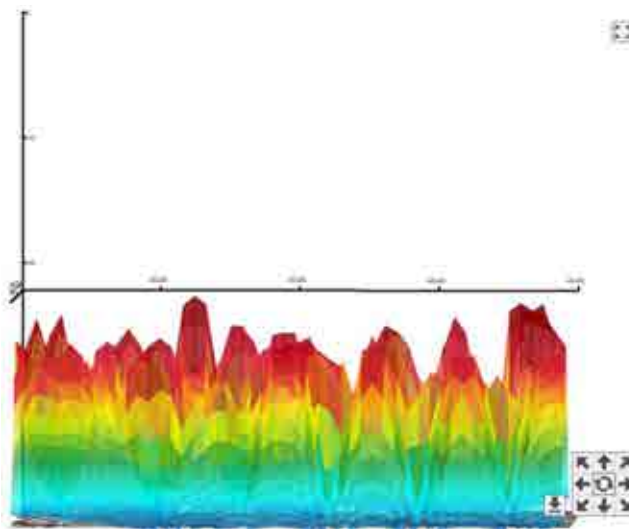


Figura 242 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 243 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

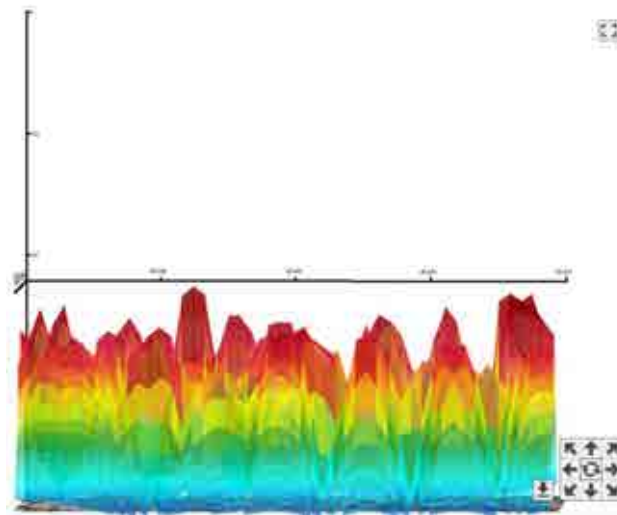


Figura 244 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

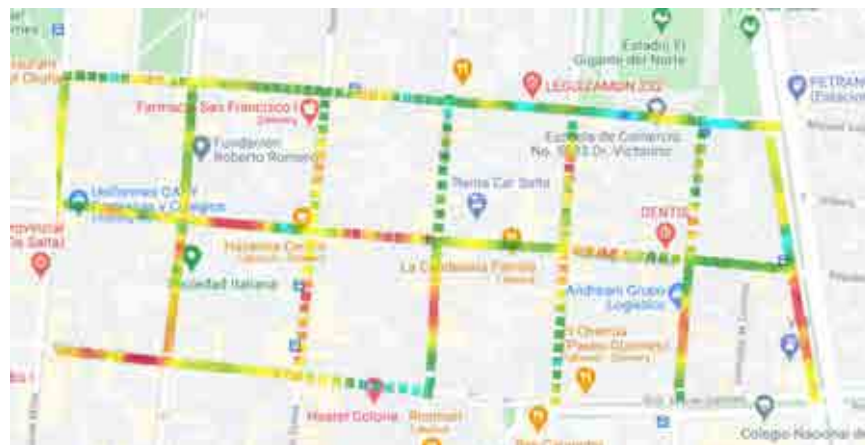


Figura 245 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

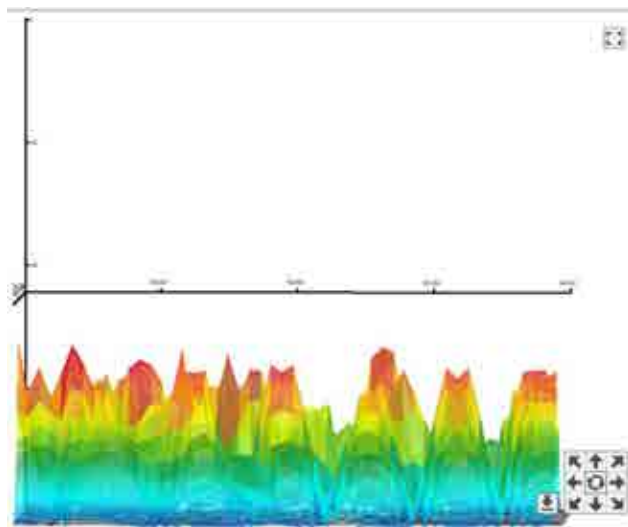


Figura 246 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 247 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 248 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 249 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

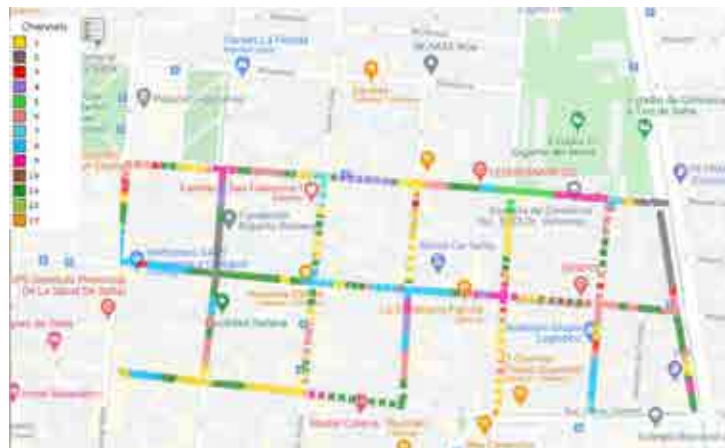


Figura 250 Sector 12 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

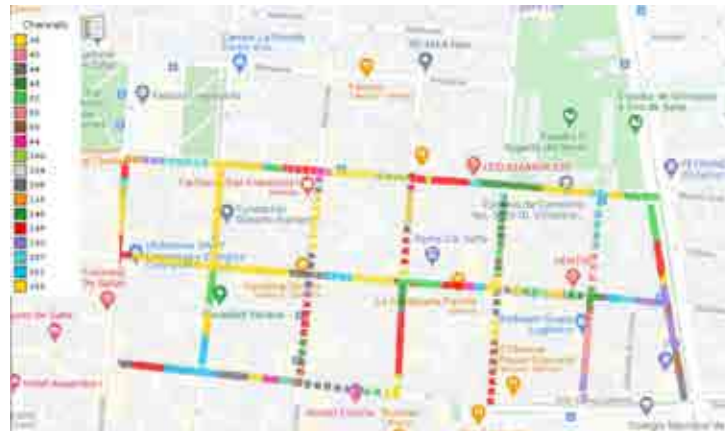


Figura 251 Sector 12 – Mapa channel coverage 5 GHz

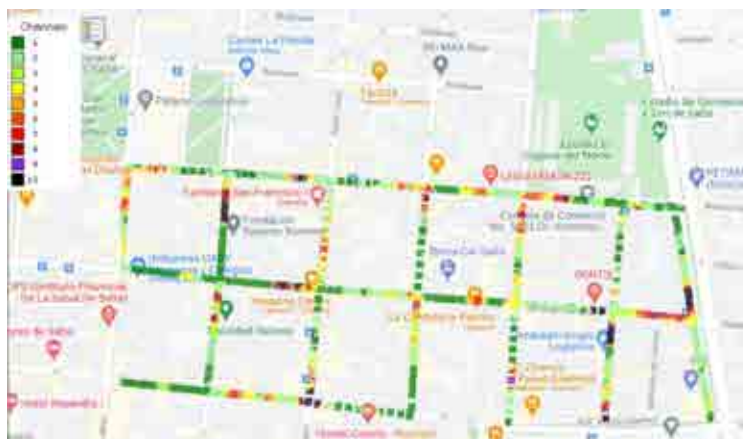


Figura 252 Sector 12 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

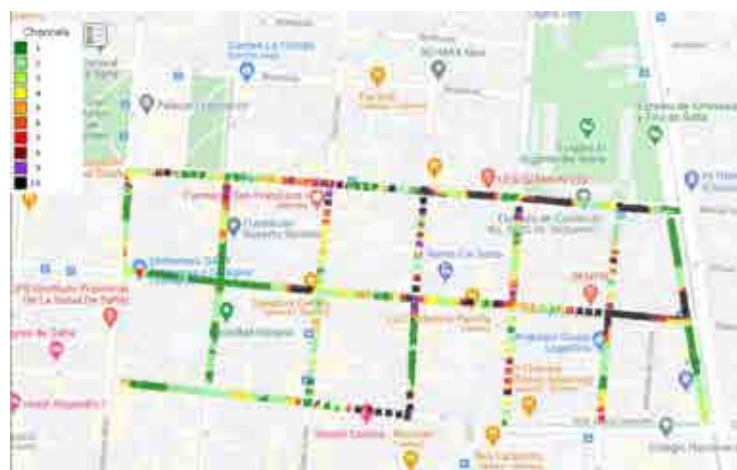


Figura 253 Sector 12 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 13 Sector 13 - Centro

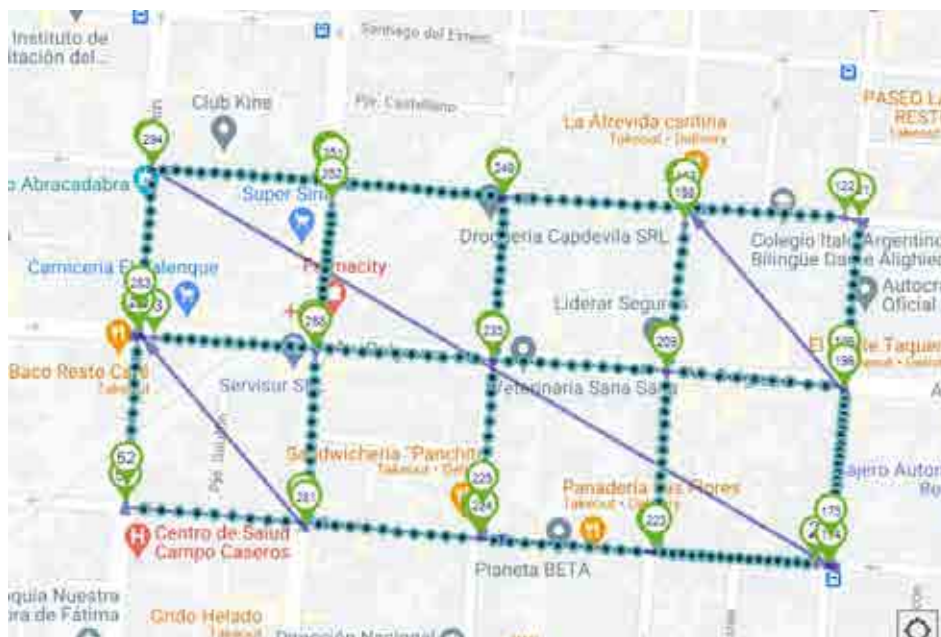


Figura 254 Sector 12 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 35 Sector 13 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #13 - Centro	1421	1160	1594
Total	1421	1160	1594

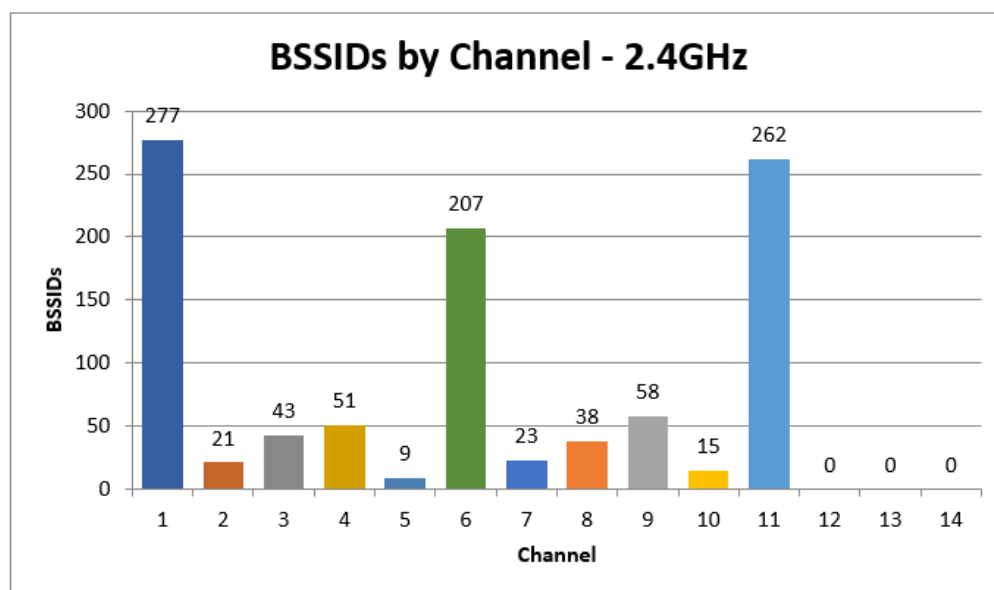


Figura 255 Sector 12 – BSSIDs 2.4 GHz

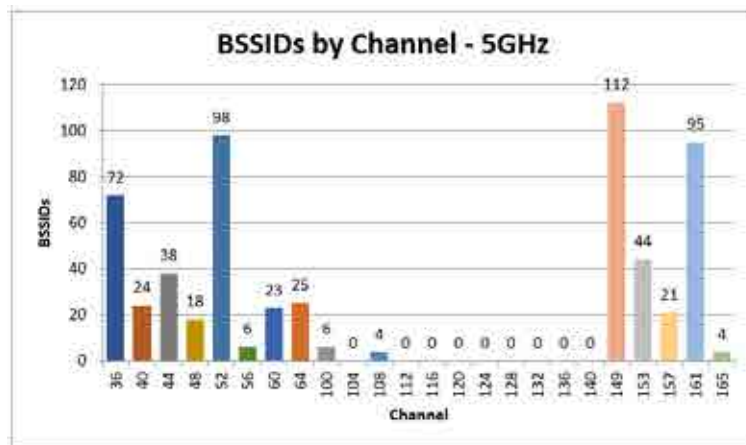


Figura 256 Sector 12 – BSSIDs 5 GHz



Figura 257 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

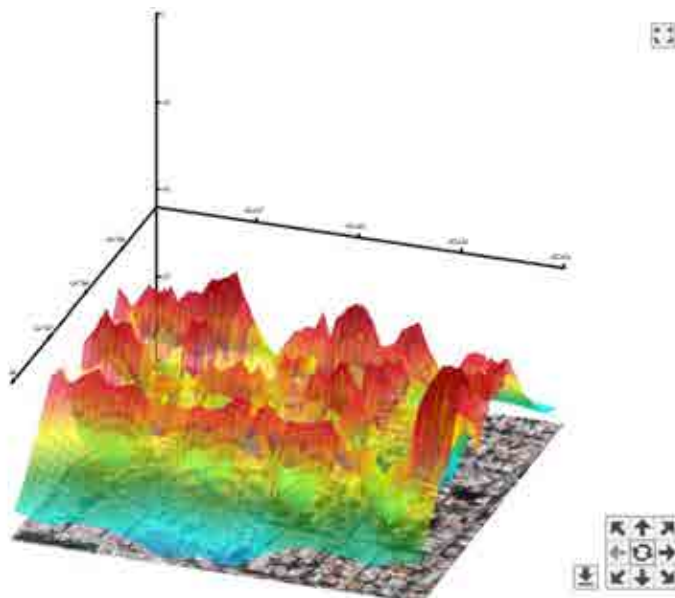


Figura 258 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

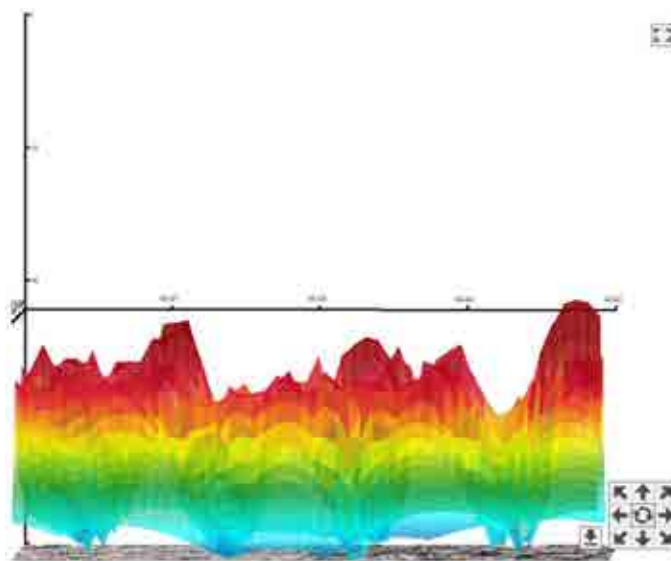


Figura 259 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 260 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

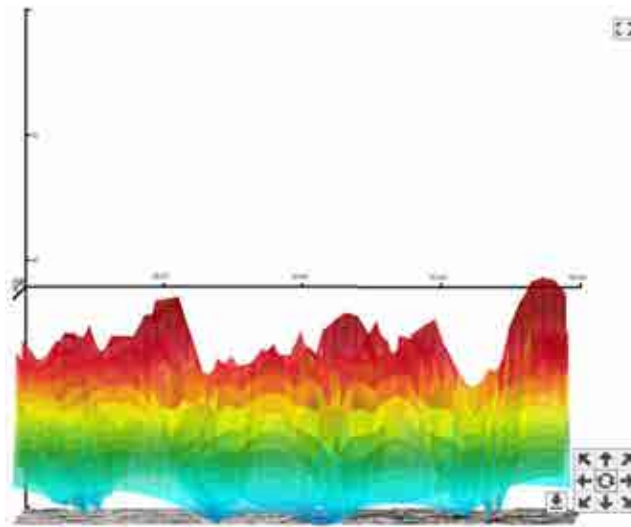


Figura 261 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

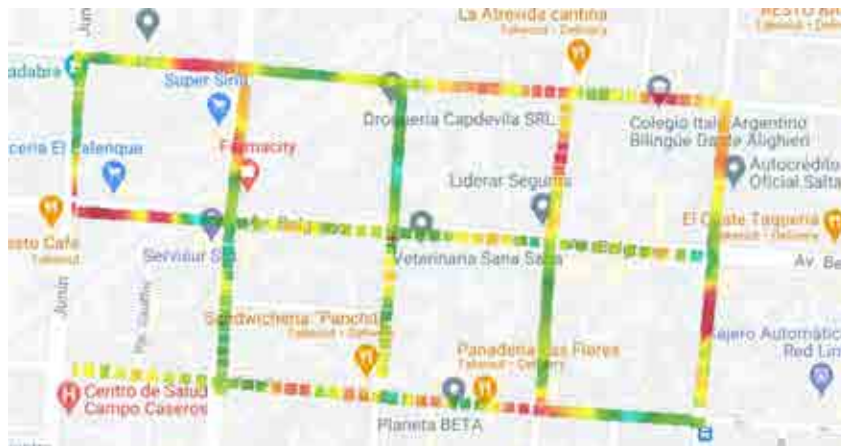


Figura 262 Sector 12 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

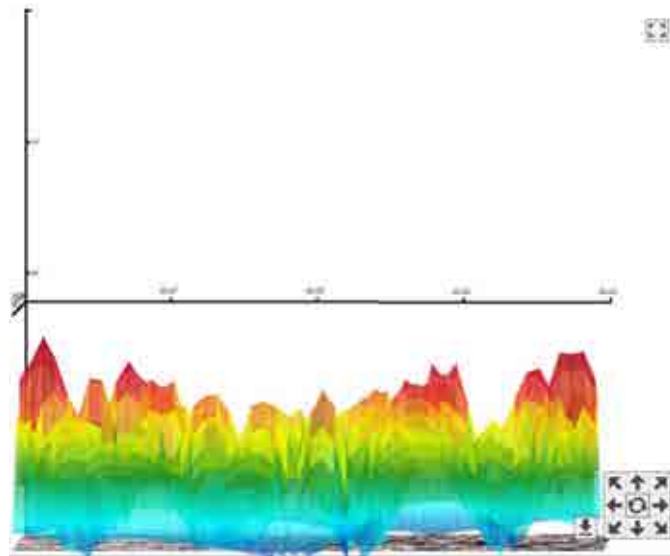


Figura 263 Sector 12 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 264 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 265 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 266 Sector 12 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz



Figura 267 Sector 12 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

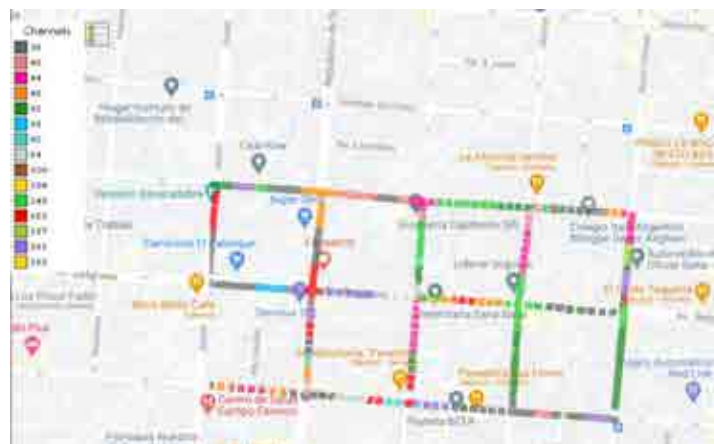


Figura 268 Sector 12 – Mapa channel coverage 5 GHz

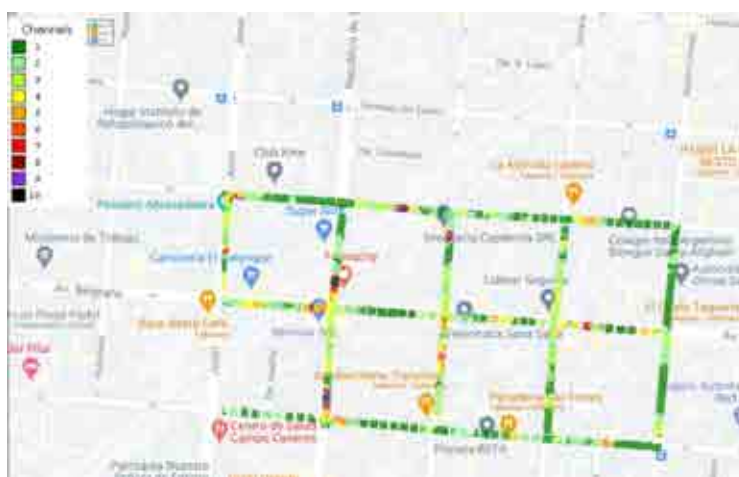


Figura 269 Sector 12 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

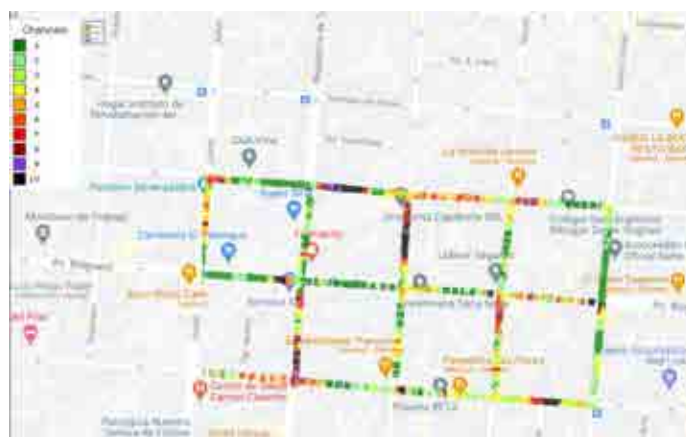


Figura 270 Sector 12 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 14 Sector 14 - Centro

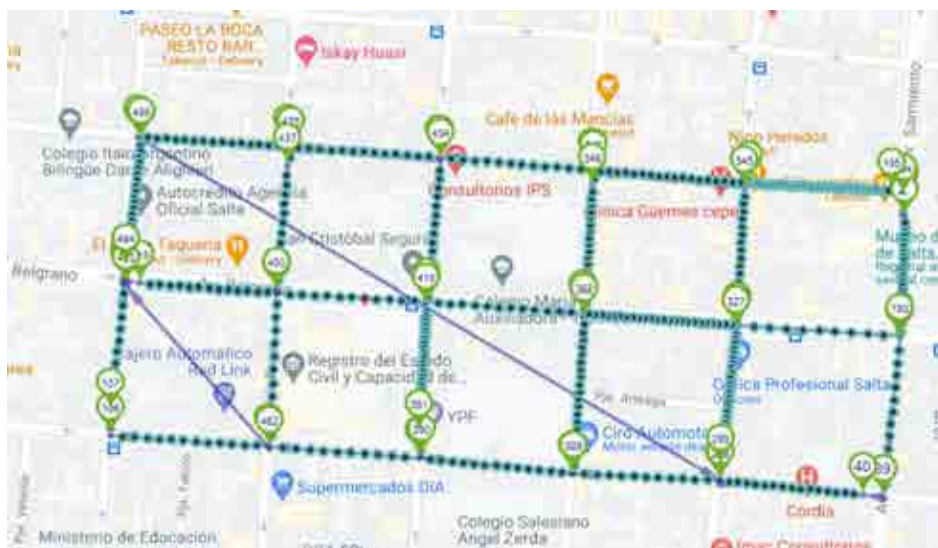


Figura 271 Sector 13 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 36 Sector 14 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #14 - Centro	1698	1461	1905
Total	1698	1461	1905

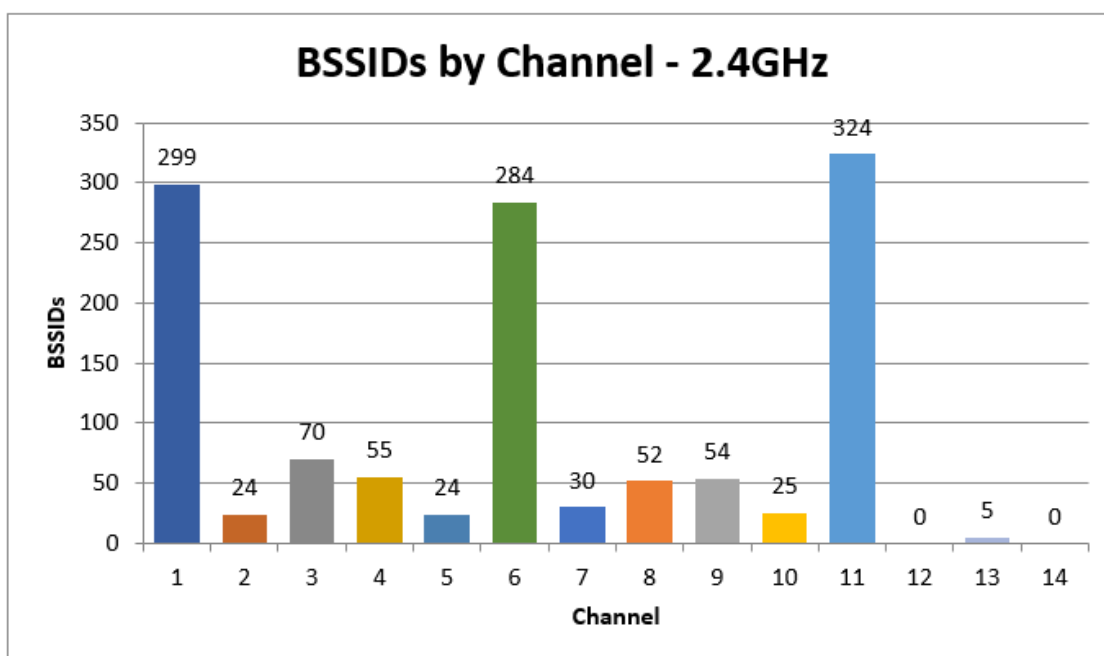


Figura 272 Sector 13 – BSSIDs 2.4 GHz

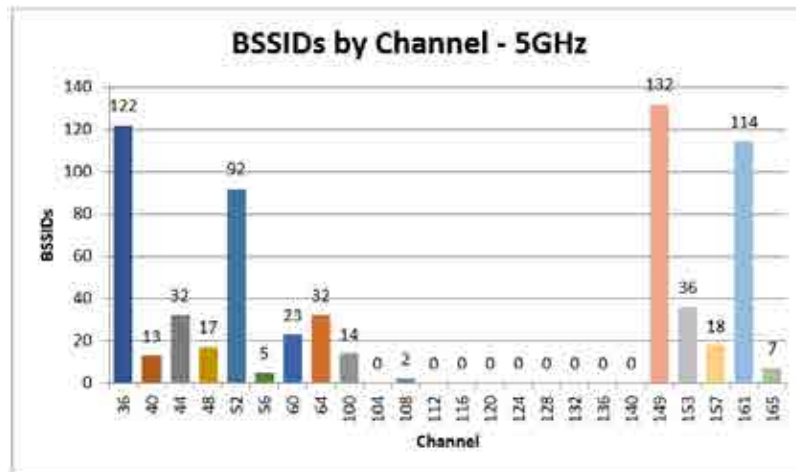


Figura 273 Sector 13 – BSSIDs 5 GHz

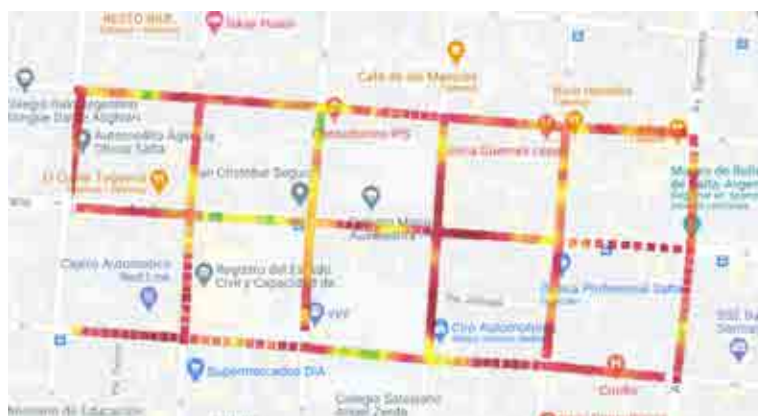
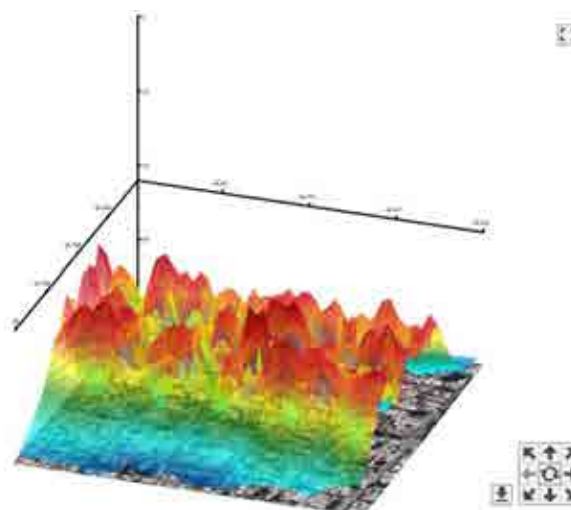


Figura 274 Sector 13 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total



[illegible]

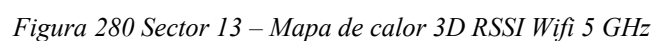
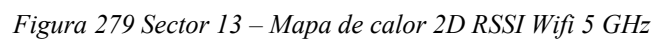
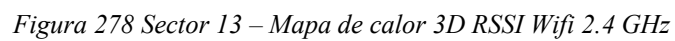




Figura 281 Sector 13 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 282 Sector 13 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 283 Sector 13 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

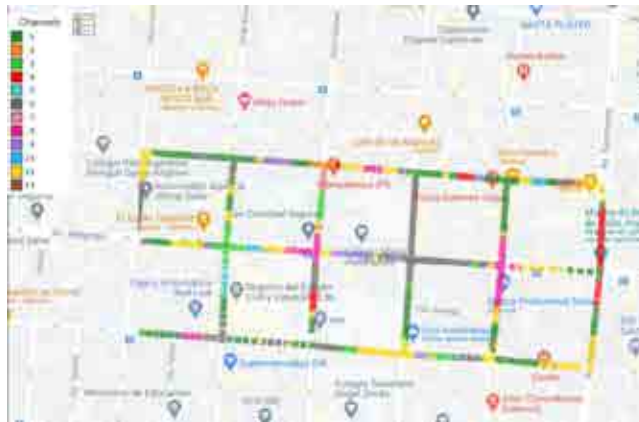


Figura 284 Sector 13 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

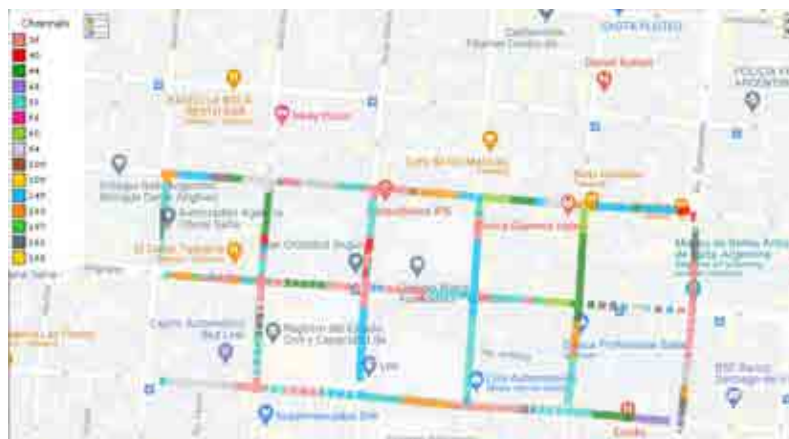


Figura 285 Sector 13 – Mapa channel coverage 5 GHz

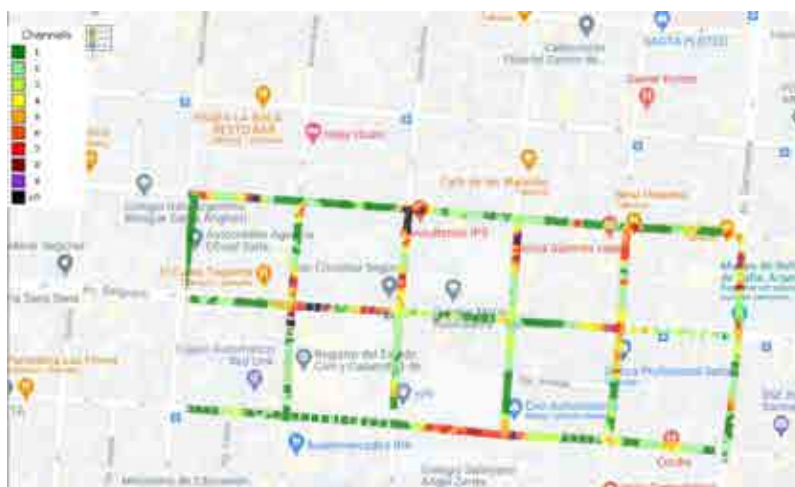


Figura 286 Sector 13 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

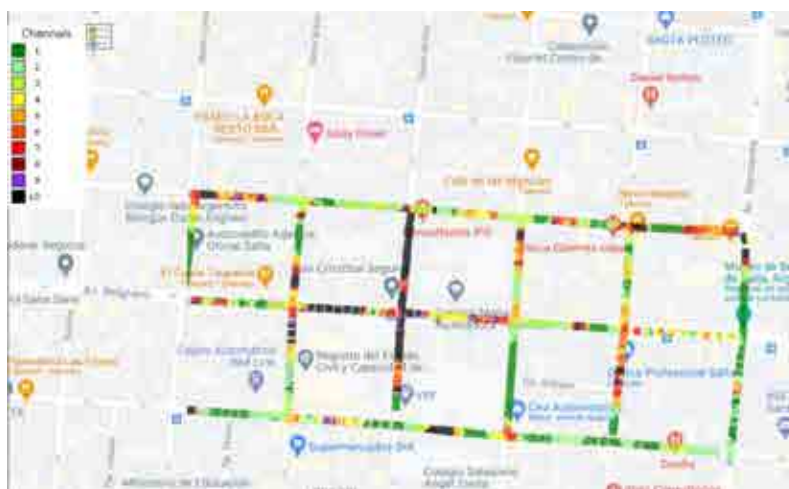


Figura 287 Sector 13 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 15 Sector 15 - Centro

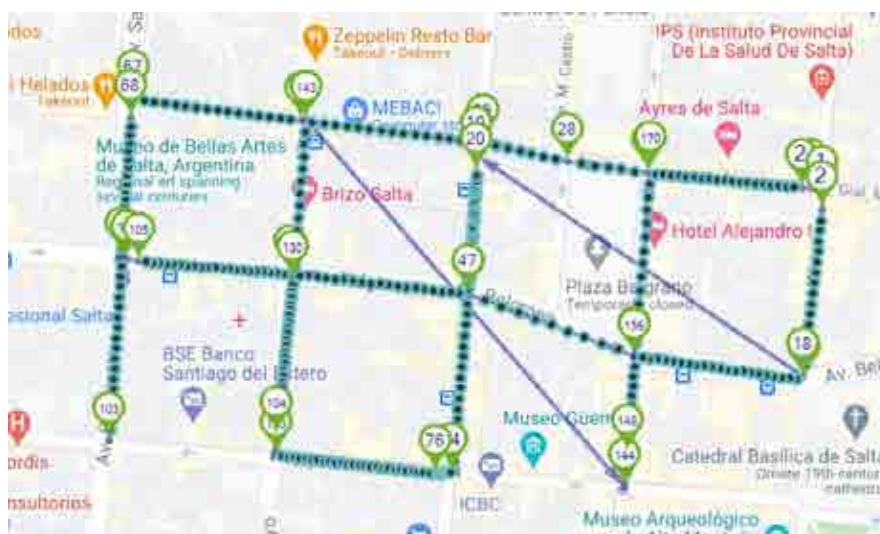


Figura 288 Sector 15 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 37 Sector 15 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #15 - Centro	1374	1280	1683
Total	1374	1280	1683

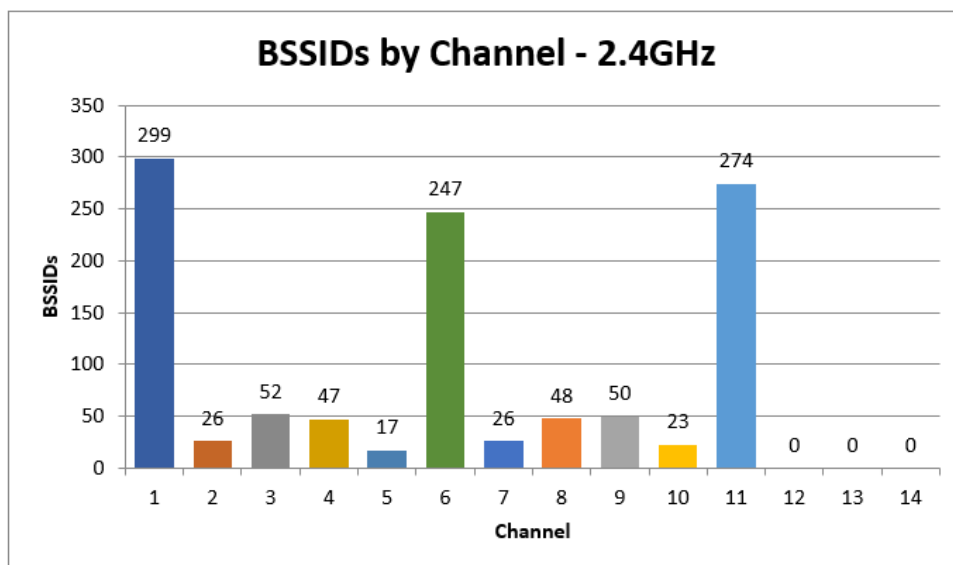


Figura 289 Sector 15 – BSSIDs 2.4 GHz

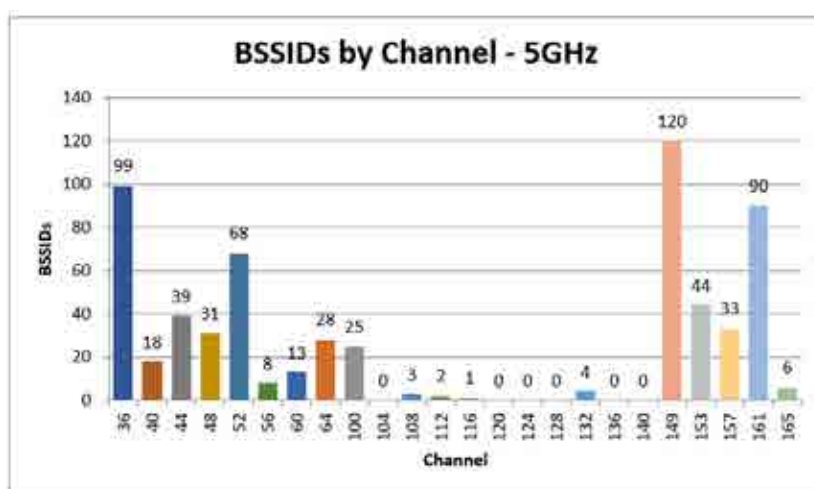


Figura 290 Sector 15 – BSSIDs 5 GHz

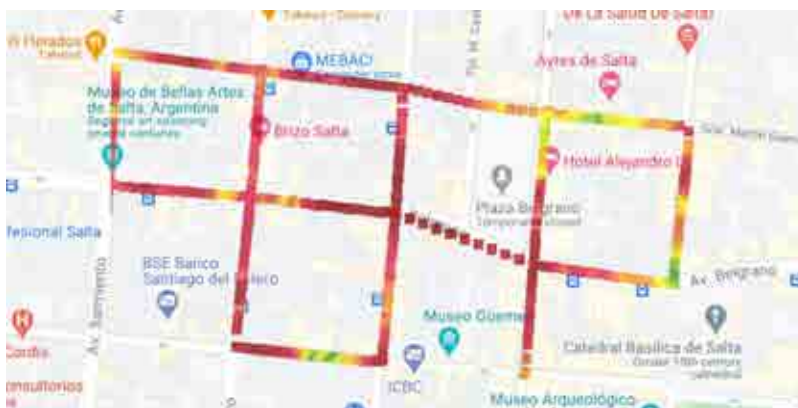


Figura 291 Sector 15 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

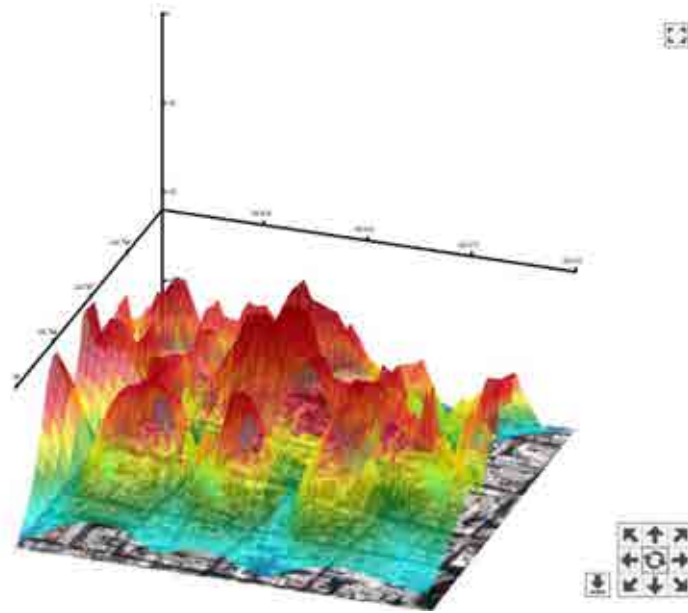


Figura 292 Sector 15 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

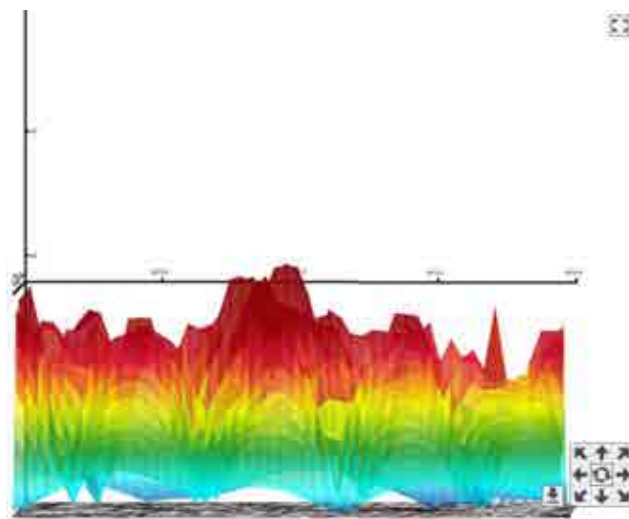


Figura 293 Sector 15 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 294 Sector 15 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

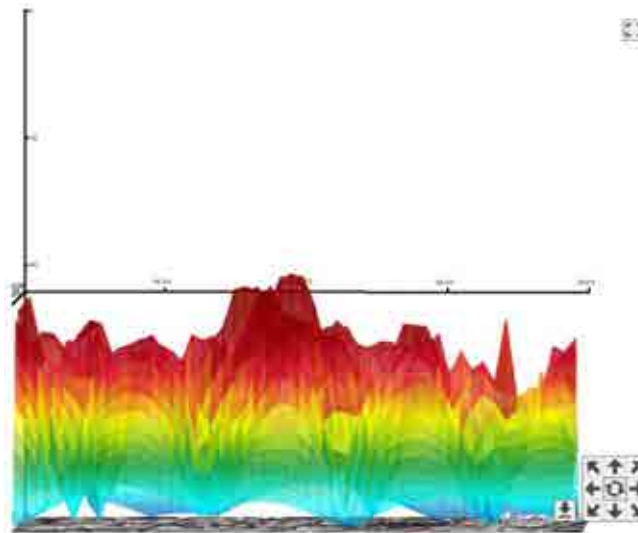


Figura 295 Sector 15 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

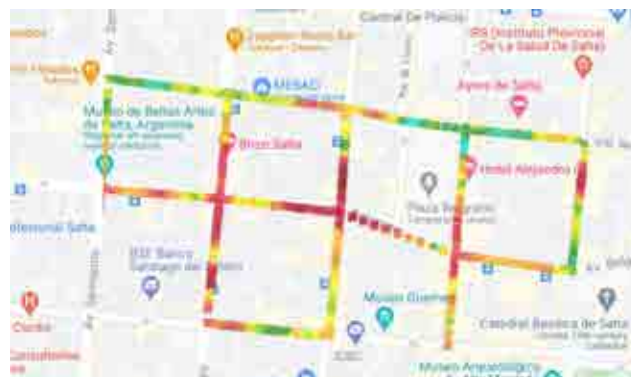


Figura 296 Sector 15 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

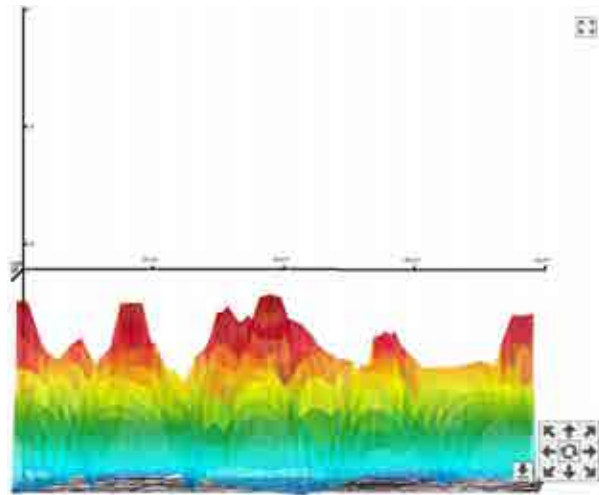


Figura 297 Sector 15 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 298 Sector 15 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 299 Sector 15 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 300 Sector 15 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

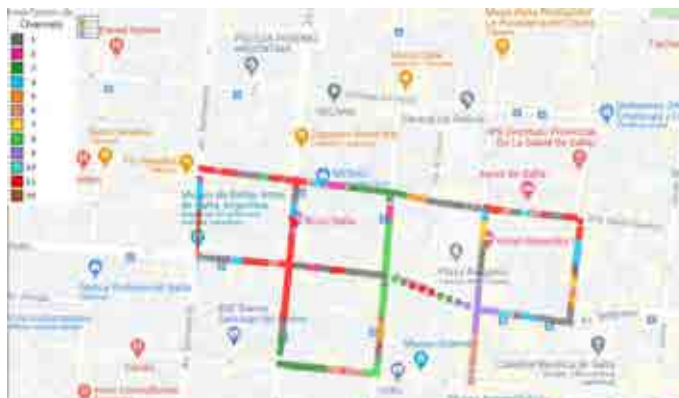


Figura 301 Sector 15 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

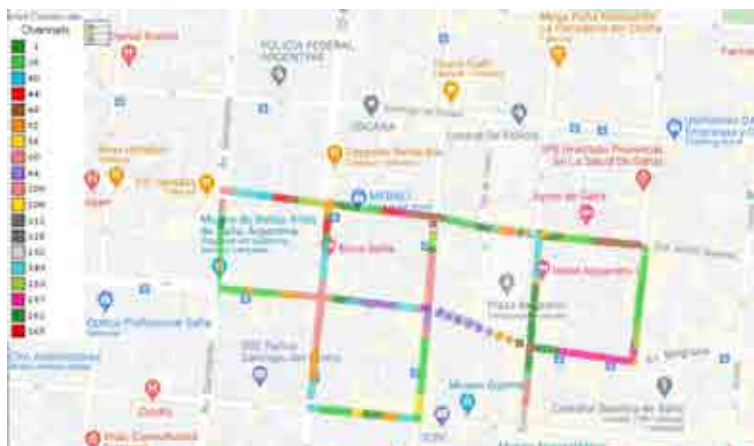


Figura 302 Sector 15 – Mapa channel coverage 5 GHz

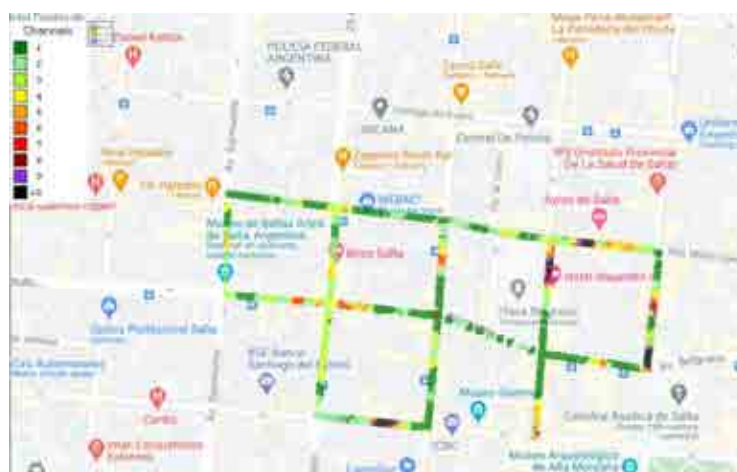


Figura 303 Sector 15 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

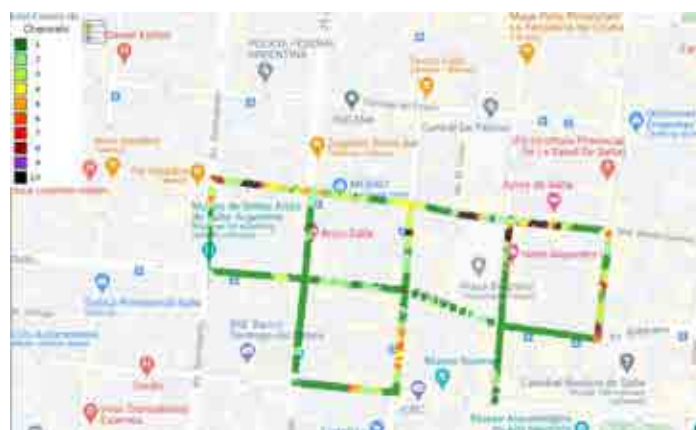


Figura 304 Sector 15 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 16 Sector 16 - Centro

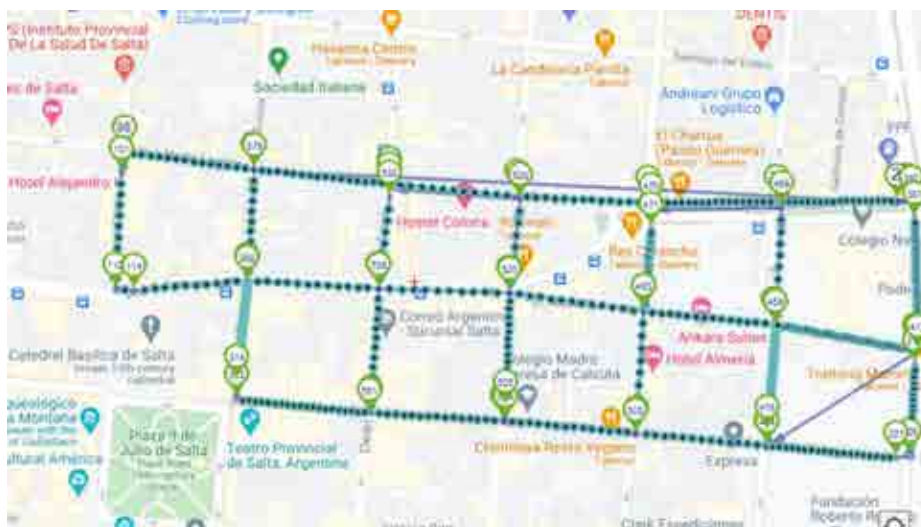


Figura 305 Sector 16 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 38 Sector 16 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #16 - Centro	1649	1603	2052
Total	1649	1603	2052

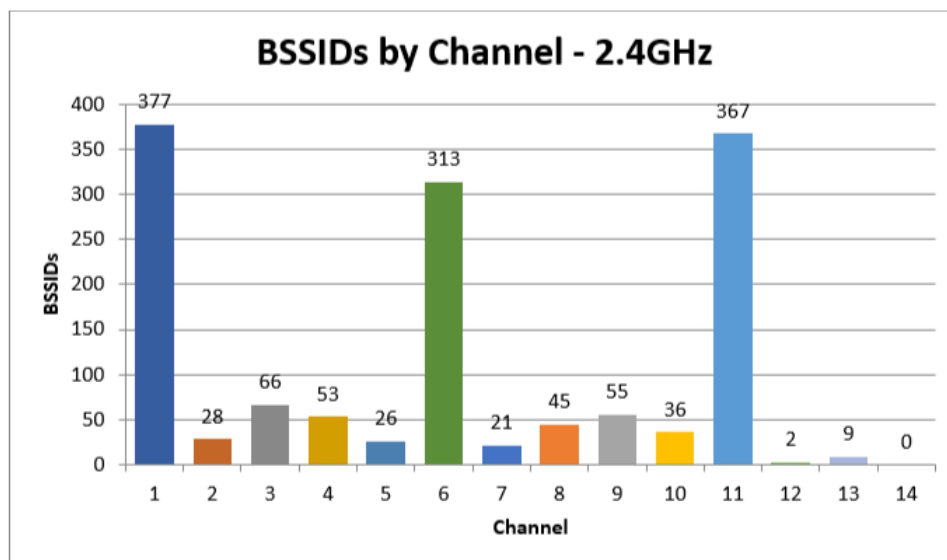


Figura 306 Sector 16 – BSSIDs 2.4 GHz

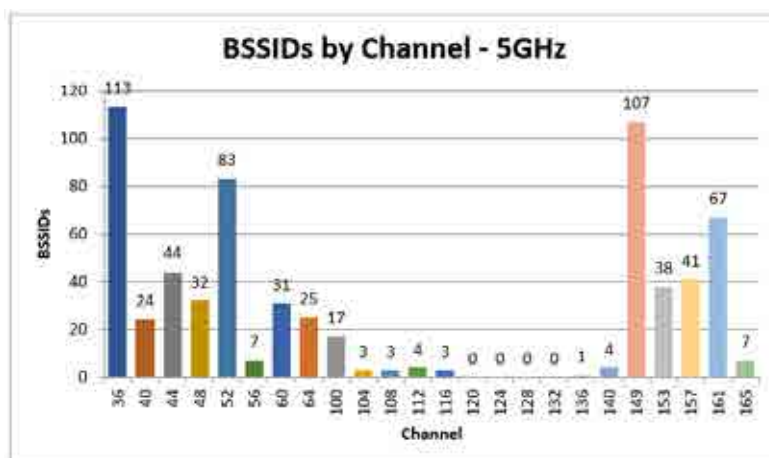


Figura 307 Sector 16 – BSSIDs 5 GHz

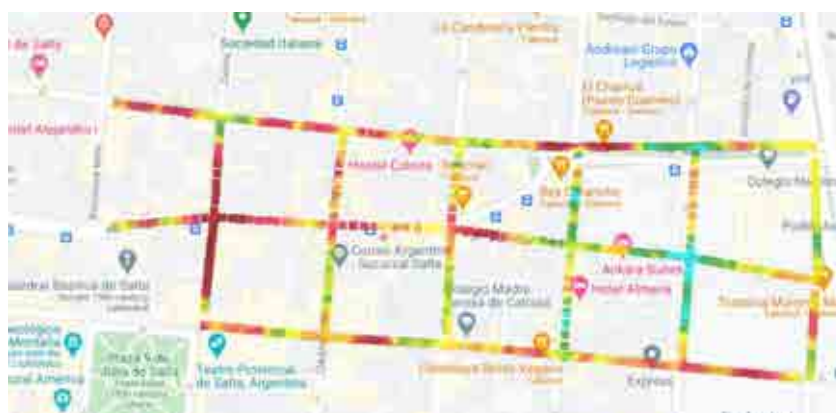


Figura 308 Sector 16 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

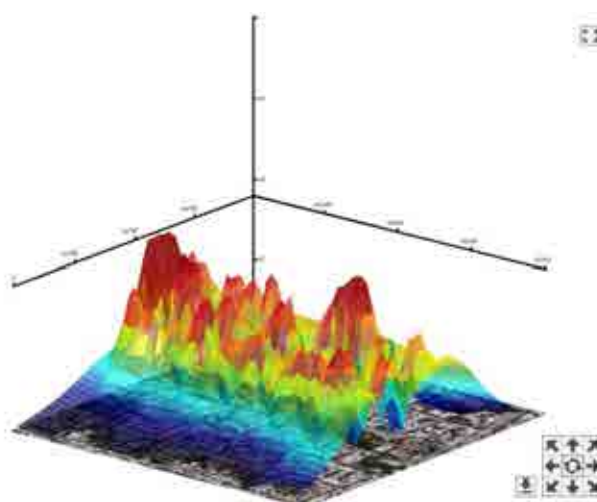


Figura 309 Sector 16 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

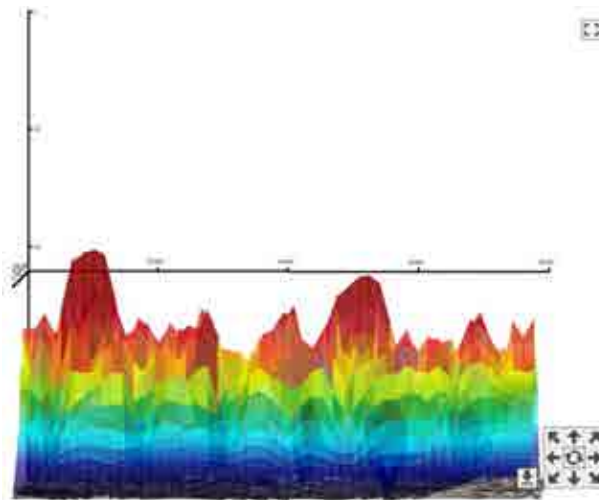


Figura 310 Sector 16 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

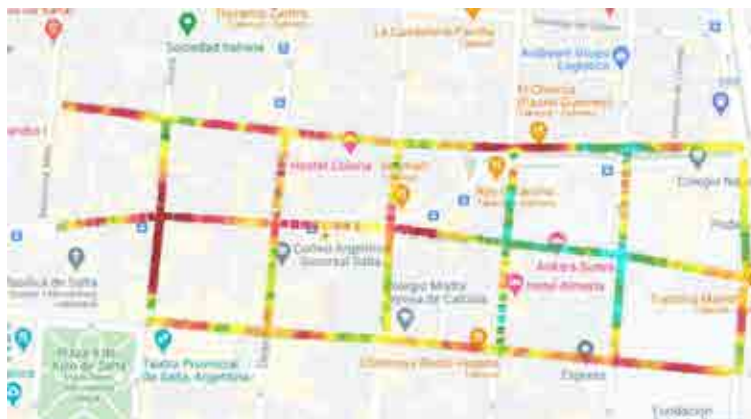


Figura 311 Sector 16 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

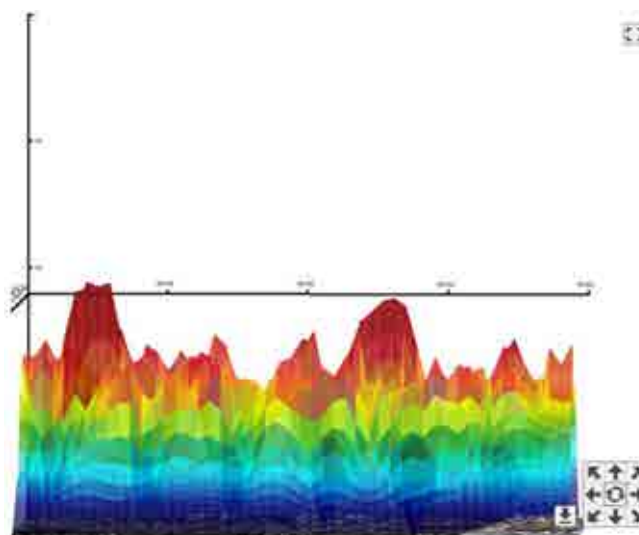


Figura 312 Sector 16 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

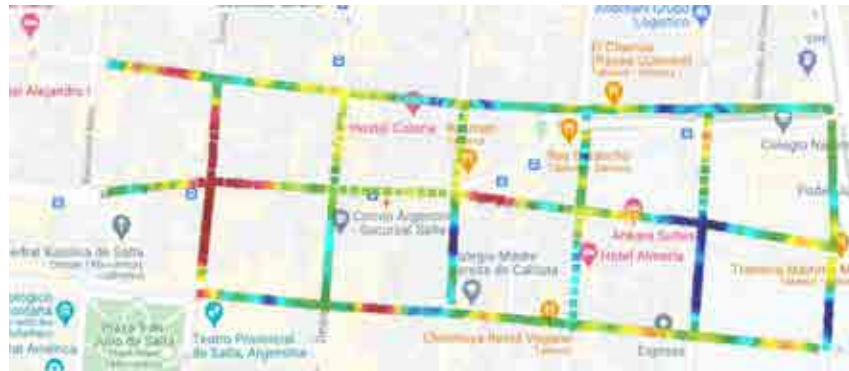


Figura 313 Sector 16 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

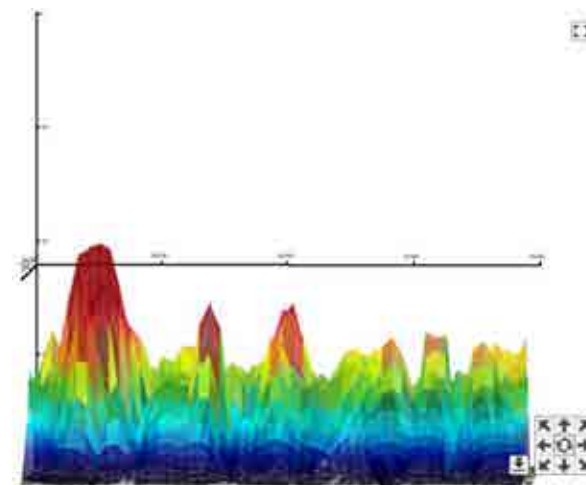


Figura 314 Sector 16 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 315 Sector 16 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 316 Sector 16 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 317 Sector 16 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz



Figura 318 Sector 16 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

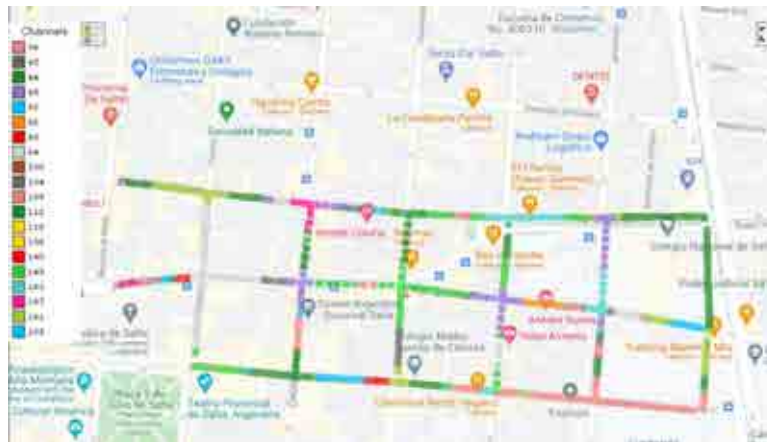


Figura 319 Sector 16 – Mapa channel coverage 5 GHz



Figura 320 Sector 16 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz



Figura 321 Sector 16 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 17 Sector 17 - Centro

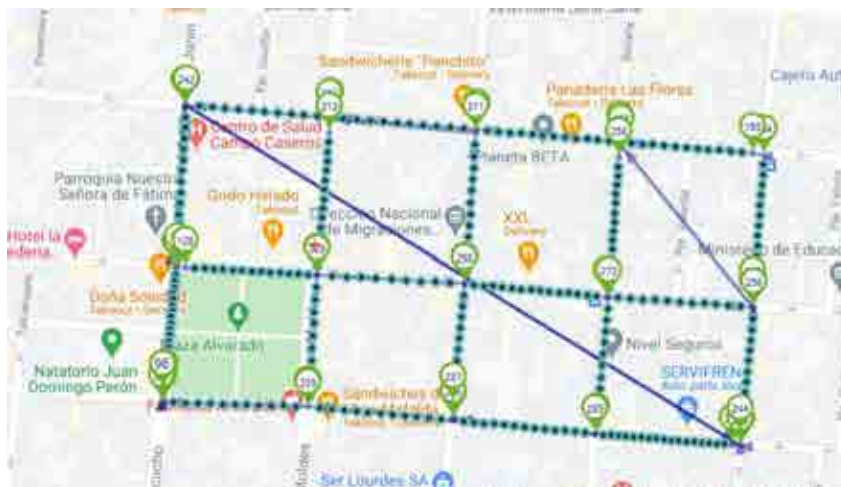


Figura 322 Sector 17 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 39 Sector 17 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #17 - Centro	1185	1068	1394
Total	1185	1068	1394

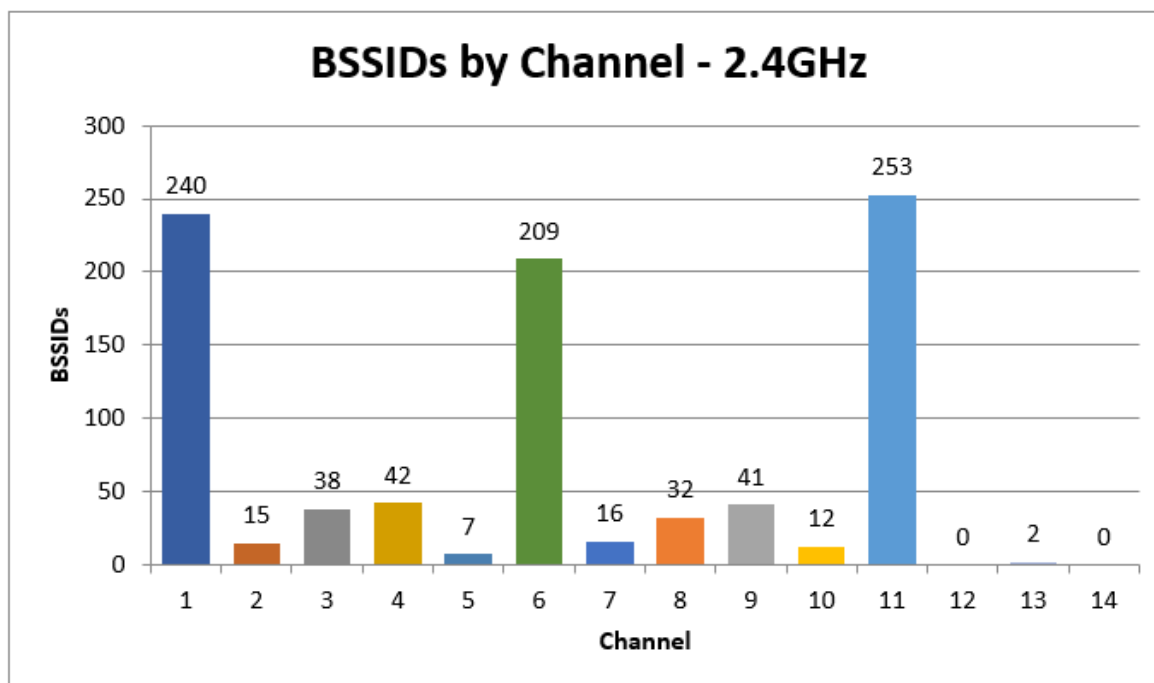


Figura 323 Sector 17 – BSSIDs 2.4 GHz

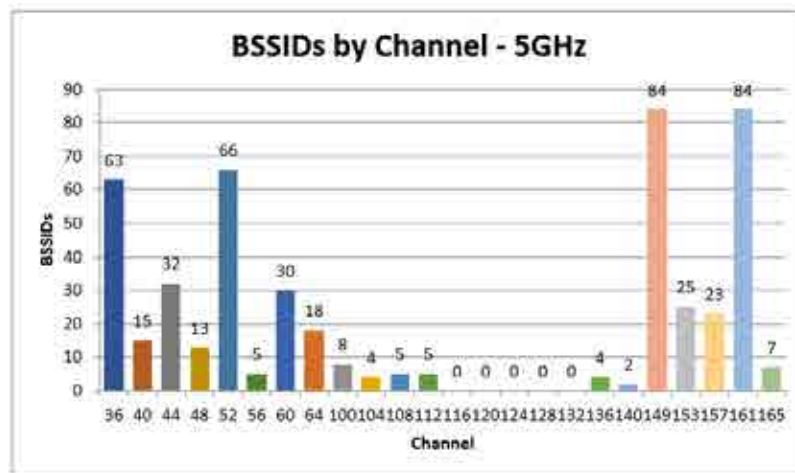


Figura 324 Sector 17 – BSSIDs 5 GHz

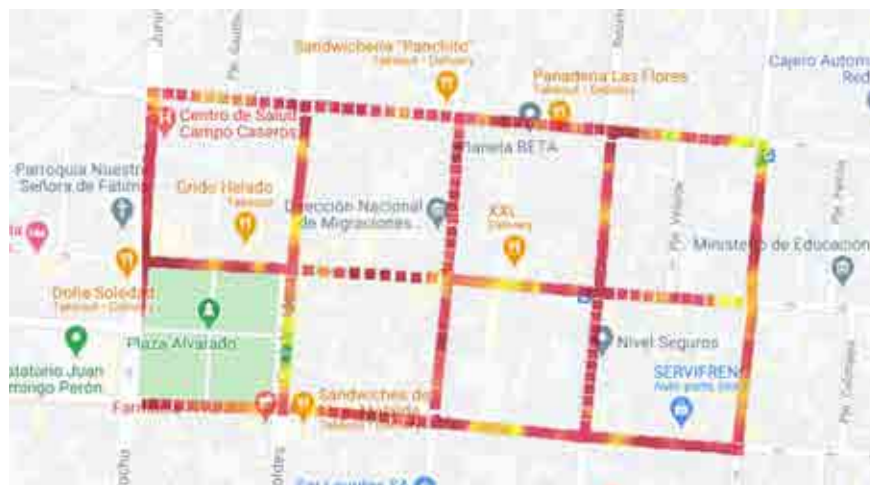


Figura 325 Sector 17 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

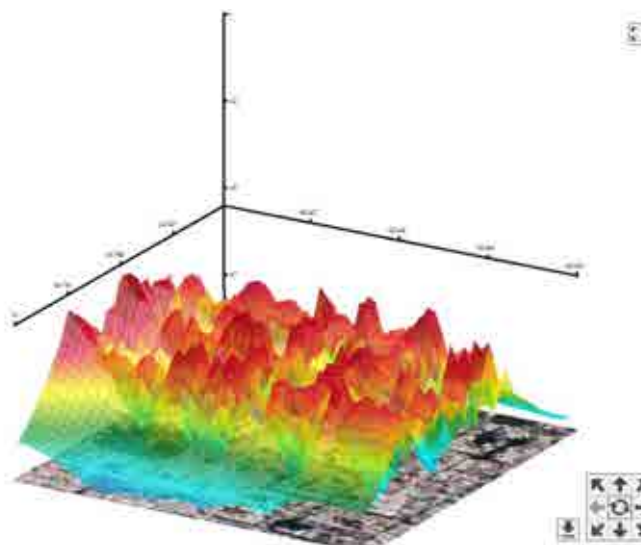


Figura 326 Sector 17 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

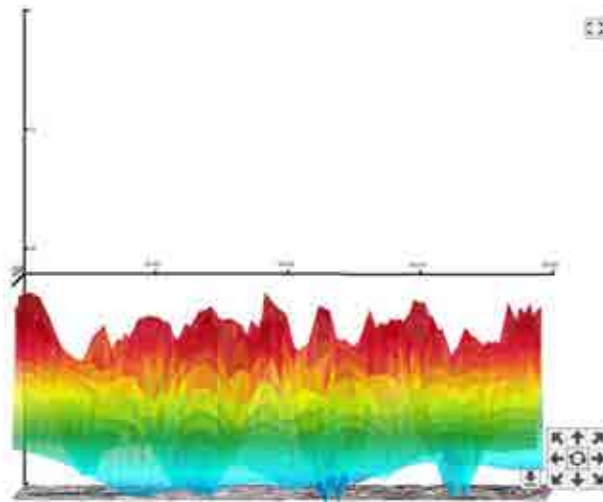


Figura 327 Sector 17 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

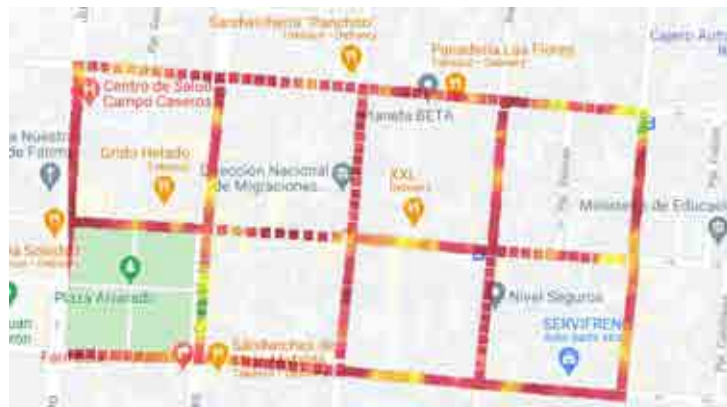


Figura 328 Sector 17 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

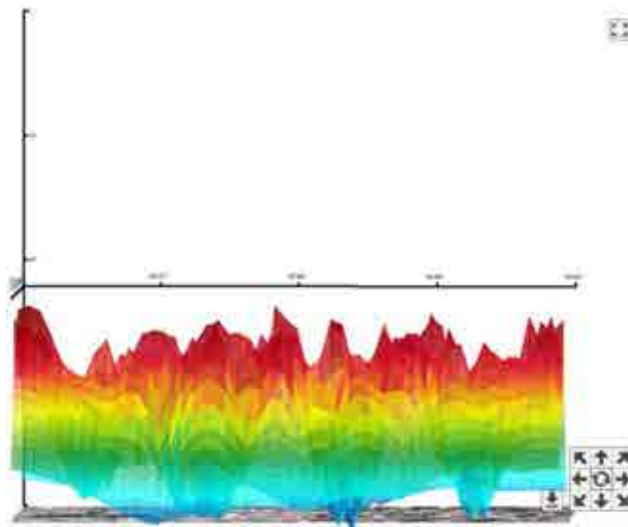


Figura 329 Sector 17 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

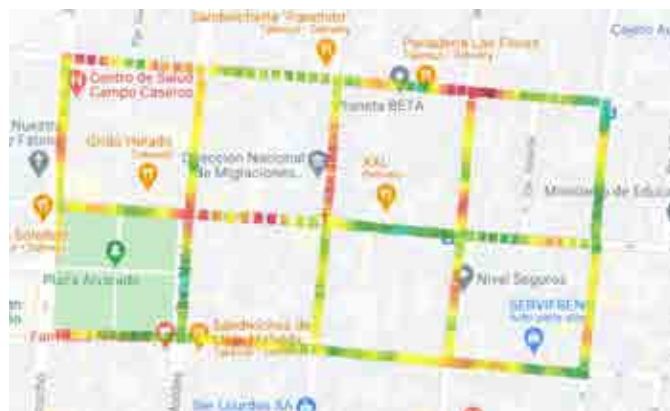


Figura 330 Sector 17 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

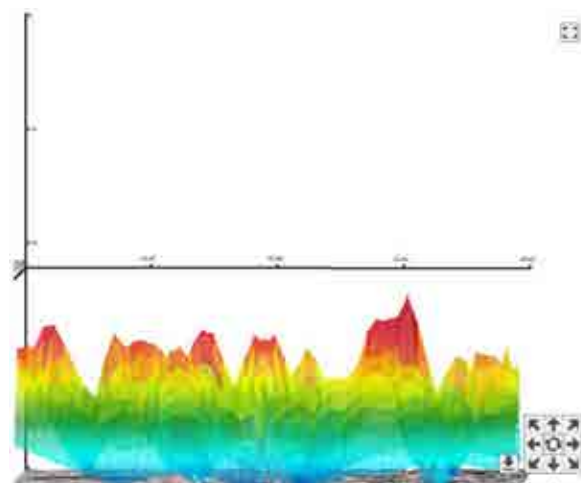


Figura 331 Sector 17 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 332 Sector 17 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 333 Sector 17 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 334 Sector 17 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

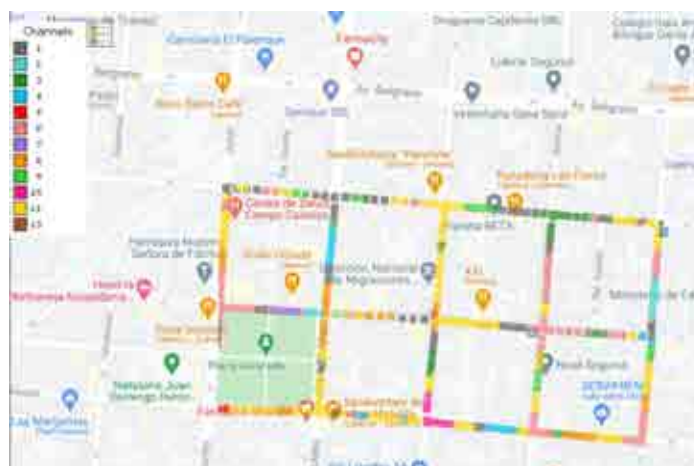


Figura 335 Sector 17 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

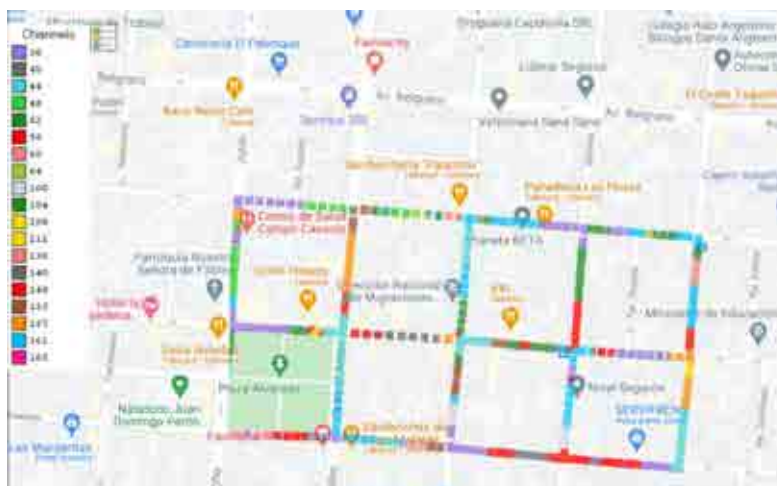


Figura 336 Sector 17 – Mapa channel coverage 5 GHz

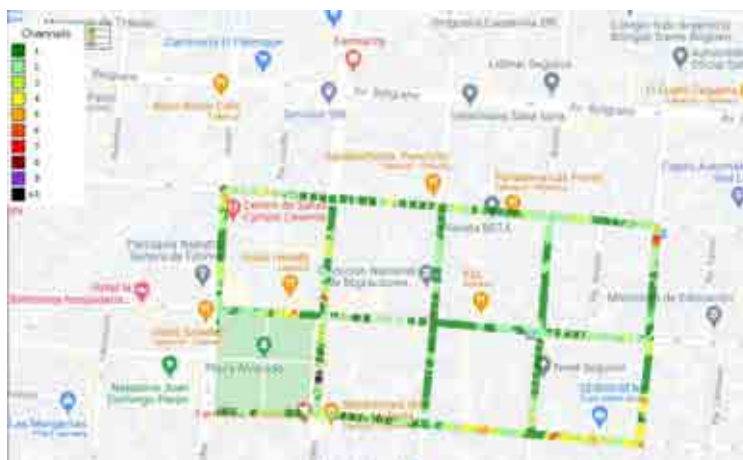


Figura 337 Sector 17 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

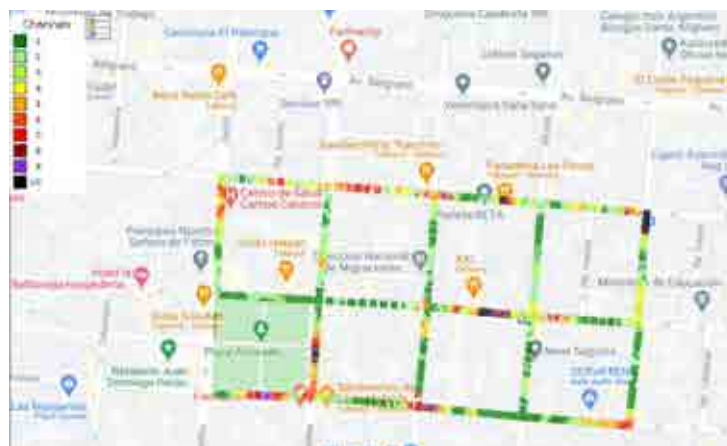


Figura 338 Sector 17 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 18 Sector 18 - Centro

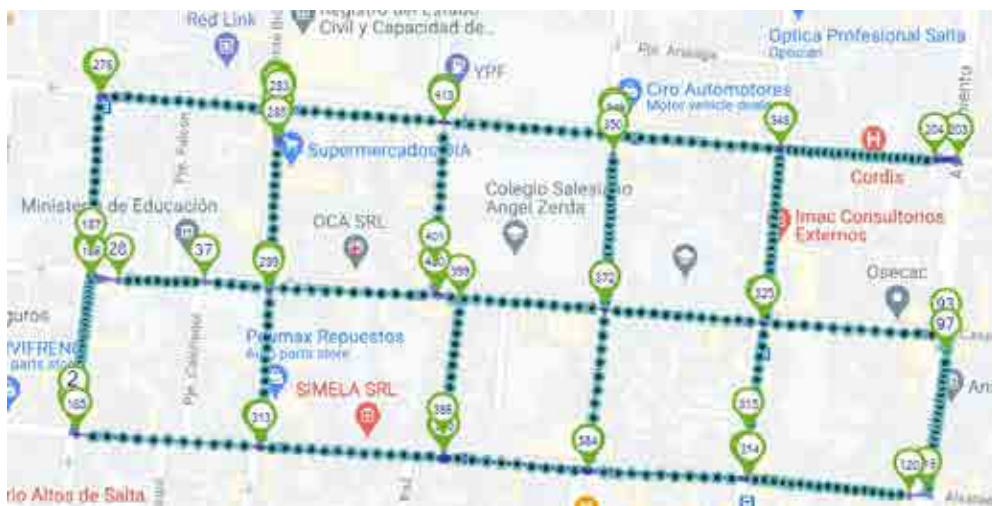


Figura 339 Sector 18 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 40 Sector 18 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #18 - Centro	1644	1418	1837
Total	1644	1418	1837

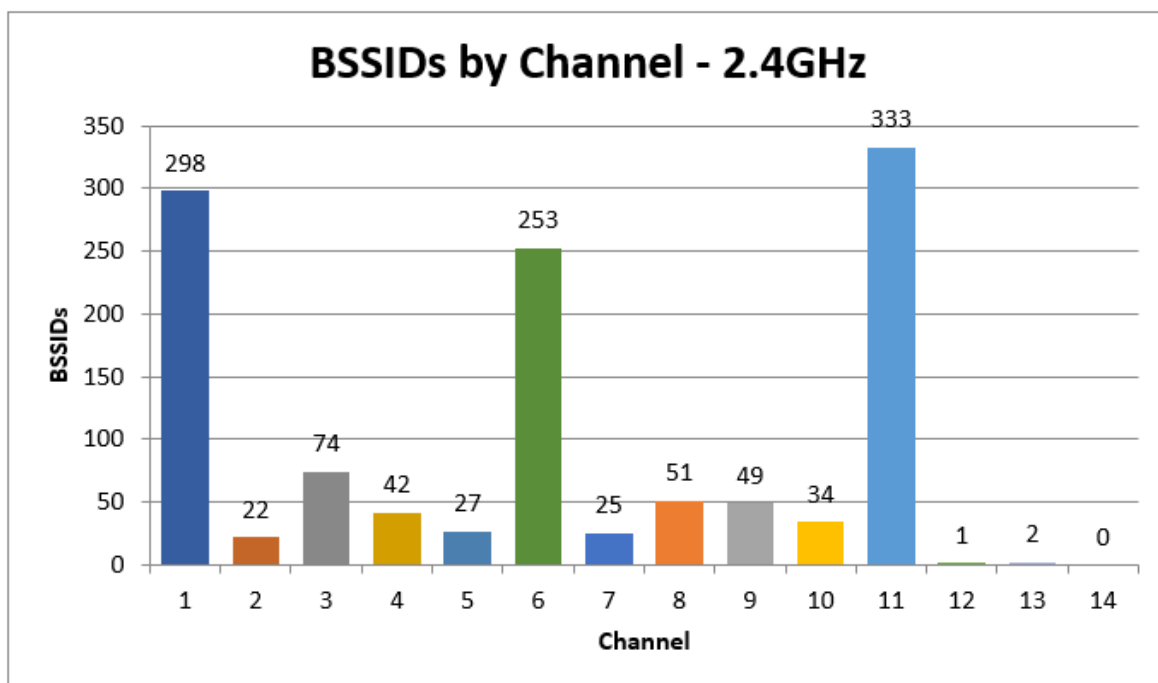


Figura 340 Sector 18 – BSSIDs 2.4 GHz

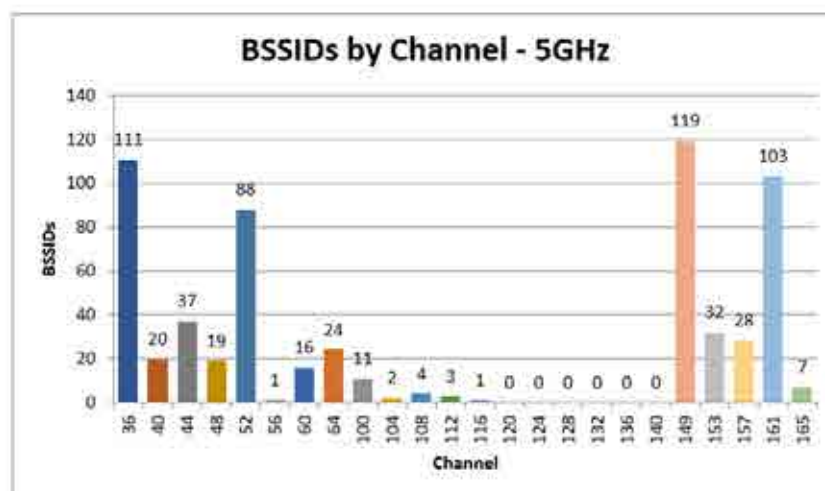


Figura 341 Sector 18 – BSSIDs 5 GHz



Figura 342 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

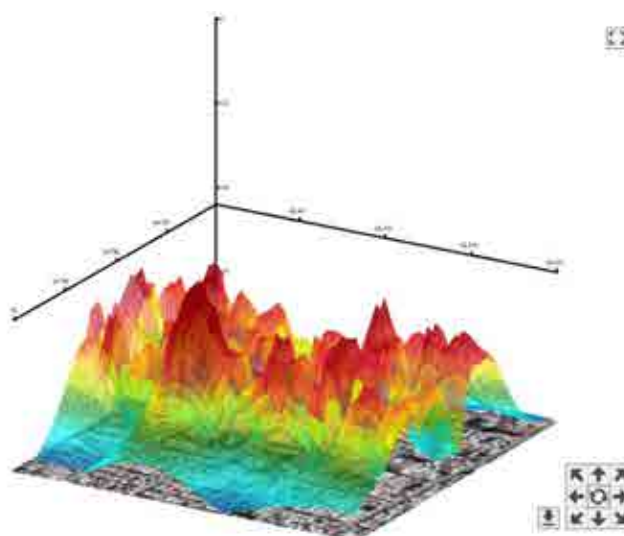


Figura 343 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

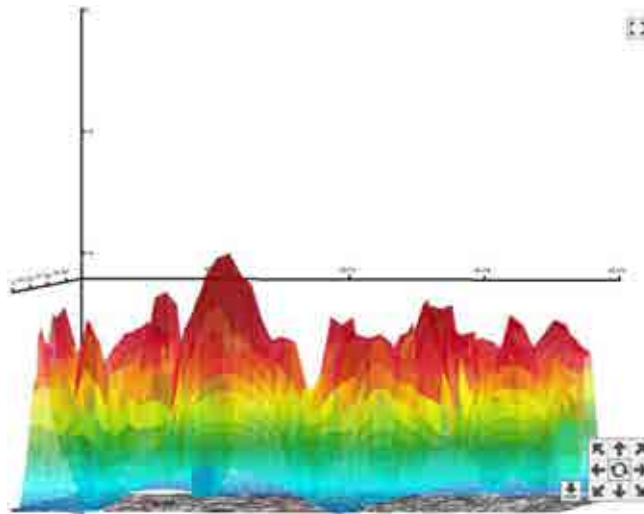


Figura 344 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

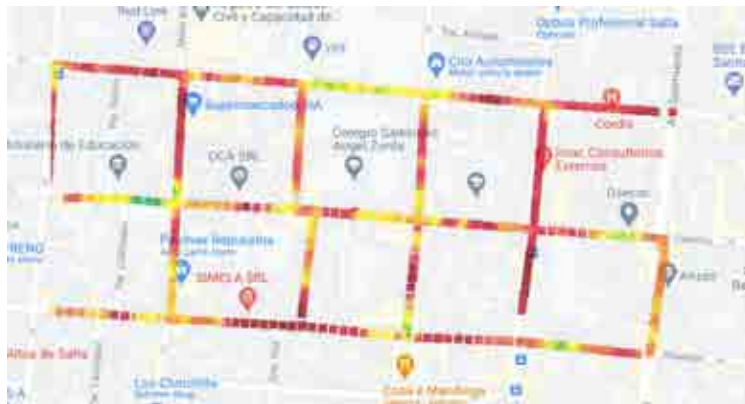


Figura 345 Sector 18 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

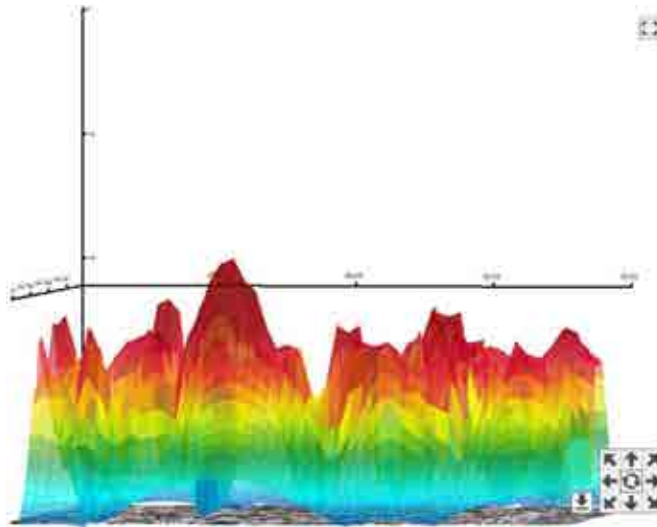


Figura 346 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz



Figura 347 Sector 18 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

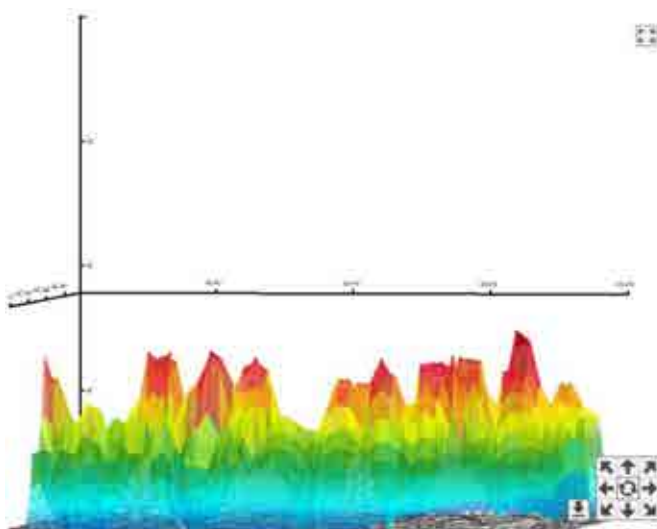


Figura 348 Sector 18 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz

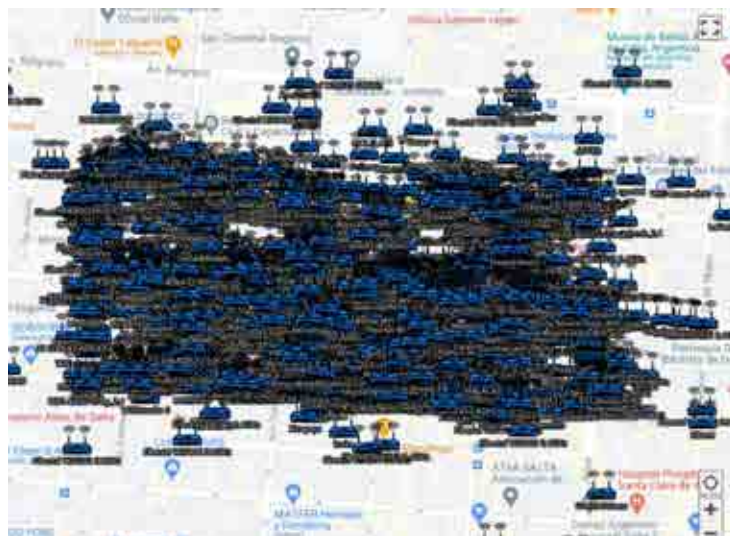


Figura 349 Sector 18 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 350 Sector 18 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 351 Sector 18 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

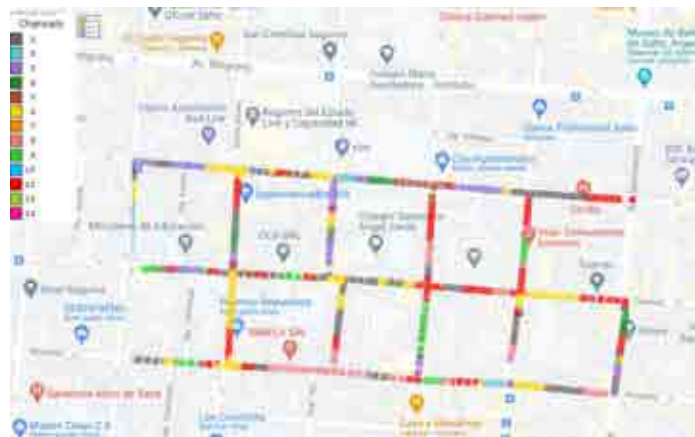


Figura 352 Sector 18 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

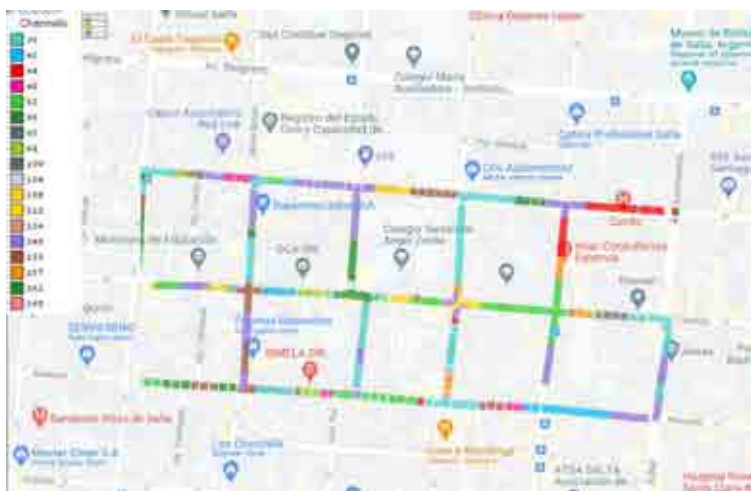


Figura 353 Sector 18 – Mapa channel coverage 5 GHz

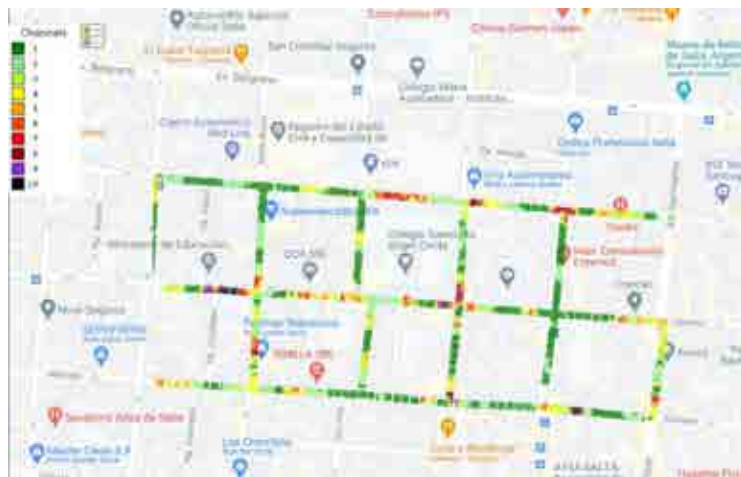


Figura 354 Sector 18 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

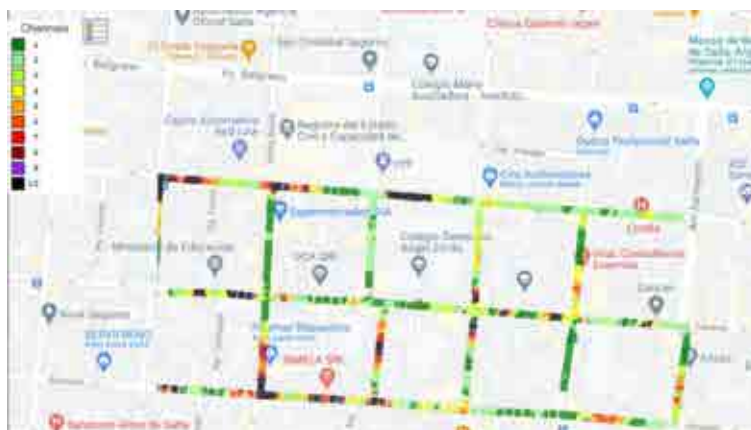


Figura 355 Sector 18 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 19 Sector 19 - Centro



Figura 356 Sector 19 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 41 Sector 19 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #19 - Centro	1248	1084	1491
Total	1248	1084	1491

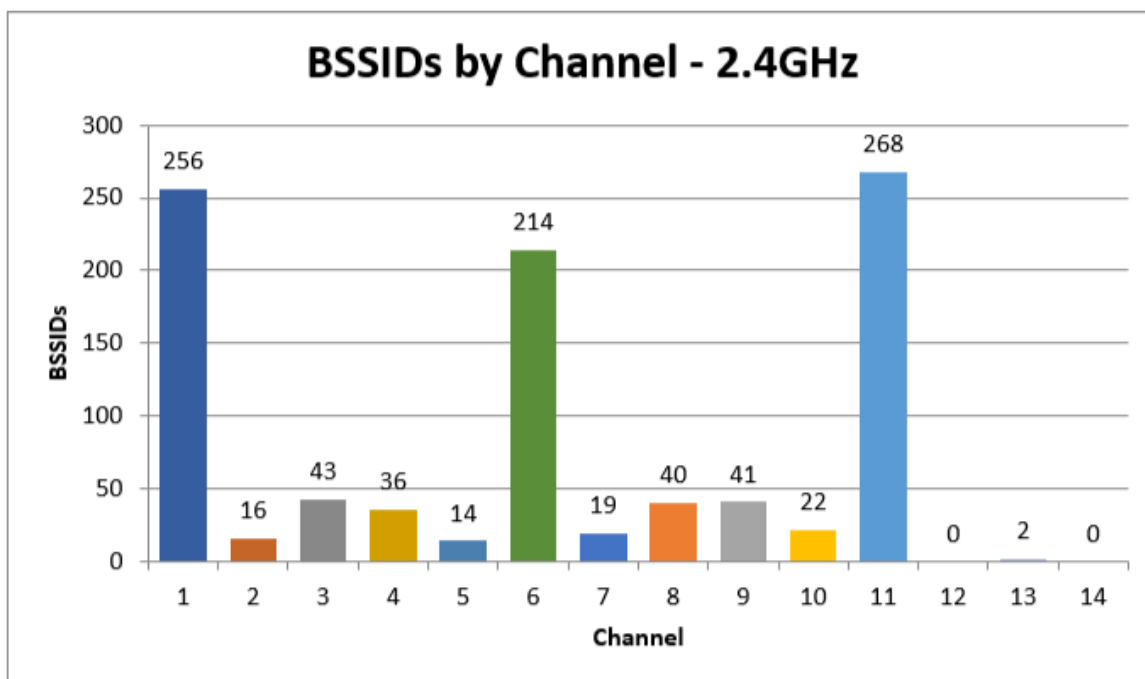


Figura 357 Sector 19 – BSSIDs 2.4 GHz

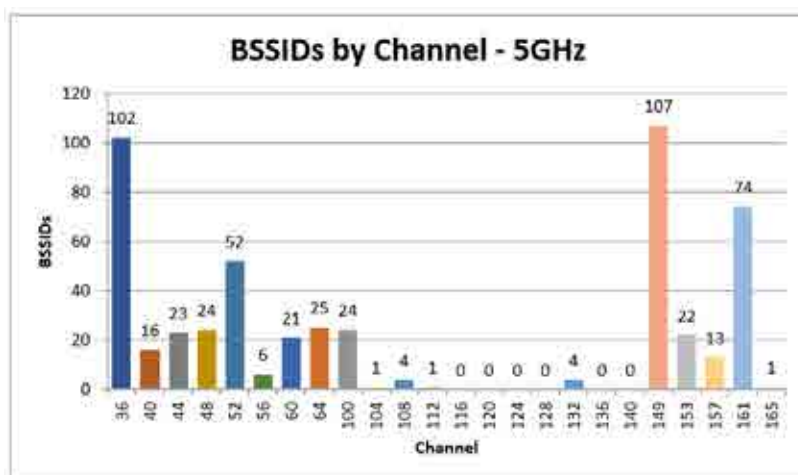


Figura 358 Sector 19 – BSSIDs 5 GHz



Figura 359 Sector 19 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

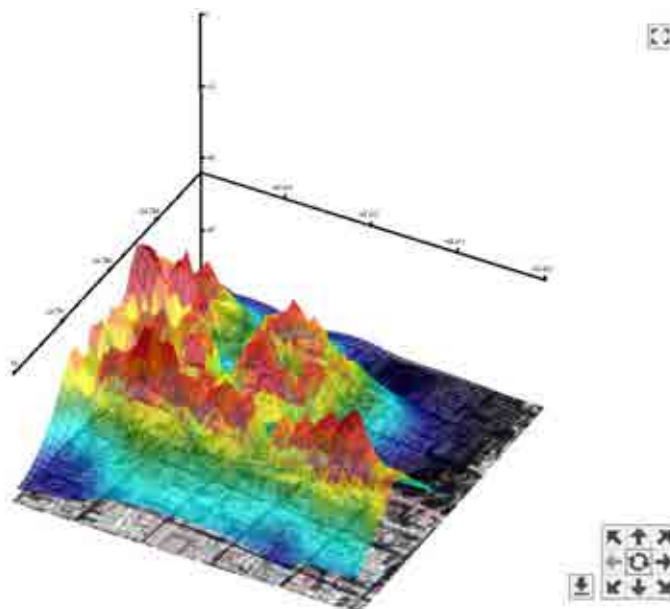


Figura 360 Sector 19 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

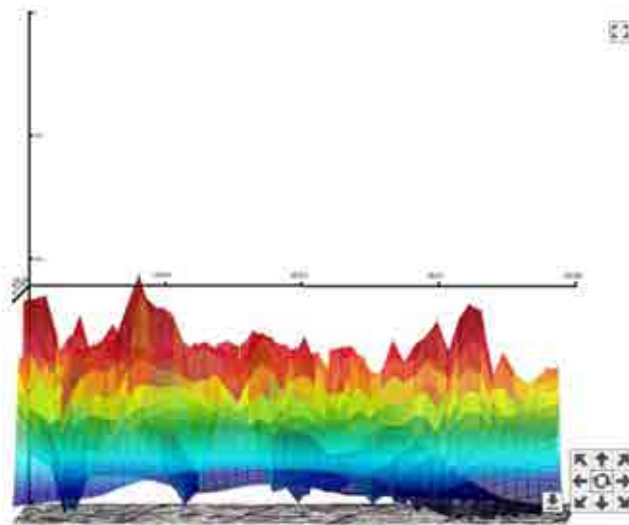


Figura 361 Sector 19 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

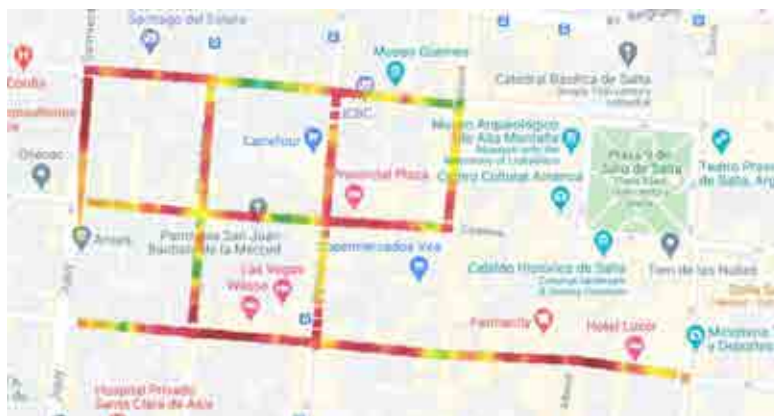


Figura 362 Sector 19 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

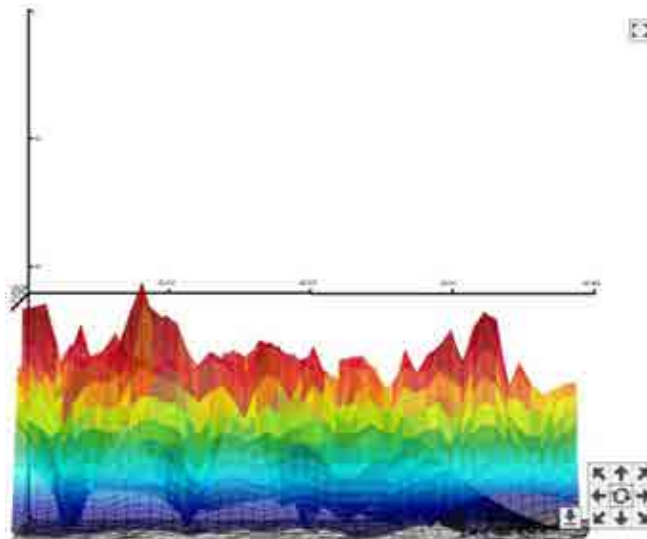


Figura 363 Sector 19 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

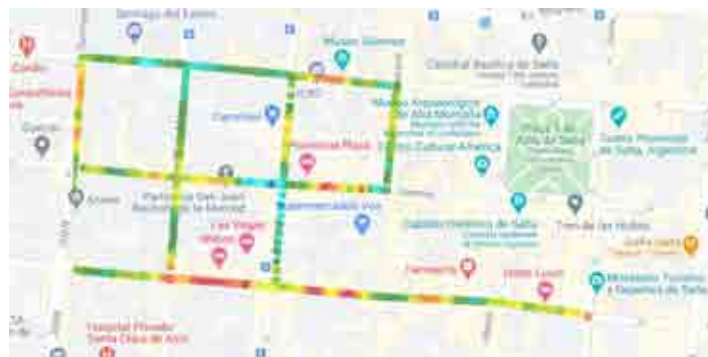


Figura 364 Sector 19 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

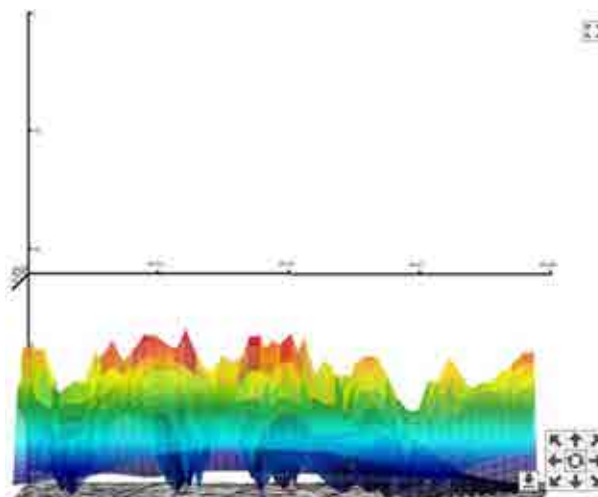


Figura 365 Sector 19 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 366 Sector 19 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 367 Sector 19 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 368 Sector 19 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz



Figura 369 Sector 19 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

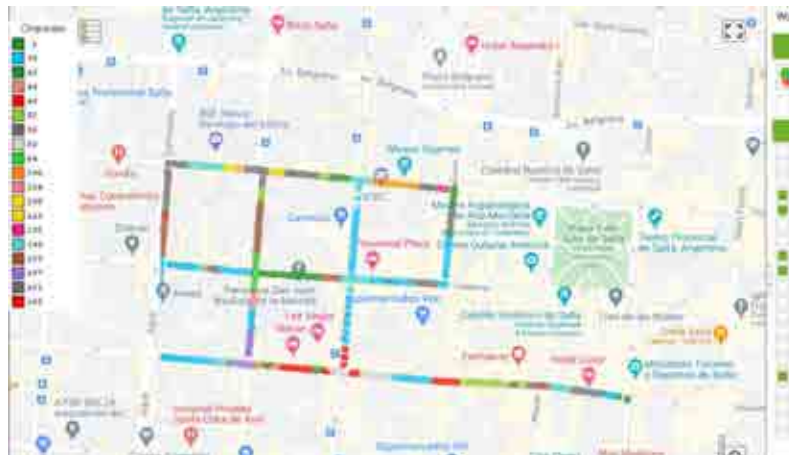


Figura 370 Sector 19 – Mapa channel coverage 5 GHz

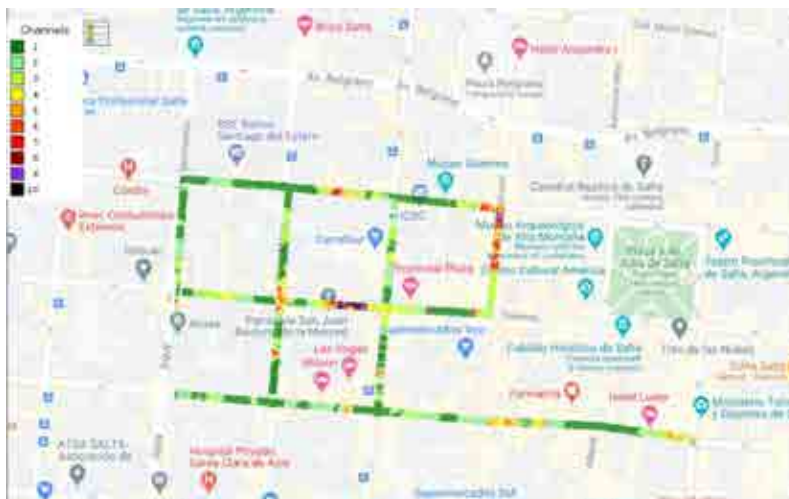


Figura 371 Sector 19 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

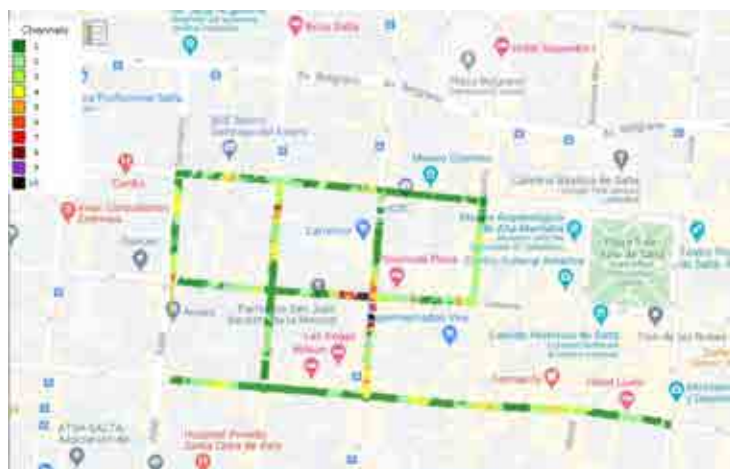


Figura 372 Sector 19 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 20 Sector 20 - Centro

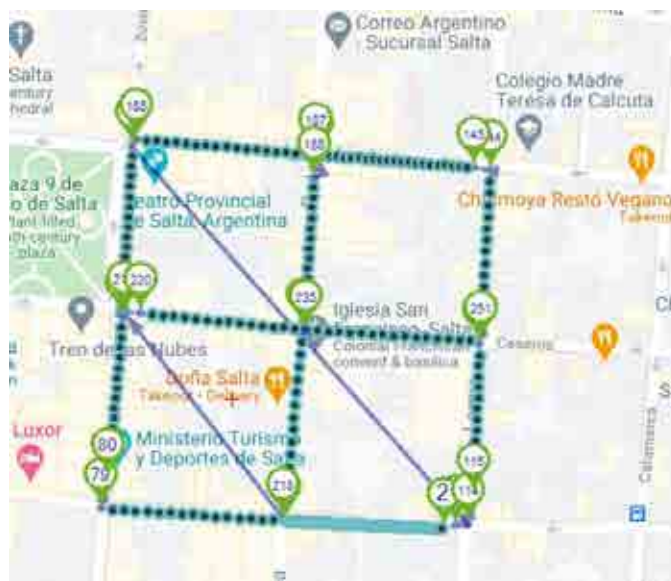


Figura 373 Sector 20 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 42 Sector 20 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #20 - Centro	944	842	1083
Total	944	842	1083

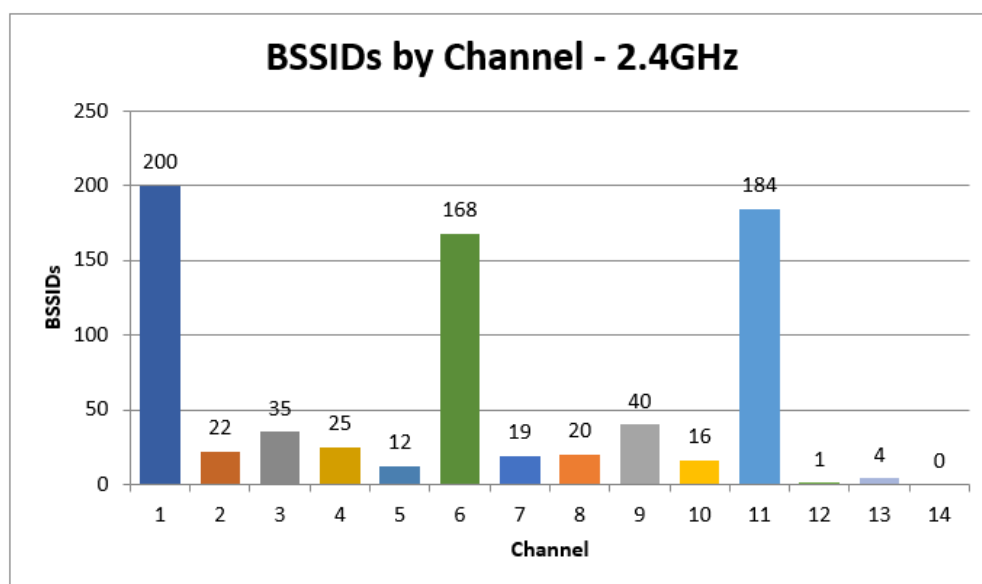


Figura 374 Sector 20 – BSSIDs 2.4 GHz

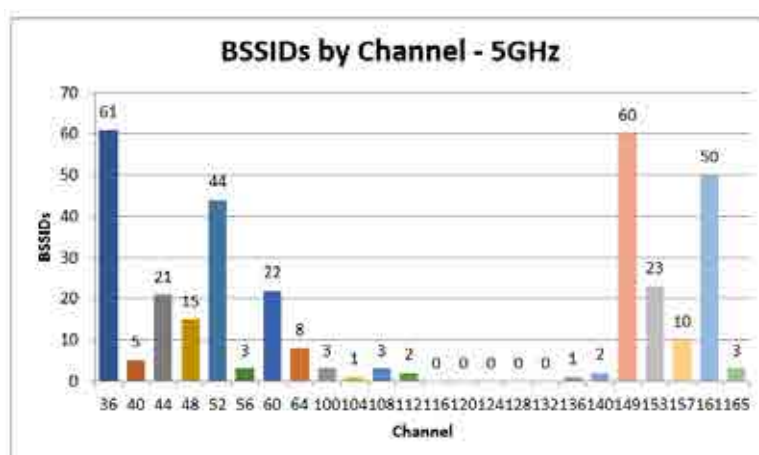


Figura 375 Sector 20 – BSSIDs 5 GHz



Figura 376 Sector 20 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

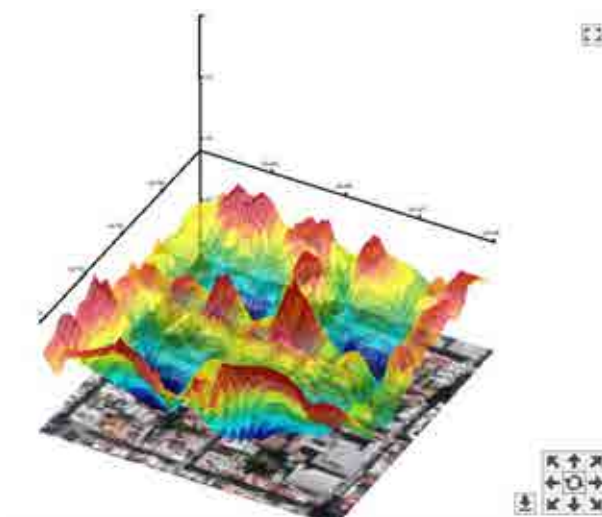


Figura 377 Sector 20 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

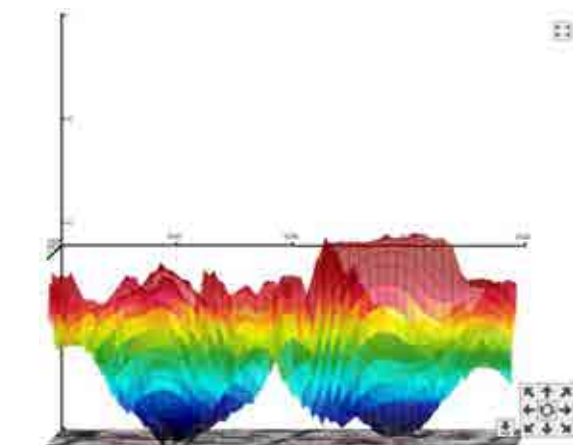


Figura 378 Sector 20 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 379 Sector 20 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

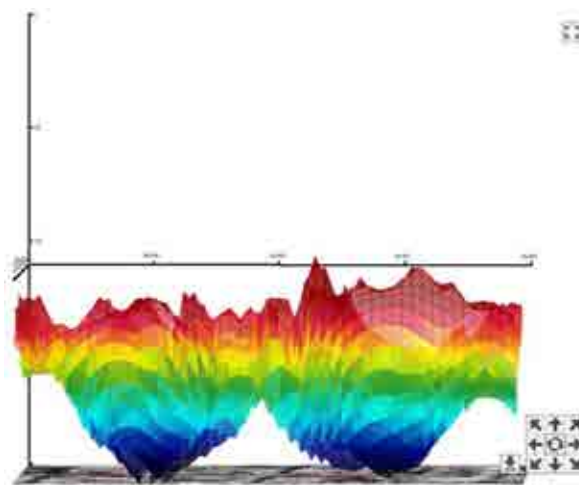


Figura 380 Sector 20 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

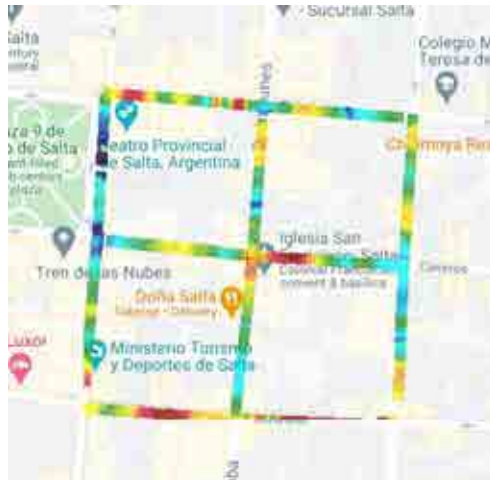


Figura 381 Sector 20 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

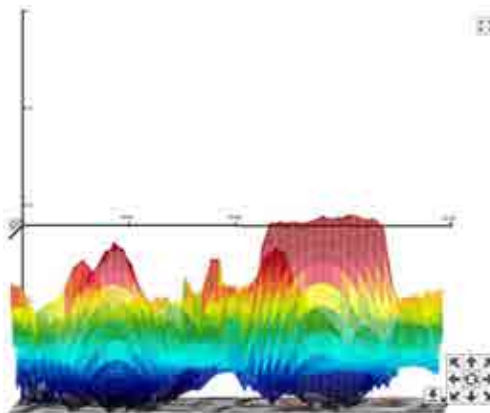


Figura 382 Sector 20 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 383 Sector 20 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 384 Sector 20 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz

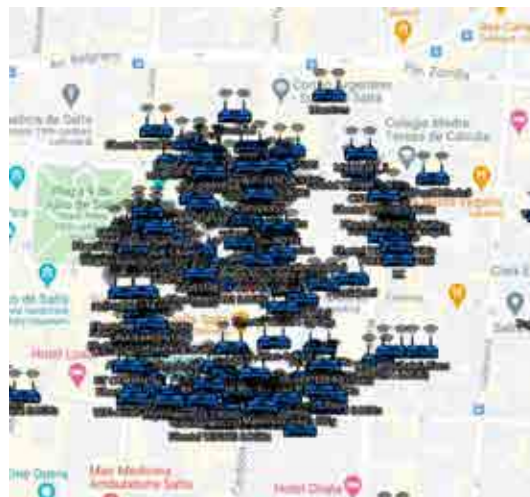


Figura 385 Sector 20 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

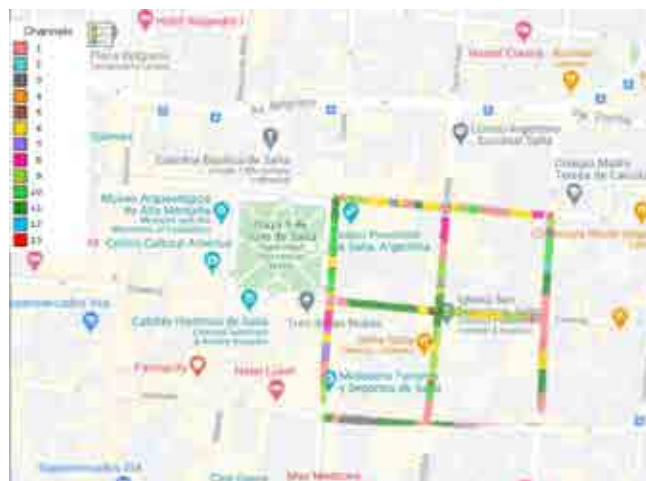


Figura 386 Sector 20 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

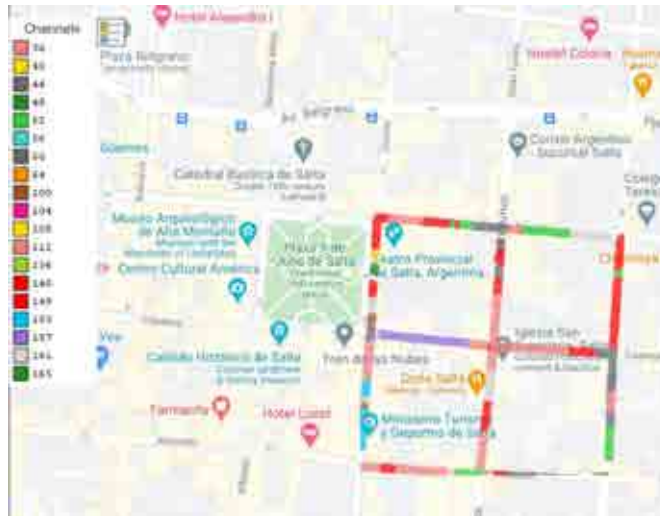


Figura 387 Sector 20 – Mapa channel coverage 5 GHz

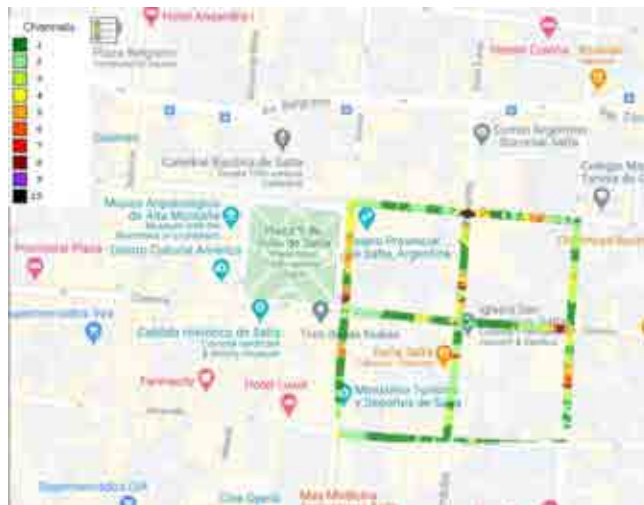


Figura 388 Sector 20 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

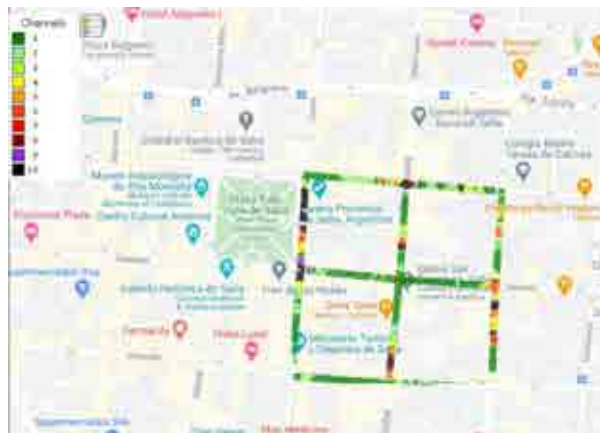


Figura 389 Sector 20 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 21 Sector 21 - Centro



Figura 390 Sector 21 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 43 Sector 21 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #21 - Centro	1189	1071	1351
Total	1189	1071	1351

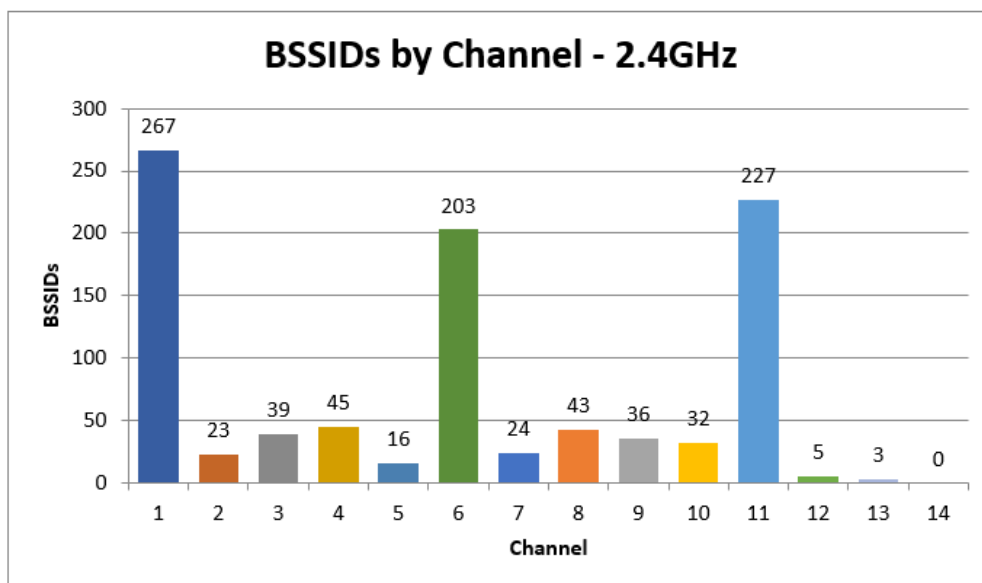


Figura 391 Sector 21 – BSSIDs 2.4 GHz

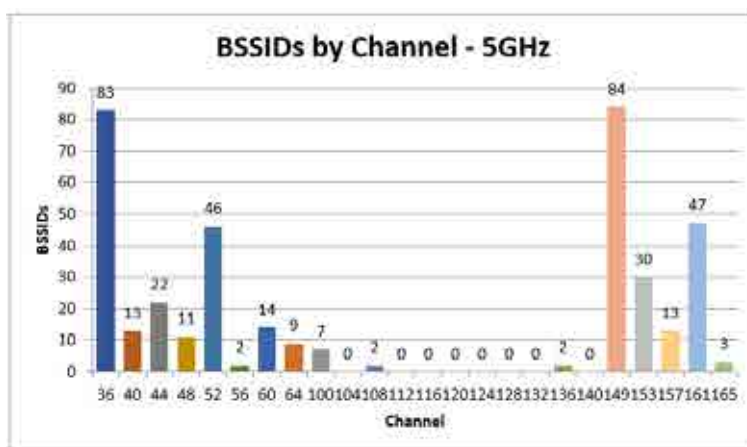


Figura 392 Sector 21 – BSSIDs 5 GHz



Figura 393 Sector 21 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

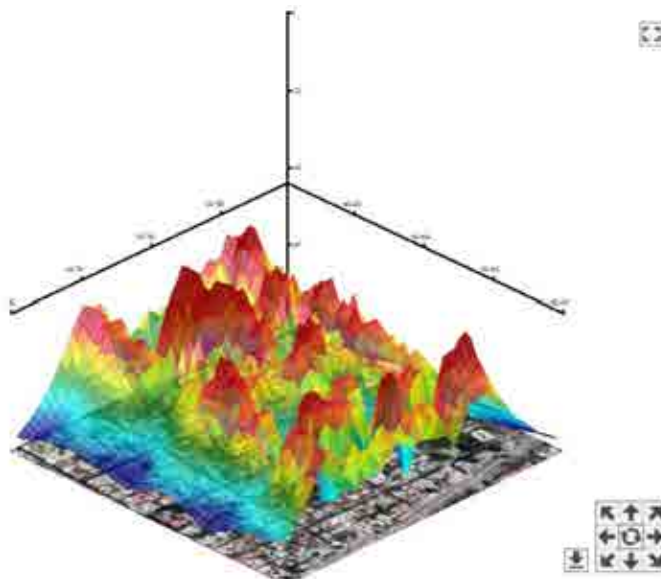


Figura 394 Sector 21 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

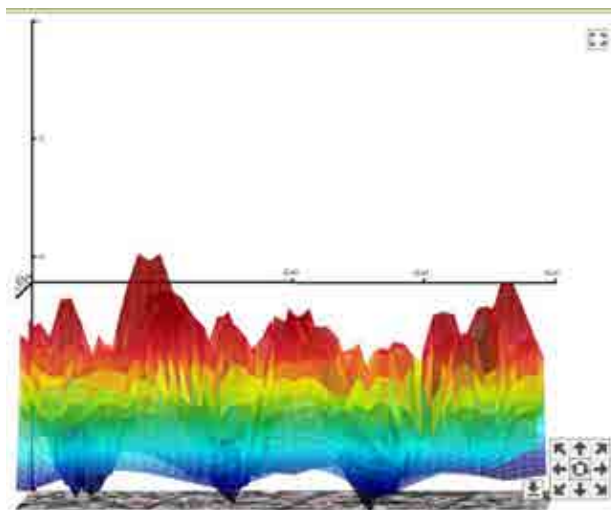


Figura 395 Sector 21 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

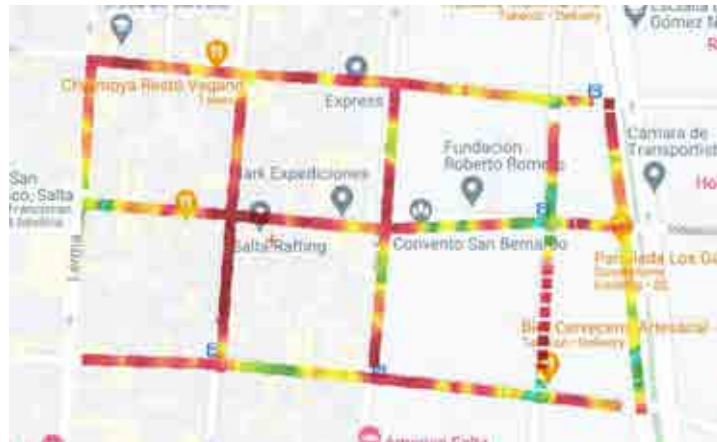


Figura 396 Sector 21 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

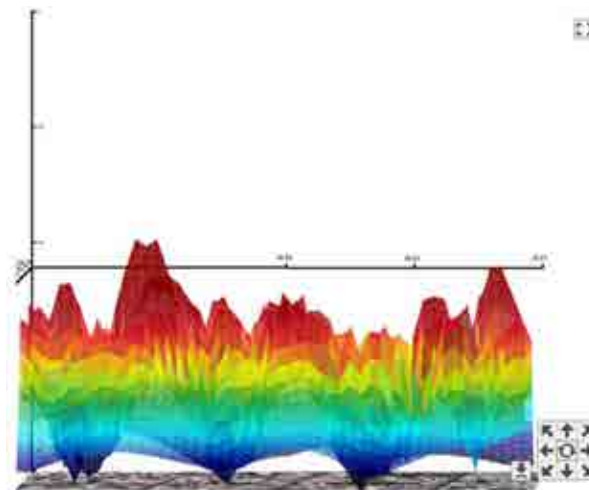


Figura 397 Sector 21 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

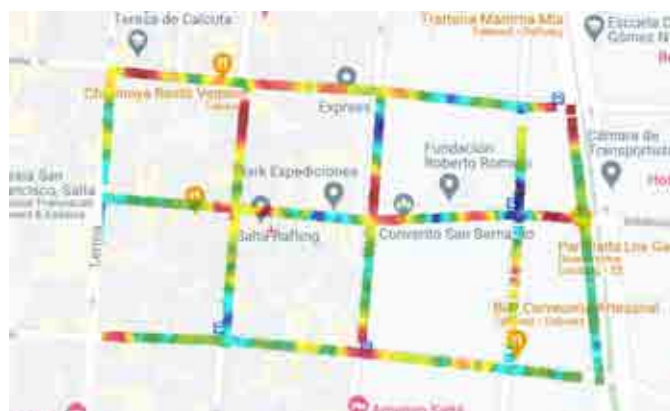


Figura 398 Sector 21 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

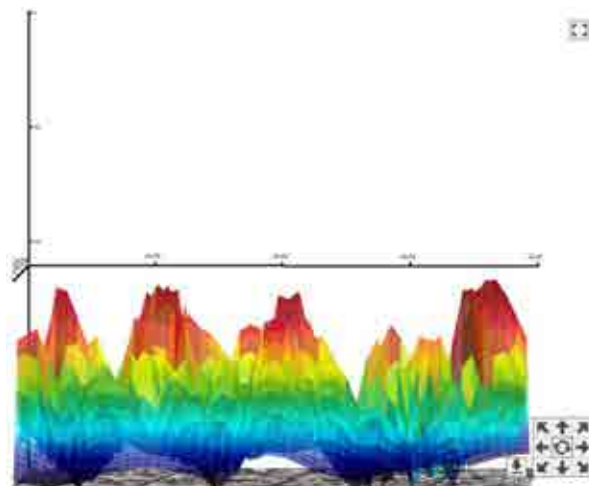


Figura 399 Sector 21 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 400 Sector 21 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 401 Sector 21 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 402 Sector 21 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz



Figura 403 Sector 21 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

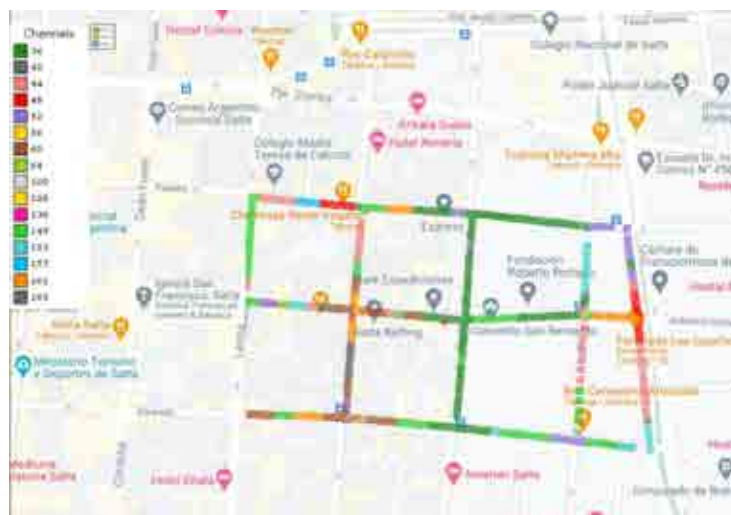


Figura 404 Sector 21 – Mapa channel coverage 5 GHz

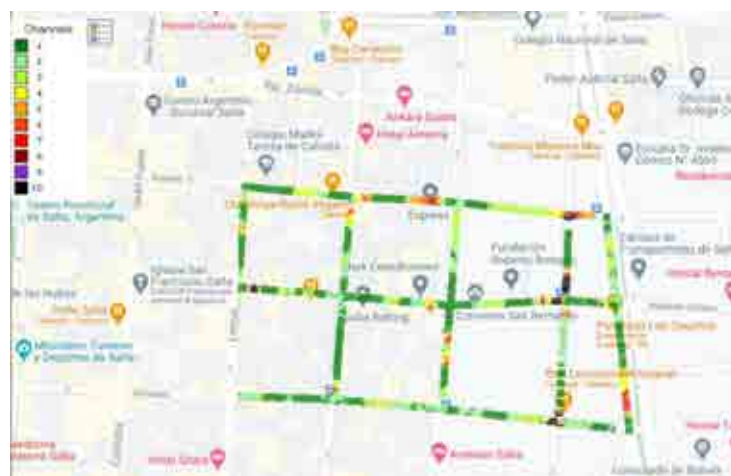


Figura 405 Sector 21 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz



Figura 406 Sector 21 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 22 Sector 22 - Centro

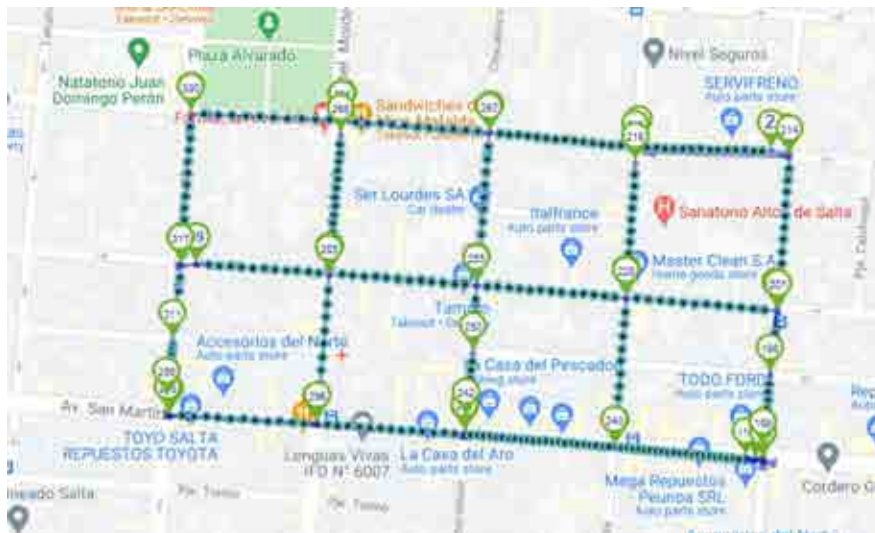


Figura 407 Sector 22 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 44 Sector 22 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #22 - Centro	1086	976	1252
Total	1086	976	1252

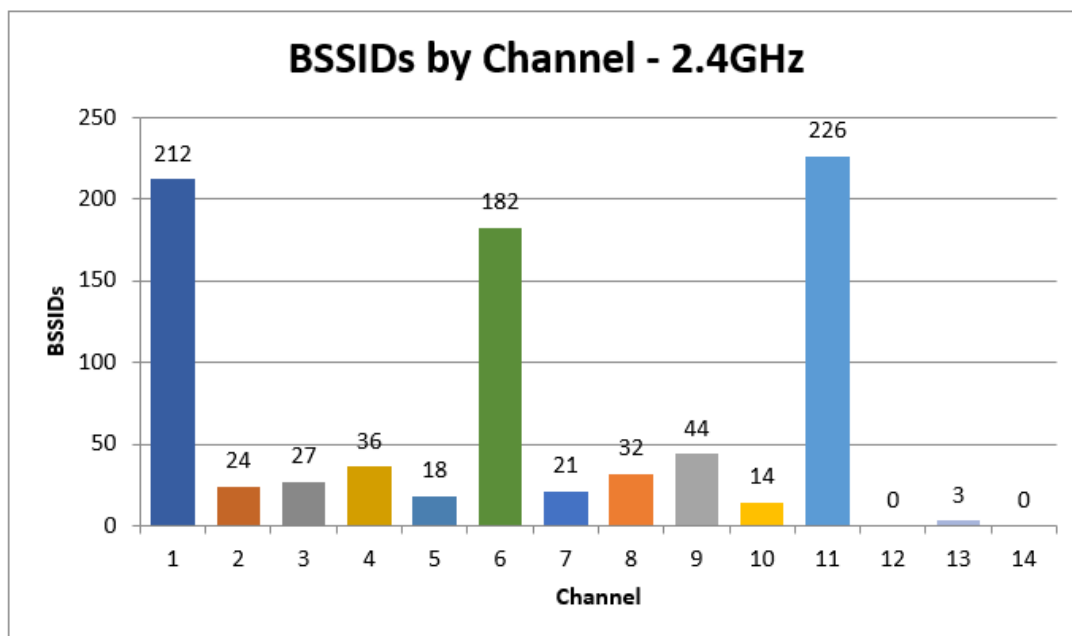


Figura 408 Sector 22 – BSSIDs 2.4 GHz

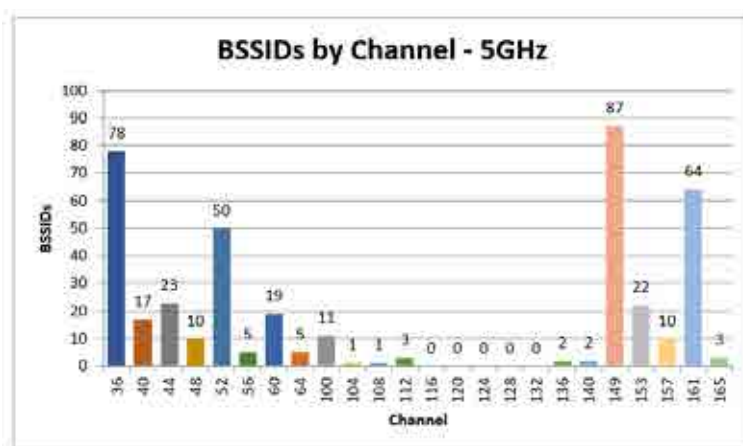


Figura 409 Sector 22 – BSSIDs 5 GHz



Figura 410 Sector 22 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

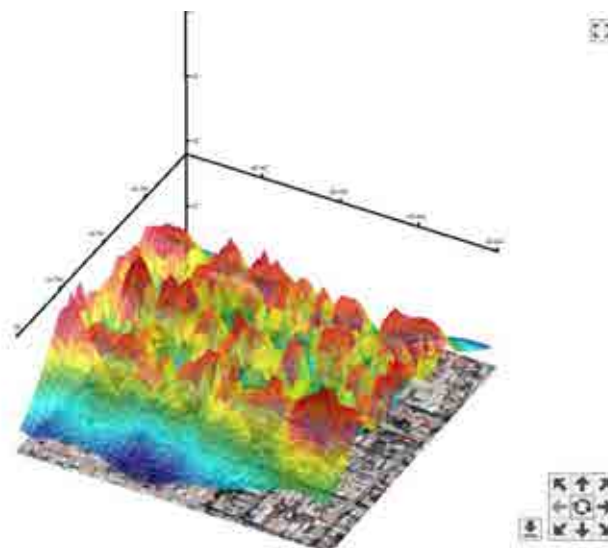


Figura 411 Sector 22 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

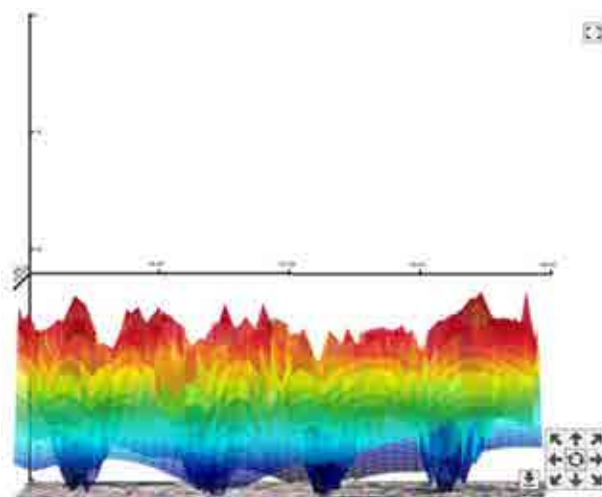


Figura 412 Sector 22 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 413 Sector 22 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

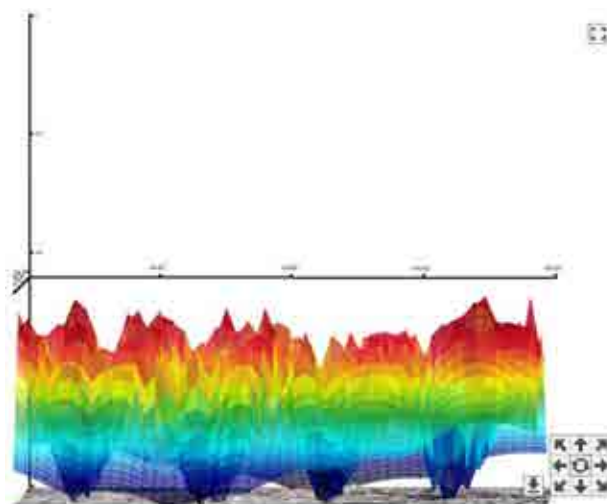


Figura 414 Sector 22 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz



Figura 415 Sector 22 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

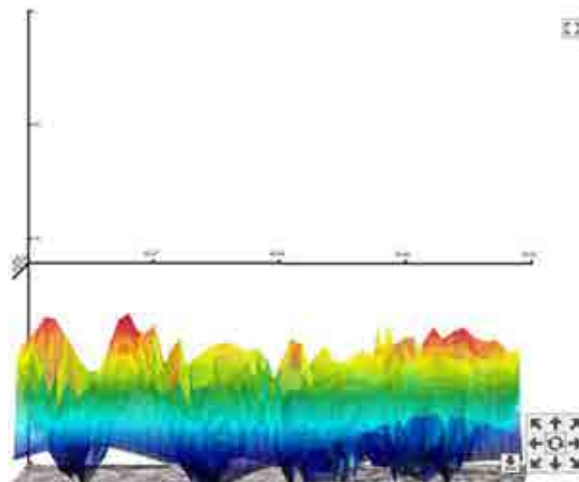


Figura 416 Sector 22 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 417 Sector 22 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 418 Sector 22 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 419 Sector 22 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz



Figura 420 Sector 22 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

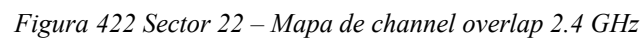


Figura 423 Sector 22 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 23 Sector 23 - Centro



Figura 424 Sector 23 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 45 Sector 23 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #23 - Centro	1540	1306	1719
Total	1540	1306	1719

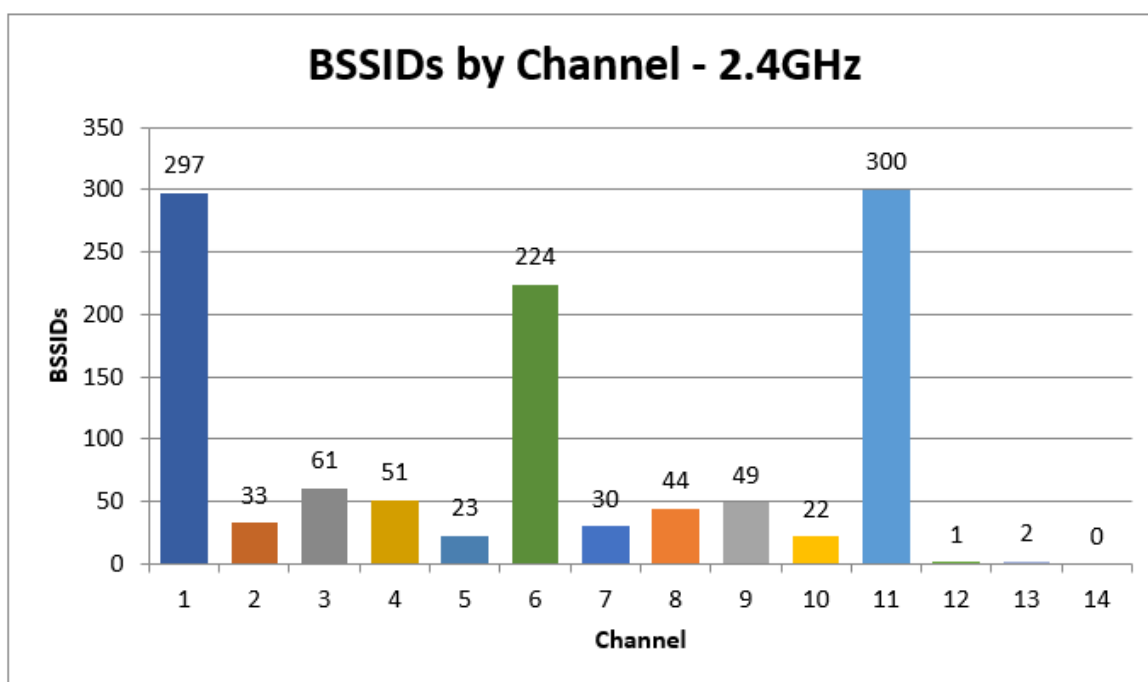


Figura 425 Sector 23 – BSSIDs 2.4 GHz

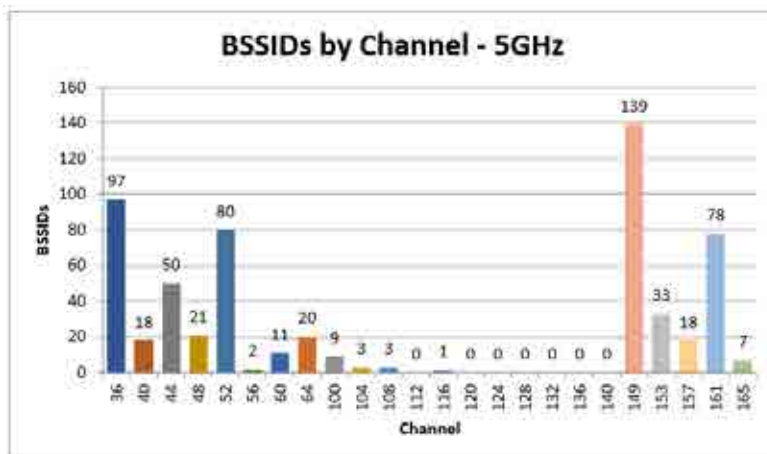


Figura 426 Sector 23 – BSSIDs 5 GHz

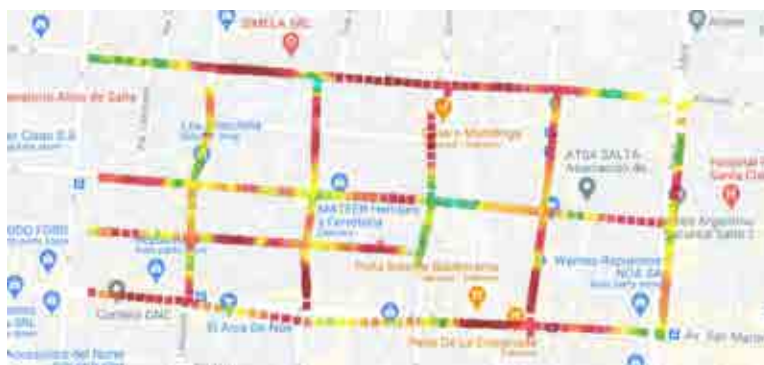


Figura 427 Sector 23 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

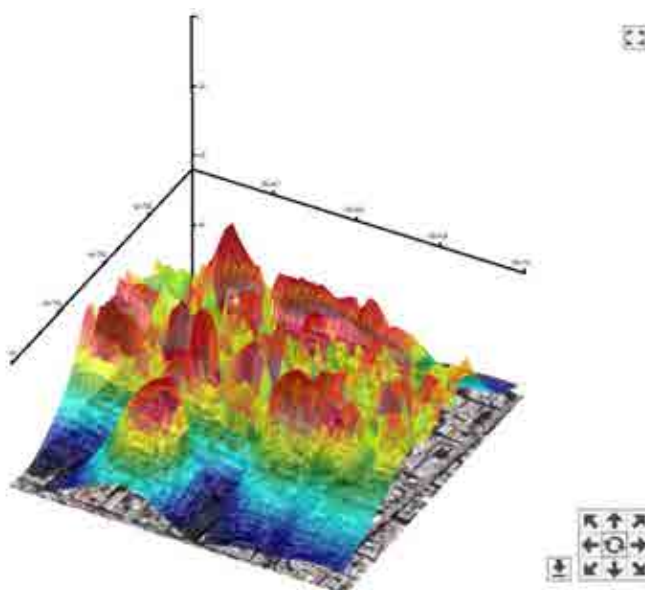


Figura 428 Sector 23 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

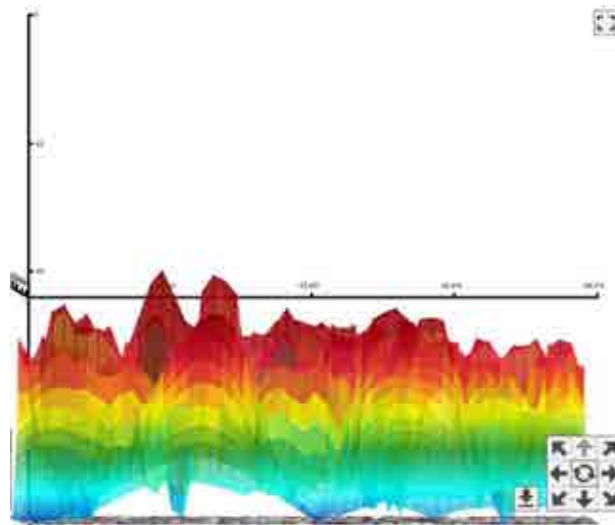


Figura 429 Sector 23 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 430 Sector 23 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

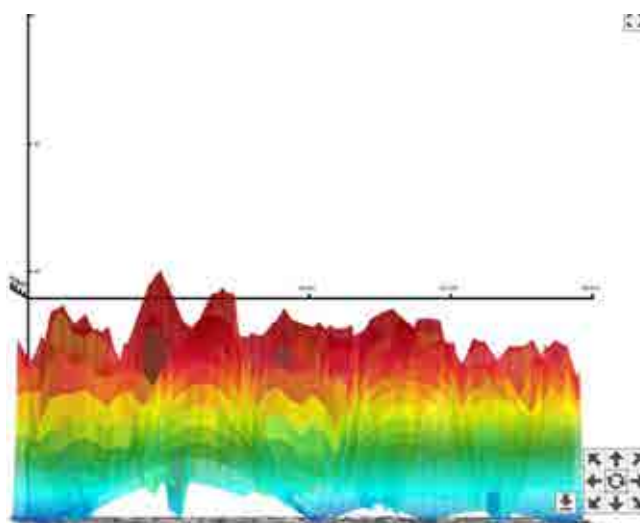


Figura 431 Sector 23 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz



Figura 432 Sector 23 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

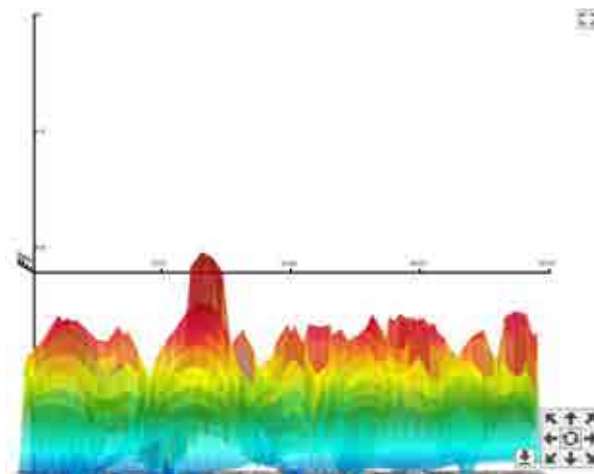


Figura 433 Sector 23 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 434 Sector 23 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 435 Sector 23 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 436 Sector 23 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

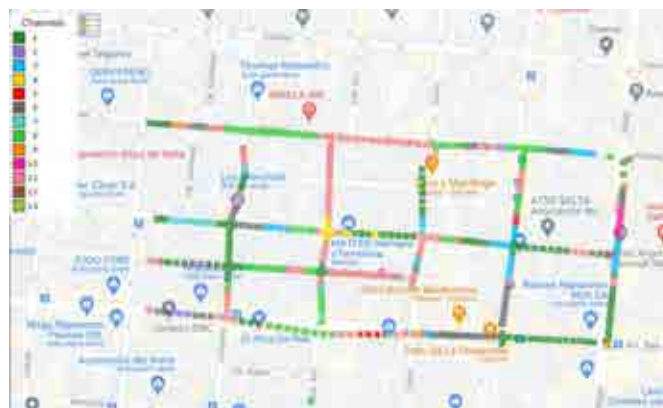


Figura 437 Sector 23 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

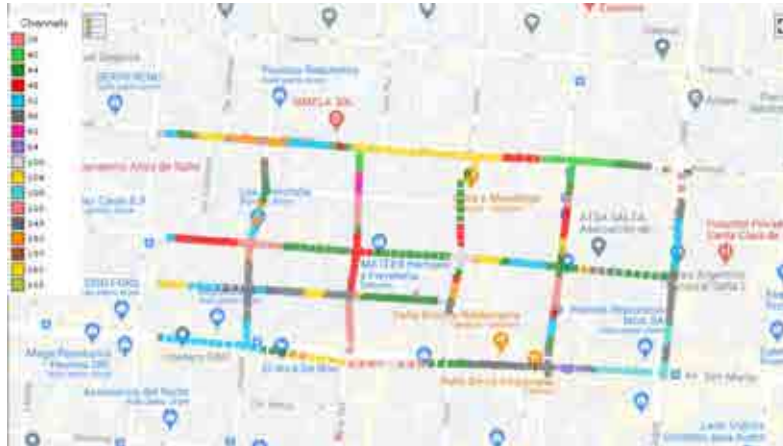


Figura 438 Sector 23 – Mapa channel coverage 5 GHz

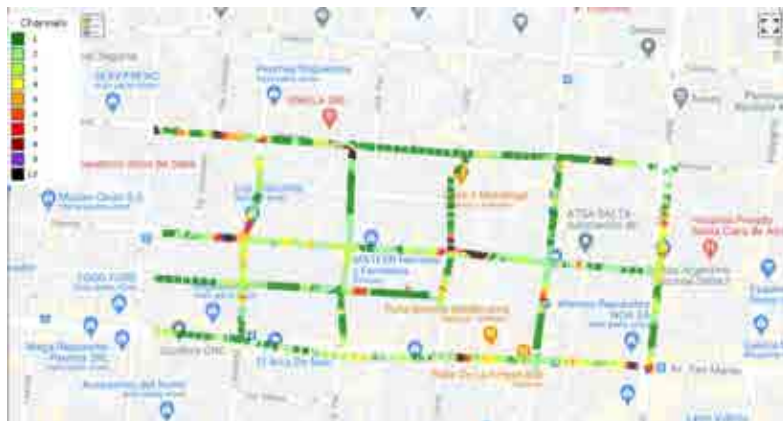


Figura 439 Sector 23 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

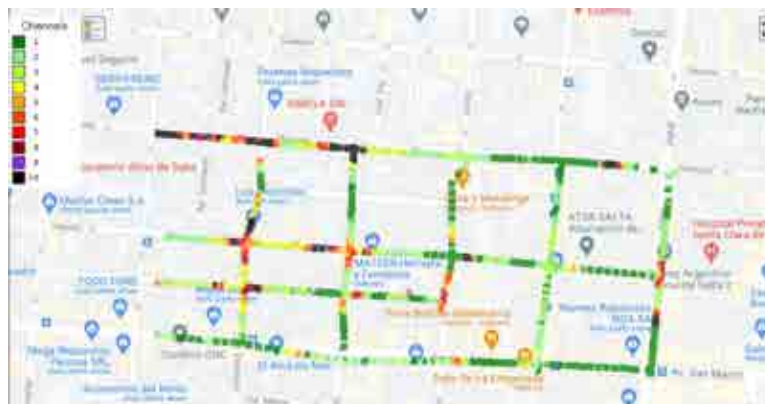


Figura 440 Sector 23 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 24 Sector 24 - Centro



Figura 441 Sector 24 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 46 Sector 24 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #24 - Centro	2866	2498	3343
Total	2866	2498	3343

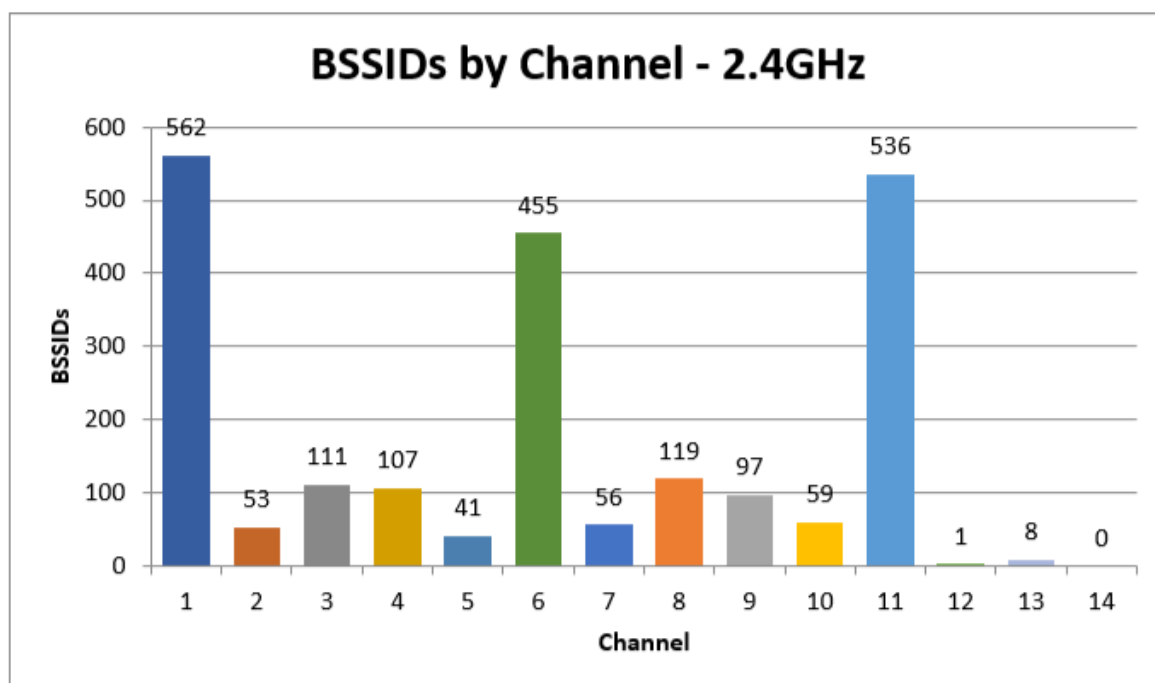


Figura 442 Sector 24 – BSSIDs 2.4 GHz

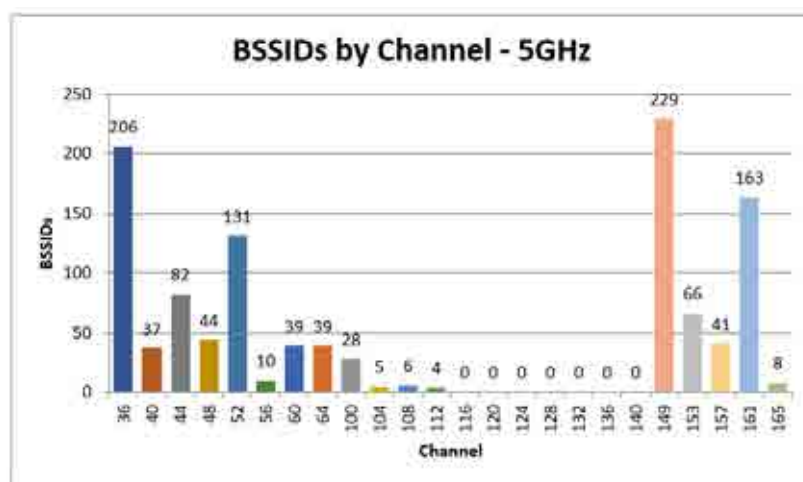


Figura 443 Sector 24 – BSSIDs 5 GHz

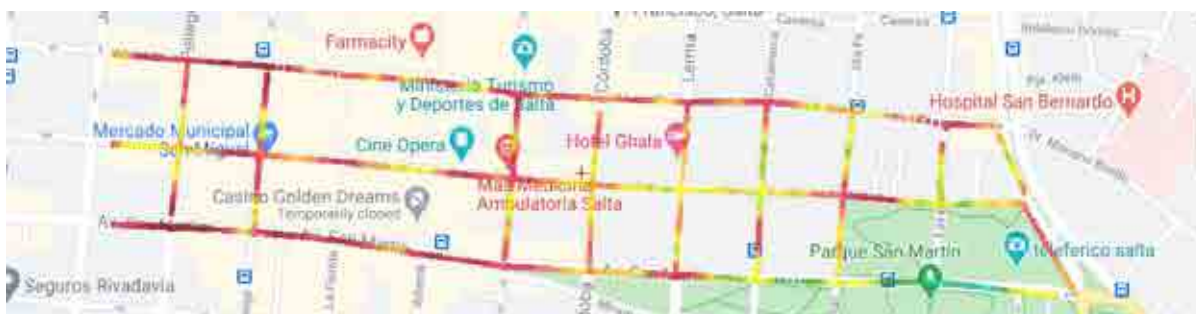


Figura 444 Sector 24 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

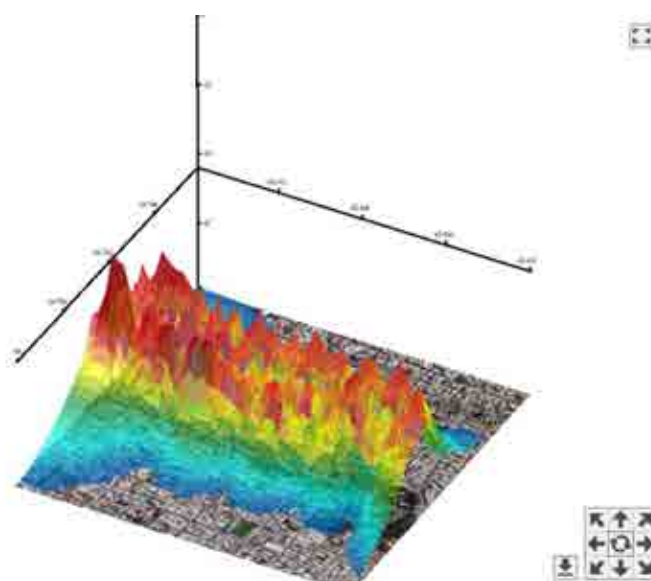


Figura 445 Sector 24 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

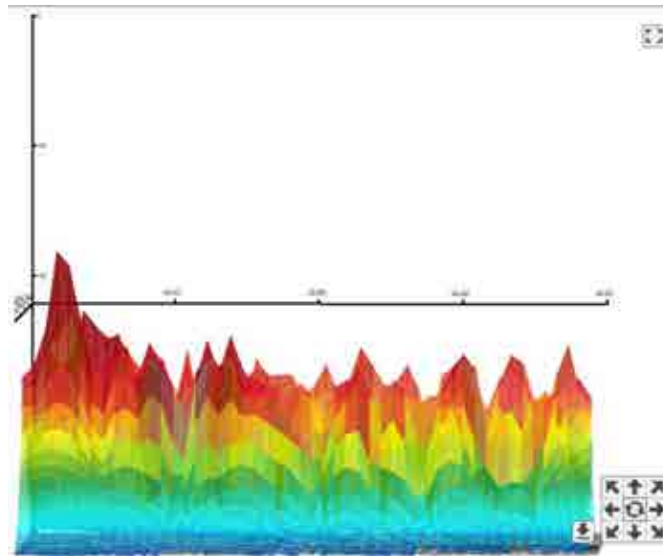


Figura 446 Sector 24 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 447 Sector 24 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

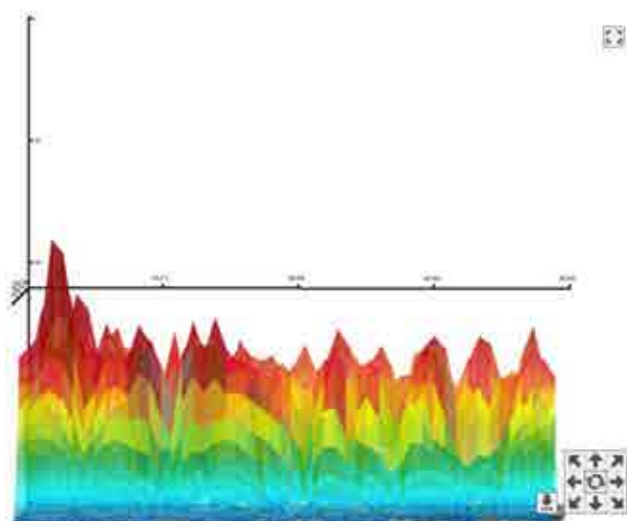


Figura 448 Sector 24 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz



Figura 449 Sector 24 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

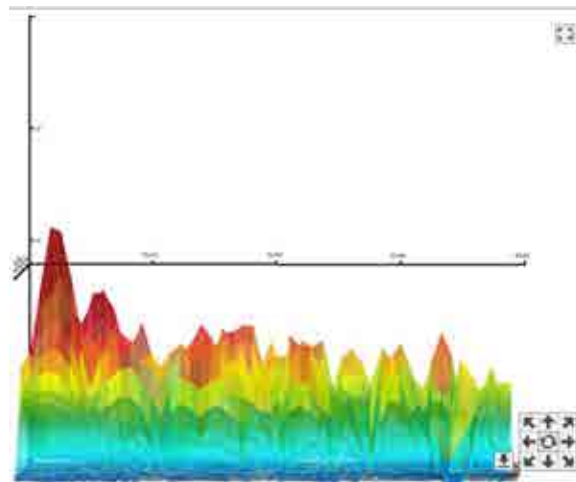


Figura 450 Sector 24 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 451 Sector 24 – Mapa de ubicación de los APs totales

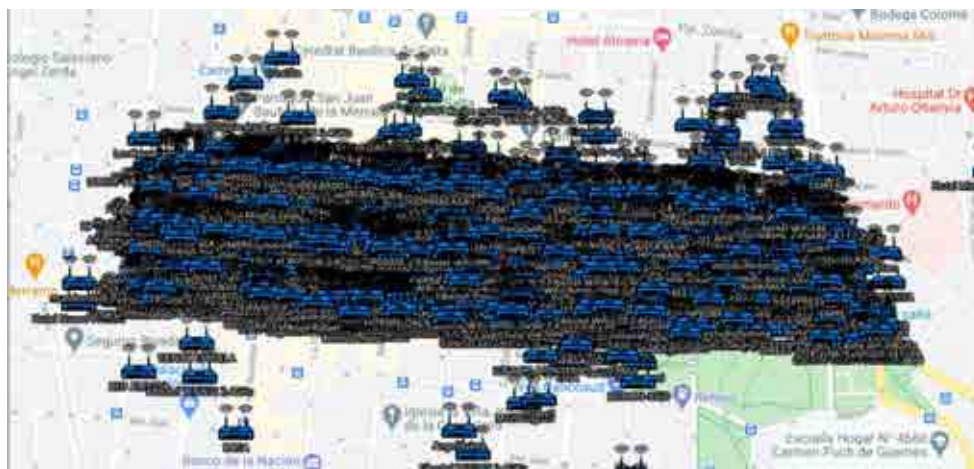


Figura 452 Sector 24 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 453 Sector 24 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

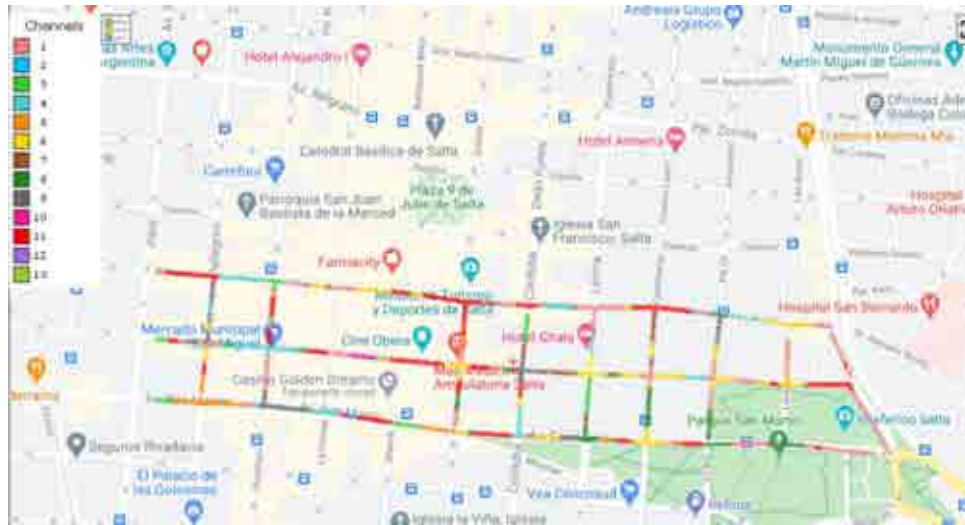


Figura 454 Sector 24 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

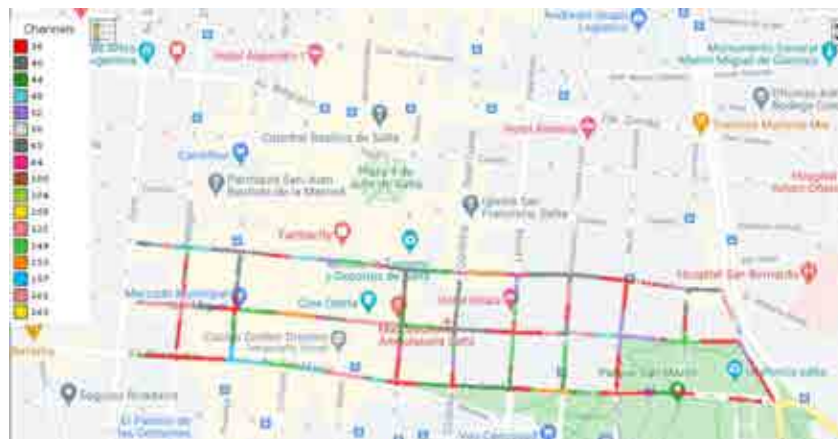
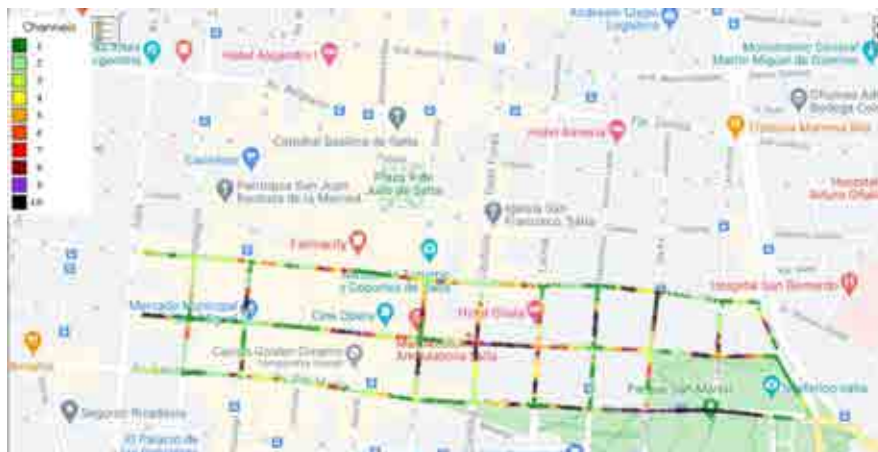


Figura 455 Sector 24 – Mapa channel coverage 5 GHz



[illegible]

Anexo 25 Sector 25 - Tres Cerritos

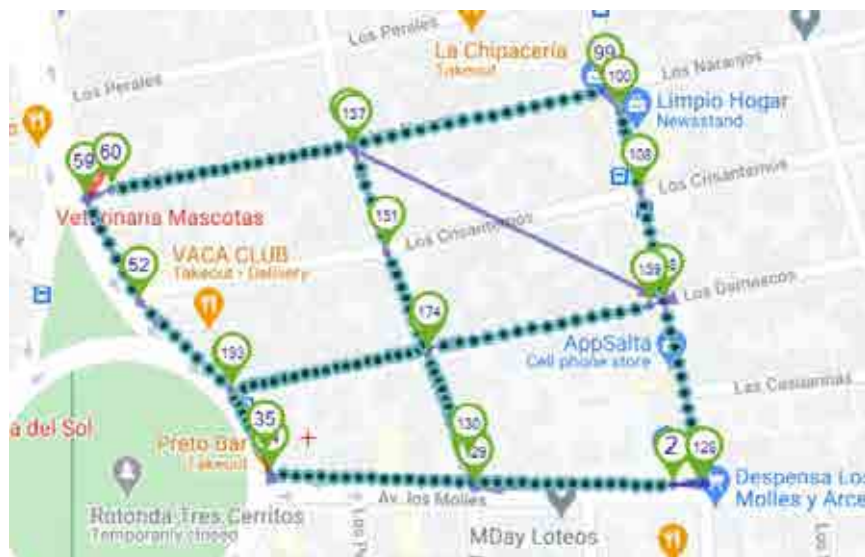


Figura 458 Sector 25 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 47 Sector 25 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #27 - Tres Cerritos	564	494	635
Total	564	494	635

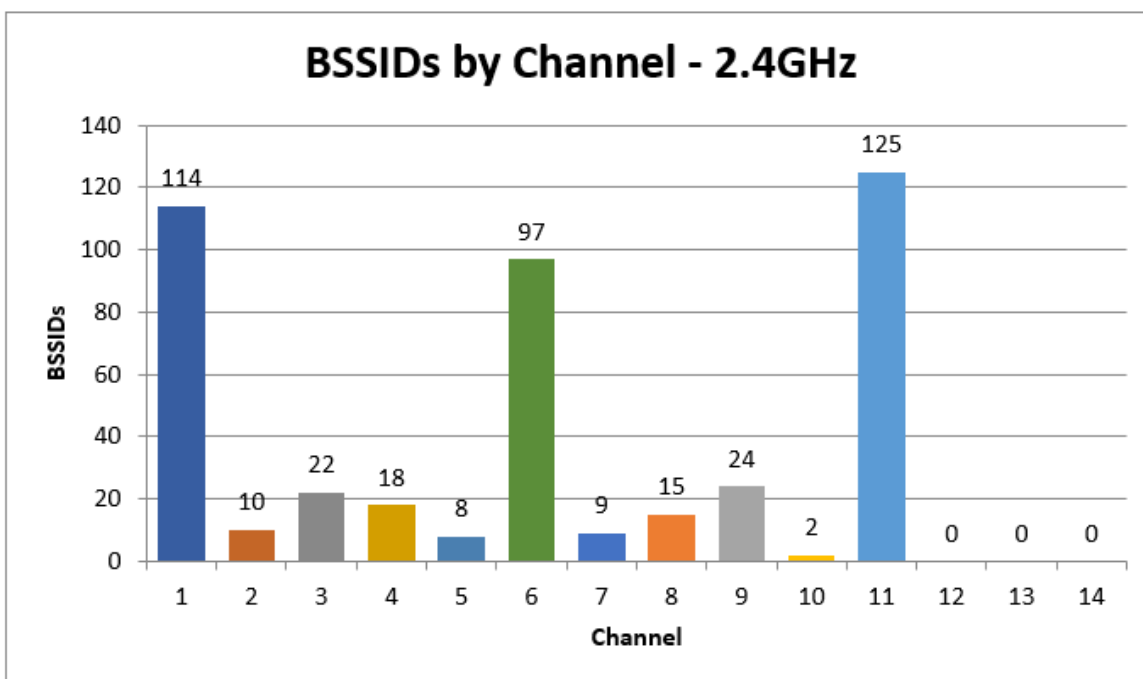


Figura 459 Sector 25 – BSSIDs 2.4 GHz

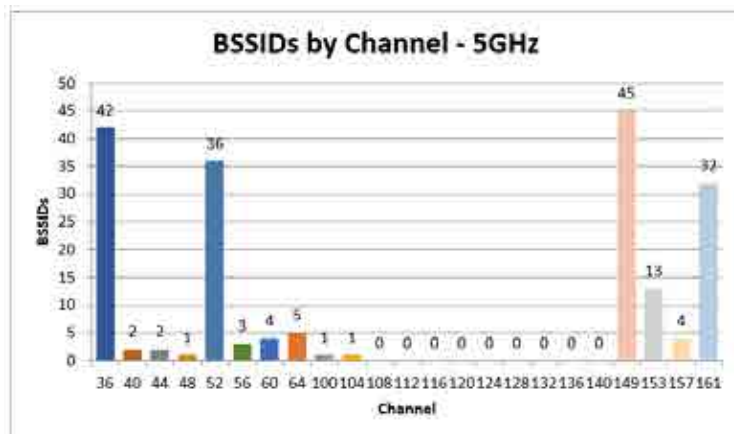


Figura 460 Sector 25 – BSSIDs 5 GHz

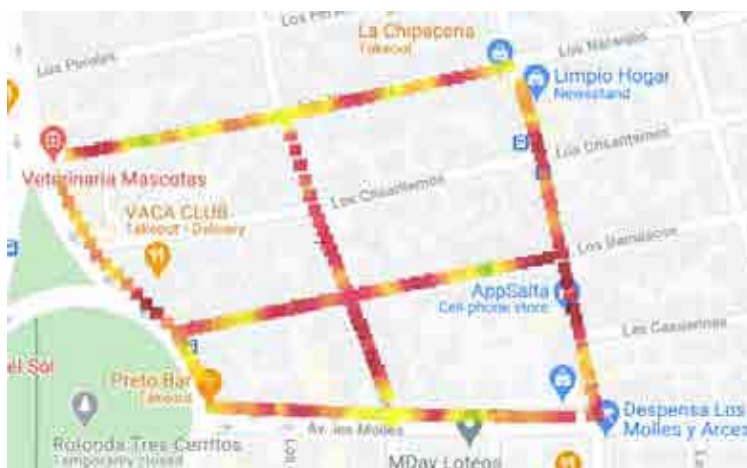


Figura 461 Sector 25 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

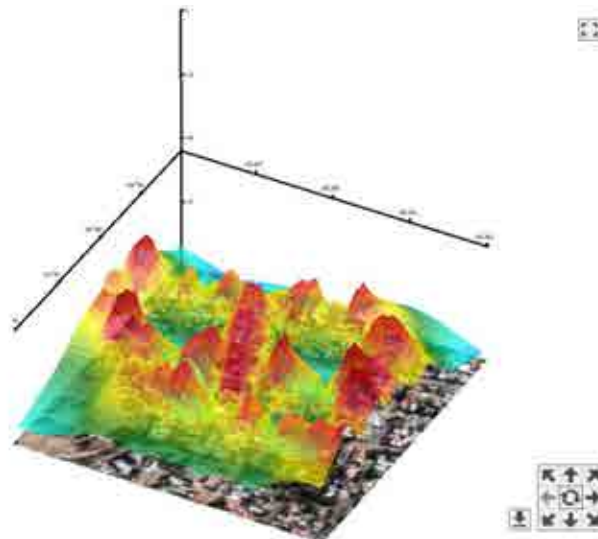


Figura 462 Sector 25 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

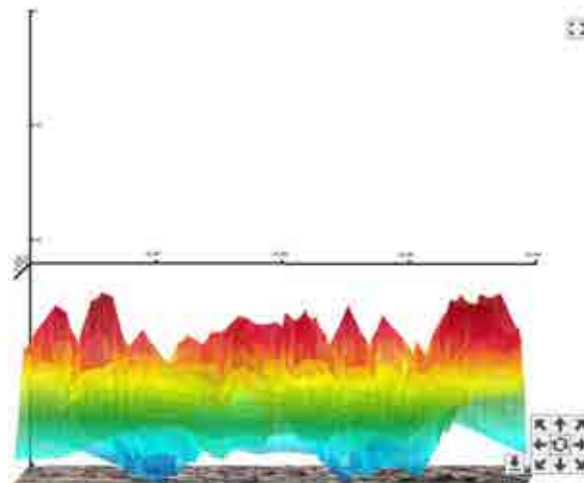


Figura 463 Sector 25 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2

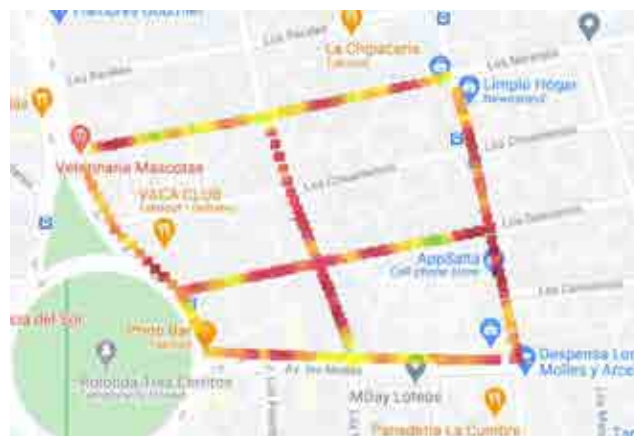
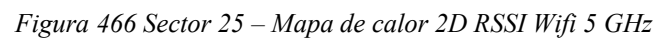
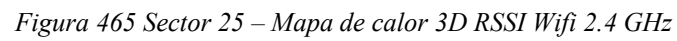


Figura 464 Sector 25 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz



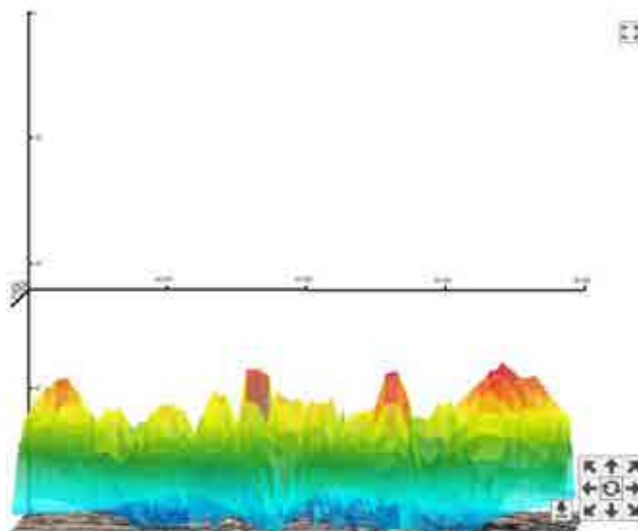
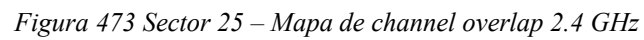


Figura 467 Sector 25 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 468 Sector 25 – Mapa de ubicación de los APs totales





Anexo 26 Sector 26- Tres Cerritos

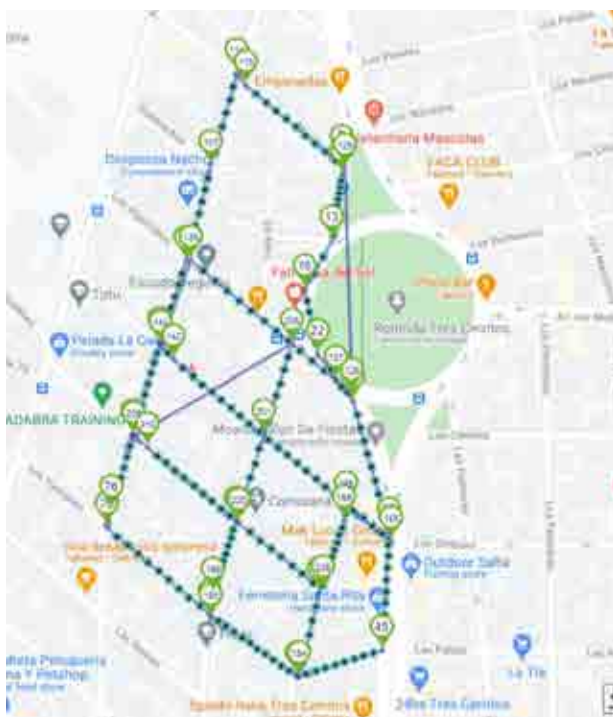


Figura 475 Sector 26 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 48 Sector 26 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #28 - Tres Cerritos	505	421	539
Total	505	421	539

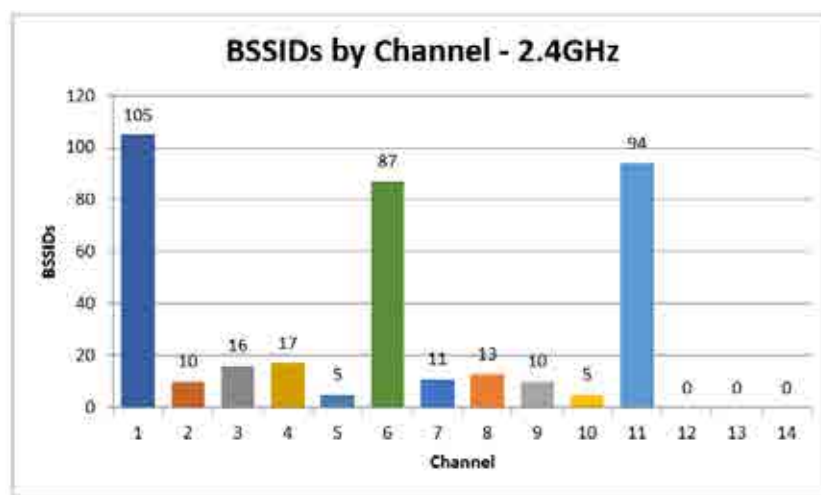


Figura 476 Sector 26 – BSSIDs 2.4 GHz

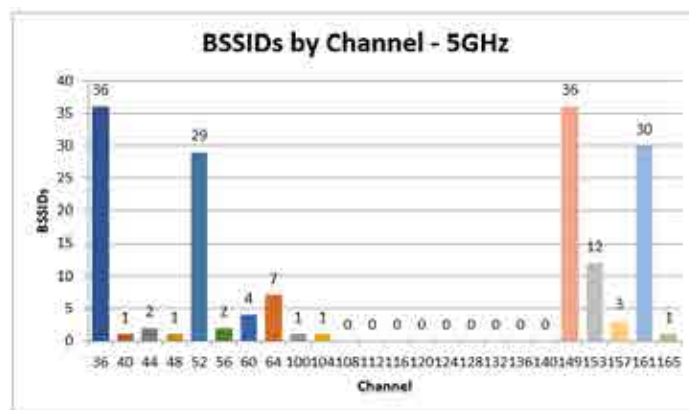


Figura 477 Sector 26 – BSSIDs 5 GHz

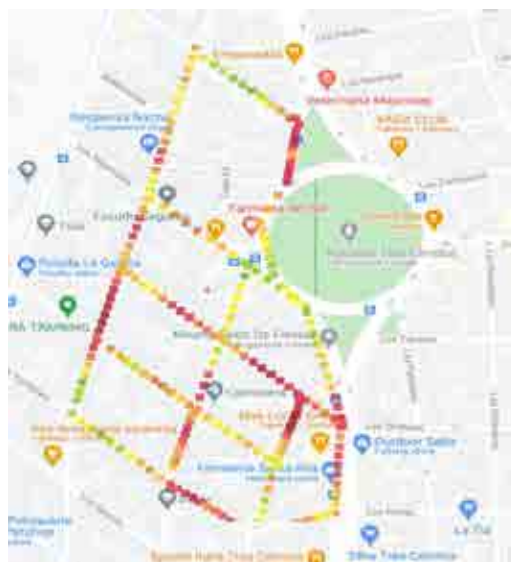


Figura 478 Sector 26 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

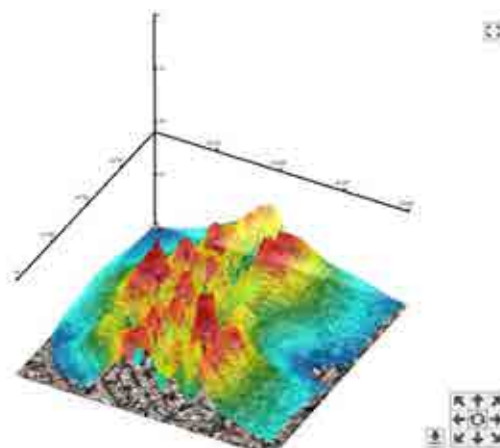


Figura 479 Sector 26 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

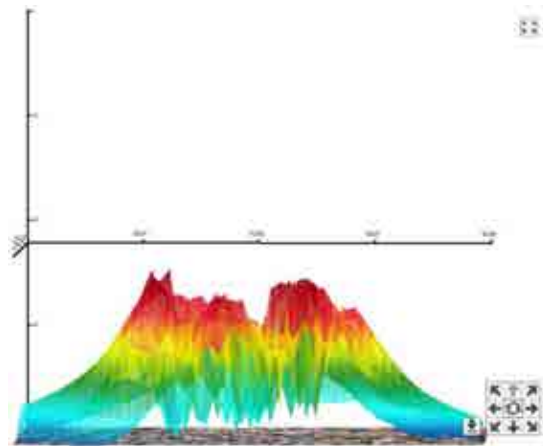


Figura 480 Sector 26 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 481 Sector 26 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

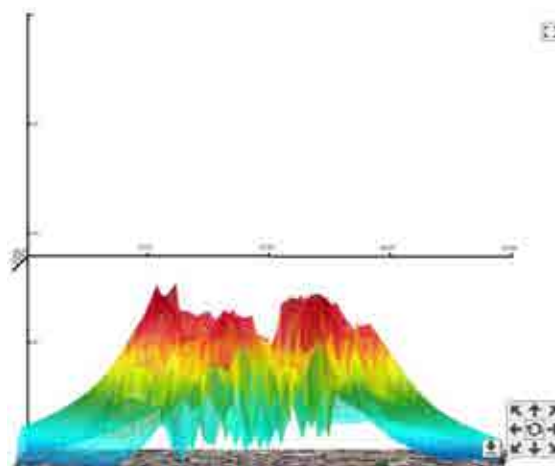


Figura 482 Sector 26 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

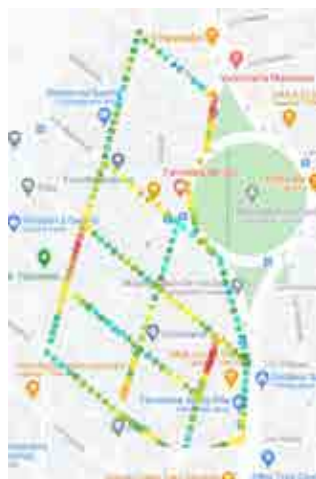


Figura 483 Sector 26 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

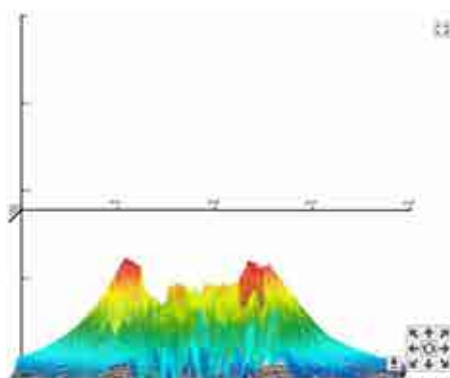


Figura 484 Sector 26 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 485 Sector 26 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 486 Sector 26 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 487 Sector 26 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

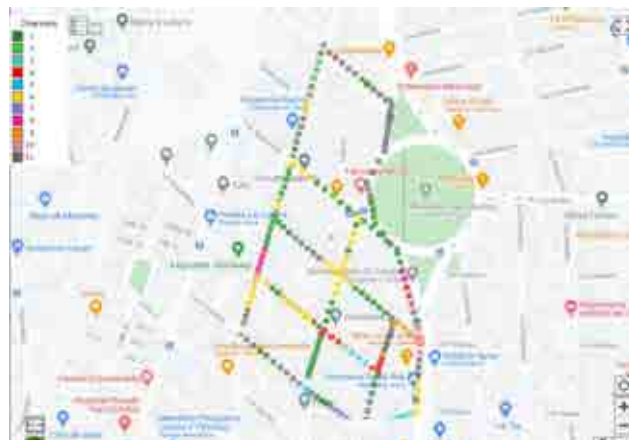


Figura 488 Sector 26 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

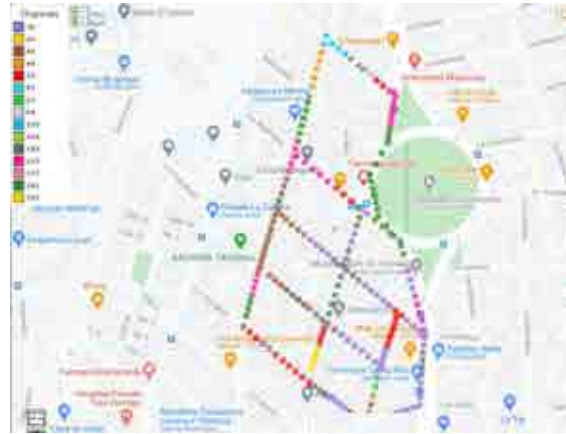


Figura 489 Sector 26 – Mapa channel coverage 5 GHz

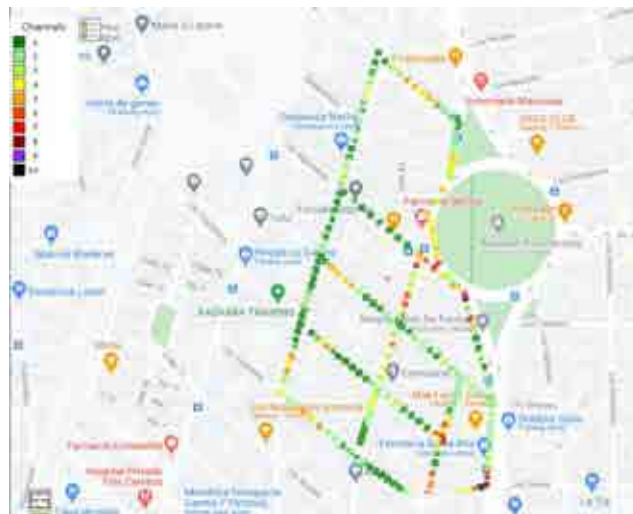


Figura 490 Sector 26 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

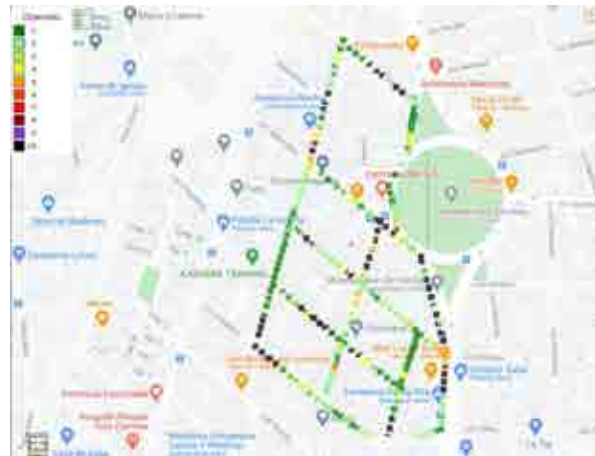


Figura 491 Sector 26 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 27 Sector 27 - Tres Cerritos

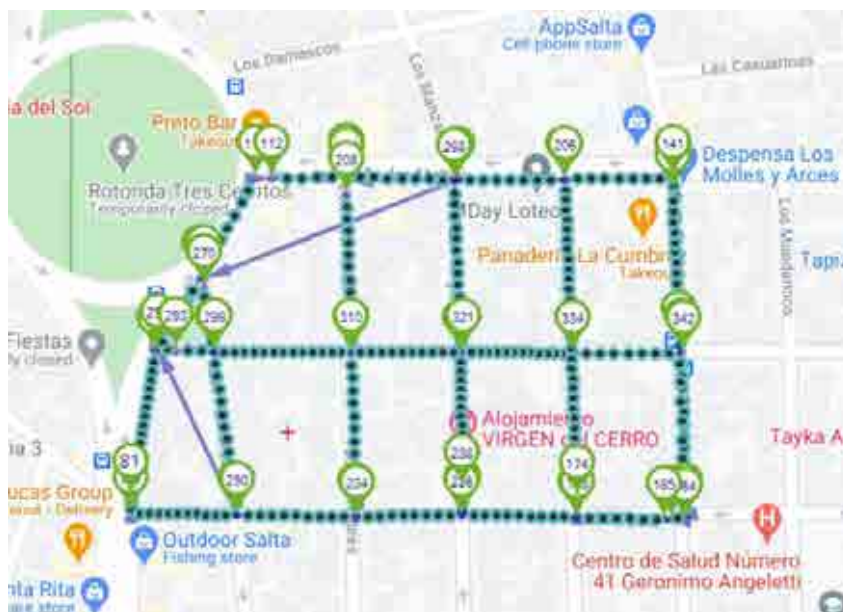


Figura 492 Sector 27 – Mapa de ruta de mediciones

Tabla 49 Sector 27 – Redes detectadas

LOCATION	NETWORKS	APs	BSSIDs
Sector #29 - Tres Cerritos	678	577	731
Total	678	577	731

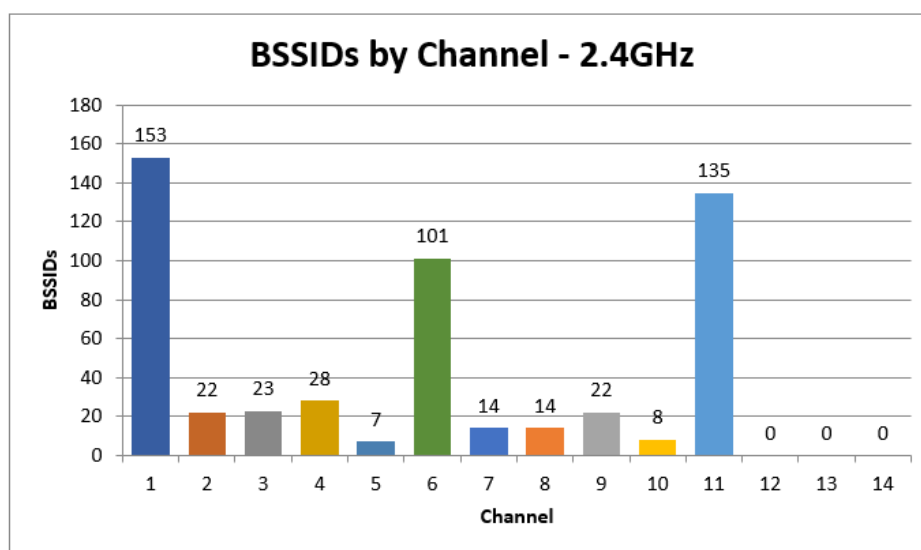


Figura 493 Sector 27 – BSSIDs 2.4 GHz

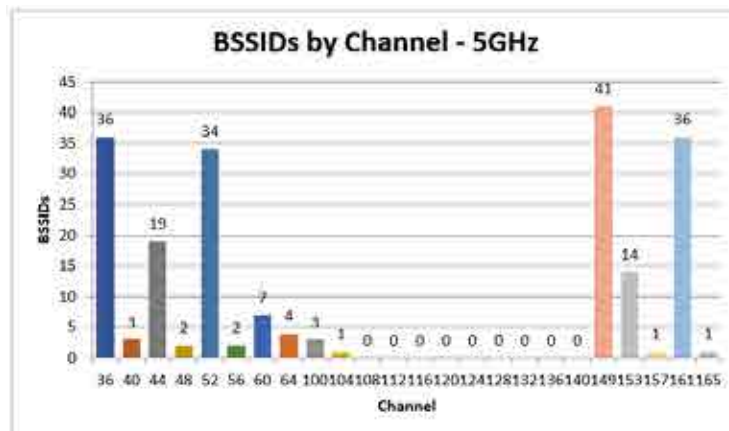


Figura 494 Sector 27 – BSSIDs 5 GHz



Figura 495 Sector 27 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi total

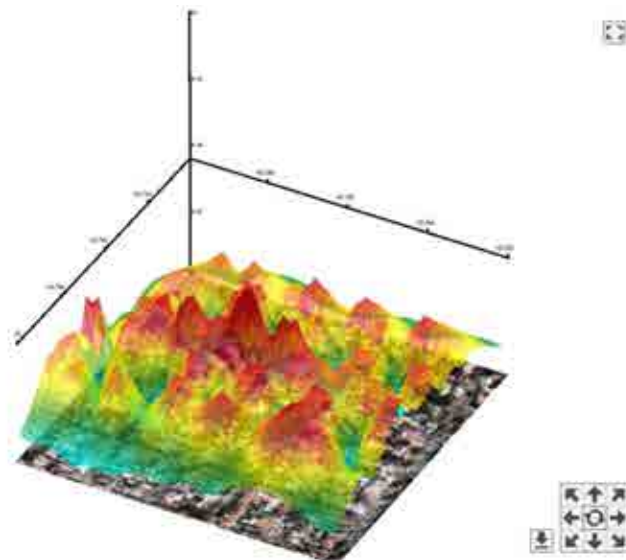


Figura 496 Sector 27 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total

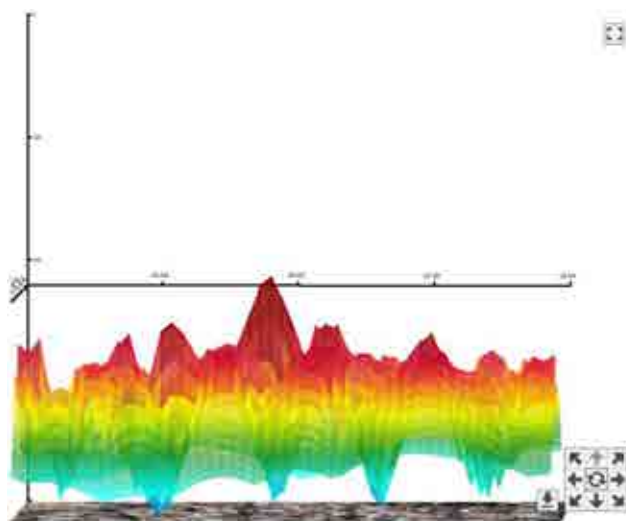


Figura 497 Sector 27 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi total 2



Figura 498 Sector 27 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 2.4 GHz

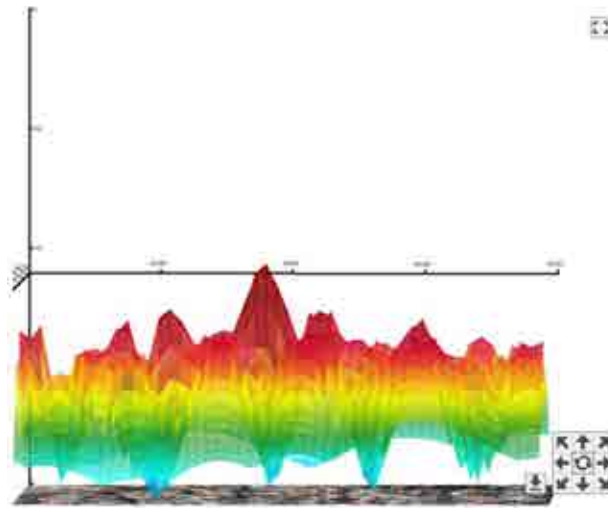


Figura 499 Sector 27 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 2.4 GHz

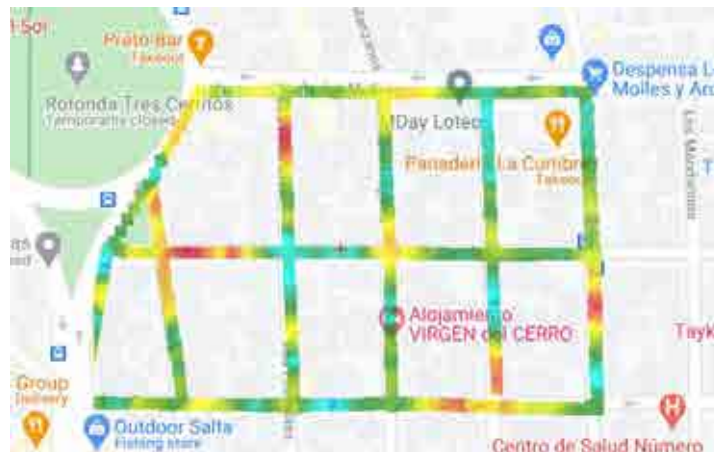


Figura 500 Sector 27 – Mapa de calor 2D RSSI Wifi 5 GHz

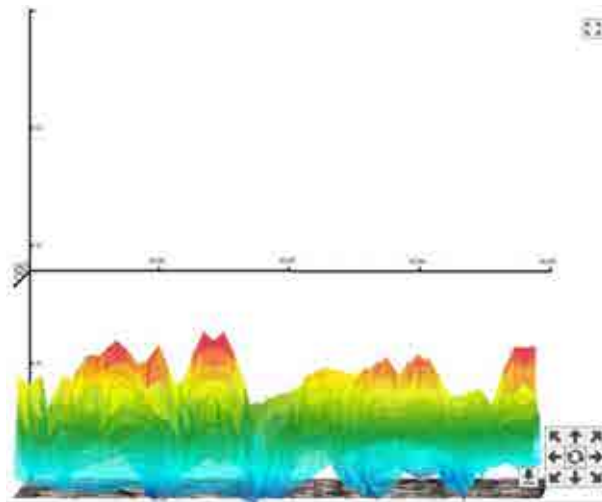


Figura 501 Sector 27 – Mapa de calor 3D RSSI Wifi 5 GHz



Figura 502 Sector 27 – Mapa de ubicación de los APs totales



Figura 503 Sector 27 – Mapa de ubicación de los APs 2.4 GHz



Figura 504 Sector 27 – Mapa de ubicación de los APs 5 GHz

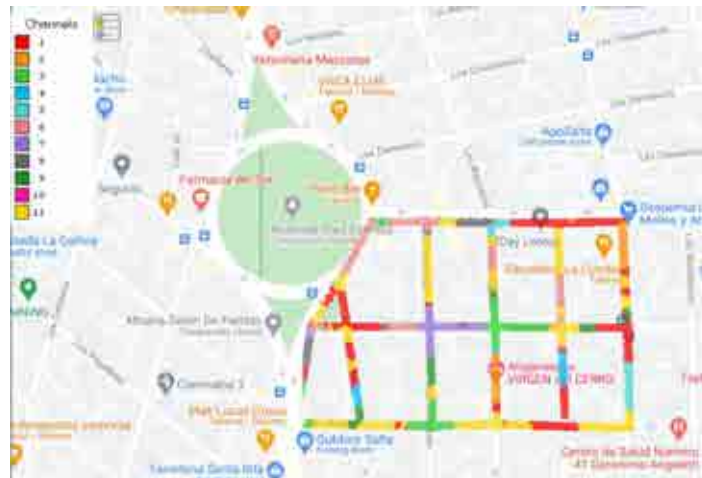


Figura 505 Sector 27 – Mapa channel coverage 2.4 GHz

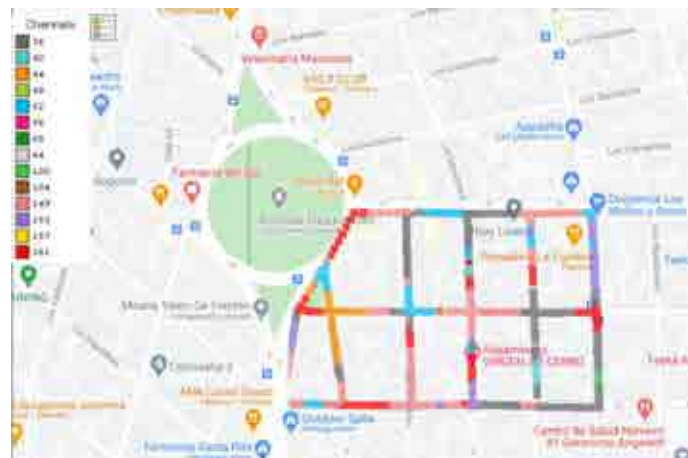


Figura 506 Sector 27 – Mapa channel coverage 5 GHz

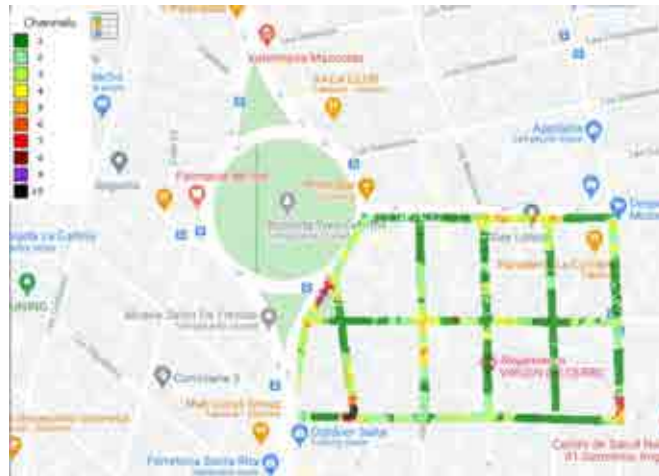


Figura 507 Sector 27 – Mapa de channel overlap 2.4 GHz

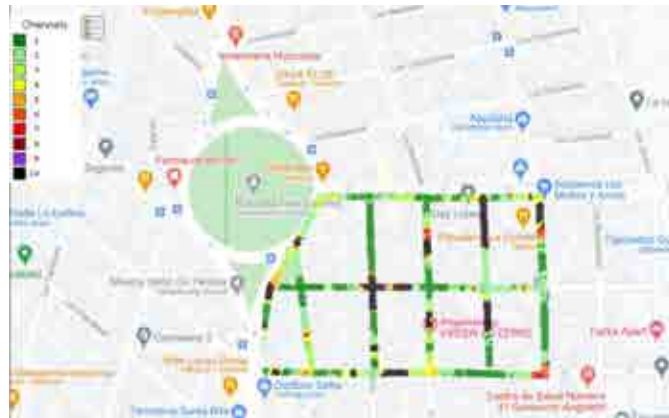


Figura 508 Sector 27 – Mapa de channel overlap 5 GHz

Anexo 28 Laboratorio WiFi



Figura 509 Red 2.4 GHz Distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 510 Velocidad red 2.4 GHz Distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 511 Red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos

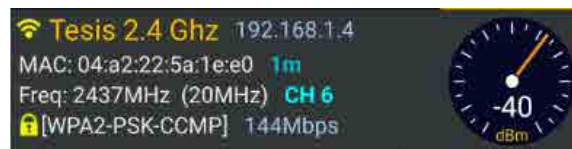


Figura 512 Medición red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 513 Velocidad red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos

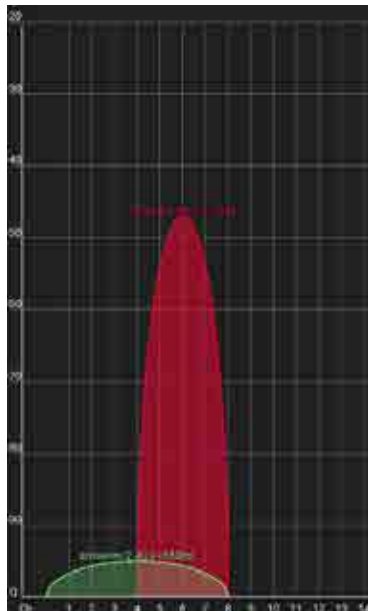


Figura 514 Red 2.4 GHz Distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos

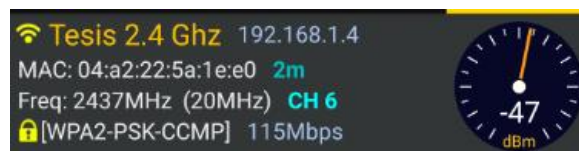


Figura 515 Medición red 2.4 GHz Distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos

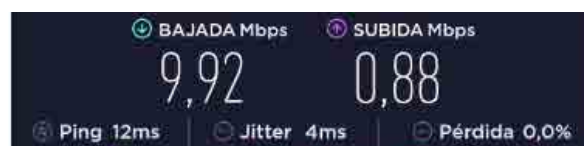


Figura 516 Velocidad Red 2.4 GHz Distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos

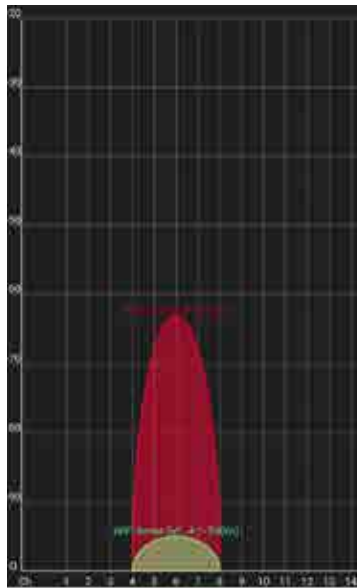


Figura 517 Red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos

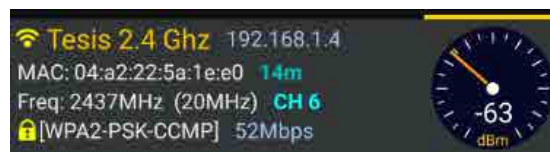


Figura 518 Medición red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos



Figura 519 Velocidad red 2.4 GHz Distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos



Figura 520 Red 2.4 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos

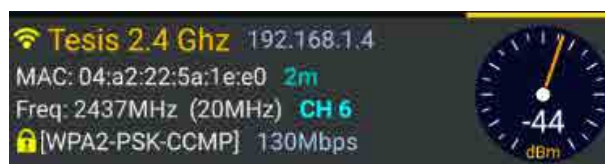


Figura 521 Medición red 2.4 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos

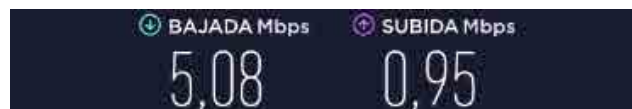


Figura 522 Velocidad red 2.4 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos



Figura 523 Red 5 GHz distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos

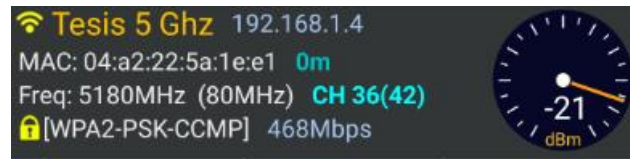


Figura 524 Medición red 5 GHz distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 525 Velocidad red 5 GHz distancia 0 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 526 Red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 527 Medición red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 528 Velocidad red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia ni obstáculos

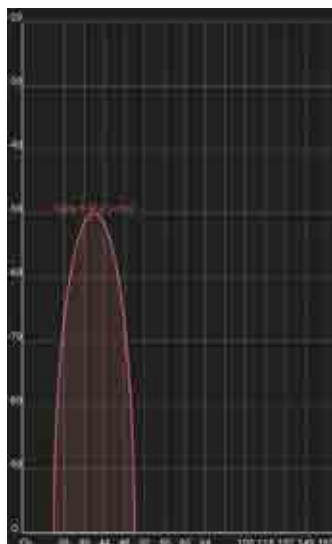


Figura 529 Red 5 GHz distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos

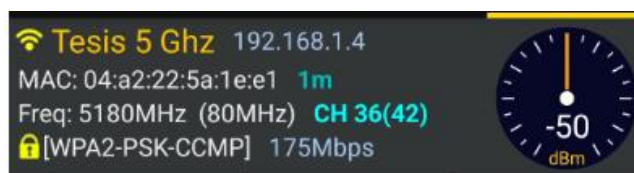


Figura 530 Medición red 5 GHz distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 531 Velocidad red 5 GHz distancia 10 mts sin interferencia ni obstáculos



Figura 532 Red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos



Figura 533 Medición red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos



Figura 534 Velocidad red 5 GHz distancia 5 mts sin interferencia con obstáculos



Figura 535 Red 5 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos

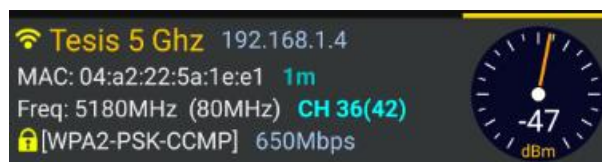


Figura 536 Medición red 5 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos



Figura 537 Velocidad red 5 GHz distancia 5 mts con interferencia sin obstáculos