



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO EN
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR LA COBERTURA
DE LA PICOCELDA HSPA+ MATRIZ BANCO
PICHINCHA**

**AUTOR: PERALTA AGUIRRE, MIGUEL OSWALDO
MUÑOZ SARAUZ, DIEGO ISAAC**

**DIRECTOR: ING. RAÚL VINICIO HARO BÁEZ
SANGOLQUÍ**

2016



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR LA COBERTURA DE LA PICOCELDA HSPA+ MATRIZ BANCO PICHINCHA”** realizado por los señores, Miguel Oswaldo Peralta Aguirre y Diego Isaac Muñoz Sarauz, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor Miguel Oswaldo Peralta Aguirre y Diego Isaac Muñoz Sarauz, para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de julio del 2016

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

Ing. Raúl Vinicio Haro Báez



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Diego Isaac Muñoz Sarauz, con cédula de identidad N° 1715294177, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR LA COBERTURA DE LA PICOCELDA HSPA+ MATRIZ BANCO PICHINCHA”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 25 de julio del 2016

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'D' and 'M' followed by a horizontal line.

Sr. Diego Muñoz



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Miguel Oswaldo Peralta Aguirre, con cédula de identidad N° 1717189243, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR LA COBERTURA DE LA PICOCELDA HSPA+ MATRIZ BANCO PICHINCHA”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 25 de julio del 2016

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Miguel Peralta', escrita sobre una línea horizontal.

Sr. Miguel Peralta



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, Diego Isaac Muñoz Sarauz, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR LA COBERTURA DE LA PICOCELDA HSPA+ MATRIZ BANCO PICHINCHA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 25 de julio de 2016

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Diego Muñoz', escrita sobre una línea horizontal.

Sr. Diego Muñoz



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, Miguel Oswaldo Peralta Aguirre, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR LA COBERTURA DE LA PICOCELDA HSPA+ MATRIZ BANCO PICHINCHA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 25 de julio de 2016

Sr. Miguel Peralta

DEDICATORIA DIEGO

Dedico esta tesis con mucho amor.

A mi Padre Guillermo y mi Madre Guadalupe, pilares fundamentales durante mi vida quienes siempre me instaron a terminar esta tesis.

A mi esposa Gisela por apoyarme y creer en mí.

A mi hija Giuliana y mi Hijo Eduardo, razón principal para la culminación de esta tesis.

A mi hermana Mireya y mis hermanos Pablo y Paul quienes son un ejemplo a seguir.

Diego M.

DEDICATORIA MIGUEL

Esta tesis se la dedico a mis padres quienes me han apoyado para poder culminar este sueño tan anhelado, a mi familia quien ha estado siempre presentes para apoyarme moralmente y emocionalmente.

Miguel

AGRADECIMIENTOS DIEGO

Agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza para culminar con un proyecto tanto tiempo postergado.

Giuliana, Eduardo, les agradezco porque son la inspiración para continuar adelante en mi vida y razón por la cual culmino este trabajo.

Esposa mía, gracias por tu paciencia y colaboración sé que juntos podemos lograr cualquier cosa, esta tesis es un ejemplo de lo que podemos alcanzar.

Tu amor, cariño, dedicación, ejemplo durante toda la vida junto con mi papa inspiraron continuar adelante durante todo el proceso académico, les agradezco por siempre.

A mis maestros por todas esas clases dictadas con tanta dedicación esperando que la semilla de sus conocimientos cayera en tierra fértil y diera frutos.

Diego M.

AGRADECIMIENTOS MIGUEL

A Dios que me acompaña siempre y sin el nada es posible. A mis Maestros por compartir su sabiduría sin ningún tipo de egoísmo, a mi familia que siempre con sus consejos tan oportunos supieron guiarme.

Miguel

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	v
DEDICATORIA DIEGO	vii
DEDICATORIA MIGUEL.....	viii
AGRADECIMIENTOS DIEGO	ix
AGRADECIMIENTOS MIGUEL.....	x
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxii
GLOSARIO.....	xxix
RESUMEN.....	xxxii
ABSTRACT.....	xxxiii
PRÓLOGO.....	xxxiv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1. Introducción	1
CAPITULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Breve historia de la tecnología 3g.....	4
2.1.1 Tercera Generación 3G.....	5
2.1.2 Estándares liberados por el proceso IMT-2000.....	6
2.2 Arquitectura de la Red 3g.....	8

2.2.1	Arquitectura simplificada de la red UMTS.	10
2.2.2	Dominios de UMTS y puntos de referencia.....	12
2.2.3	Dominios de la red UMTS	12
2.2.4	Interfaces de la Arquitectura 3G	23
2.2.5	Otras interfaces de la red central	24
2.2.6	Análisis del acceso de paquetes de alta velocidad (HSPA)	25
2.2.7	Aplicaciones Soportadas por HSPA.....	25
2.2.8	Acceso de Paquetes de Alta Velocidad Downlink HSDPA	26
2.2.9	Arquitectura del HSPDA.....	26
2.2.10	Cambios en las Interfaces de la UTRAN.	28
2.2.11	Funcionalidades de HSDPA.....	29
2.2.12	HSDPA y el uso de los recursos de radio.....	29
2.2.13	Acceso de Paquetes de Alta Velocidad de Uplink HSUPA	30
2.2.14	Nuevas Funcionalidades del HSUPA.....	32
2.2.15	HSUPA y el uso de los recursos de radio.....	32
2.3	Análisis HSPA evolucionado (HSPA+).....	33
2.3.1	Características	34
2.3.2	Ventajas al utilizar HSPA+	34
2.3.3	División de Código de Banda Ancha de Acceso Múltiple.....	35
2.3.4	Hacia la cuarta generación: LTE	35
2.4	Picoceldas.....	36
2.4.1	DAS (Sistema Distribuido de Antenas)	38
CAPÍTULO III.....		40
DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA OPTIMIZACION DE LA PICOCELDA HSPA+ “EDIFICIO MATRIZ BANCO PICHINCHA”.		40
3.1	Requerimientos de cobertura en el “Edificio Matriz Banco Pichincha”.	40
3.1.1	Walking test (Initial Tuning Indoor)	42
3.1.2	Verificación de la instalación del sistema radiante existente a ser optimizado.	42

3.1.3	Pruebas iniciales de cobertura en los pisos del edificio.	43
3.1.4	Parámetros de calidad mínimos que debe cumplir una red 3G.	43
3.1.5	Pruebas Iniciales de Voz, High Speed Downlink Packet Access (HSPDA) y High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA).	46
3.1.6	Análisis inicial del desempeño de la red.	86
3.2	Re-Diseño de la Picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha” en base al software IBWAVE.	89
3.2.1	Simulaciones del Nuevo Sistema Radiante Optimizado.	90
3.3	Determinación del número de nuevos sectores, cantidad y tipo de antenas, guías de onda, equipos a ser utilizado según la infraestructura.	105
3.3.1	Consideraciones del Diseño.	105
3.3.2	Observaciones.	106
3.3.3	Diagramas Unifilares y Elementos de a ser instalados en cada piso.	106
3.3.4	Elementos activos y pasivos del nuevo sistema radiante que deben ser instalados por cada piso.	120
3.4	Implementación de la Optimización de la Picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha”.	121
3.4.1	Consolidado total de material a ser utilizado.	121
CAPÍTULO IV.		123
PRUEBAS REALIZADAS.		123
4.1	Mediciones de VSWR, Cable Loss, Distance to fault en sistema radiante.	123
4.1.1	VSWR (Voltage Standing Wave Ratio).	124
4.1.2	Medición de VSWR.	124
4.1.3	Proceso para la medición de VSWR en Equipo Anritsu Site Master.	125
4.1.4	Estándar de VSWR definido por el Fabricante.	125
4.1.5	Tabla de valores de VSWR para tramos de cable instalados.	126
4.1.6	DTF (Distance to Fault).	127

4.1.7	Medición de DTF	127
4.1.8	Proceso para la medición de DTF en Equipo Anritsu Site Master.....	128
4.1.9	Tabla de valores de DTF para tramos de cable instalados.	129
4.1.10	CL (Cable Loss)	130
4.1.11	Medición de CL.....	131
4.1.12	Estándar de CL definido por el Fabricante.....	131
4.1.13	Proceso para la medición de CL en Equipo Anritsu Site Master.....	133
4.2	Análisis de las gráficas obtenidas en las mediciones de la guía de onda.	134
4.2.1	Análisis de resultados de mediciones de VSWR en cableados implementados.	135
4.2.2	Análisis de resultados de mediciones de CL (Cable Loss) en cableados implementados.....	136
4.3	Pruebas de operatividad de la picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha”.	137
4.3.1	Sector 1.....	138
4.3.2	Sector 2.....	140
4.3.3	Sector 3.....	142
4.3.4	Sector 4.....	144
4.4	Análisis de cobertura en base a la recolección de mediciones en varias zonas en el Edificio Matriz Banco Pichincha.	150
4.4.1	Pruebas de Voz.....	151
4.4.2	Análisis del desempeño de la red en el servicio de voz.	177
4.4.3	Pruebas de HSDPA.	178
4.4.4	Análisis del desempeño de la red de datos de bajada HSDPA.....	204
4.4.5	Pruebas de HSUPA.	205
4.4.6	Análisis del desempeño de la red de datos de subida HSUPA.....	231
4.4.7	Comparativa de desempeño inicial y final.	232
4.4.8	Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final para HSDPA.....	241

4.4.9	Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final para HSUPA.....	242
4.4.10	Estadísticas obtenidas del Nodo B.	243
CAPITULO V		250
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		250
BIBLIOGRAFÍA.....		252

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Estándares definidos por la 3GPP [2]	7
Tabla 2	Características y Beneficios de la RNC [2] [1] [7]	16
Tabla 3	Otras Interfaces de la CN. [1] [2] [5]	24
Tabla 4	Nuevas Funcionalidades para HSDPA.....	29
Tabla 5	Nuevas Funcionalidades para HSUPA. [1] [7] [5].....	32
Tabla 6	Distribución de Sectores según los pisos y cantidad de antenas.	42
Tabla 7	Porcentajes mínimos que se debe cumplir para servicio de voz. [13]	44
Tabla 8	Valores mínimos a cumplir en HSDPA y HSUPA	45
Tabla 9	Rangos de Potencia.	45
Tabla 10	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 9.	47
Tabla 11	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 9.	48
Tabla 12	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 9.	49
Tabla 13	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 8.	50
Tabla 14	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 8.	51
Tabla 15	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 8.	52
Tabla 16	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 7.	53
Tabla 17	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 7.	54
Tabla 18	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 7.	55

Tabla 19	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 6.	56
Tabla 20	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 6.	57
Tabla 21	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 6.	58
Tabla 22	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 5.	59
Tabla 23	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 5.	60
Tabla 24	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 5.	61
Tabla 25	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 4.	62
Tabla 26	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 4.	63
Tabla 27	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 4.	64
Tabla 28	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 3.	65
Tabla 29	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 3.	66
Tabla 30	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 3.	67
Tabla 31	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 2.	68
Tabla 32	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 2.	69
Tabla 33	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 2.	70
Tabla 34	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 1.	71

Tabla 35	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 1.....	72
Tabla 36	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 1.....	73
Tabla 37	Número de llamadas en función de las potencias de señal de la planta baja.	74
Tabla 38	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para la planta baja.	75
Tabla 39	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para la planta baja.	76
Tabla 40	Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 1.....	77
Tabla 41	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el subsuelo 1.....	78
Tabla 42	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el subsuelo 1.....	79
Tabla 43	Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 2.....	80
Tabla 44	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el subsuelo 2.....	81
Tabla 45	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el subsuelo 2.....	82
Tabla 46	Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 3.....	83
Tabla 47	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el subsuelo 3.....	84
Tabla 48	Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el subsuelo 3.....	85
Tabla 49	Porcentaje del desempeño de la red para llamadas largas.....	86
Tabla 50	Porcentaje de desempeño de la red de datos de bajada HSDPA.	87
Tabla 51	Porcentaje de desempeño de red para subida de datos HSUPA.....	88
Tabla 52	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	90

Tabla 53	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	91
Tabla 54	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	92
Tabla 55	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	93
Tabla 56	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	94
Tabla 57	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	95
Tabla 58	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	97
Tabla 59	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	98
Tabla 60	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	99
Tabla 61	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	101
Tabla 62	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	102
Tabla 63	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	103
Tabla 64	Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.	104
Tabla 65	Asociación de sectores del Nodo B con los pisos del edificio.	105
Tabla 66	Cantidad de elementos activos y pasivos que deben ser instalados por cada piso.....	120
Tabla 67	Consolidado de Elementos del Nuevo Sistema Radiante.....	121
Tabla 68	Estándar de VSWR establecido por el fabricante del Cable.	125
Tabla 69	Valores de VSWR para diferentes distancias de cable implementadas en la Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha	126
Tabla 70	Valores de DTF para diferentes distancias de cable implementadas en la Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha.	129
Tabla 71	Estándar de CL establecido por el fabricante del Cable.....	132
Tabla 72	Valores de CL para diferentes distancias de cable implementadas en la Picocelda “Edificio Matriz Banco Pichincha.”	134
Tabla 73	Comparación de valores medidos de VSWR con el valor establecido por el fabricante del cable.	135
Tabla 74	Comparación de valores medidos de CL con el valor establecido por el fabricante del cable.	136
Tabla 75	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 9.	152

Tabla 76	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 8.	154
Tabla 77	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 7.	156
Tabla 78	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 6.	158
Tabla 79	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 5.	160
Tabla 80	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 4.	162
Tabla 81	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 3.	164
Tabla 82	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 2.	166
Tabla 83	Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 1.	168
Tabla 84	Número de llamadas en función de las potencias de señal de la planta baja.	170
Tabla 85	Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 1.	172
Tabla 86	Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 2.	174
Tabla 87	Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 3.	176
Tabla 88	Porcentaje del desempeño de la red de voz final.	177
Tabla 89	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 9.	179
Tabla 90.	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 8.	181
Tabla 91	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 7.	183
Tabla 92	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 6.	185
Tabla 93	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 5.	187
Tabla 94	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 4.	189
Tabla 95	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 3.	191

Tabla 96	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 2.	193
Tabla 97	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 1.	195
Tabla 98	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en la planta baja.	197
Tabla 99	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el subsuelo 1.....	199
Tabla 100	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el subsuelo 2.....	201
Tabla 101	Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el subsuelo 3.....	203
Tabla 102	Porcentaje de desempeño de la red de datos de bajada HSDPA.	204
Tabla 103	Velocidad de subida para las muestras tomadas en el piso 9.....	206
Tabla 104	Velocidad de subida para las muestras tomadas en el piso 8.....	208
Tabla 105	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 7.	210
Tabla 106	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 6.	212
Tabla 107	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 5.	214
Tabla 108	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 4.	216
Tabla 109	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 3.	218
Tabla 110	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 2.	220
Tabla 111	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 1.	222
Tabla 112	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en la planta baja.	224
Tabla 113	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el subsuelo 1. ...	226
Tabla 114	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el subsuelo 2. ...	228
Tabla 115	Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el subsuelo 3. ...	230
Tabla 116	Cálculo del desempeño de la red para datos de subida.	231
Tabla 117	Comparativa del desempeño inicial y final de los servicios de VOZ.....	233
Tabla 118	Desempeño inicial y final de HSDPA.....	241
Tabla 119	Desempeño inicial y final de HSUPA.....	242

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Evolución de la Tecnología Celular en el Ecuador. [1] [2]	1
Figura 2	Estándares liberados por IMT-2000. [1] [1]	6
Figura 3	Arquitectura Simplificada de una red UMTS [1] [3].....	11
Figura 4	UMTS dominios y puntos de referencia. [3] [1].....	12
Figura 5	Diagrama del Dominio de Usuario [1]	13
Figura 6	Elementos que conforman el Dominio de Acceso. [1]	14
Figura 7	Dominio de red Central. [1].....	18
Figura 8	Arquitectura General de una red UMTS. [1]	22
Figura 9	Distribución de la funcionalidad RRM en la UTRAN según el Rel. 99. [1]	27
Figura 10	Distribución de la funcionalidad RRM en la UTRAN según el Rel. 5. [1]	28
Figura 11	Velocidades en las interfaces de UMTS vs HSPDA. [1].....	28
Figura 12.	Canales que se requiere para el funcionamiento de HSDPA en Rel. 5. [1]	30
Figura 13	Canales que se utilizan en HSUPA. [1] [5] [5].....	33
Figura 14	Tipo de Picoceldas. [9]	37
Figura 15	Picocelda Distribuida. [10]	38
Figura 16	Ejemplo de un DAS. [10]	39
Figura 17	Equipos Utilizados en el Walking test del Edificio Matriz Banco Pichincha.	41
Figura 18	Rutas seguidas durante el inicial walking test en la Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha.....	46
Figura 19	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para del piso 9.....	47
Figura 20	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 9.....	48
Figura 21	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 9.	49

Figura 22	Grafica de barras del nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el Piso 8.	50
Figura 23	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 8.....	51
Figura 24	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 8.	52
Figura 25	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el Piso 7.....	53
Figura 26	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 7.....	54
Figura 27	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 7.	55
Figura 28	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el Piso 6.....	56
Figura 29	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 6.....	57
Figura 30	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 6.	58
Figura 31	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 5.....	59
Figura 32	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 5.....	60
Figura 33	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 5.	61
Figura 34	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 4.....	62
Figura 35	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 4.....	63
Figura 36	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 4.	64
Figura 37	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 3.....	65

Figura 38	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 3.....	66
Figura 39.	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 3.	67
Figura 40	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 2.....	68
Figura 41	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 2.....	69
Figura 42	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 2.	70
Figura 43	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 1.....	71
Figura 44	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 1.....	72
Figura 45	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 1.	73
Figura 46	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para la planta baja.	74
Figura 47	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para la planta baja.	75
Figura 48	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para la planta baja.	76
Figura 49	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 1.	77
Figura 50	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 1.	78
Figura 51	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el subsuelo 1.....	79
Figura 52	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el Subsuelo 2.....	80
Figura 53	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 2.	81

Figura 54	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el subsuelo 2.....	82
Figura 55	Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 3.	83
Figura 56	Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 3.	84
Figura 57	Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el subsuelo 3.....	85
Figura 58	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 9.....	90
Figura 59	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 8.....	91
Figura 60.	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 7.....	92
Figura 61	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 6.....	93
Figura 62	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 5.....	94
Figura 63	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 4.....	95
Figura 64	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 3.....	96
Figura 65	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 2.....	97
Figura 66	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 1.....	99
Figura 67	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para la planta baja.....	100
Figura 68	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el subsuelo 1.....	102
Figura 69	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el subsuelo 2.....	103

Figura 70	Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para subsuelo 3.....	104
Figura 71	Diagrama Unifilar del Piso 9	107
Figura 73	Diagrama Unifilar del Piso 8	108
Figura 74	Diagrama Unifilar del Piso 7.	109
Figura 75	Diagrama Unifilar del Piso 6.	110
Figura 76	Diagrama Unifilar del Piso 5.	111
Figura 77	Diagrama Unifilar del Piso 4.	112
Figura 78	Diagrama Unifilar del Piso 3.	113
Figura 79	Diagrama Unifilar del Piso 2.	114
Figura 80	Diagrama Unifilar del Piso 1.	115
Figura 81	Diagrama Unifilar de la planta baja.....	116
Figura 82	Diagrama Unifilar del subsuelo 1.	117
Figura 83	Diagrama Unifilar del subsuelo 2.	118
Figura 84	Diagrama Unifilar del subsuelo 3.	119
Figura 85	Diagrama de conexión para mediciones de VSWR.....	124
Figura 86	Ejemplo de VSWR (1,12).....	126
Figura 87	Diagrama de conexión para mediciones de DFT.....	128
Figura 88	Ejemplo de DTF. (1.1)	129
Figura 89	Diagrama de conexión para mediciones de CL	131
Figura 90	Medición de CL para un tramo de cable de 30 m (2,6)	132
Figura 91	Prueba de niveles de cobertura del sector 1.....	138
Figura 92	Velocidades de subida y bajada del sector 1.....	139
Figura 93	Prueba de niveles de cobertura del sector 2.....	140
Figura 94	Velocidades de subida y bajada del sector 2.....	141
Figura 95	Prueba de niveles de cobertura del sector 3.....	142
Figura 96	Velocidades de subida y bajada del sector 3.....	143
Figura 97	Prueba de niveles de cobertura del sector 4.....	144
Figura 98	Velocidades de subida y bajada del sector 4.....	145
Figura 99	Prueba de niveles de cobertura del sector 5.....	146
Figura 100	Velocidades de subida y bajada del sector 5.....	147
Figura 101	Prueba de niveles de cobertura del sector 6.....	148

Figura 102	Velocidades de subida y bajada del sector 6.....	149
Figura 103	Ruta del Walking test en el piso 9 para pruebas de voz.	151
Figura 104.	Ruta del Walking test en el piso 8 para pruebas de voz.	153
Figura 105	Ruta del Walking test en el piso 7 para pruebas de voz.	155
Figura 106	Ruta del Walking test en el piso 6 para pruebas de voz.	157
Figura 107	Ruta del Walking test en el piso 5 para pruebas de voz.	159
Figura 108	Ruta del Walking test en el piso 4 para pruebas de voz.	161
Figura 109	Ruta del Walking test en el piso 3 para pruebas de voz.	163
Figura 110	Ruta del Walking test en el piso 2 para pruebas de voz.	165
Figura 111	Ruta del Walking test en el piso 1 para pruebas de voz.	167
Figura 112	Ruta del Walking test en la planta baja para pruebas de voz.....	169
Figura 113	Ruta del Walking test en el subsuelo 1 para pruebas de voz.	171
Figura 114	Ruta del Walking test en el subsuelo 2 para pruebas de voz.	173
Figura 115	Ruta del Walking test en el subsuelo 3 para pruebas de voz.	175
Figura 116	Ruta del Walking test en el piso 9 para pruebas de HSDPA.	178
Figura 117	Ruta del Walking test en el piso 8 para pruebas de HSDPA.	180
Figura 118	Ruta del Walking test en el piso 7 para pruebas de HSDPA.	182
Figura 119	Ruta del Walking test en el piso 6 para pruebas de HSDPA.	184
Figura 120	Ruta del Walking test en el piso 5 para pruebas de HSDPA.	186
Figura 121	Ruta del Walking test en el piso 4 para pruebas de HSDPA.	188
Figura 122	Ruta del Walking test en el piso 3 para pruebas de HSDPA.	190
Figura 123	Ruta del Walking test en el piso 2 para pruebas de HSDPA.	192
Figura 124	Ruta del Walking test en el piso 1 para pruebas de HSDPA.	194
Figura 125	Ruta del Walking test en la planta baja para pruebas de HSDPA.	196
Figura 126	Ruta del Walking test en el subsuelo 1 para pruebas de HSDPA.	198
Figura 127	Ruta del Walking test en el subsuelo 2 para pruebas de HSDPA.	200
Figura 128	Ruta del Walking test en el subsuelo 3 para pruebas de HSDPA.	202
Figura 129	Ruta del Walking test en el piso 9 para pruebas de HSUPA.	205

Figura 130	Ruta del Walking test en el piso 8 para pruebas de HSUPA.	207
Figura 131	Ruta del Walking test en el piso 7 para pruebas de HSUPA.	209
Figura 132	Ruta del Walking test en el piso 6 para pruebas de HSUPA.	211
Figura 133	Ruta del Walking test en el piso 5 para pruebas de HSUPA.	213
Figura 134	Ruta del Walking test en el piso 4 para pruebas de HSUPA.	215
Figura 135	Ruta del Walking test en el piso 3 para pruebas de HSUPA.	217
Figura 136	Ruta del Walking test en el piso 2 para pruebas de HSUPA.	219
Figura 137	Ruta del Walking test en el piso 1 para pruebas de HSUPA.	221
Figura 138	Ruta del Walking test en la planta baja para pruebas de HSUPA.	223
Figura 139	Ruta del Walking test en el subsuelo 1 para pruebas de HSUPA.	225
Figura 140	Ruta del Walking test en el subsuelo 2 para pruebas de HSUPA.	227
Figura 141	Ruta del Walking test en el subsuelo 3 para pruebas de HSUPA.	229
Figura 142	Calidad de Voz del sector 1.	235
Figura 143.	Calidad de Voz del sector 2.	236
Figura 144	Calidad de Voz del sector 3.	237
Figura 145	Calidad de Voz del sector 4.	238
Figura 146	Calidad de Voz del sector 5.	239
Figura 147	Calidad de Voz del sector 6.	240
Figura 148	Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 1.	244
Figura 149	Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 2.	245
Figura 150	Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 3.	246
Figura 151	Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 4.	247
Figura 152	Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 5.	248
Figura 153	Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 6.	249

GLOSARIO

3G	Siglas como se conoce a la tercera generación de telefonía celular.
BSS	Sistema de estación base correspondiente a la segunda generación de telefonía celular.
CDMA	Acceso Múltiple por división de Código.
CL	Cable Loss.
CN	Red Central.
CPICH	Common Pilot Channel.
CS	Conmutación de Circuitos.
CS-MGW	Circuit switch Media Gateway.
DCH	Downlink Shared Channel.
DSCH	Downlink Shared Channel.
DTF	Distance to Fault.
E-DCH	Enhanced Dedicated Channel.
FACH	Forward Access Channel.
GGSN	Pasarela del nodo soporte GPRS.
GSM	Sistema Global Móvil.
Handover	Se define como la transición de una señal de usuario específica desde una base estación hacia otra geográficamente adyacente sin la desconexión de la llamada.
HLR	Registro de posición base.
HSDPA	Acceso de Paquetes de alta velocidad de bajada.
HSPA+	Acceso de Paquetes de Alta velocidad evolucionado.
HSS	Home Subscriber Server.
HSUPA	Acceso de Paquetes de alta velocidad de subida.
IMEI	Identidad del Equipo Móvil Internacional.
IMS	Sistema Multimedia IP.
IMT-2000	Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000.
IP	Protocolo de Internet.
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Iu	Interfaz de conexión entre la UTRAN y el CN.
Iub	Interfaz por la que se comunica el nodo B con la RNC.
MGW	Media Gateway.
MS	Estación Móvil.
MSC	Central de Conmutación Móvil.
MSS	Máximo tamaño de segmento.
MT	Terminal Móvil
PDN	Red de Paquete de Datos.
PDP	Protocolo de paquete de Datos.
PLNM	Public land Mobile Network
PS	Conmutación de Paquetes.
QoS	Calidad de Servicio.
R5	Reléase 5 de la estandarización de redes de tercera generación.
R6	Reléase 6 de la estandarización de redes de tercera generación.
R99	Reléase 99 liberado por la 3GPP.
RBS	Radio Base.
Reflectometria.	Es una técnica de medición del coeficiente de reflexión en relación de onda estacionaria en líneas de transmisión, obteniendo información sobre distintos parámetros que permiten determinar el comportamiento de la misma ante determinadas situaciones de cortocircuito, circuito abierto, atenuación, pérdidas, etc.
RNC	Controlador de la red de radio frecuencia
Roaming.	Es un servicio de Itinerancia para que el MT pueda funcionar en redes externas de telefonía móvil.
RRM	Recursos de Radio.
RSCP	Received Signal Code Power.
SGSN	Nodo de Soporte GPRS.
SGSN	Serving GPRS Support Node.
TDMA	Acceso Múltiple por división de Tiempo.
TE	Equipo Terminal.
TSS	Technical Site Survey consiste en realizar una visita al sitio donde se determina la viabilidad para realizar cualquier instalación.

UICC	Universal IC Card.
UMTS{	Red de Acceso Radio Terrestre.
UMTS	Sistema Universal de Telefonía Móvil.
USIM	Módulo de Identificación del Abonado. SIM Modulo de identificación de suscriptor.
UTRA	Acceso de Radio Universal Terrestre definido para la 3G de telefonía celular.
UTRAN	Red de acceso de radio Universal.
Uu	Interfaz de conexión entre el Usuario y la UTRAN.
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio.
WCDMA	Acceso múltiple por división de código de banda ancha.

RESUMEN

En la realización del proyecto de investigación se analizará el diseño de la Picocelda HSPA+ Matriz Banco Pichincha, con el objetivo de optimizar la picocelda y cumplir el estándar establecido por la operadora para una estación HSPA+, el cual establece velocidad de Downlink de 1,4 Mbps y una velocidad de UPLINK de 700 kbps. En Ecuador no existe legislación que norme valores mínimos a cumplir para el servicio de internet móvil. El proyecto iniciará con un walking test de la Picocelda HSPA+ Matriz Banco Pichincha con el objeto de lograr obtener datos más exactos de la cobertura actual, se utilizó como herramienta el software TEMS Pocket Profesional, para la captura y procesamiento de la información. Con estos datos se procedió a determinar el desempeño de la red para compararla con el estándar dictado por el ARCOTEL para llamadas y con los estándares y recomendaciones establecidas por la 3GPP. La optimización planteada es un Sistema Distribuido de Antenas dentro de la Picocelda Matriz Banco Pichincha. El diseño de la optimización y la simulación del área de cobertura se realizarán con el software IBWAVE, posterior a la elaboración del nuevo diseño se realiza un TSS para la verificación de la viabilidad de instalar la solución planteada. Se revisa el área de cobertura del diseño y se analiza el desempeño de la estación con un Final Walking Test mediante la herramienta de software TEMS Pocket Profesional. Se finalizará con la realización de pruebas de cobertura, de llamadas, de subida y bajada de datos.

PALABRAS CLAVE:

- **HSPA+**
- **OPTIMIZACIÓN**
- **IBWAVE.**
- **WALKING TEST.**
- **SISTEMA DISTRIBUIDO DE ANTENAS.**

ABSTRACT

The research project will examine the design of the picocell HSPA+ at Banco Pichincha headquarters in order to optimize the picocell and meet the standard set by the operator for HSPA+ station, which establishes downlink speed of 1.4 Mbps and an uplink speed of 700 kbps. In Ecuador there is no legislation that regulates minimum values to meet for mobile Internet services. The project will begin with a walking test of the picocell HSPA+ at Banco Pichincha headquarters in order to achieve more accurate coverage of the current data. TEMS Pocket Professional software was used as a tool for capturing and processing information. With these data we proceeded to determine the network performance to compare with the standard set by the ARCOTEL (Spanish initials for Regulation and Control Agency of Telecommunications) for calls and standards and recommendations established by the 3GPP. The proposed optimization is a Distributed Antenna System within the picocell Banco Pichincha headquarters. Design optimization and simulation of coverage will be made with the software iBwave, after developing the new design TSS software will be made with the purpose to verify the feasibility of installing the proposed solution. Coverage area design will be checked and the station performance will be analyzed with a Final Walking Test using the software tool TEMS Pocket Professional. It will be completed with coverage testing, calls testing, up and down data testing.

KEYWORDS:

- **HSPA+**
- **OPTIMIZATION**
- **IBWAVE.**
- **WALKING TEST.**
- **DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEM**

PRÓLOGO.

Las comunicaciones móviles han sufrido un crecimiento exponencial, cada día las operadoras se ven en la obligación de instalar nuevas estaciones de telefonía celular para cumplir con el requerimiento de nueva cobertura y el aumento de cantidad de usuarios en una zona determinada.

Para solucionar el problema de cobertura y calidad de servicio en escenarios donde el área es reducida y existe un gran número de usuarios como, por ejemplo; estadios, edificios corporativos, centros comerciales; se desarrolló el concepto de Sistemas de Antenas Distribuidas (DAS). Que consiste en instalar una estación celular en el edificio con una serie de antenas de muy baja potencia de radiación dentro del edificio solventando el problema de cobertura y calidad de servicio.

El presente trabajo se encuentra enfocado en realizar una optimización de la estación “Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha” debido a que se reportan múltiples problemas de cobertura y de calidad de servicio. Para cumplir con el objetivo de optimizar la estación “Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha” el trabajo se ha dividido en 5 capítulos.

En el primer capítulo se desarrolla una introducción del estado actual de las comunicaciones móviles en el Ecuador y una estrategia para abordar y solucionar el problema. El capítulo II desarrolla el marco teórico en el cual se sustentará la solución planteada. En el capítulo II analiza el estado real de cobertura y rendimiento de la estación para proponer la mejor solución y optimizar la estación “Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha”. Todas las pruebas de análisis de cobertura y rendimiento de la estación se realizan en el capítulo 4, para finalmente en el capítulo V realizar una serie de conclusiones y recomendaciones, confirmando el objetivo principal del trabajo.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

Las empresas que ofrecen servicios de telefonía celular cada día enfrentan el reto de cumplir con la creciente demanda de nuevos servicios y cobertura, una de las limitantes es cumplir con la Calidad de Servicio de los productos ofrecidos.

Todos los días las empresas invierten ingentes cantidades de dinero en nuevas tecnologías con un solo objetivo la satisfacción del cliente.

Desde sus inicios hasta la actualidad en el Ecuador la Telefonía Celular se ha visto en la necesidad de migrar de tecnología. (ver figura 1) para cumplir con la creciente demanda.

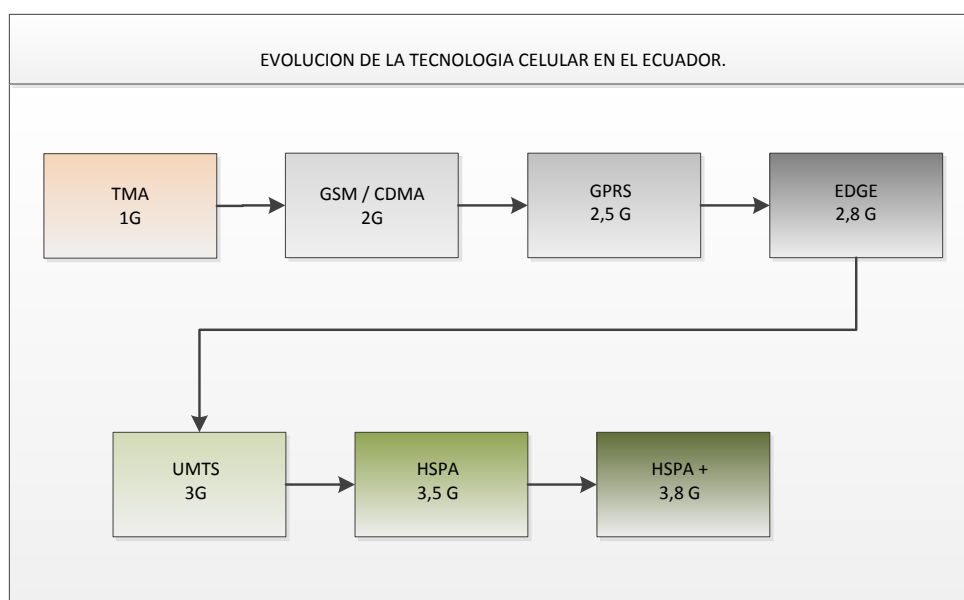


Figura 1 Evolución de la Tecnología Celular en el Ecuador. [1] [2]

Además de los avances de tecnología, las empresas utilizan nuevas estrategias para mejorar la cobertura y capacidad. Las estrategias más utilizadas a ser implementadas en un ambiente indoor son las Picoceldas¹ y los Sistemas de Antenas Distribuidas.

¹ Picocelda Celda de área de cobertura reducida

Algunas de las soluciones para optimizar ambientes indoor que se pueden implementar acorde con el escenario que se presente son; crear una picocelda, un Sistema de Antenas Distribuidas o una mezcla de las dos (picocelda y Diseño de Antenas Distribuidas), los procesos mencionados son procedimientos muy eficaces que mejoran la calidad y desempeño de una red y permite satisfacer los requerimientos de los usuarios.

La utilización de Picoceldas está dirigida a zonas de tamaño reducido, pero con grandes cantidades de usuarios, como por ejemplo Estadios, Centros Comerciales entre otros con la particularidad que pueden llegar a cubrir áreas de hasta 100 metros.

La utilización de un Sistema de Antenas Distribuidas es una solución que permite mejorar la cobertura instalando una gran cantidad de antenas llegando de esta manera a cubrir espacios de más difícil acceso como son por ejemplo los edificios donde existen gran cantidad de oficinas y la señal se ve degradada por la cantidad de divisiones existentes, afectado la calidad de la señal.

El presente proyecto se encuentra dirigido a realizar la optimización de cobertura y capacidad de la Picocelda HSPA+ Matriz Banco Pichincha para cumplir con el objetivo se realizará el Estudio, Diseño, Implementación y Pruebas de la Picocelda HSPA+² “Matriz Banco Pichincha”, el proyecto se ha dividido en 5 capítulos que son:

Capítulo I; en el cual se realiza un breve análisis de la evolución de la telefonía celular en el Ecuador y se analiza dos de los procedimientos que se utilizan para optimizar una estación móvil.

El capítulo II, se realiza un análisis de la tecnología de tercera generación, en la cual se tratará como se estandarizo la tercera generación de telefonía celular, la arquitectura y los cambios hasta llegar al HSPA+ y se ampliará los conceptos de Picocelda y Diseño de Antenas Distribuidas.

En el capítulo III, se realizara el análisis actual de la picocelda HSPA+ Matriz Banco Pichincha” para esto se realizará un inicial walking test y los resultados de desempeño se compararan con los estándares establecidos por el ente de control y la operadora para determinar cuál es el motivo de la optimización, se analizará el Re-Diseño de la picocelda HSPA+ Matriz Banco Pichincha utilizando el software

² HSPA+ Acceso de Paquetes de Alta velocidad evolucionado.

IBWAVE, posteriormente se realizará y un Technical Site Survey³ para analizar la viabilidad del nuevo diseño y se culminará el capítulo con la implementación de la solución planteada.

El capítulo IV se realizarán las pruebas de Vswr, Cable Loss, Distance to fail en el sistema radiante, pruebas de nivel de señal RSCP utilizando el programa G-NET, pruebas de bajada y subida de información con el programa Speed-Test, se realizará un walking test final, y se revisarán las estadísticas de la picocelda las cuales se obtendrán del nodo B, con todos estos datos se comparan con los estándares establecidos por el ente de control y por la operadora para comprobar que la solución implementada es correcta.

Para finalizar con las conclusiones y recomendaciones en el capítulo V.

³ TSS Technical Site Survey consiste en realizar una visita al sitio donde se determina la viabilidad para realizar cualquier instalación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Breve historia de la tecnología 3g.

La primera y segunda generación de telefonía móvil tenía como objetivo principal dar soporte al servicio de voz, sin embargo, se podían transmitir datos a baja velocidad, pero sin satisfacer los requerimientos de transmisión de grandes volúmenes de información (mensajes cortos de texto).

Con el crecimiento de los usuarios que buscan un servicio más eficiente que brinde además del servicio voz otros servicios como son, servicios multimedia y de envío de información; esto provocó la saturación de los sistemas. Para solucionar el problema de saturación de los sistemas se puede utilizar nuevas bandas de frecuencias lo cual es complicado ya que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado, se puede reducir el área de cobertura de una celda e instalar una nueva utilizando el criterio de re-uso de frecuencias, pero es demasiado costoso por la infraestructura que representa y lo difícil de rentar un sitio adecuado. Debido a esto la opción más viable es el desarrollo de nuevas tecnologías.

Es así como se empieza a desarrollar la tercera generación de telefonía móviles; sin embargo, se empieza a desarrollar de una manera desorganizada y con el fin de estandarizar la tercera generación de telefonía móvil la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU⁴ crea el grupo denominado IMT-2000⁵, el cual es el encargado de estandarizar el proceso de la creación de la tercera generación de telefonía móvil.

⁴ ITU Unión Internacional de Telecomunicaciones

⁵ IMT-2000 Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000

2.1.1 Tercera Generación 3G.

A la tecnología de tercera generación es conocida como 3G⁶ es un servicio de Comunicaciones inalámbricas que permite estar conectado de forma permanente a Internet a través del teléfono móvil, el ordenador de bolsillo o el ordenador portátil entre otros, además de poder soportar un servicio de voz con una mejor calidad. La tecnología 3G ofrece una mejor calidad y fiabilidad, una mayor velocidad de transmisión de datos y un mejor ancho de banda. Se puede obtener velocidades de datos de hasta 384 Kbps, es casi siete veces más rápida que una conexión telefónica estándar.

La ITU definió los requerimientos que debían cumplir las redes 3G con el estándar IMT-2000 Este estándar se desarrolló mediante un sistema móvil llamado UMTS⁷ (Sistema Universal de Telefonía Móvil), este a su vez está desarrollado a partir de WCDMA⁸ (Acceso múltiple por división de código de banda ancha), que es una tecnología móvil inalámbrica que aumenta las tasas de transmisión de datos de los sistemas GSM⁹ utilizando la interfaz aérea CDMA¹⁰ en lugar de TDMA¹¹, es por ello que 3G ofrece velocidades mucho más altas de datos en aparatos inalámbricos portátiles. [2]

Sus principales características son:

- Alta velocidad de transmisión de datos:
- 144 kbps con cobertura total para uso móvil.
- 384 kbps con cobertura media para uso de peatones.
- Mbps con áreas de cobertura reducida para uso fijo.
- Compatibilidad Mundial.
- Compatibilidad con redes de segunda generación.
- Mayor seguridad.

⁶ 3G siglas como se conoce a la tercera generación de telefonía celular

⁷ UMTS Sistema Universal de Telefonía Móvil.

⁸ WCDMA Acceso múltiple por división de código de banda ancha.

⁹ GSM Sistema Global para comunicaciones Móviles.

¹⁰ CDMA Acceso Múltiple por división de Código.

¹¹ TDMA Acceso Múltiple por división de Tiempo.

El proceso IMT-2000 no estandarizó una tecnología, sino que realizó la estandarización de requerimientos como por ejemplo la máxima tasa de transmisión en ambientes cerrados de 2 Mbps y de 384 Kbps para ambientes abiertos. [2]

2.1.2 Estándares liberados por el proceso IMT-2000

Los estándares de la IMT-2000 hasta llegar al HSPA+ (Acceso de Paquetes de Alta Velocidad Evolucionado) son los siguientes:

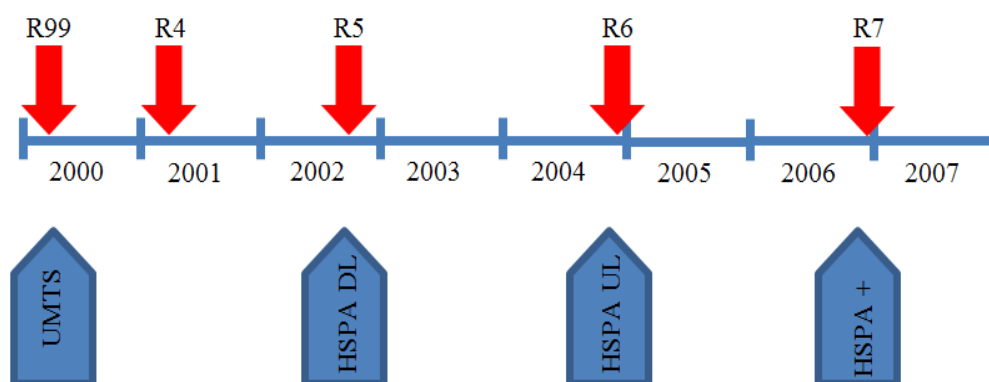


Figura 2 Estándares liberados por IMT-2000. [1] [1]

Para llegar al estándar HSPA+ se liberaron algunos estándares que asentaron las bases las el HSPA+. [2]

Tabla 1
Estándares definidos por la 3GPP [2]

Estándar	Característica
R99	<p>La primera versión de las especificaciones de la tercera generación era esencialmente una consolidación de las especificaciones GSM subyacentes y el desarrollo de la nueva red de acceso de radio UTRAN. Se sentaron las bases para una futura transferencia de tráfico de alta velocidad, tanto en conmutación de circuitos y conmutación de paquete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Define la UTRA.¹² • Define las características iniciales para la 3G.
R00	<p>Se utilizó el término "<i>Release 2000</i>" sólo temporalmente y finalmente fue reemplazado por "<i>Release 4</i>" y "<i>Release 5</i>"</p>
R4	<p>La Funcionalidad de la MSC¹³ se divide en dos partes:</p> <p style="padding-left: 40px;">1)MSS¹⁴</p> <p style="padding-left: 40px;">2)CS-MGW¹⁵</p> <p>Lineamientos para la operación de la red bajo el concepto de IP¹⁶</p>
R5	<ul style="list-style-type: none"> • Se define la arquitectura IMS¹⁷ • Se unifica el acceso abierto entre distintos accesos y la red core, lo que implica transparencia de accesos para el usuario. • Como los servicios que se van a ofrecer son asimétricos, en

Continua 

¹² UTRA Acceso de Radio Universal Terrestre definido para la 3G de telefonía celular.

¹³ MSC Central de Conmutación Móvil.

¹⁴ MSS Máximo tamaño de segmento

¹⁵ CS-MGW Circuit switch Media Gateway

¹⁶ IP Protocolo de Internet.

¹⁷ IMS Sistema Multimedia IP

	<p>este estándar presenta cambios en la UTRAN para ganar capacidad en la interfaz de aire en <i>downlink</i> y se crea el concepto de HSDPA¹⁸ (Acceso de Paquetes de alta velocidad de <i>downlink</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparece el HSS¹⁹ (Home Subscriber Server)
R6	<ul style="list-style-type: none"> • Se establece el estándar para la segunda fase del IMS. <ol style="list-style-type: none"> 1) Inter-funcionamiento con CS y con las redes IP multimedia. 2) Servicio de conferencias con múltiples participantes. 3) Especificación del servicio de mensajería IMS 4) Especificación del servicio de presencia de IMS. 5) Optimización del acceso. • Se crea el concepto de HSUPA²⁰ (Acceso de Paquetes de Alta velocidad de <i>uplink</i>) para mejoras en el acceso <i>Uplink</i>. • Nuevas funcionalidades como <i>Multimedia Broadcast/Multicast Services</i> (MBMS): Mismo contenido transmitido a múltiples usuarios en un área específica (ej: gol en un estado de fútbol)
R7	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de mejora del acceso radio: • MIMO (Multiple-Input Multiple-Output). • OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) • Se crea el concepto de HSPA+

2.2 Arquitectura de la Red 3g

¹⁸ HSDPA Acceso de Paquetes de alta velocidad de bajada.

¹⁹ HSS Home Subscriber Server.

²⁰ HSUPA Acceso de Paquetes de alta velocidad de Uplink.

El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles se refiere al uso de un nuevo tipo de red de acceso, la UTRAN²¹, adaptada a la pre-Rel-99 GSM / GPRS de red central CN de la infraestructura.

El requisito básico para la R99²² en UMTS era minimizar los impactos en el CN²³ en la introducción de la UTRAN. Este principio se consiguió en gran medida. Los mayores impactos son la creación de un nuevo tipo de interfaz entre las redes básicas y de acceso, y la modernización de la CN de señalización para tener en cuenta las nuevas capacidades que ofrece la UTRAN.

Este estándar describe la red UMTS, utilizando un enfoque de arriba hacia abajo: la red se divide lógicamente en un número de conjuntos, tanto desde el aspecto arquitectónico y desde el aspecto de los protocolos. Desde el punto de vista arquitectónico, los conjuntos se llaman "dominios" (un dominio es un grupo de entidades). Desde el punto de vista de los protocolos, los conjuntos se denominan "capas" (un estrato es un grupo de protocolos). Estos principios, introducido por primera vez en UMTS, también podrían aplicarse a GSM (y de hecho a otros tipos de red).

Los dominios y estratos no corresponden a ninguna realización concreta en la red, pero se establecieron principalmente para organizar el trabajo como para permitir que diferentes grupos de personas que trabajan en paralelo, cada uno es responsable de uno (o varios) de dominio (s) y / o estrato.

Los dominios son:

El dominio del equipo del usuario, que contiene los elementos que el usuario final lleva consigo, compuesto por:

- El dominio de equipo móvil (teléfono), que contiene la transmisión de radio / dispositivo receptor (en la terminación móvil, MT²⁴) y la aplicación (en el equipo terminal, TE²⁵).

²¹ UMTS Red de Acceso Radio Terrestre.

²² R99 Release 99 liberado por la 3GPP.

²³ CN Red Central.

²⁴ MT Terminación Móvil

- El dominio USIM²⁶, típicamente incrustado en una tarjeta UICC²⁷.
- El dominio de infraestructura, es decir, el conjunto de todas las entidades de la red, compuesta de:
 - El dominio de acceso a redes, que comprenden todas las entidades estrechamente relacionadas con la tecnología de radio.
 - El dominio de la red básica, compuesto por:
 - El dominio de red de servicio, compuesto por:
 - La conmutación de circuitos (CS²⁸)
 - La conmutación de paquetes (PS²⁹)
 - El dominio de red de tránsito (potencialmente compuesta de CS y PS)

El dominio de red doméstica, que contiene de forma permanente todos los datos específicos de los usuarios y responsables de la gestión de la información de suscripción. [3] [4] [5] [1]

2.2.1 Arquitectura simplificada de la red UMTS.

La arquitectura de una red UMTS simplificada estaría compuesta por tres partes fundamentales:

- Los equipos de usuario.
- La red de acceso.
- La red central (*Core*).

²⁵ TE Equipo Terminal.

²⁶ USIM Módulo de Identificación del Abonado. SIM Modulo de identificación de suscriptor.

²⁷ UICC Universal IC Card.

²⁸ CS Conmutación de Circuitos.

²⁹ PS Conmutación de Paquetes.



Figura 3 Arquitectura Simplificada de una red UMTS [1] [3]

Los usuarios acceden a la red a través de la interfaz radio (Uu^{30}), se usa la tecnología WCDMA. El modelo asume el empleo de la interfaz radio terrestre (UTRA), basada en el despliegue de estaciones base. Bajo esta modalidad, la red de acceso recibe la denominación UTRAN³¹ (UMTS Terrestrial Radio Acces Network). [1] [3]

La red de acceso UTRAN se encarga de transportar el tráfico de usuario (voz, datos, señalización móvil-red) hasta el núcleo de red, con el que se comunica a través de la interfaz Iu^{32} . Al tratarse de un sistema de comunicaciones móviles, el usuario no dispone de recursos de transmisión asignados de manera estática en la UTRAN. En consecuencia, ésta se encarga también de gestionar la asignación dinámica de dichos recursos cada vez que el móvil utiliza la red. En el CN³³ se encuentran los recursos de conmutación y transmisión necesarios para completar el trayecto de la comunicación hacia el abonado remoto, que puede pertenecer a la misma red UMTS o a una red externa (otras redes telefónicas, Internet, etc.). El CN contiene también

³⁰ Uu Interfaz de conexión entre el Usuario y la UTRAN

³¹ UTRAN Red de acceso de radio Universal.

³² Iu Interfaz de conexión entre la UTRAN y el CN

funciones relativas a la gestión de los abonados: identidades, claves de autenticación, parámetros de suscripción, etc. [1] [2] [6] [3].

2.2.2 Dominios de UMTS y puntos de referencia

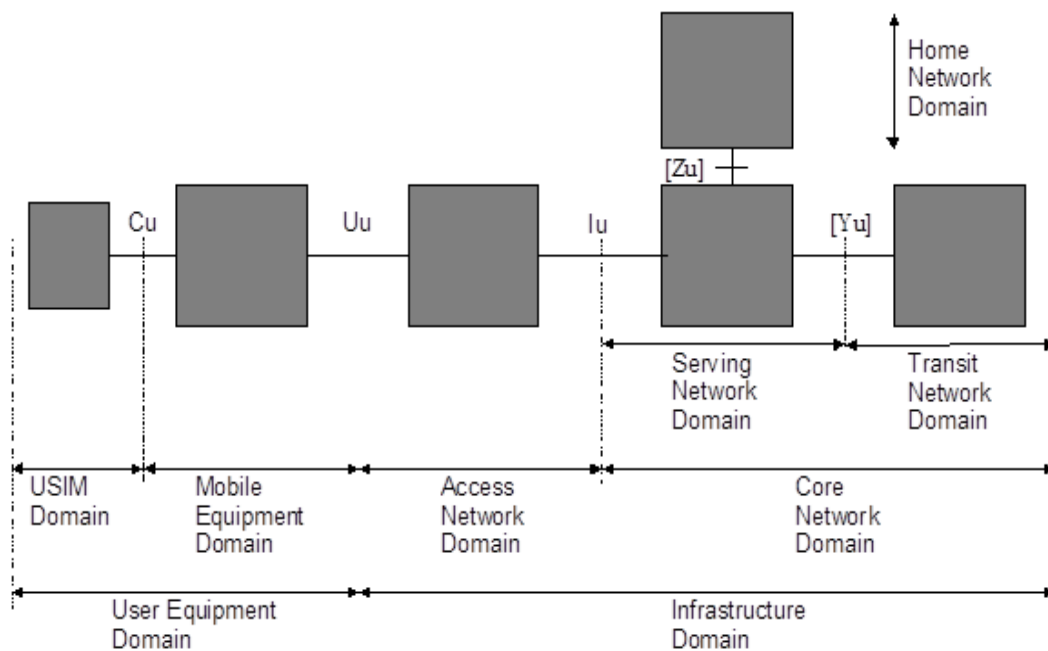


Figura 4 UMTS dominios y puntos de referencia. [3] [1]

2.2.3 Dominios de la red UMTS

Como se indicó en el esquema simplificado la arquitectura de la red UMTS se puede dividir en tres dominios:

- Dominio de Usuario.
- Dominio de Acceso.
- Dominio de Red Central o *Core*.

Dominio de Usuario

El dominio de usuario está formado por:

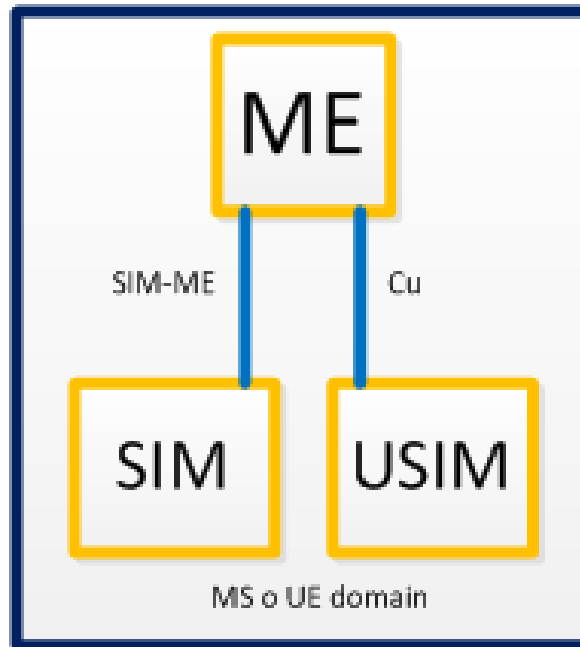


Figura 5 Diagrama del Dominio de Usuario [1]

ME. Equipo Móvil.

USIM. Módulo de Identificación del Abonado.

SIM. Módulo de identificación del Suscriptor.

Dominio de Acceso

El dominio de acceso está definido por la UTRAN la cual a su vez está formada por:

- Nodo B.
- RNC.

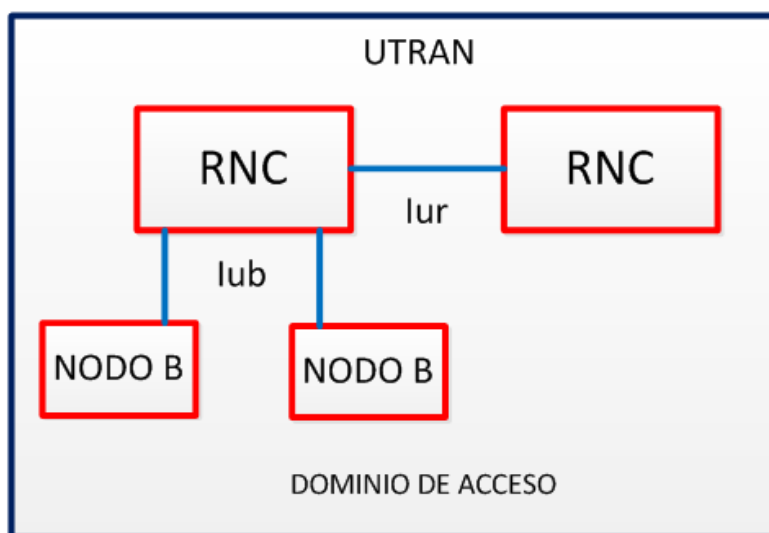


Figura 6 Elementos que conforman el Dominio de Acceso. [1]

Nodo B

Son conocidos como radio bases (RBS), estos se conectan a la RNC mediante la interfaz Iub³⁴ y con el usuario mediante la interfaz de radio Uu. En este tipo de redes, los móviles no pueden comunicarse uno con el otro directamente, deben hacerlo forzosamente a través del nodo B. Los equipos del Nodo B consisten básicamente en una combinación de amplificadores, procesadores digitales de señales, procesadores

³⁴ Iub Interfaz por la que se comunica el nodo B con la RNC.

de información que, interconectados, equipos radiantes, entre otros forman una RBS³⁵.

Funciones del nodo B

- Transmisión /Recepción por la interfaz de aire.
- Mapeo de los recursos lógicos del Nodo B en hardware.
- Modulación / Demodulación.
- Codificación del canal físico CDMA.
- Micro Diversidad.
- Manejo de Errores.
- Control de Potencia de lazo cerrado.
- Adaptación de velocidad.
- Reportar las mediciones de interferencia.

Controlador de la red de radio (RNC)

El controlador de la red de radio frecuencia (RNC) es el elemento que maneja o administra la red UMTS y es el responsable del control de los nodos B que están conectados a él. La RNC lleva a cabo el manejo de recursos, maneja algunas funciones de movilidad y es el punto donde la encriptación se realiza, los datos de usuarios son enviados hacia y desde el móvil. La RNC³⁶ se conecta hacia el dominio de la conmutación de circuitos del CN o *core* a través de un elemento llamado Media Gateway (MGW³⁷) y hacia el SGSN³⁸ (*Serving GPRS Support Node*) en el dominio de conmutación de paquetes. [5]

Funciones de la RNC

- Control de los recursos de radio.

³⁵ RBS Radio Base.

³⁶ RNC Controlador de la red de radio frecuencia.

³⁷ MGW Media Gateway.

³⁸ SGSN Serving GPRS Support Node

- Control de admisión.
- Asignación de canal.
- Herramientas de control de potencia.
- Control del *Handover*³⁹.
- Macro-diversidad.
- Cifrado (*ciphering*)
- Segmentación / Resamblaje.
- Señalización *Broadcast*.
- Control de Potencia de lazo abierto.
- Funciones de seguridad.

Características de la RNC

Tabla 2

Características y Beneficios de la RNC [2] [1] [7]

Características	Beneficios
Gran capacidad	Alta integración y mantenimiento conveniente.
Fácil expansión.	Selecciona el modo de configuración acorde con el tráfico actuales.
HSDPA.	Portadora de alta velocidad inalámbrica.
Manejo de múltiples QoS ⁴⁰ .	Mejora la calidad del servicio.
Transmisión Satelital sobre la interface lub.	Vence la dificultad de la instalación en algunas áreas.
IMS.	Servicio IP Multimedia Mejorado
2G/3G sistema de cambio interno de 2G a 3G.	Provee cobertura de la red y servicio.

³⁹ Handover Se define como la transición de una señal de usuario específica desde una base estación hacia otra geográficamente adyacente sin la desconexión de la llamada

⁴⁰ QoS Calidad de Servicio

Dominio de red Central (CORE)

Esta parte interna de la red central también recibe el nombre de Red Central de Circuitos (CCN), realiza las funciones principales de conmutación de circuitos y se encarga que los usuarios de la red UMTS puedan comunicarse entre sí y con otras redes.

El dominio de red central está constituido por:

- SGSN Nodo de Soporte GPRS.
- MSC Centro de conmutación móvil.
- VLR Registro de localización del visitante.
- EIR Registro de identificación del equipo.
- HLR Registro de posición base.
- AuC Centro de Autenticación.
- GMSC Puerta de enlace del MSC.
- GGSN Pasarela del nodo soporte GPRS.

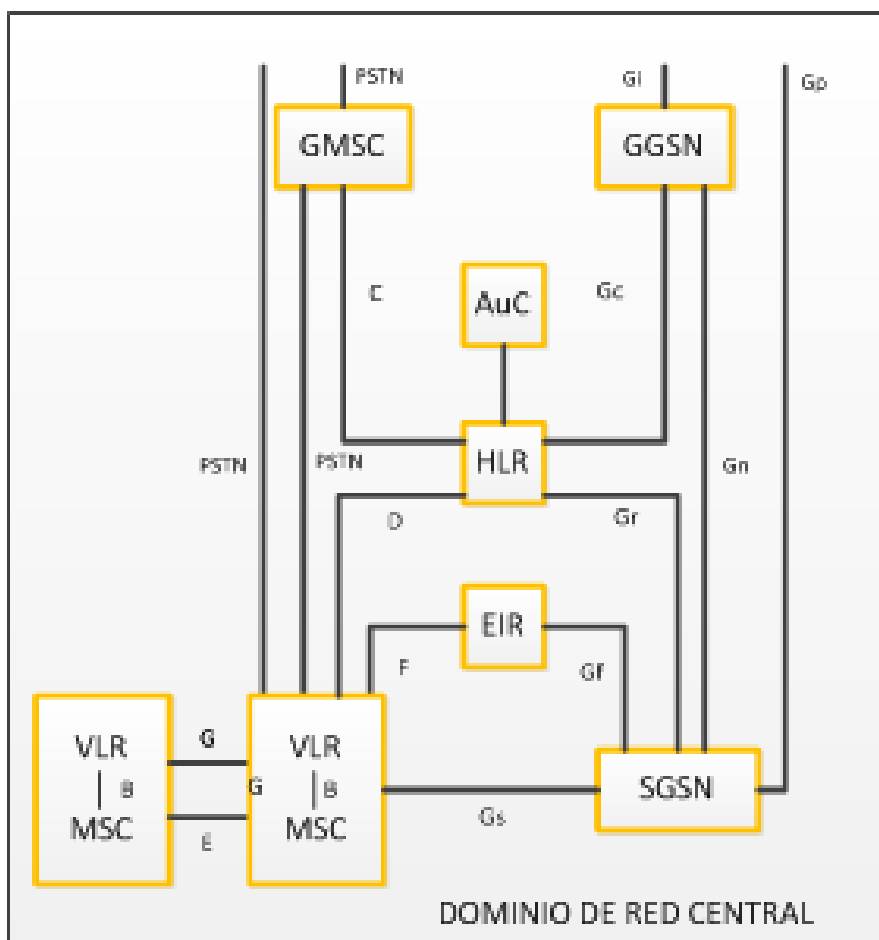


Figura 7 Dominio de red Central. [1]

Nodo de Soporte GPRS (SGSN)

El SGSN mantiene la posición de las MS⁴¹ en su área y realiza funciones de seguridad y control de acceso. El SGSN establece contextos PDP⁴² (*Packet Data Protocol*) activos que son usados para el encaminamiento con el GGSN⁴³ que el abonado este usando. La función de registro de posición en un SGSN es almacenar la información de suscripciones y datos de ubicación (por ejemplo. la celda o área de encaminamiento donde la MS está registrada, o la dirección del GGSN donde exista

⁴¹ MS Estación Móvil.

⁴² PDP Protocolo de paquete de Datos.

⁴³ GGSN Pasarela del nodo soporte GPRS.

un contexto PDP activo de los abonados registrados en el SGSN para servicios con conmutación de paquetes. [7]

Esta información es necesaria para llevar a cabo la transferencia entrante o saliente de datos de paquetes. El SGSN está conectado al BSC a través del interfaz Gb y al RNC a través del interfaz Iu-PS. El SGSN puede enviar datos de ubicación al MSC/VLR a través el interfaz Gs.

El SGSN como se indicó contiene dos tipos de información:

- Información de suscripción.
- Identidad temporal.
- PDP electrónico.
- Ubicación de la información.
- La celda o el área de enrutamiento en el registro del VLR.
- La dirección de cada GGSN para la parte activa PDP.

Centro de conmutación móvil (MSC)

Se basa en la conmutación de circuitos, es usado por GSM⁴⁴ y UMTS, la BSS⁴⁵ y el RNS se pueden conectar con el mismo MSC. Esto es posible ya que el grupo 3GPP tuvo como objetivo poder conectar a la red UTRAN con la red central de GSM/GPRS. El MSC tiene diferentes interfaces para conectarse con el SGSN y otros. [7] [1] [6]

Las funciones del MSC son las siguientes:

- Voz.
- Coordinación en la organización de las llamadas de todos los móviles en la zona de operación de un MSC. Asignación dinámica de recursos.
- Registro de ubicación.
- Colectar los datos para el centro de facturación.
- Funciones de inter-operatividad con otro tipo de redes.

⁴⁴ GSM Sistema Global Móvil.

⁴⁵ BSS Sistema de estación base correspondiente a la segunda generación de telefonía celular.

- Manejo de los procesos de *handover* (especialmente del complejo proceso de *handover* entre sistemas) Intercambio de señalización entre diferentes interfaces.
- Manejo de la asignación de frecuencias en el área del MSC.
- Control y operación de la cancelación del eco.

Puerta de enlace del MSC (GMSC)

Lleva a cabo funciones de enrutamiento hacia afuera de la red móvil. Se encarga de realizar el proceso de enrutamiento en el caso que la llamada provenga de una red externa.

Pasarela del nodo soporte GPRS (GGSN)

GGSN provee el punto de interconexión con las redes externas de datos por paquetes (PDN⁴⁶), para que la PLMN⁴⁷ soporte el sistema UMTS. Esta interconexión utiliza la interfaz Gi.

El GGSN puede estar conectado a uno o varios SGSN a través de la interfaz Gn. La función del registro de posición en el GGSN es almacenar la información de los suscriptores de los usuarios y los datos de enrutamiento. Esta información es recibida por el HLR⁴⁸ y por el SGSN a través de la interfaz Gc y Gn respectivamente, estableciendo un túnel de tráfico de paquetes de datos hacia el UE⁴⁹ (Equipo de Usuario), por medio del SGSN a donde el UE está registrado. Tanto el SGSN como el GGSN tienen enrutamiento IP y se pueden interconectar por medio de *routers* IP.

[1] [7] [6]

⁴⁶ PDN Red de Paquete de Datos.

⁴⁷ PLNM Public land Mobile Network

⁴⁸ HLR Registro de posición base.

⁴⁹ UE Equipo de Usuario.

Registro de localización del visitante (VLR)

Contiene la información acerca del *roaming*⁵⁰ del MSC, información de los suscriptores activos y quien está en la red local. El VLR posee mucha más información que el HLR, la diferencia es que la información en el VLR es temporal.

El VLR contiene toda la información necesaria para manejar las llamadas enviadas o recibidas por el móvil registrado en la base de datos. [7] [1] [2]

Registro de identificación del equipo (EIR)

El EIR almacena la identidad internacional del equipo móvil (IMEI⁵¹) usado en el sistema.

Registro de posición base (HLR)

El HLR contiene una base de datos encargada de gestionar los abonados móviles. El HLR almacena Información de suscripciones y datos de ubicación que permiten la tasación y encaminamiento de Llamadas/mensajes hacia el MSC/SGSN donde se ha registrado la MS.

En el HLR existen dos tipos de datos, los permanentes y los temporales. Los primeros manejan la información de los suscriptores, por ejemplo, añadir nuevos servicios a su plan. Los temporales contienen información como el VLR, la dirección, el cifrado, la cual varía de llamada a llamada. [5] [4]

Centro de Autenticación (AuC)

El centro de autenticación se asocia con un HLR, se encarga de almacenar la clave de autenticación del suscriptor (ki), así como su correspondiente IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*). Estos son los datos permanentes que entran en el momento de la suscripción.

⁵⁰ Roaming. Es un servicio de Itinerancia para que el EU pueda funcionar en redes externas de telefonía móvil.

⁵¹ IMEI Identidad del Equipo Móvil Internacional.

Arquitectura general de un sistema 3G

Al integrar los 3 dominios de la arquitectura 3G obtenemos la arquitectura general para una red 3G. En la figura xxx se puede observar las diferentes interfaces que se usan para interconectarse los elementos dentro de los dominios y las interfaces para conectarse entre dominios.

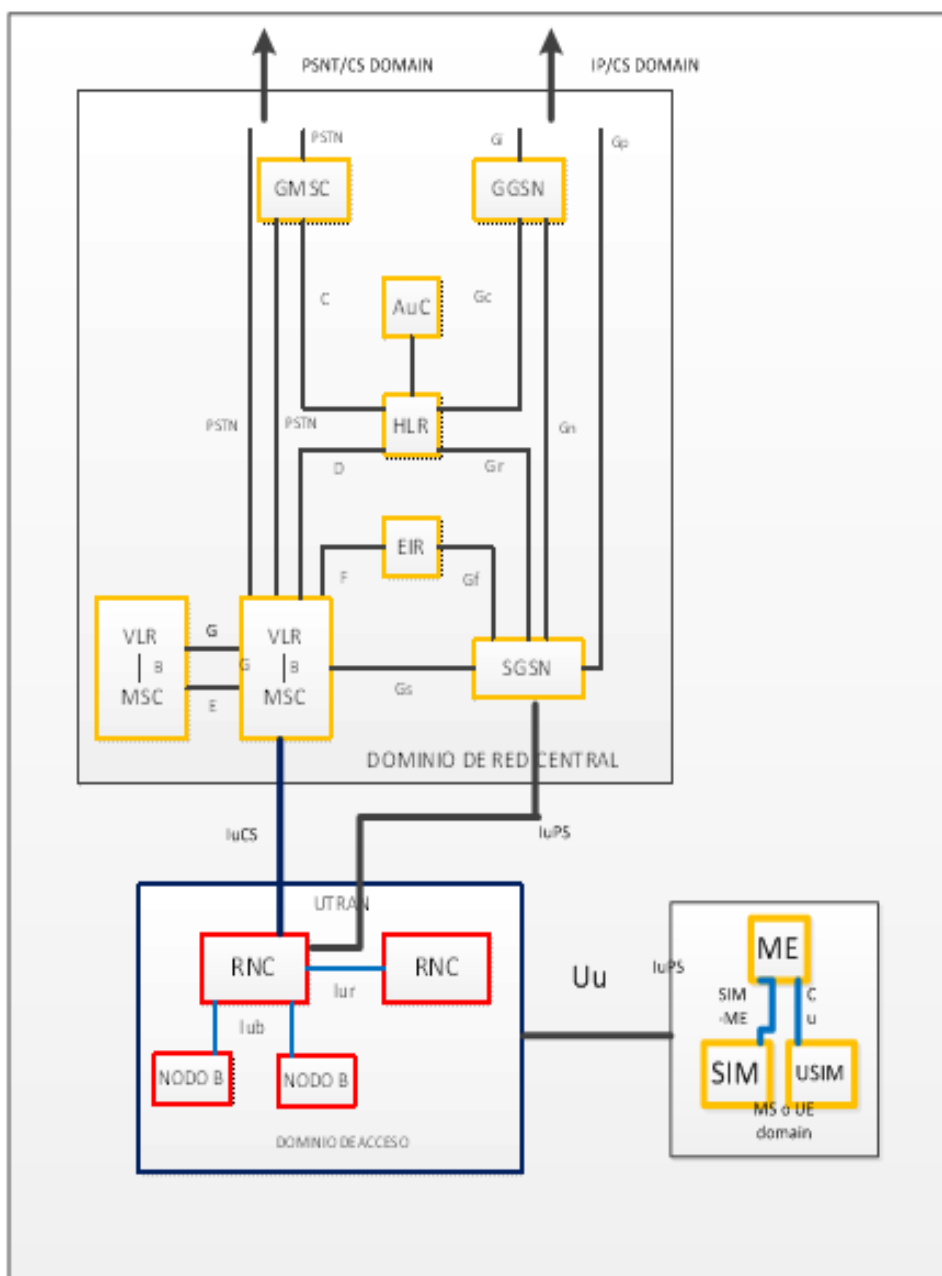


Figura 8 Arquitectura General de una red UMTS. [1]

2.2.4 Interfaces de la Arquitectura 3G

Los elementos que conforman los diferentes dominios de la red 3G son interconectados a través de las siguientes interfaces.

Interfaces del dominio de Acceso

Las interfaces del dominio de Acceso están compuestas por:

- Interfaz del Usuario de UMTS (Uu).
- La interfaz de la RNC de UMTS (Iur).
- Interfaz del nodo B de UMTS (Iub).

Interfaz del Usuario de UMTS (Uu)

Esta es la interfaz entre el Nodo B y el equipo de usuario. Esta es dependiente de la tecnología utilizada en la interfaz de radio. Uu es la interfaz que une los dos dominios principales: el de usuario y la UTRAN. El interfaz aire Uu utiliza la tecnología WCDMA.

La interfaz de la RNC de UMTS (Iur).

Esta es la interfaz entre dos RNC. Ha sido determinada para soportar funciones específicas tales como *handover* sin tener que involucrar a la red central.

Interfaz del nodo B de UMTS (Iub).

Esta es la interfaz entre la RNC y los nodos B.

Interfaces del dominio de Red Central

Las interfaces del dominio de Red Central están formadas por:

- Interfaz de UMTS (Iu).
- I-CS

- Iu-PS
- Otras Interfaces.

Interfaz de UMTS (Iu)

Esta es la interfaz entre la red central y la red de acceso. La red central puede ser conectada a diferentes redes de acceso usando la interface Iu.

Dentro de Iu, se encuentra Iu-CS e Iu-PS. Iu-CS es la instancia física de Iu para el dominio de servicio de conmutación de circuitos de CN. Iu-PS es la instancia física de Iu hacia el dominio de servicio de conmutación de paquetes del CN.

La interfaz Iu se considera dividida en dos interfaces funcionales:

- Iu-CS. Interfaz con el dominio de conmutación de circuitos (*Circuit Switching*). Usada por MSC (*Mobile-services Switching Centre*).
- Iu-PS. Interfaz con el dominio de conmutación de paquetes (*Packet Switching*). Usada por SGSN (*Serving GPRS Support Node*.)

2.2.5 Otras interfaces de la red central

Tabla 3

Otras Interfaces de la CN. [1] [2] [5]

**Nombre de Descripción de la interfaz de la red central.
la interfaz**

B	Interfaz entre el MSC y el VLR
C	Interfaz entre el MSC y el HLR
D	Interfaz entre el HLR y el VLR
F	Interfaz entre el MSC y el EIR
Ga	Interfaz entre el SGSN y la función de cobro de la puerta de acceso (CFG), por propósitos de facturación.
Gc	Interfaz entre el HLR y el GGSN

Continua 

Gf	Interfaz entre el SGSN y el EIR
Gi	Interfaz entre el GGSN e internet.
Gn	Interfaz basada en IP entre SGSN y GGSN
Gp	Interfaz basada en IP que está entre SGSN en diferentes PLMN. Este es usado para soporte de handover inter-SGSN.
Gr	Interfaz entre el SGSN y el HLR
Gs	Interfaz entre el SGSN y el MSC
Iu	Interfaz entre la red de acceso y la red central.
Iu-PS	Paquete conmutado, variante de la interfaz Iu. La Iu-PS reemplaza a la interfaz Gb de GRPS por servicios UMTS. Interfaz entre la RNC y el SGSN
Iu-PC	Circuito conmutado, variante de la interfaz Iu. La Iu-CS es una evolución de la interfaz A de GSM. Interfaz entre la RNC y el MSC.

2.2.6 Análisis del acceso de paquetes de alta velocidad (HSPA)

Bajo las especificaciones del 3GPP se ha ido más allá de la tercera generación, mediante el R5 se tienen servicios HSPDA con velocidades de hasta 14 Mbps, con el R6 se tiene HSUPA+ que aumenta esta tasa hasta 21 Mbps.

2.2.7 Aplicaciones Soportadas por HSPA

La implementación de HSPA es necesaria para poder ofrecer nuevos servicios y aplicaciones que los usuarios están requiriendo en los últimos años. Entre las principales aplicaciones tenemos:

- Navegación.
- Video juegos en línea.
- Voz sobre IP.
- Push-to talk.
- Streaming.

- Video conferencia.
- Televisión.

2.2.8 Acceso de Paquetes de Alta Velocidad Downlink HSDPA

Los sistemas UMTS, descritos por la 3GPP que van desde el R99 al R5⁵² son la base para la implementación del Acceso de Paquetes de Alta Velocidad *Downlink* (HSDPA).

El Sistema Terrestre Móvil Universal (UMTS), utiliza la interfaz de aire empleando la tecnología de acceso WCDMA para voz y datos. El HSDPA es la mejora de datos en el enlace de bajada para UMTS y se encuentra descrito en el R5, mientras que HSUPA es la mejora de datos en el enlace de subida, se encuentra descrito en el R6⁵³. HSDPA y HSUPA no definen una nueva interfaz de aire, pero si nuevos canales con el objetivo de optimizar la comunicación al aumentar la velocidad, reducir la latencia y aumentar capacidad en el sistema. HSDPA y HSUPA en conjunto se conocen como HSPA.

HSDPA es estandarizado por el 3GPP y la primera versión de la especificación fue publicada en marzo del 2002 en el R5. Esto no quiere decir que no se hayan hecho cambios desde esa fecha ya que constantemente se realizan mejoras a las especificaciones. Comercialmente HSDPA fue implementado a finales del 2005.

HSUPA también es estandarizado por el 3GPP y la primera versión de la especificación fue publicada en diciembre del 2004 en el R6. HSUPA es el nombre comercial de la tecnología, sin embargo, dentro del 3GPP se le llama EDCH. HSUPA fue implementado comercialmente a principios del 2007. [1] [3]

2.2.9 Arquitectura del HSPDA

Con la implementación de HSDPA la arquitectura de la red 3G y los protocolos de la UTRAN fueron modificados. Se añadieron nuevas funcionalidades en el terminal, el nodo B y el RNC.

⁵² R5 Realease 5 de la estandarización de redes de tercera generación.

⁵³ R6 Realease 6 de la estandarización de redes de tercera generación.

La función de administración de los recursos de radio en el R99 era responsabilidad de la RNC, mientras que en el R5 y R6 esta funcionalidad se distribuye también hacia el nodo B.

Dentro de la arquitectura RRM⁵⁴ una función principal es la *scheduling* o programación. La función de *scheduling* se refiere a la programación de qué equipo va a transmitir en un instante de tiempo dado. La elección del usuario se realiza en base a la calidad del enlace de radio, considerando los picos de desvanecimiento.

Debido al uso de *scheduling* se obtienen grandes variaciones en la tasa de datos transmitidos y recibidos por cada usuario.

La función de *scheduling* era realizada por el RNC, mientras que el nodo B se encargaba del únicamente del control de potencia. Si participaban más de un RNC en la comunicación, el SRNC manejaría el *scheduling* de los canales dedicados (DCHs), en tanto que el DRNC manejaría el *scheduling* de los canales compartidos. [1]

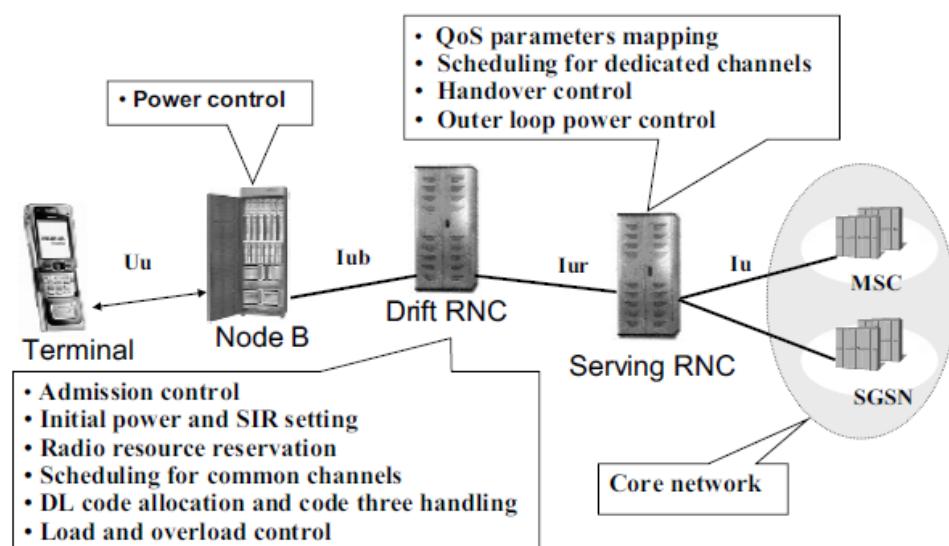


Figura 9 Distribución de la funcionalidad RRM en la UTRAN según el Rel. 99.

[1]

HSPA migra la función de *scheduling* del RNC al nodo B cambiando toda la arquitectura RRM. El SRNC mantiene el control del handover y decide los parámetros de QoS. Además, el nodo B se encargará de la ubicación dinámica de recursos, aprovisionamiento de QoS y control de carga y sobrecarga. [1]

⁵⁴ RRM Recursos de Radio

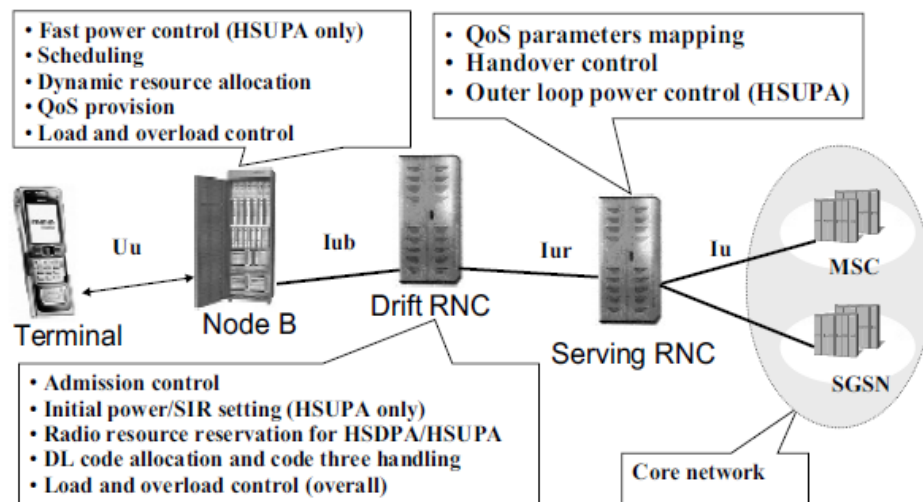


Figura 10 Distribución de la funcionalidad RRM en la UTRAN según el Rel. 5.

[1]

2.2.10 Cambios en las Interfaces de la UTRAN.

El impacto de HSPA en las interfaces de la UTRAN tiene relación con la capacidad, debido a que se necesita manejar velocidades mayores a las de UMTS. En la figura 10, se muestra un ejemplo de cómo debe aumentar la capacidad de las interfaces del R99 al R5. Esto a su vez requiere mayor capacidad de almacenamiento y un apropiado control de flujo. [1]

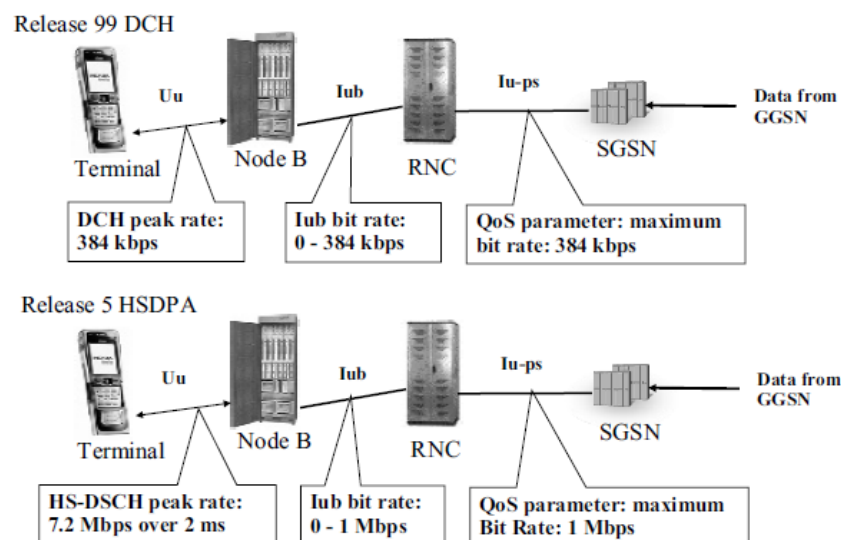


Figura 11 Velocidades en las interfaces de UMTS vs HSPDA. [1]

En el caso de los elementos de la red se añaden nuevas funcionalidades y otras se redistribuyen entre el terminal, el nodo B y el RNC.

2.2.11 Funcionalidades de HSDPA.

Tabla 4

Nuevas Funcionalidades para HSDPA.

Elemento	Funcionalidad
RNC	Administración de Recursos de Radio (RRM).
	Administración de Movilidad (MM).
	Administración del tráfico Iub.
NODO B	Manejo de grandes volúmenes de datos para DL.
	Almacenamiento de datos (<i>buffering</i>).
	Manejo de ARQ.
	Decodificación de realimentación (<i>feedback</i>).
	Control de Flujo.
TERMINAL	Programación de transmisiones para <i>downlink</i> (<i>scheduling</i>).
	Modulación 16QAM.
	Manejo de ARQ con almacenamiento bajo.
	Generación y transmisión de realimentación.
	Demodulación 16QAM.

2.2.12 HSDPA y el uso de los recursos de radio.

HSDPA introduce nuevos canales para la transmisión de datos en el R5. Los nuevos canales son:

- HS-DSCH (de transporte) High Speed Downlink Shared Channel.
- HS-SCCH (físico) High Speed Shared Control Channel.
- HS-DPCCH (físico) High Speed Dedicated Physical Control Channel.

En el R6 se introduce también un nuevo canal físico que es utilizado cuando todo el tráfico de *downlink* es llevado en el canal HS-DCH, y es el canal FDPCH *Fractional Dedicated Physical Channel*.

Estos canales pueden o no funcionar en conjunto con los de HSDPA. El canal DSCH⁵⁵, es reemplazado completamente por el canal HS-DSCH. El canal FACH⁵⁶ se utiliza para pequeños volúmenes de datos y al configurar la conexión, en HSDPA se lo puede utilizar para llevar la señalización, sin embargo, en el caso de servicios mixtos de voz y datos no se puede usar el canal FACH.

El canal DCH⁵⁷ siempre funciona en paralelo con los canales de HSDPA. Si el servicio es exclusivo de datos, entonces el DCH por lo menos lleva la portadora SRB. Si el servicio es tipo conmutado por circuitos como una llamada AMR, entonces el servicio correrá siempre sobre el DCH. Los datos de usuario en *uplink* son llevados en el DCH, aunque en HSUPA (R6) se presenta la alternativa de utilizar el canal E-DCH⁵⁸. Cualquier retransmisión o la programación son manejadas por la RNC mientras el nodo B solo realiza el control rápido de potencia. El DCH soporta soft handover. La velocidad teórica máxima del DCH es de 2 Mbps. [1]

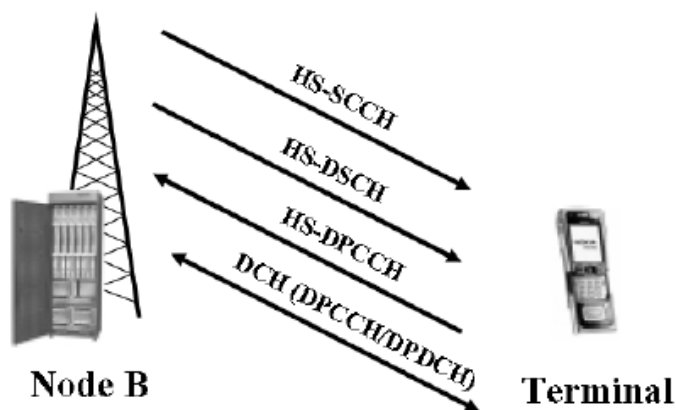


Figura 12. Canales que se requiere para el funcionamiento de HSDPA en Rel. 5.

[1]

2.2.13 Acceso de Paquetes de Alta Velocidad de Uplink HSUPA

⁵⁵ DSCH Downlink Shared Channel

⁵⁶ FACH Fordward Access Chanel

⁵⁷ DCH Downlink Shared Channel

⁵⁸ E-DCH Enhanced Dedicated Channel

El Acceso de Paquetes de Alta Velocidad *de Uplink* HSUPA (*High Speed Upload Packet Access*) se introduce en el R6, Se agrega un nuevo canal de transporte llamado *Enhanced Dedicated Channel* (E-DCH). Se mejora el desempeño del *uplink* reduciendo la latencia, aumentando las tasas de datos y la capacidad, siendo con esto el complemento de HSDPA para un mejor desempeño de las aplicaciones de paquetes de datos. HSUPA tiene una gran cantidad de características nuevas cuya introducción, al igual que en HSDPA, tienen un impacto mínimo en los protocolos de arquitecturas de las interfaces de radio. Se agregan nuevos medios de control de acceso a los ya existentes en los UE, nodos B y RNC.

Para lograr las altas tasas de transferencia en el *uplink*, HSUPA posee principalmente las siguientes características:

- **Transmisión Multi-códigos:** en contraste con HSDPA, el nuevo canal de *uplink* que es introducido con HSUPA, no es compartido entre los usuarios, sino que está dedicado a un único usuario. Hasta cuatro códigos pueden ser usados para aumentar las tasas de datos del *uplink*.
- **Reducción del TTI:** WCDMA 3GPP R99 usa un TTI de 10 ms, 20 ms o 40 ms en el *uplink*. HSUPA opera con un TTI de 2 ms o 10 ms en el *uplink*. Esta reducción del TTI permite una disminución de la latencia total y entrega las condiciones para que las otras características se adapten rápidamente.
- **Fast hybrid Automatic Repeat reQuest:** el protocolo *fast hybrid* ARQ usado es similar al de HSDPA. El nodo B rápidamente puede requerir una retransmisión de la información recibida erróneamente, lo que hace al sistema más robusto y con una menor latencia.
- **Fast scheduling:** en el *uplink*, el recurso común entre los terminales de usuario es la cantidad de interferencia tolerable, la cual es la potencia total recibida por la estación base. La cantidad de recursos comunes de *uplink* que un terminal está usando depende de la tasa de datos usada. Generalmente, mientras mayor sea la tasa de datos, mayor es la potencia de transmisión requerida y mayor es el consumo de recursos. *Fast scheduling* permite una rápida reubicación de los recursos entre los UEs, también permite al sistema un mayor número de usuarios y adaptaciones rápidas a variaciones de interferencia, lo que lleva a un

incremento en la capacidad y probabilidad de que el usuario pueda tener altas tasas de transferencias de datos. [1] [7]

2.2.14 Nuevas Funcionalidades del HSUPA

El HSUPA añade algunas funcionalidades nuevas a la red las cuales se indican en la tabla 5.

Tabla 5

Nuevas Funcionalidades para HSUPA. [1] [7] [5]

Elemento.	Funcionalidad.
RNC	Administración de recursos de radio (RRM).
RNC	Administración de movilidad (MM).
RNC	Distribución de capacidad para Iub.
RNC	Reordenamiento de paquetes.
NODO B	Manejo de grandes volúmenes de datos para el UL.
NODO B	Manejo de ARQ con almacenamiento bajo.
NODO B	Codificación de realimentación (feedback).
NODO B	Programación para uplink contra interferencia.
NODO B	Modulación 16QAM.
TERMINAL	Manejo de ARQ.
TERMINAL	Generación de transmisión de realimentación.
TERMINAL	Transmisión multicódigo.
TERMINAL	Programación para uplink (scheduling)

2.2.15 HSUPA y el uso de los recursos de radio

En HSUPA básicamente se cambia la forma en que el terminal entrega la información al nodo B. El nuevo canal de transporte para datos que se introduce en el

R6 es el E-DCH *Enhanced Dedicated Channel*. Además, otros canales físicos de control y datos son necesarios, estos canales son:

- E-AGCHE-DCH Absolute Grant Channel
- E-RGCHE-DCH Relative Grant Channel.
- E-HICHE-DCH HARQ Indicator Channel.
- E-DPCCH E-DCH Dedicated Physical Control Channel.
- E-DPDCH.E-DCH Dedicated Physical Data Channel.

HSUPA también puede utilizar el canal de transporte DCH (R99). Sin embargo, HSUPA en la mayoría de los casos utilizará el canal HS-DCH para downlink. [1]

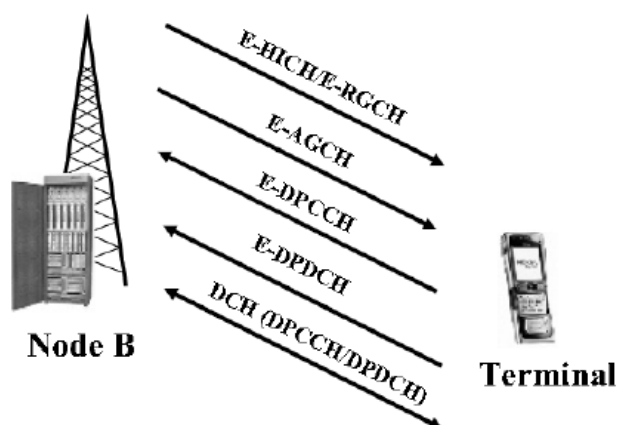


Figura 13 Canales que se utilizan en HSUPA. [1] [5] [5]

2.3 Análisis HSPA evolucionado (HSPA+)

HSPA+, también conocido como HSPA Evolucionado, es un estándar de internet móvil definido en la versión 7 de 3GPP y posteriores.

HSPA+ provee velocidades de hasta 84 Mbps de bajada y 22 Mbps de subida, a través de una técnica multi-antena conocida como MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*) y modulación 64-QAM. Sin embargo, estas velocidades representan picos teóricos que difícilmente se llegan a alcanzar. Al lado de la celda (sector, máximo 3 sectores por sitio), se alcanzan velocidades ligeramente superiores a los 14.4 Mbps de HSDPA, a menos que se utilice un canal mayor a los 5 Mhz. Las versiones

posteriores de HSPA+ soportarán velocidades de hasta 168 Mbps utilizando múltiples portadoras, y hasta 672 Mbps según lo propuesto para la versión 11 de 3GPP, utilizando técnicas avanzadas de antena. [8]

HSPA+ fue una evolución de HSPA teniendo como objetivo, mejorar la velocidad de subida y bajada en redes de banda ancha móvil. El primer operador en lanzarla fue Telstra en Australia a finales de 2008, con velocidades de hasta 21 Mbps en febrero de 2009.

2.3.1 Características

- Transmisión por canales compartidos
- Modulación de alto radio adaptativo
- Intervalo de tiempo de transmisión corto
- Adaptación rápida del enlace
- Planificación rápida (*fast scheduling*)

2.3.2 Ventajas al utilizar HSPA+

Ha hecho posible descargar datos de una forma más rápidos en redes de banda ancha móvil de tercera generación (3 G).

- Menor retraso en la transmisión de datos.
- Mejoramiento de los protocolos, o las reglas de las comunicaciones.
- Permiten el fácil movimiento de los paquetes de voz y datos entre dispositivos portátiles. [8]

2.3.3 División de Código de Banda Ancha de Acceso Múltiple

W-CDMA - la tecnología de radio de UMTS - es una parte de la familia de estándares 3G ITU IMT-2000. Tanto *Frequency Division Duplex* (FDD) y *Time Division Duplex* variantes (TDD) son compatibles.

W-CDMA es una técnica de modulación de espectro ensanchado; uno que utiliza los canales cuyo ancho de banda es mucho mayor que la de los datos a transferir. En lugar de cada conexión se concedió una banda de frecuencia dedicado lo suficientemente ancha como para acomodar su tasa de datos máxima prevista, canales de W-CDMA comparten una banda mucho más grande.

La técnica de modulación codifica cada canal de tal manera que un decodificador, sabiendo el código, puede seleccionar la señal deseada de otras señales que utilizan la misma banda, que simplemente aparecen como tanto ruido.

UMTS utiliza una red de núcleo derivado del de GSM, lo que garantiza la compatibilidad hacia atrás de los servicios y permitiendo el traspaso sin fisuras entre la tecnología de acceso GSM y W CDMA.

Especificaciones W-CDMA se originan en el grupo 3GPP Red de Acceso de Radio (RAN) de 3GPP y se congelaron en R99. Cerca de 200 especificaciones e informes residen principalmente en la serie 25 de las especificaciones 3GPP. [2]

2.3.4 Hacia la cuarta generación: LTE

LTE (Long Term Evolution) es un estándar creado por la organización 3GPP, se define como una evolución de la norma UMTS (3G); la interfaz de aire está basada en OFDMA para la bajada de información y SC-FDMA para subida de información.

La interfaz y la arquitectura de radio del sistema LTE es nueva, estas actualizaciones fueron llamadas Evolved UTRAN (E-UTRAN). Un importante logro de E-UTRAN ha sido la reducción del costo y la complejidad de los equipos, esto es gracias a que se ha eliminado el nodo de control (conocido en UMTS como RNC).

Por tanto, las funciones de control de recursos de radio, control de calidad de servicio y movilidad han sido integradas al nuevo Node B, llamado evolved Node B. Todos los eNB se conectan a través de una red IP y se pueden comunicar unos a otros usando el protocolo de señalización SS7 sobre IP.

Principales Características.

- Alta eficiencia espectral
- Muy baja latencia
- Ancho de banda adaptativo.
- Arquitectura simple de protocolo.
- Compatibilidad con otras tecnologías de 3GPP.
- Interoperatividad con otros sistemas como CDMA2000.
- Red de frecuencia única OFDM.
- Velocidades de pico:
 - Bajada: 326,5 Mbps para 4x4 antenas, 172,8 Mbps para 2x2 antenas.
 - Subida: 86,5 Mbps
- LTE propone la técnica de Conmutación por paquetes IP

2.4 Picoceldas

Las picoceldas logran al reducir el tamaño de las celdas. Una reducción de tamaño de una celda implica un aumento en su capacidad (manejo de tráfico), por lo que las picoceldas se utilizan para brindar cobertura en las zonas identificadas como de muy alto tráfico, tales como centros de negocios o centros comerciales, donde los usuarios tienen un patrón de comportamiento de baja movilidad y se encuentran en un ambiente cerrado.

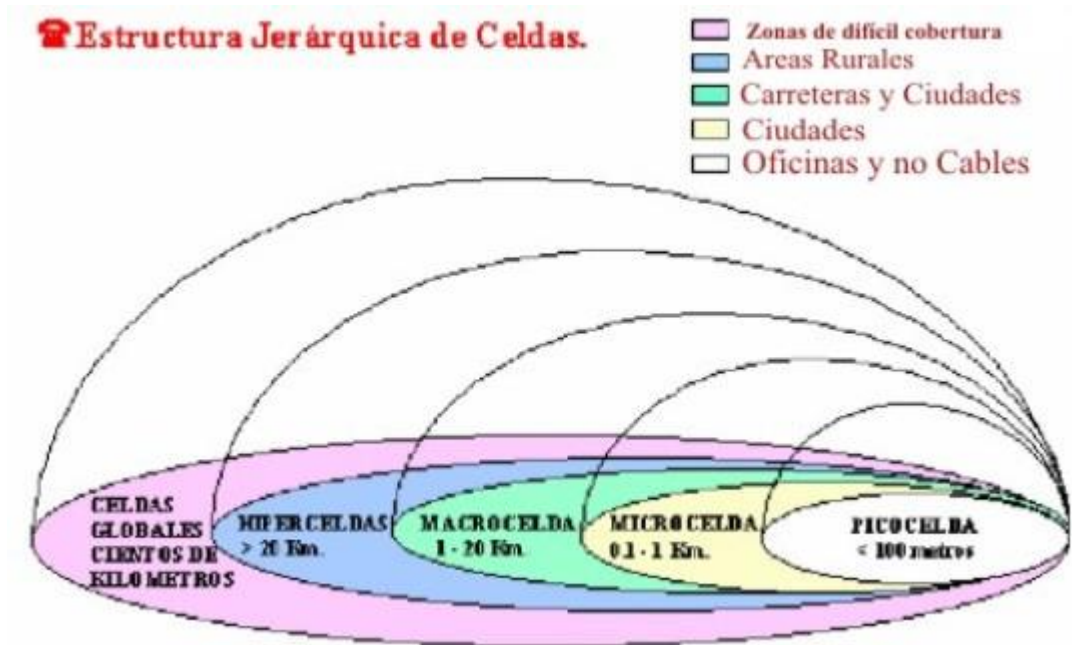


Figura 14 Tipo de Picoceldas. [9]

Las picoceldas tienen radios inferiores a los 100 m para coberturas de zonas interiores muy concretas.

La optimización de cobertura mediante picoceldas básicamente se implementa cuando se tiene las siguientes circunstancias:

Cuando se tenga aumento de tráfico en una zona densa urbana, principalmente en pisos de edificaciones o para un lugar concentrado de tráfico. Cuando el ambiente micro o macro no logra cubrir el objetivo de cobertura *indoor*. Hay varias soluciones técnicas disponibles para la construcción y el mejoramiento de la cobertura y capacidad, dentro de ellos están los siguientes:

- Repetidores pasivos de alta y baja potencia.
- Equipos Femto y microceldas.
- Sistemas de antena distribuidos de baja y alta potencia.
- Transporte basado en cable coaxial.
- Transporte sobre Fibra Óptica.

In-Building Distributed Antenna System

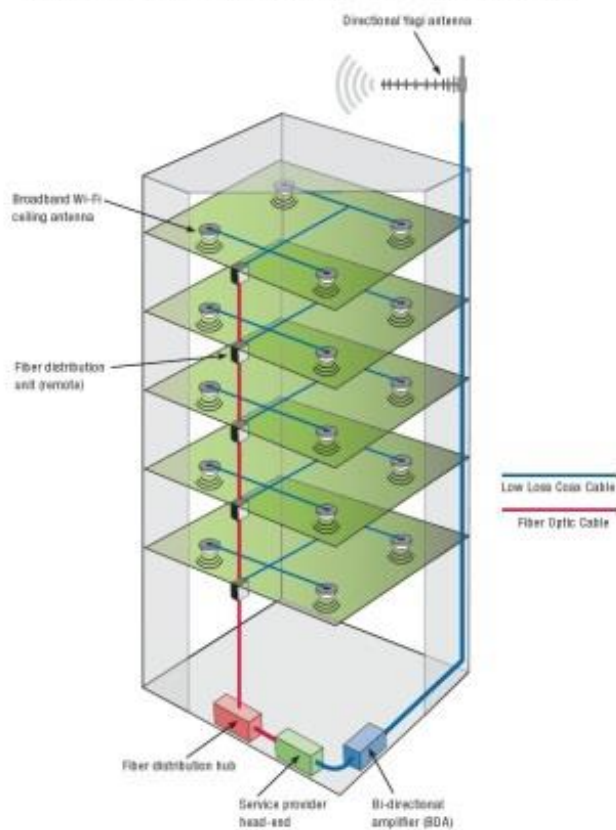


Figura 15 Picocelda Distribuida. [10]

En los sistemas de telefonía móvil, se plantea la posibilidad de definir el tamaño de las celdas según la intensidad de tráfico por unidad de área, de tal forma que las zonas con mayor tráfico sean atendidas por celdas más pequeñas o por micro celdas o pico celdas, a través de modelos de propagación que permiten crear patrones de radiación irregulares con distintos radios. [11] [10]

2.4.1 DAS (Sistema Distribuido de Antenas)

Podemos destacar que los sistemas distribuidos de antenas (DAS) mejoran la cobertura y el entorno móvil en sistemas urbanos que muchas de las veces son difíciles de adaptar ya sea porque tenemos limitaciones en el terreno o zonas (edificios, túneles, centros comerciales, etc.) para transmitir señales. DAS viene a mejorar las coberturas de señal para móviles en voz y datos. Estos conjuntos de

antenas son distribuidos dentro del edificio como ya lo mencionamos para un mejor servicio y tienen en común la fuente. [12]

In-Building Distributed Antenna System

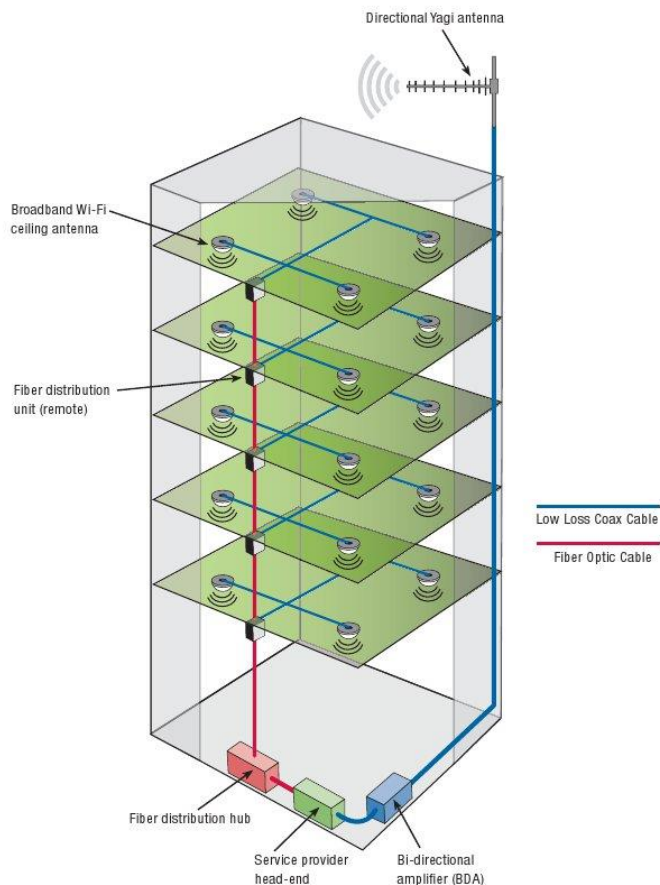


Figura 16 Ejemplo de un DAS. [10]

Normalmente los equipos de radiofrecuencias se colocan en los sótanos o en la azotea y desde estos equipos distribuimos a equipos secundarios los cuales van a tener la función de amplificar la señal y distribuirla en diferentes antenas que están ubicadas en forma estratégica dentro de los edificios (puede ser un estadio, hospital, etc.). Tomamos en cuenta que la potencia que saldría de nuestras antenas es mucho menor que la potencia de una antena común. [12]

Actualmente se considera que un 80% de las personas están dentro de un inmueble por eso es importante dar un buen servicio de señal y cubriendo las necesidades del usuario. Cuando la demanda del servicio es alta podemos diseñar un sistema de cobertura exacto. DAS funciona como canal dominante no dando paso a interferencias, el mismo DAS interno evita interferir a las demás señales. [12]

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA OPTIMIZACION DE LA PICOCELDA HSPA+ “EDIFICIO MATRIZ BANCO PICHINCHA”.

Debido a constantes falta de cobertura en múltiples áreas y pisos del edificio Matriz Banco Pichincha la operadora implementa una picocelda dedicada a mejorar la calidad de servicio y cobertura en el edificio considerado como un cliente VIP.

Una vez implementada la solución se obtiene una considerable mejora, pero no llega a satisfacer el área de cobertura requerida para un cliente considerado VIP, por tal motivo la operadora después de unos meses de funcionamiento y pruebas determina la necesidad de optimizar la solución inicial.

La operadora al analizar los múltiples pisos y áreas que requieren una mejora, determina que la mejor solución para satisfacer la cobertura requerida a través de un sistema de antenas distribuido (DAS), aumentando el número de antenas en el edificio llegando a complementar la solución inicial, garantizando la cobertura y satisfaciendo las necesidades de un cliente VIP.

3.1 Requerimientos de cobertura en el “Edificio Matriz Banco Pichincha”.

Los requerimientos de cobertura en Edificio Banco Pichincha son determinados a partir de un *Walking test (Initial Tunning Indoor)* con el software *TEMS*



Figura 17 Equipos Utilizados en el Walking test del Edificio Matriz Banco Pichincha.

Los *Walking test* del Edificio Banco Pichincha (*Drive Test*) fueron desarrollados con: *TEMS Investigación*, Versión 13.0.1.

- 4 terminales Sony Ericsson Z750i (uno de ellos utilizado como Scanner, uno para llamada larga, uno para llamada corta, y uno para llamada de video),
- Un Data CardSierraWireless 308 para UL
- Un Data CardSierraWireless 312 para DL.

En recorridos de pruebas por los diferentes pisos del Edificio Banco Pichincha, se evalúa la calidad de servicio en una zona determinada, en base a niveles de parámetros de RF.

El software *TEMS* genera tablas y gráficos estadísticas de la cobertura de la estación, a través de múltiples llamadas con varios teléfonos en un recorrido sobre el área de cobertura en análisis para garantizar la mejor calidad al cliente de la operadora.

Información procesada por el Software.

- Intensidad y calidad de la señal.
- Interferencia.
- Dropped calls.
- Acceso y retención de llamadas.
- Eventos anómalos.

- Estadísticas de llamada (*voice call/data call*) Estadísticas de niveles de servicio.
 - Información de Handover y celdas vecinas.
 - Coordenadas de ubicación GPS.

3.1.1 Walking test (Initial Tuning Indoor)

El proceso de *Walking test* para lograr la optimización de la cobertura en el Edificio matriz Banco Pichincha, contempla los siguientes pasos:

1. Verificación de la instalación del sistema radiante existente a ser optimizado.
2. Pruebas iniciales de cobertura en los pisos del edificio y análisis de resultados.

3.1.2 Verificación de la instalación del sistema radiante existente a ser optimizado.

Con la información de instalación preliminar (Tabla. 6), se procede a verificar la implementación del nuevo sistema radiante y los sectores operativos en cada piso.

Los módulos RF y las Antenas se encuentran distribuidos según la tabla 6.

Tabla 6

Distribución de Sectores según los pisos y cantidad de antenas.

SECTOR	PISO	NUMERO Y TIPO DE ANTENAS	MODULOS RF
1	Techo ducto de ascensor	1 panel	
1	Piso 9	3 panel	
1	Piso 8	3 panel + 1 omnidireccional	1 Dual S1 y S2
2	Piso 7	3 panel	
2	Piso 6	3 panel + 1	

		omnidireccional	
3	Piso 5	3 panel	
	Piso 4	3 panel + 1 omnidireccional	CONTINÚA Dual S3 y S4 →
4	Piso 3	2 panel	
	Piso 2	2 panel	
5	Piso 1	2 panel	
	Planta Baja	3 omnidireccional	1 Single (S5)
	Subsuelo 1		
	Subsuelo 2	3 omnidireccional	
	Subsuelo 3	2 omnidireccional	

3.1.3 Pruebas iniciales de cobertura en los pisos del edificio.

Para la realización del *walking test* se determina realizar rutas por cada corredor de cada piso del Edificio Matriz Banco Pichincha, para determinar los parámetros de cobertura.

El análisis de cobertura inicial se realizará piso por piso y se enfocará en Pruebas de Voz, de HSDPA⁵⁹ y HSUPA⁶⁰.

3.1.4 Parámetros de calidad mínimos que debe cumplir una red 3G.

En el “Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular” que corresponde a la Resolución No 421-27 Conatel-98, establece en la sección de las NORMAS TECNICAS Y OPERATIVAS, artículo 28 incisos f y g establece:

“f) Caída de llamadas: Si durante la hora cargada se establecen **Q** llamadas en una hora y **n** llamadas se caen, con lo cual **Q-n** se mantienen, entonces el porcentaje de caída de llamadas es $n*100/Q$. Se establece un valor no mayor que 2% para estaciones con celda o celdas adyacentes en todo su perímetro, no mayor que 5%

⁵⁹ HSDPA Acceso de paquetes de alta velocidad de *downlink*

⁶⁰ HSUPA Acceso de paquetes de alta velocidad de *uplink*

para estaciones con celda o celdas adyacentes, pero que éstas no cubran el perímetro total de la estación, y no mayor que 7% para estaciones sin celdas adyacentes; y.

g) Llamadas completadas: La tasa de completación de las llamadas, será superior al 60% hacia abonados fijos y superior al 80% hacia abonados celulares” [13]

Basándose en el Reglamento para el servicio de Telefonía Móvil Celular en la tabla 7 se indica los porcentajes de calidad que se deben cumplir para el servicio de voz.

Tabla 7

Porcentajes mínimos que se debe cumplir para servicio de voz. [13]

Parámetro de calidad (ON_NET)	Valor Objetivo
Porcentaje de llamadas Establecidas.	$\geq 95\%$
Tiempo de establecimiento de llamada.	≤ 12 s
Porcentaje de llamadas Caídas	$\geq 95\%$
	RBSs tipo A $\leq 2\%$
	RBSs tipo B $\leq 5\%$
	RBSs tipo C $\leq 7\%$
Zona de Cobertura	Urbana $\geq 95\%$
	Rural o Carreteras $\geq 90\%$
Calidad de conversación	MOS ≥ 3
Porcentaje de mensajes cortos exitosos	$\geq 95\%$
Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos	≤ 30 s

Para el servicio de Internet Móvil al momento no se cuenta con ninguna regulación establecida por los estamentos de control y regulación en el Ecuador. sin embargo, por tratarse de una tecnología de 3G se establece para cumplir con los estándares de la tecnología los valores indicados en la tabla 8.

Tabla 8**Valores mínimos a cumplir en HSDPA y HSUPA**

Tecnología	Velocidad
HSDPA	1,4 Mbps
HSUPA	700 kbps

Los indicadores de RSCP⁶¹ y el Ec/No son parámetros que indican la cobertura de una red 3G.

RSCP. Es el nivel de potencia recibida por el CPICH⁶² por el UE. La referencia para el RSCP es el conector de la antena del UE, su medida usualmente está dada en dBm.

Tabla 9**Rangos de Potencia.**

●	-45 to 0
●	-75 to -45
●	-85 to -75
●	-95 to -85
●	-105 to -95
●	-140 to -105
	Out of Range

En la tabla.9, se consideran valores óptimos a los niveles de potencia que están en el rango que va desde 0 dBm a -45 dBm, buenos en el rango de -45 dBm a -85 dBm y malos los valores menores a -85 dBm.

⁶¹ RSCP Received Signal Code Power

⁶² CPICH Common Pilot Channel

3.1.5 Pruebas Iniciales de Voz, High Speed Downlink Packet Access (HSPDA) y High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA).

Piso 9. La figura 18, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz, la velocidad de bajada de datos y la velocidad de subida de datos.

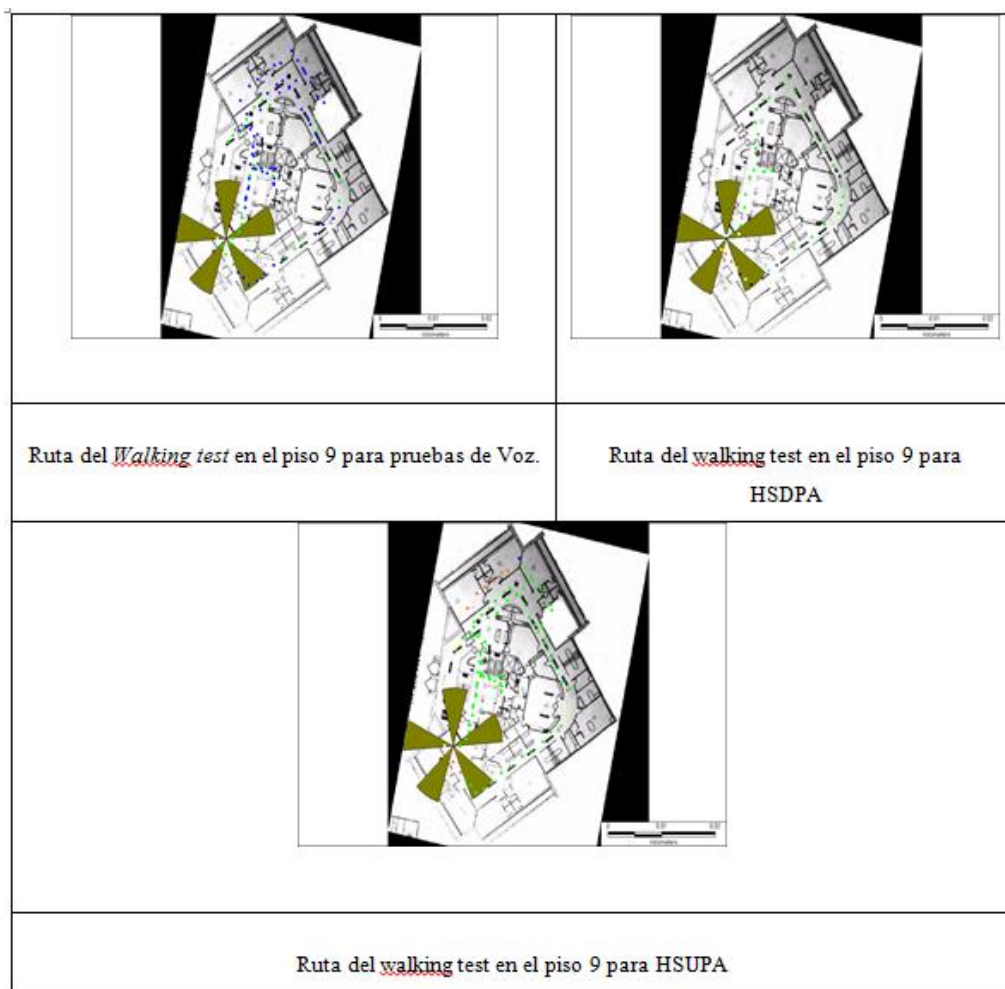


Figura 18 Rutas seguidas durante el inicial walking test en la Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha

La tabla 10, indica las estadísticas del número de llamadas en función de las potencias de recepción obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 10

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 9.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(69)
●	-75 to -45	(30)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 10, se observa que 69 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 30 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 19, muestra utilizando una gráfica de barras los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas realizadas.

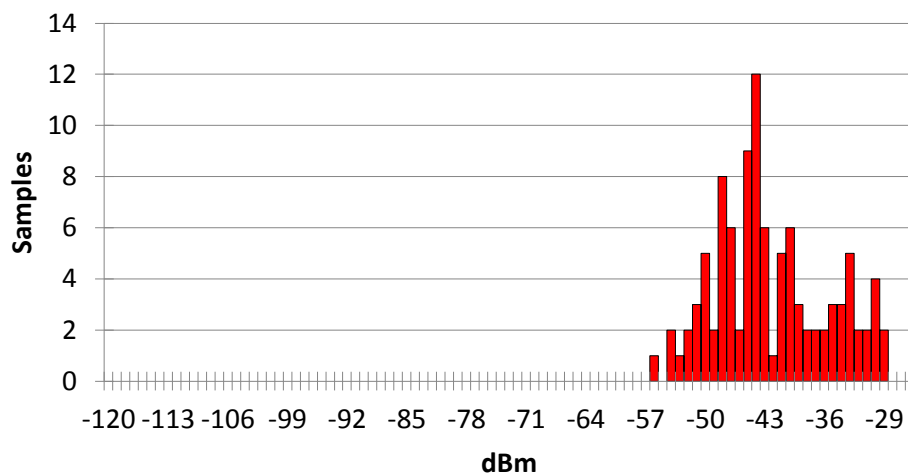


Figura 19 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para del piso 9.

En la tabla 11, se observa como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían, entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 11

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 9.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(1)
● 5,800 to 7,200	(1)
● 2,600 to 5,800	(29)
● 1,200 to 2,600	(1)
● 512 to 1,200	(2)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(2)
● Out of Range	(0)

La figura 20, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

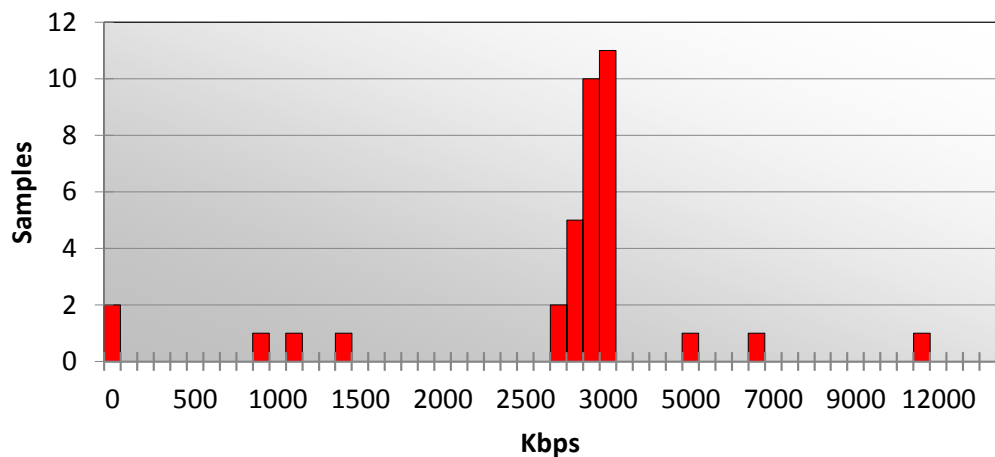


Figura 20 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 9.

En la tabla 12, se observa como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 12

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 9.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(83)
● 1,200 to 2,600	(4)
● 512 to 1,200	(10)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(1)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 21, muestra con una gráfica de barras la velocidad de subida en función de la cantidad de muestras.

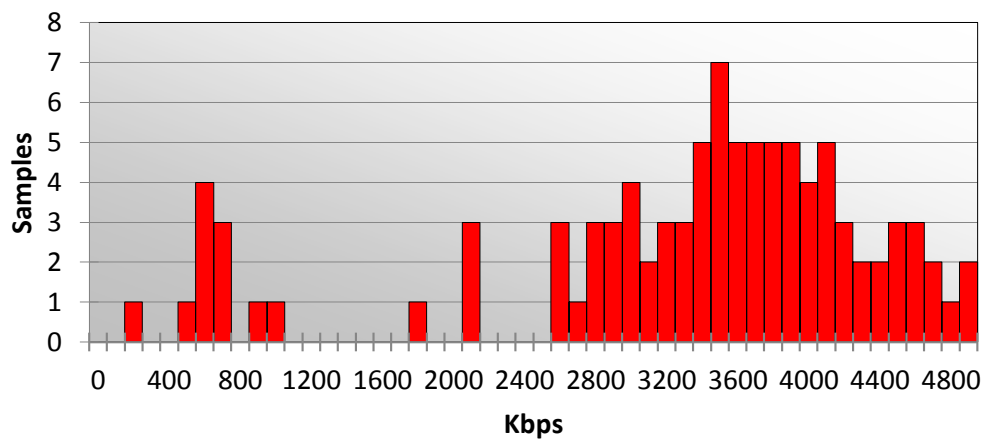


Figura 21 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 9.

En el Anexo 1 se incluyen todos los recorridos realizados en el inicial walking test para los servicios de voz, datos de subida y datos de bajada de la picocelda “Edificio Matriz Banco Pichincha”.

Piso 8.

La tabla 13, indica las estadísticas del número de llamadas en función de las potencias de recepción obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 13

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 8.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(22)
●	-75 to -45	(15)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 13, se puede observar que 22 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 15 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 22, muestra con una gráfica de barras los niveles de señal en función de la cantidad muestras.

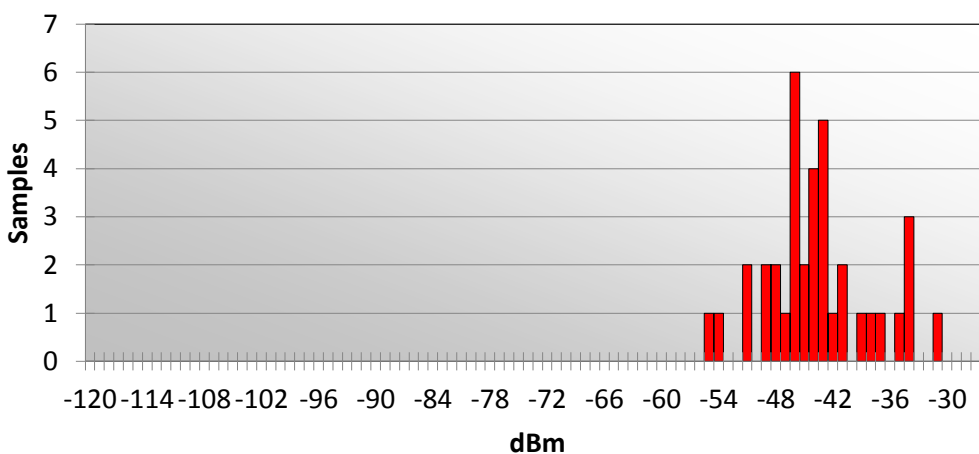


Figura 22 Grafica de barras del nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el Piso 8.

En la tabla 14, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían, entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 14

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 8.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	7,200 to 15,000	(9)
●	5,800 to 7,200	(12)
●	2,600 to 5,800	(10)
●	1,200 to 2,600	(17)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(1)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(1)
●	Out of Range	(1)

La figura 23, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

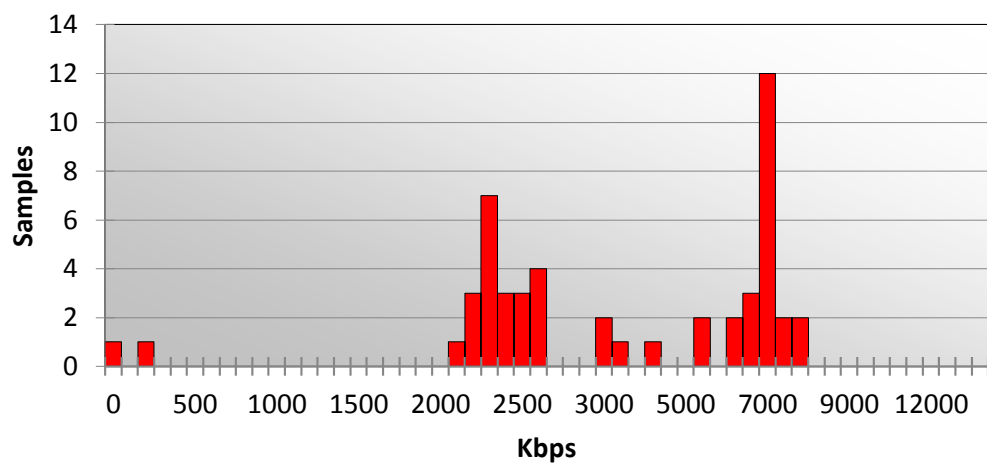
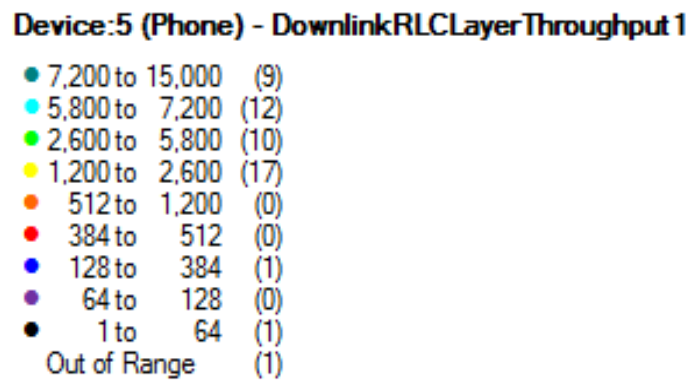


Figura 23 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 8.

En la tabla 15, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 15

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 8.



La figura 24, muestra con una gráfica de barras la velocidad de subida en función de la cantidad de muestras.

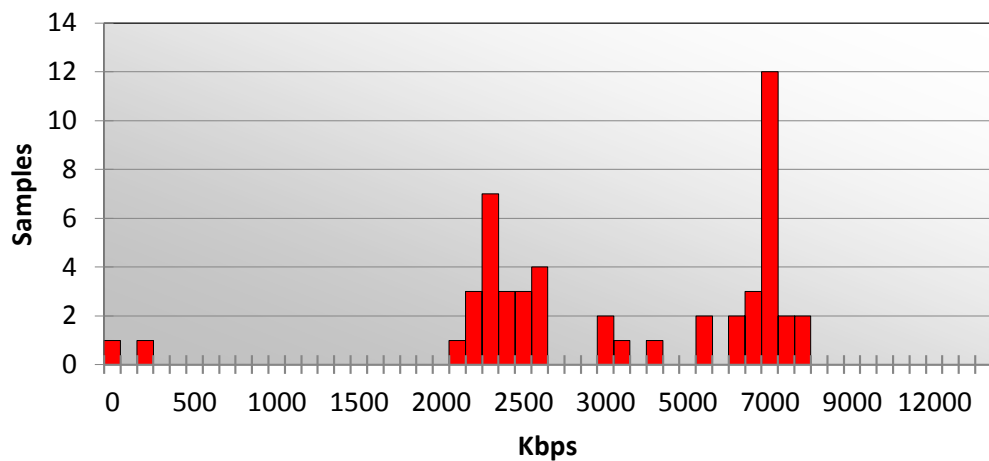


Figura 24 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 8.

Piso 7.

La tabla 16, indica las estadísticas del número de llamadas en función de las potencias de recepción obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 16

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 7.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(26)
●	-75 to -45	(48)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla. III. 11, se puede observar que 26 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 48 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 25, muestra utilizando una gráfica de barras los niveles de señal en función de la cantidad muestras.

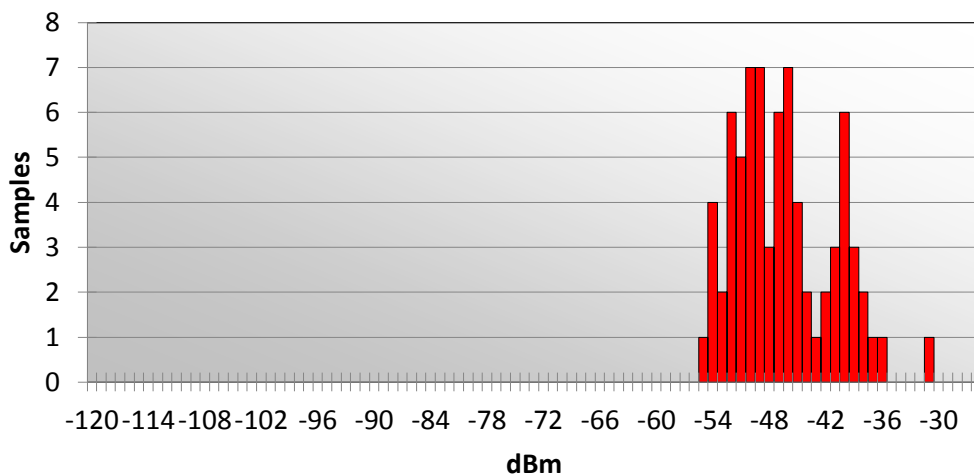
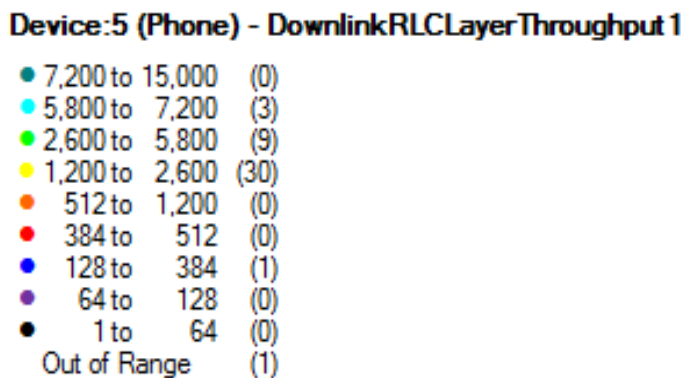


Figura 25 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el Piso 7.

En la tabla 17, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 128 Kbps a 384 Kbps.

Tabla 17

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 7.



La figura 26, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

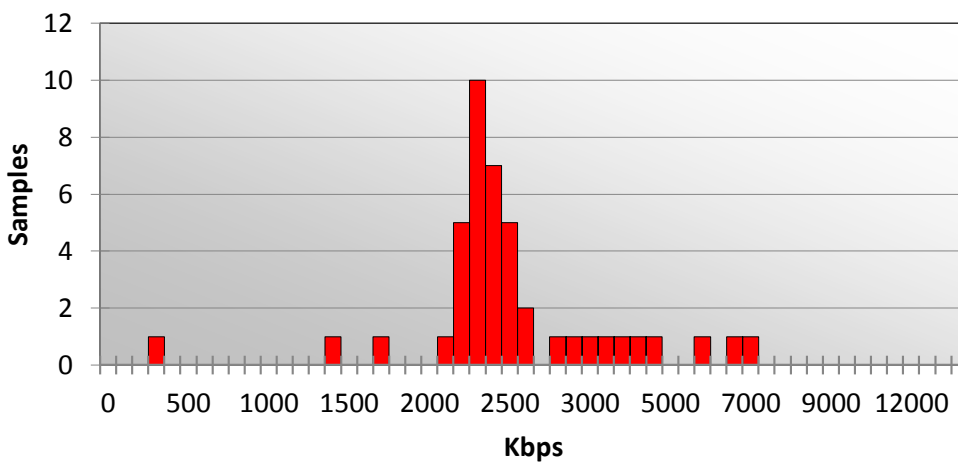


Figura 26 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 7.

En la tabla. 18 se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 18

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 7.

Device:6 (Phone) - HSUPATotal Throughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(44)
● 1,200 to 2,600	(14)
● 512 to 1,200	(15)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 27, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

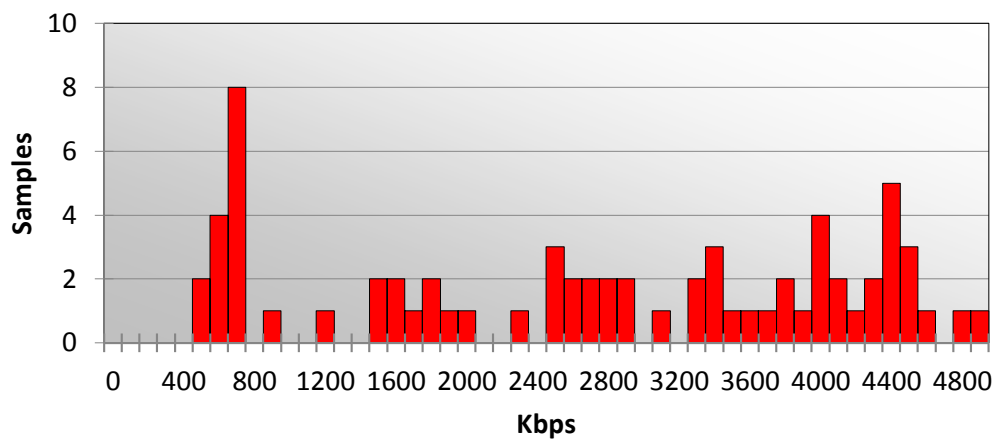


Figura 27. Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 7.

Piso 6.

En la tabla 19, se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 19

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 6.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(43)
●	-75 to -45	(27)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 19, se puede observar que 43 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 27 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 28, utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

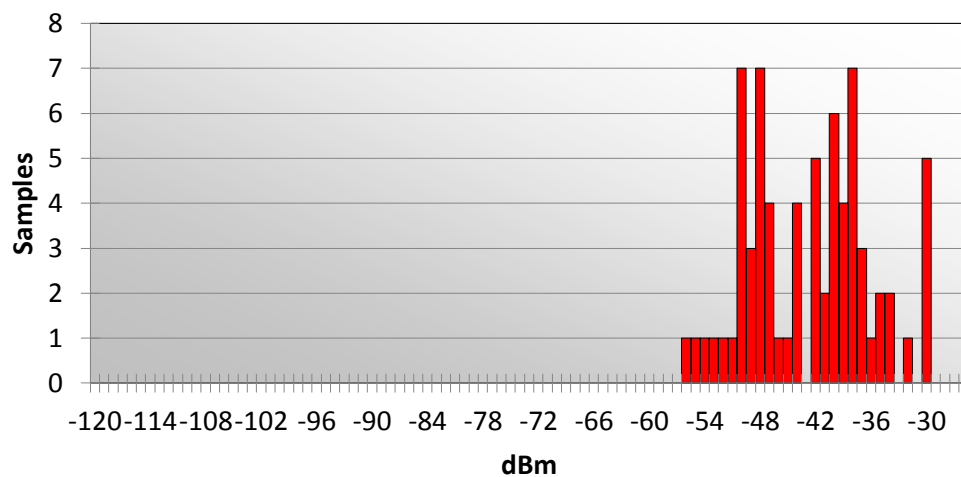


Figura 28 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el Piso 6.

En la tabla 20, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1200 Kbps a 2600 Kbps.

Tabla 20

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 6.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(1)
● 5,800 to 7,200	(4)
● 2,600 to 5,800	(8)
● 1,200 to 2,600	(46)
● 512 to 1,200	(0)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 29, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

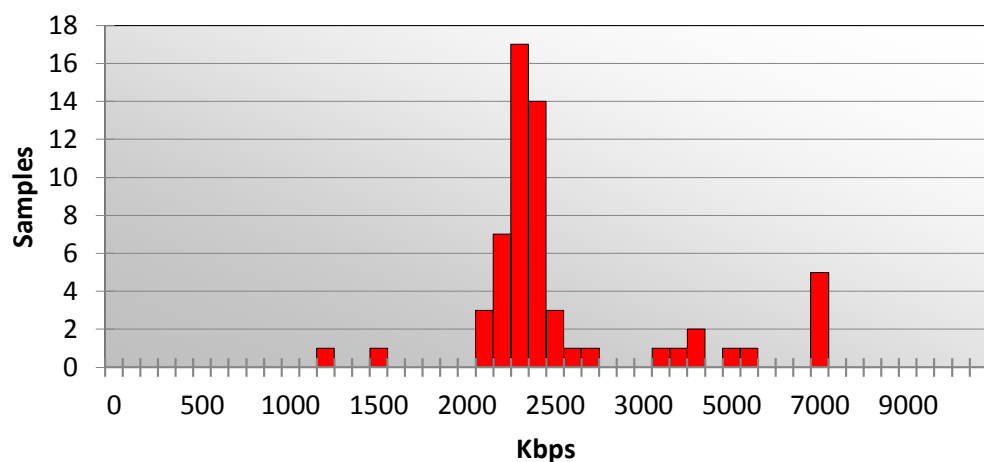


Figura 29 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 6.

En la tabla 21, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 21

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 6.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(56)
● 1,200 to 2,600	(8)
● 512 to 1,200	(5)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 30, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

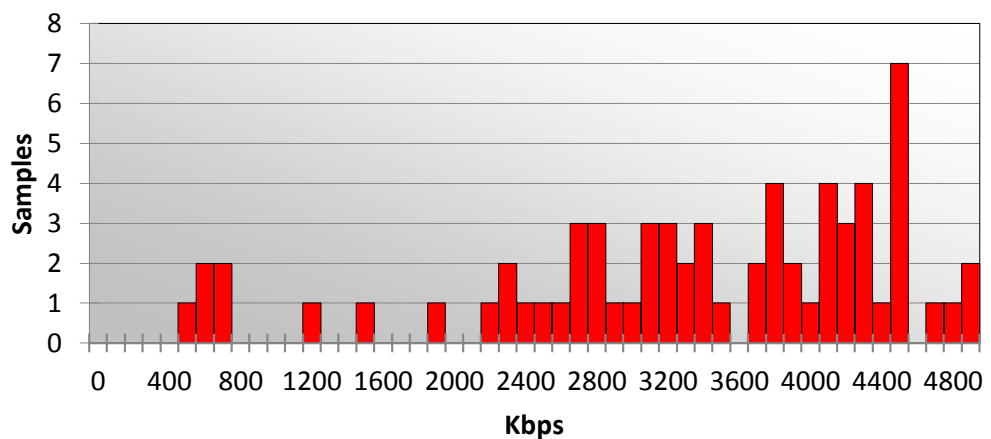


Figura 30 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 6.

Piso 5.

En la tabla 22, se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 22

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 5.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to	0	(40)
●	-75 to	-45	(33)
●	-85 to	-75	(0)
●	-95 to	-85	(0)
●	-105 to	-95	(0)
●	-140 to	-105	(0)
	Out of Range		(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 22, se puede observar que 40 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 33 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 31, utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

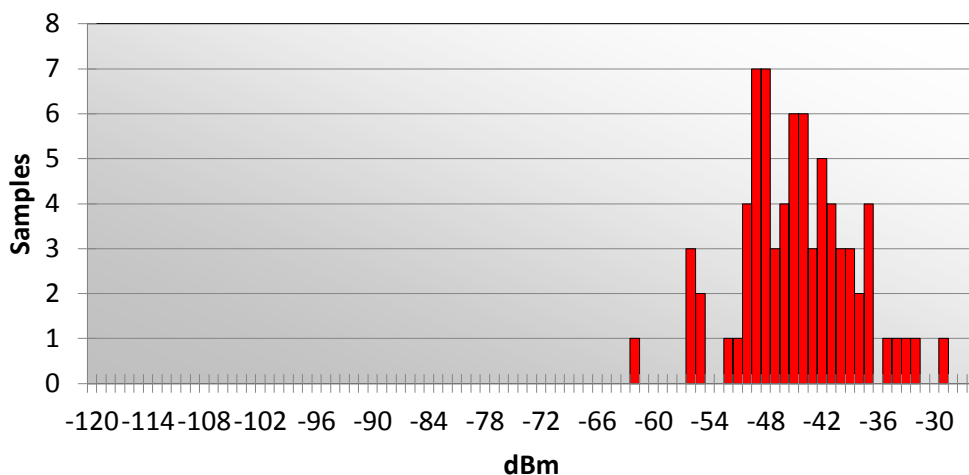


Figura 31 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 5.

En la tabla 23, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 23

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 5.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	7,200 to 15,000	(3)
●	5,800 to 7,200	(4)
●	2,600 to 5,800	(7)
●	1,200 to 2,600	(35)
●	512 to 1,200	(1)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(2)
●	64 to 128	(1)
●	1 to 64	(24)
●	Out of Range	(13)

La figura 32, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

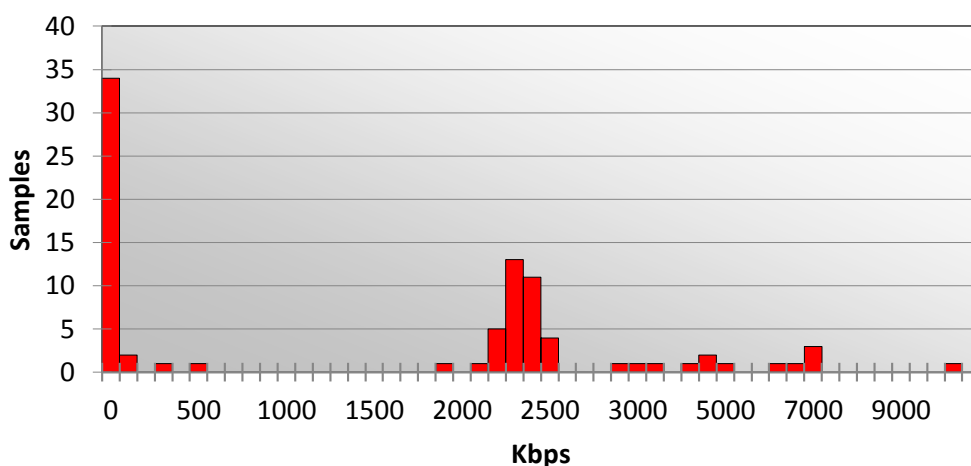


Figura 32 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 5.

En la tabla 24, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 24

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 5.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(52)
● 1,200 to 2,600	(10)
● 512 to 1,200	(3)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(4)
● Out of Range	(0)

La figura 33, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

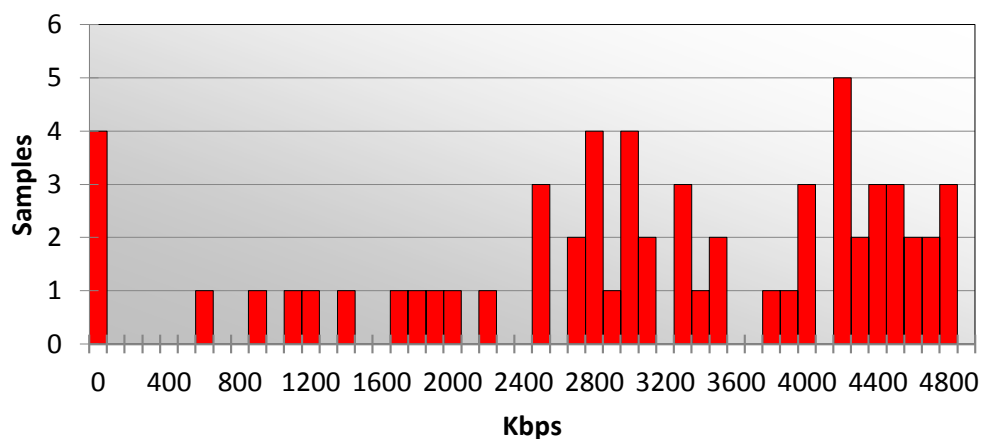


Figura 33 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 5.

Piso 4.

En la tabla 25, indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 25

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 4.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(18)
●	-75 to -45	(44)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 25, se puede observar que 18 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 44 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 34, utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

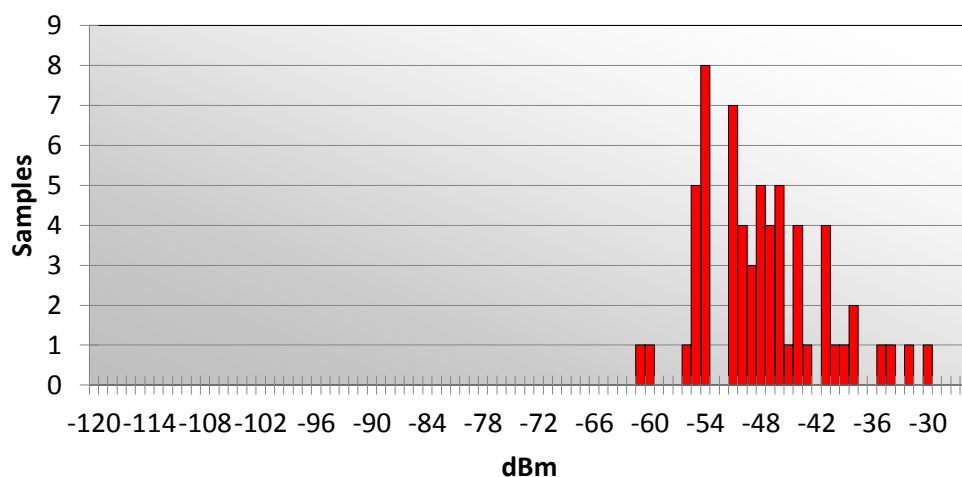


Figura 34 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 4.

En la tabla 26, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 26

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 4.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(7)
● 5,800 to 7,200	(3)
● 2,600 to 5,800	(36)
● 1,200 to 2,600	(2)
● 512 to 1,200	(0)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(2)
● 64 to 128	(2)
● 1 to 64	(2)
● Out of Range	(1)

La figura 35, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

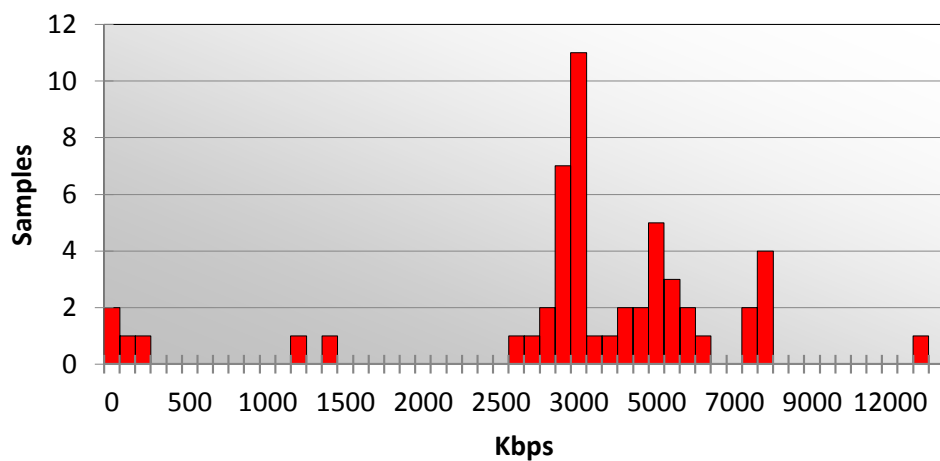


Figura 35 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 4.

En la tabla 27, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 27

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 4.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	7,200 to 15,000	(0)
●	5,800 to 7,200	(0)
●	2,600 to 5,800	(46)
●	1,200 to 2,600	(13)
●	512 to 1,200	(1)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	Out of Range	(0)

La figura 36, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

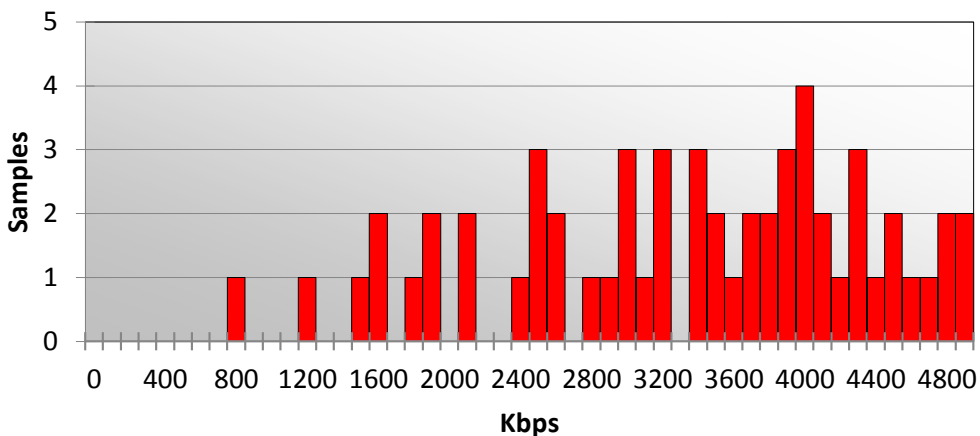


Figura 36 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 4.

Piso 3.

En la tabla 28, se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 28

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 3.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to	0	(14)
●	-75 to	-45	(0)
●	-85 to	-75	(0)
●	-95 to	-85	(0)
●	-105 to	-95	(0)
●	-140 to	-105	(0)
	Out of Range		(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 28, se puede observar que 14 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm.

La figura. 37, utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

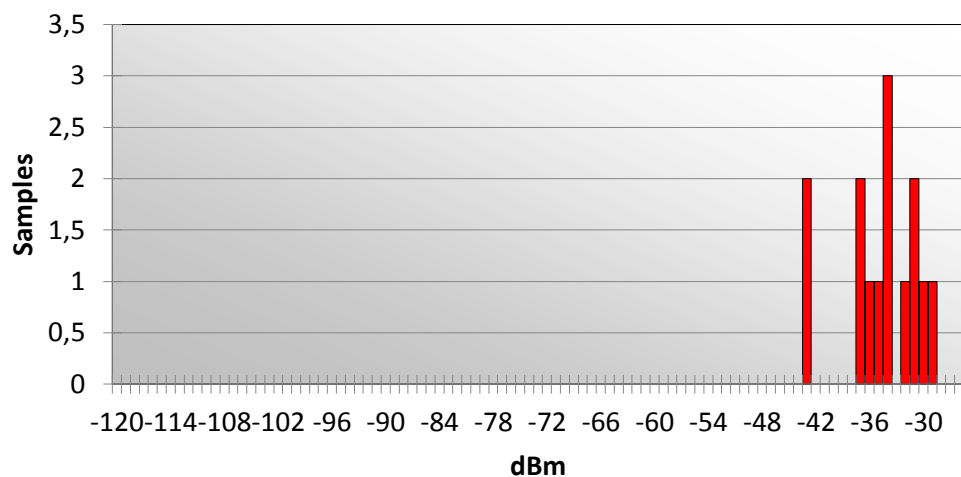


Figura 37 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 3.

En la tabla 29, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 29

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 3.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	7,200 to 15,000	(3)
●	5,800 to 7,200	(1)
●	2,600 to 5,800	(2)
●	1,200 to 2,600	(1)
●	512 to 1,200	(1)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(2)
●	64 to 128	(2)
●	1 to 64	(5)
●	Out of Range	(0)

La figura 38, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

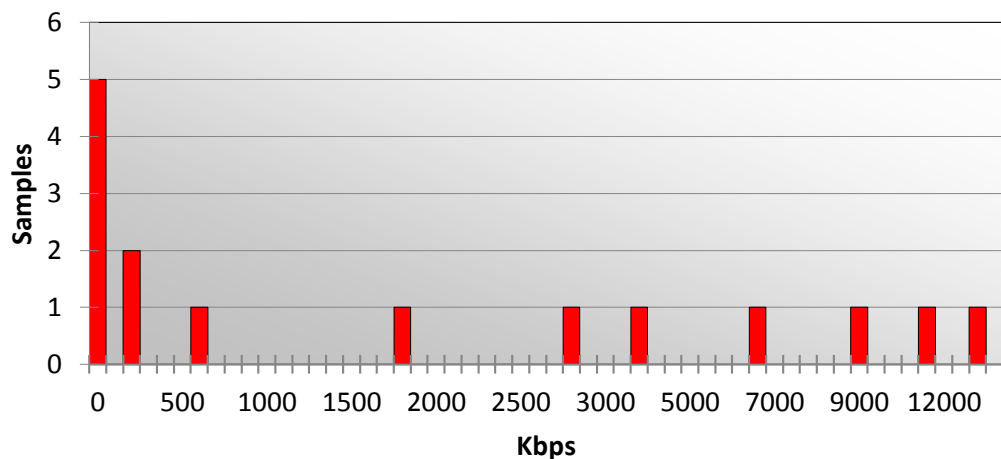


Figura 38 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 3.

En la tabla 30, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 30

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 3.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(0)
● 1,200 to 2,600	(7)
● 512 to 1,200	(7)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 39, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

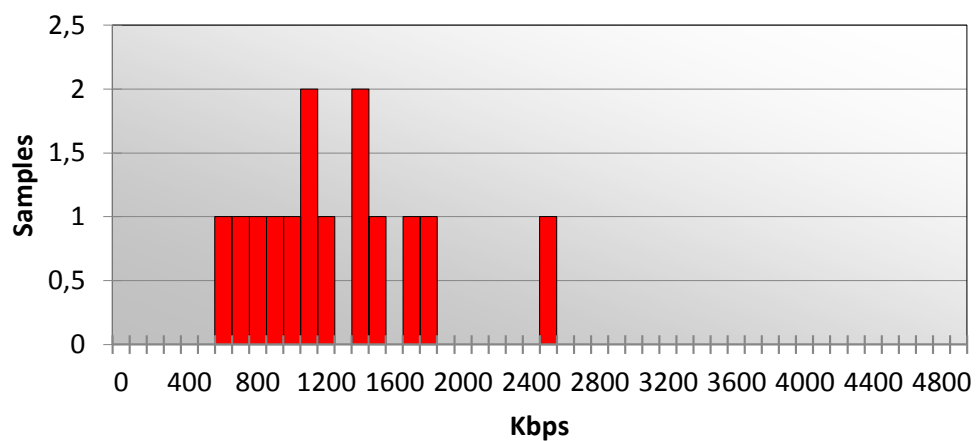


Figura 39. Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 3.

Piso 2.

En la tabla 31 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 31

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 2.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(12)
●	-75 to -45	(0)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
●	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 31, se puede observar que 12 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm.

La figura 40, utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

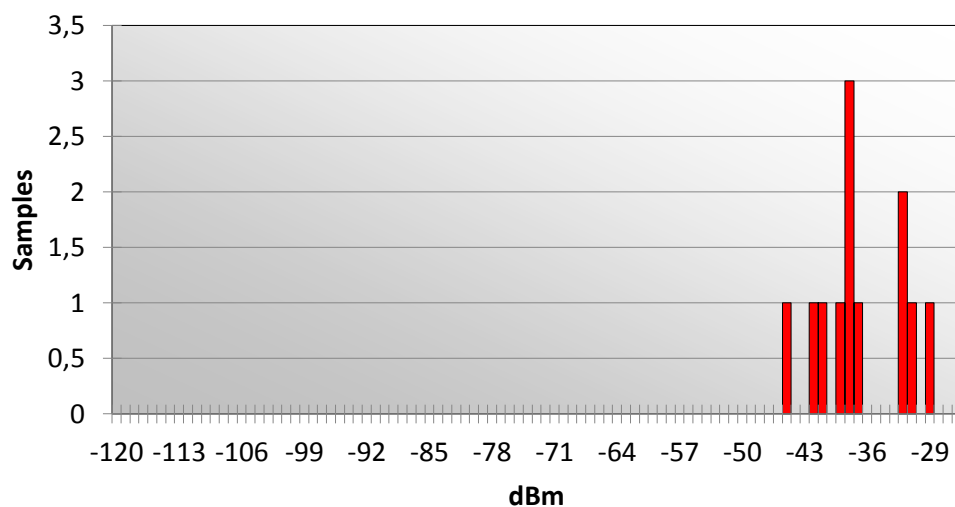


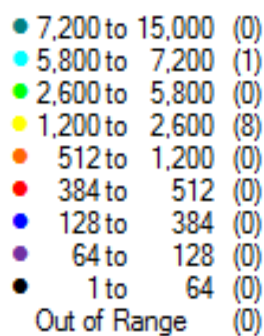
Figura 40 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 2.

En la tabla 32, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1200 Kbps a 2600 Kbps.

Tabla 32

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 2.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1



La figura 41, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

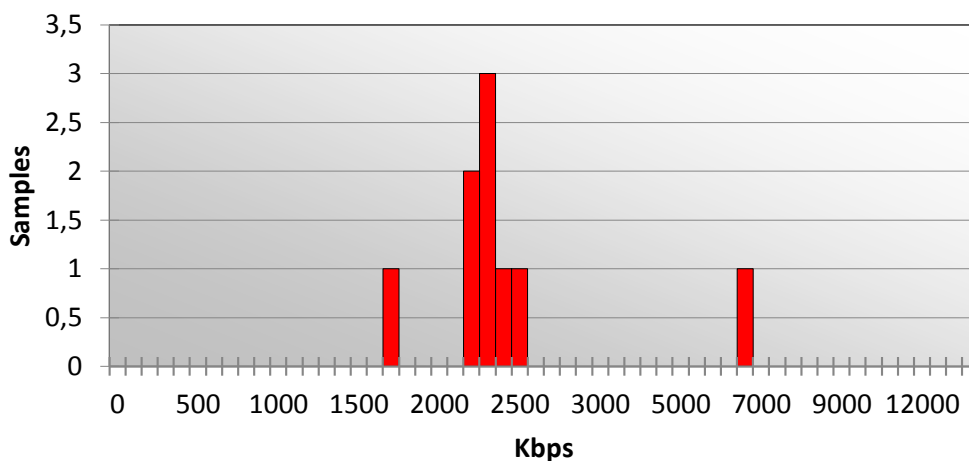


Figura 41 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 2.

En la tabla 33, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 33

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 2.

Device:6 (Phone) - HSUPATotal Throughput 1

●	7,200 to 15,000	(0)
●	5,800 to 7,200	(0)
●	2,600 to 5,800	(6)
●	1,200 to 2,600	(6)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	Out of Range	(0)

La figura 42, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

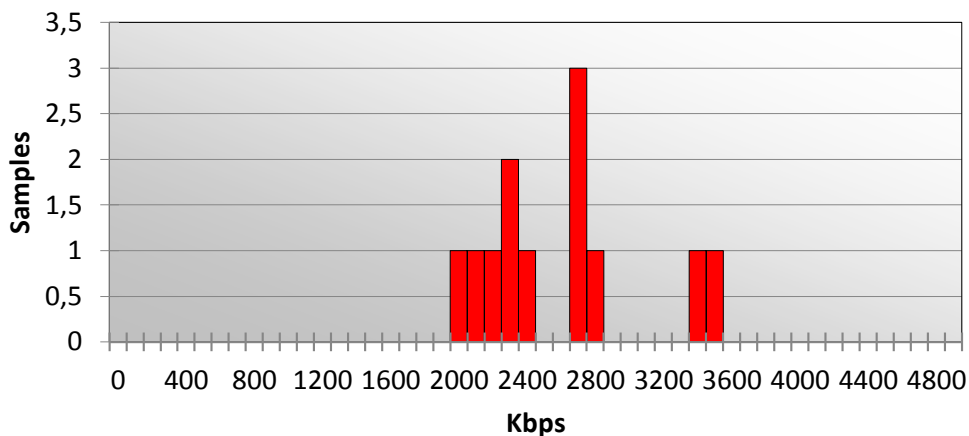


Figura 42 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 2.

Piso 1.

En la Tabla 34 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 34

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso1.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(19)
●	-75 to -45	(20)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 34, se puede observar que 19 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 20 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 43 utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

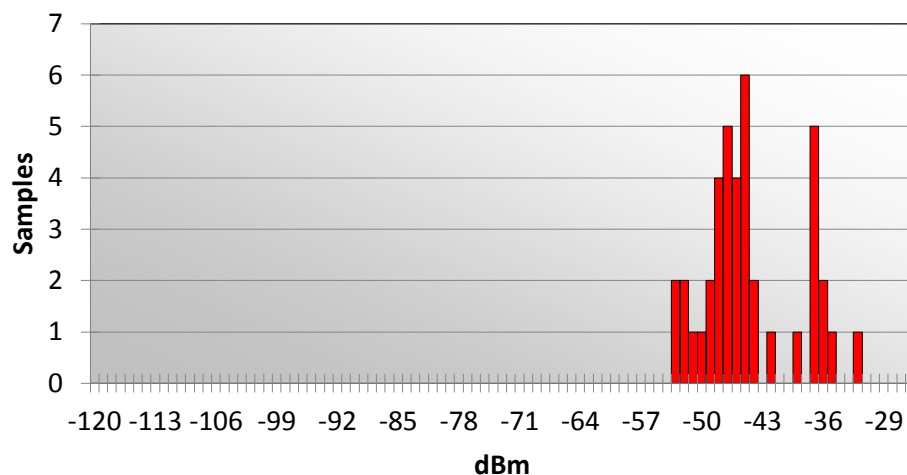


Figura 43 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el piso 1.

En la tabla 35, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 35

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 1.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	7,200 to 15,000	(8)
●	5,800 to 7,200	(5)
●	2,600 to 5,800	(5)
●	1,200 to 2,600	(3)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(1)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(4)
●	Out of Range	(8)

La figura 44, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

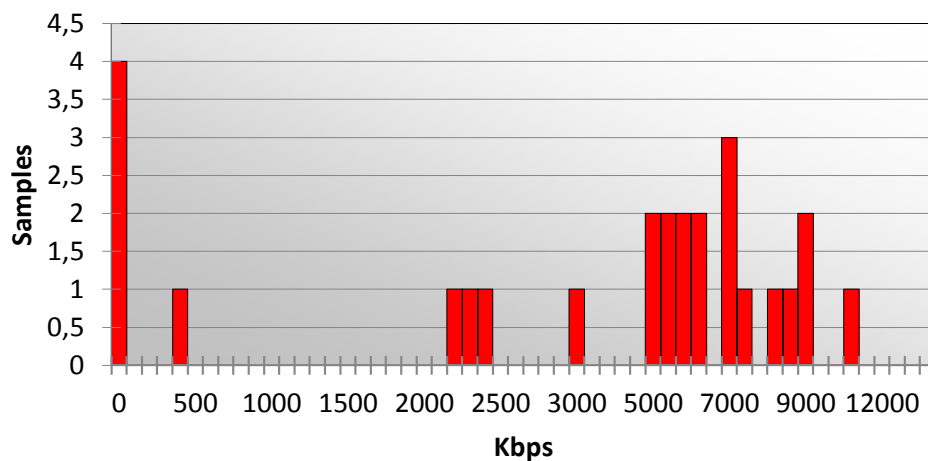


Figura 44 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el piso 1.

En la tabla 36, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 512 Kbps a 1200 Kbps.

Tabla 36

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 1.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(28)
● 1,200 to 2,600	(10)
● 512 to 1,200	(1)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 45, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

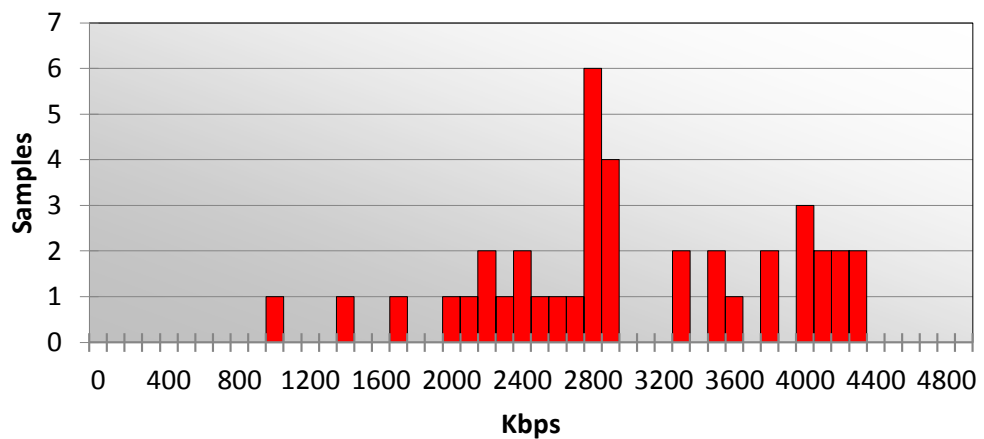


Figura 45 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el piso 1.

Planta Baja.

En la tabla 37, se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 37

Número de llamadas en función de las potencias de señal de la planta baja.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(16)
●	-75 to -45	(24)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
●	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 37, se puede observar que 16 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 24 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 46, utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

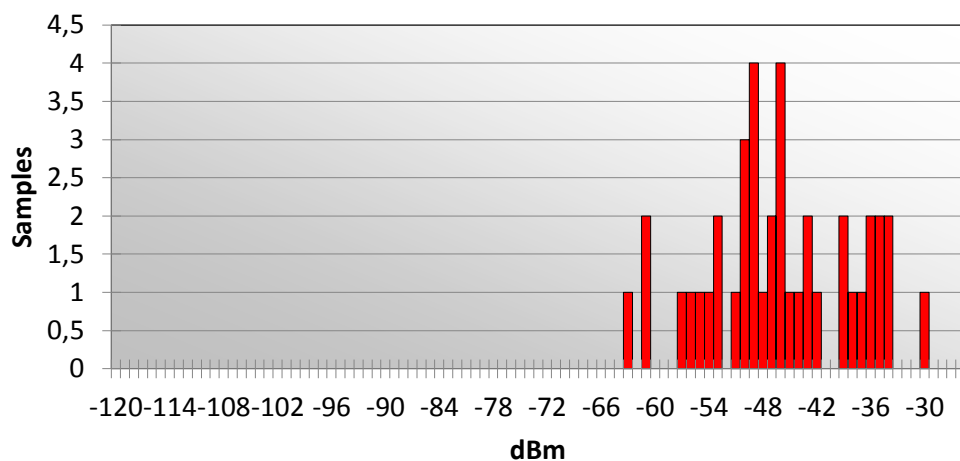


Figura 46 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para la planta baja.

En la tabla 38, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 38

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para la planta baja.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(1)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(32)
● 1,200 to 2,600	(4)
● 512 to 1,200	(1)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(1)
● Out of Range	(0)

La figura 47, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

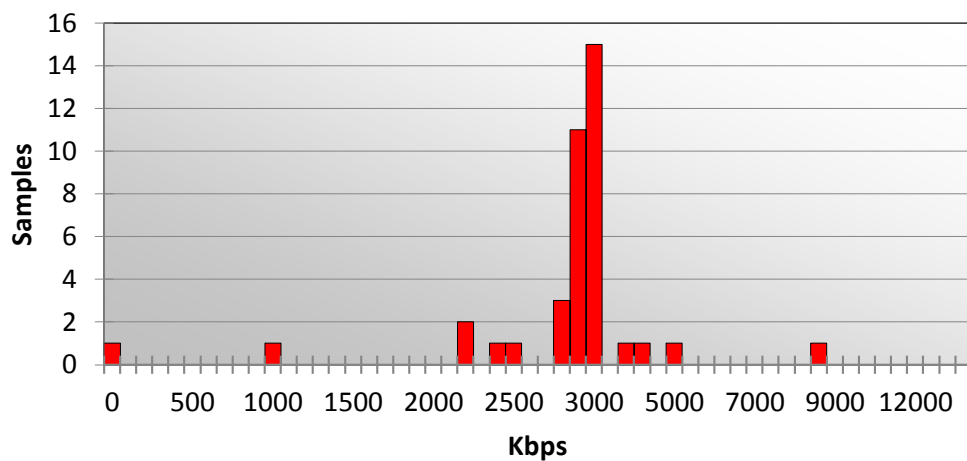


Figura 47 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para la planta baja.

En la tabla 39, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 39

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para la planta baja.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(21)
● 1,200 to 2,600	(6)
● 512 to 1,200	(13)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 48, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

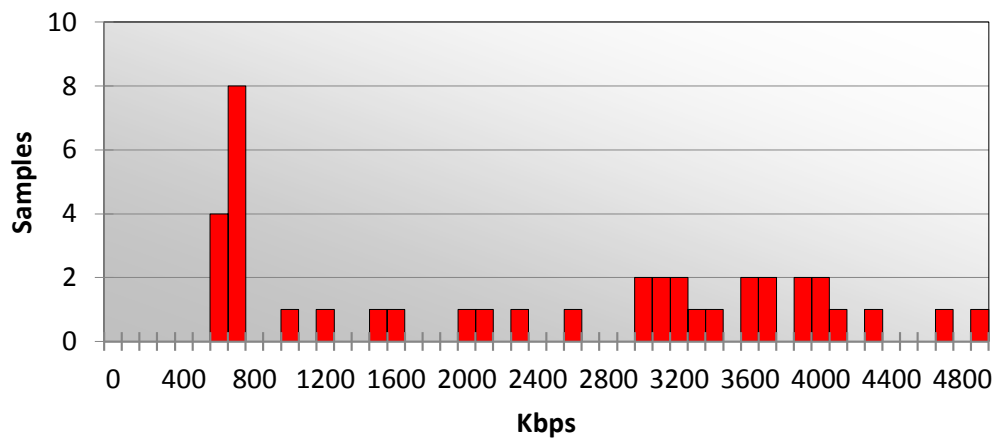


Figura 48 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para la planta baja.

Subsuelo 1.

En la tabla 40, se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 40

Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 1.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(1)
●	-75 to -45	(109)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla 40, se puede observar que 1 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 109 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 49, utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

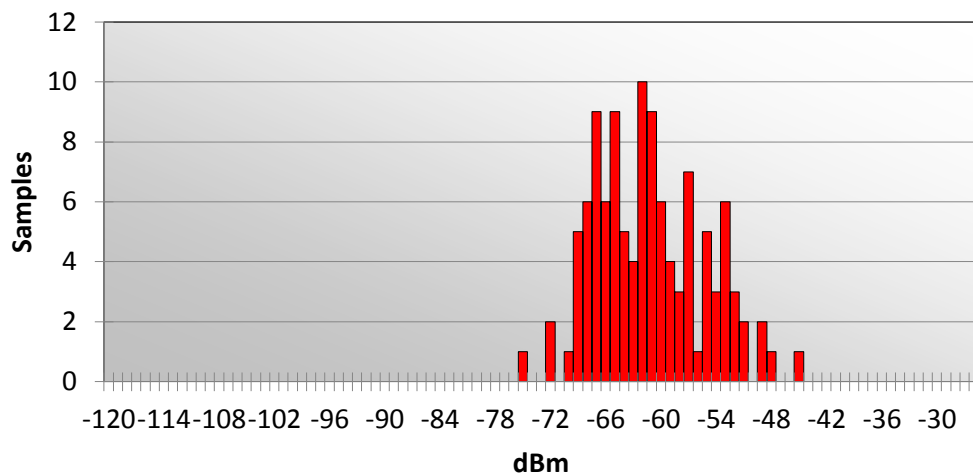


Figura 49 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 1.

En la tabla 41, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 41

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el subsuelo 1.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	7,200 to 15,000	(23)
●	5,800 to 7,200	(4)
●	2,600 to 5,800	(20)
●	1,200 to 2,600	(1)
●	512 to 1,200	(1)
●	384 to 512	(1)
●	128 to 384	(3)
●	64 to 128	(2)
●	1 to 64	(8)
●	Out of Range	(1)

La figura 50, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

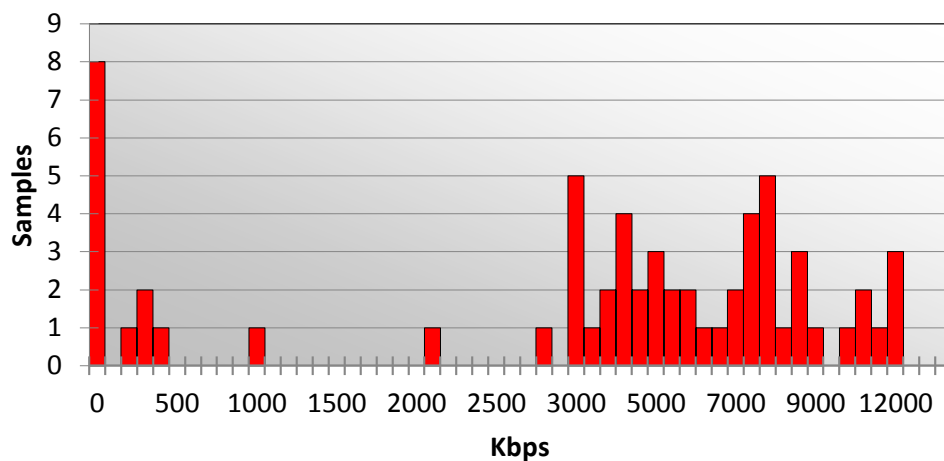


Figura 50 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 1.

En la tabla 42, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 42

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el subsuelo 1.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(6)
● 1,200 to 2,600	(19)
● 512 to 1,200	(71)
● 384 to 512	(7)
● 128 to 384	(6)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 51, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

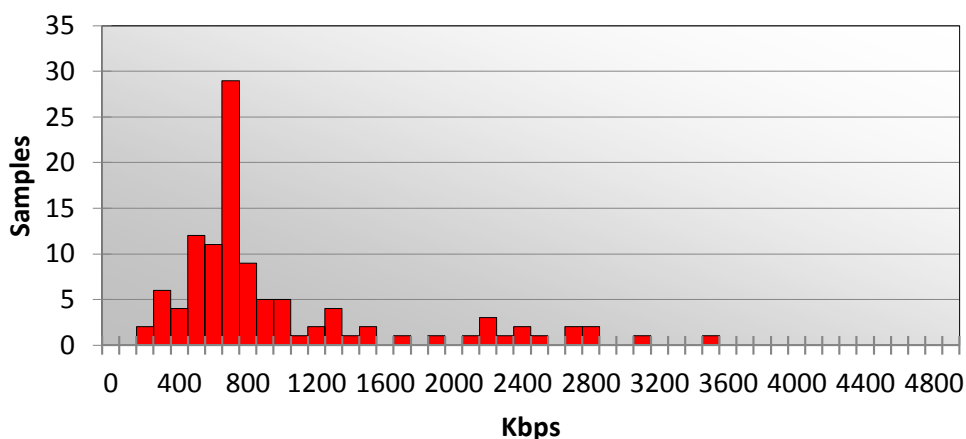


Figura 51 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el subsuelo 1.

Subsuelo 2.

En la tabla 43 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 43

Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 2.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(12)
●	-75 to -45	(95)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla. III. 38, se puede observar que 12 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 95 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 52, muestra utilizando una gráfica de barras los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

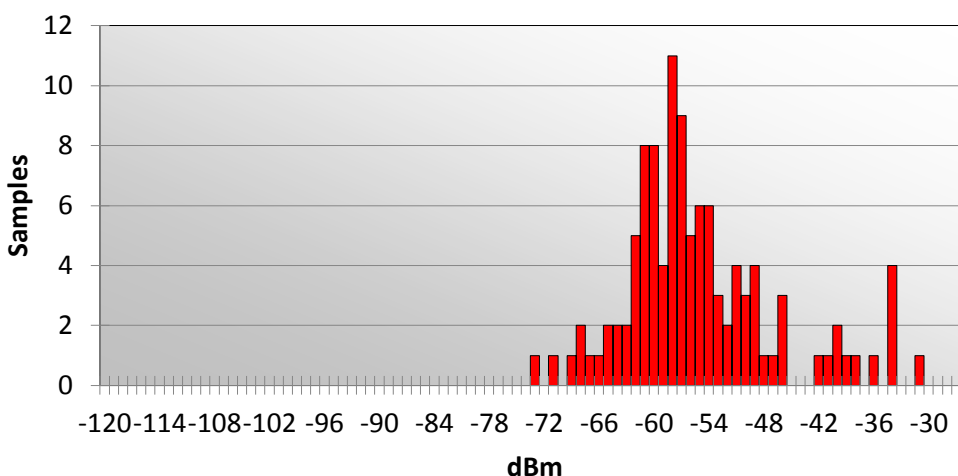
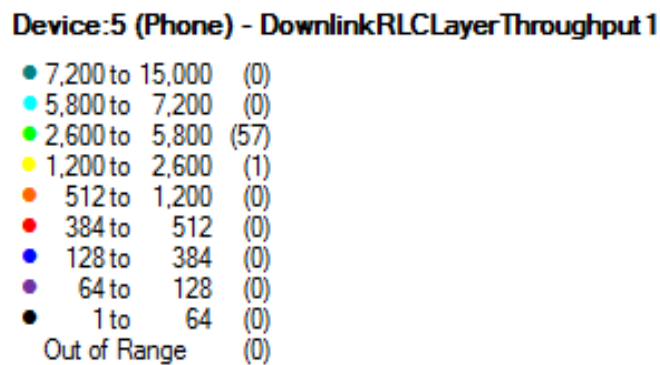


Figura 52 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el Subsuelo 2.

En la tabla 44, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1200 Kbps a 2600 Kbps.

Tabla 44

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el subsuelo 2.



La figura 53, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

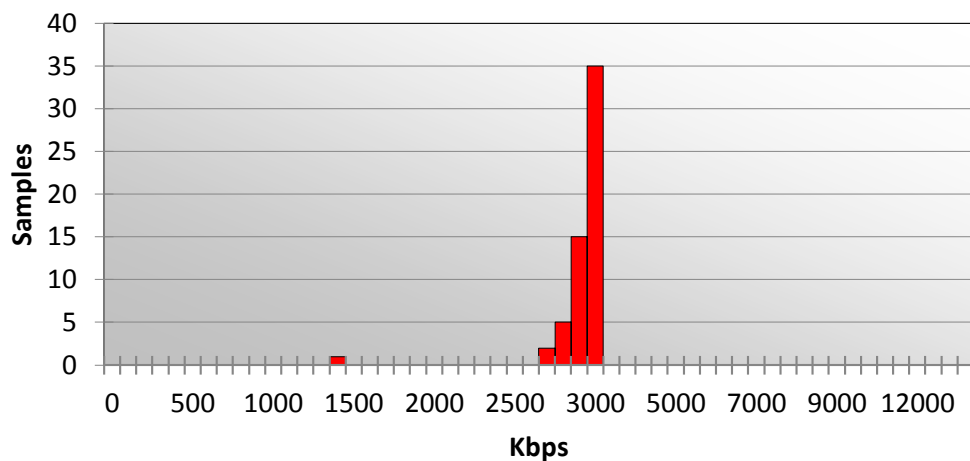
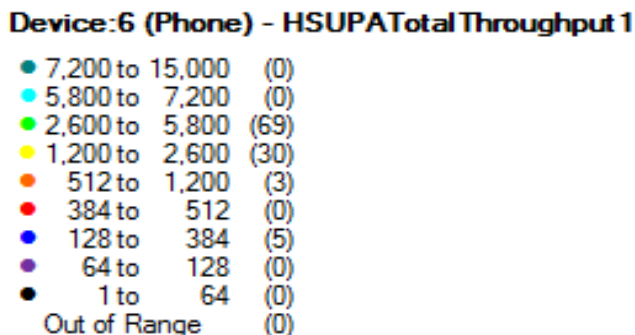


Figura 53 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 2.

En la tabla 45, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 45

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el subsuelo 2.



La figura 54, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

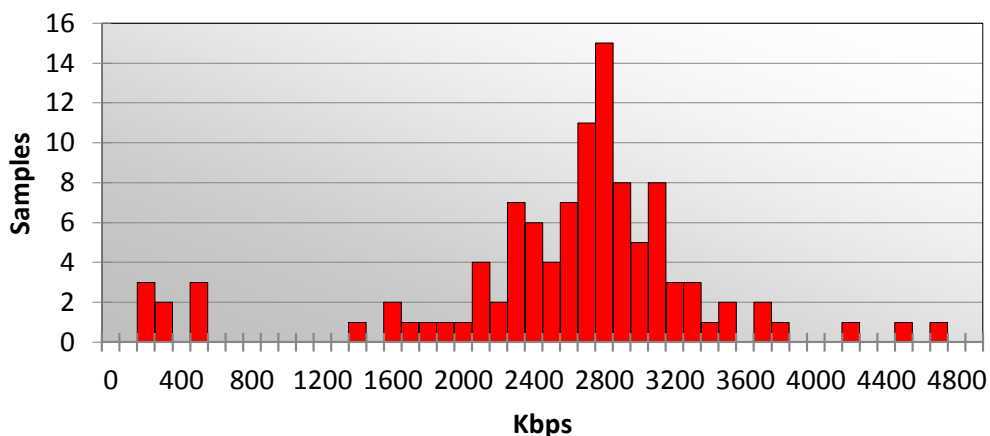


Figura 54 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el subsuelo 2.

Subsuelo 3.

En la tabla 46, se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 46

Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 3.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(8)
●	-75 to -45	(95)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

Si se realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla. III. 41, se puede observar que 8 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 95 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

La figura 55 utiliza una gráfica de barras para mostrar los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas.

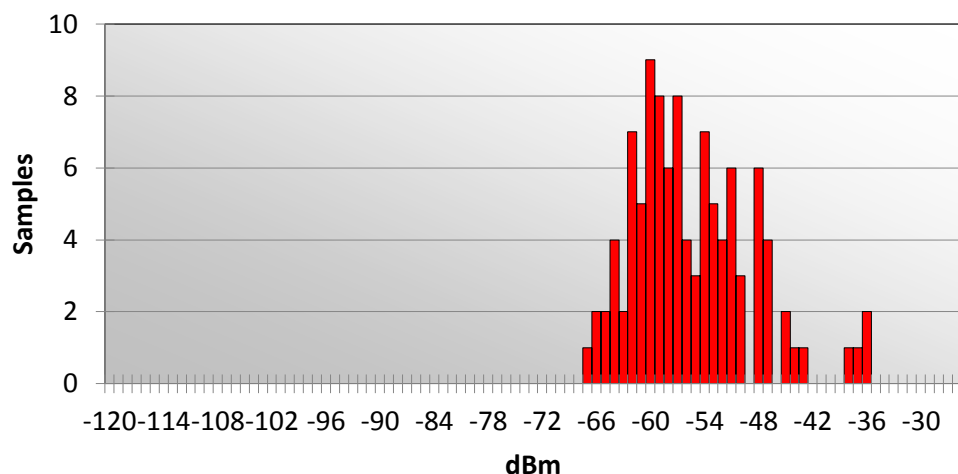
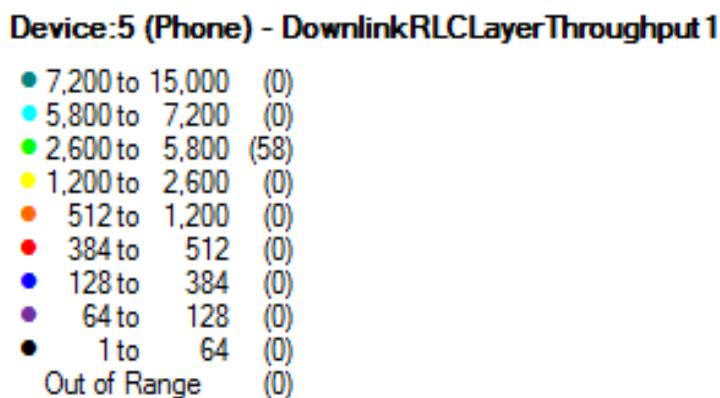


Figura 55 Nivel de potencia en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 3.

En la tabla 47 se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de bajada varían entre los diferentes rangos establecidos del equipo, la mínima velocidad de bajada está en el rango que va desde 1 Kbps a 64 Kbps.

Tabla 47
Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el subsuelo 3.



La figura 56, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada.

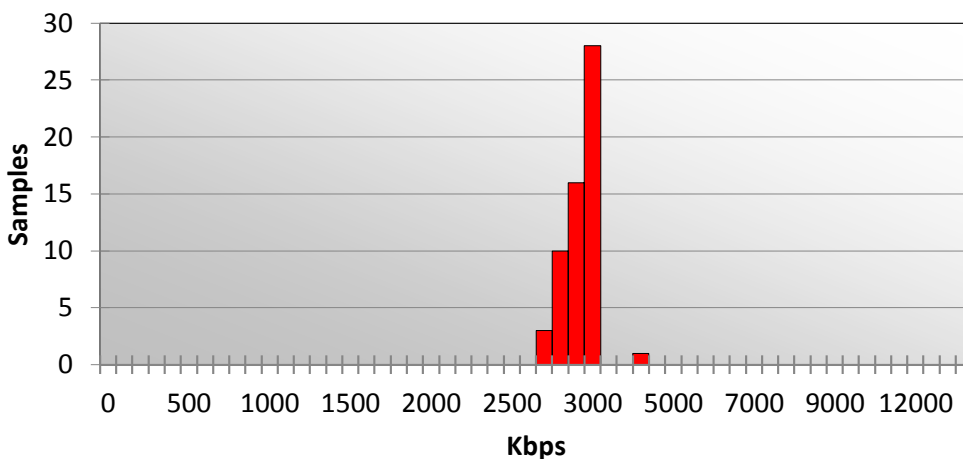


Figura 56 Estadística de las velocidades de bajada de datos en función de la cantidad de llamadas para el subsuelo 3.

En la tabla 48, se puede observar como dependiendo de las llamadas, las velocidades de subida varían, entre los rangos establecidos por el equipo.

Tabla 48

Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el subsuelo 3.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(64)
● 1,200 to 2,600	(20)
● 512 to 1,200	(3)
● 384 to 512	(4)
● 128 to 384	(9)
● 64 to 128	(1)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La figura 57, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de la subida de datos en función de sus velocidades.

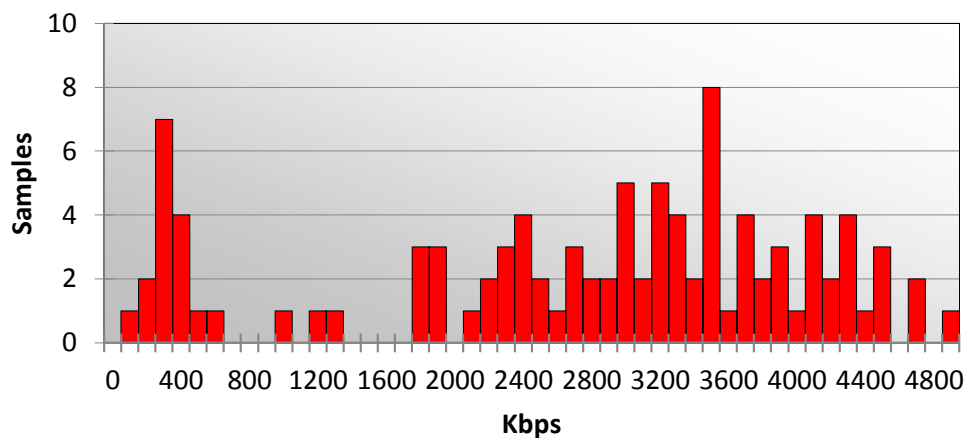


Figura 57 Estadística de la cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida para el subsuelo 3.

3.1.6 Análisis inicial del desempeño de la red.

Servicio de voz

En la tabla 49 Se indica el porcentaje del desempeño de la red de voz, el cual para ser correcto debe cumplir por lo menos con el 95% de las llamadas conectadas, las cuales se deben establecer en un tiempo menor a 12 segundos.

Tabla 49

Porcentaje del desempeño de la red para llamadas largas.

Porcentaje de desempeño de la red para llamadas largas.

Piso	Total llamadas	Total llamadas conectadas	Total llamadas erradas	Porcentaje de desempeño de la red %
9	99	99	0	100
8	37	37	0	100
7	74	74	0	100
6	70	70	0	100
5	73	73	0	100
4	62	62	0	100
3	14	14	0	100
2	12	12	0	100
1	39	39	0	100
Planta Baja	40	40	0	100
Subsuelo 1	108	108	0	100
Subsuelo 2	107	107	0	100
Subsuelo 3	103	103	0	100

Del análisis se puede concluir que el motivo de la optimización no es mejorar la calidad de voz.

Servicio de datos de bajada HSDPA

Para realizar el análisis de la red para datos de bajada, debido a que no existe una ley que establezca las velocidades mínimas de bajada para Internet Móvil, se toma como base los valores mínimos de velocidad de bajada establecidos para una red 3G.

Los valores mínimos de velocidad de bajada serian de 1.4 Mbps. En la tabla 50 . Se indica el porcentaje de desempeño de red.

Tabla 50

Porcentaje de desempeño de la red de datos de bajada HSDPA.

Porcentaje de desempeño de red para bajada de datos HSDPA.

Piso	Total Muestras	Muestras \geq 1.4Mbps	Muestras \leq 1.4Mbps	Porcentaje de desempeño de la red %
9	36	32	4	88,88
8	51	48	3	94,11
7	44	42	2	95,45
6	59	59	0	100
5	90	49	41	54,54
4	56	49	7	87,5
3	17	8	9	47,05
2	9	9	0	100
1	34	21	13	61,76
Planta Baja	39	37	2	94,87
Subsuelo1	64	48	16	75
Subsuelo 2	58	58	0	100
Subsuelo 3	58	58	0	100

En uno o más pisos no se cumple con el desempeño mínimo del 95% de la red establecido por la operadora.

Servicio de datos de subida HSUPA

El análisis de la red para datos de subida, ya que no existe una ley que establezca las velocidades mínimas de subida para Internet Móvil, se toma como base los valores mínimos de velocidad de subida establecidos para una red 3G.

Los valores mínimos de velocidad de subida deberían ser 700 kbps.

En la tabla 51 se realiza el cálculo del desempeño de la red para datos de subida, el mínimo valor de porcentaje que debe cumplir es del 95% establecido por la operadora para clientes VIP.

Tabla 51

Porcentaje de desempeño de red para subida de datos HSUPA.

Porcentaje de desempeño de red para bajada de subida HSUPA.

Piso	Total Muestras	Muestras ≥ 700 kbps	Muestras ≤ 7000 kbps	Porcentaje de desempeño de la red %
9	98	92	6	93.87
8	51	48	3	94.11
7	72	66	6	91.66
6	69	66	3	
5	69	64	5	92.75
4	60	60	0	100
3	14	13	1	92.85
2	12	12	0	100
1	39	39	0	100
Planta Baja	40	36	4	90
Subsuelo1	109	96	13	88.07
Subsuelo 2	107	102	5	95.32
Subsuelo 3	101	86	15	85.14

En uno o más pisos no se cumple con el desempeño mínimo del 95% de la red establecido por la operadora.

De los análisis realizados de desempeño para llamadas largas, bajada de datos y subida de datos, no se está cumpliendo para los servicios de bajada de datos y subida de datos el requerimiento mínimo de desempeño que es del 95%.

Se concluye que se debe optimizar la estación ya que en una gran cantidad de pisos no cumple con el porcentaje de desempeño establecidos por la operadora.

3.2 Re-Diseño de la Picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha” en base al software IBWAVE.

Utilizando el software IBWAVE se procede a la realizar un re diseño aumentando el número de antenas en áreas donde se determinó en el walking test que existía menor intensidad de señal y con las consideraciones realizadas en el Anexo 2. “TSS Edificio Matriz Banco Pichincha”.

3.2.1 Simulaciones del Nuevo Sistema Radiante Optimizado.

PISO 9

La figura. 58, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 30,5 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 94,9 % con un nivel mayor de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

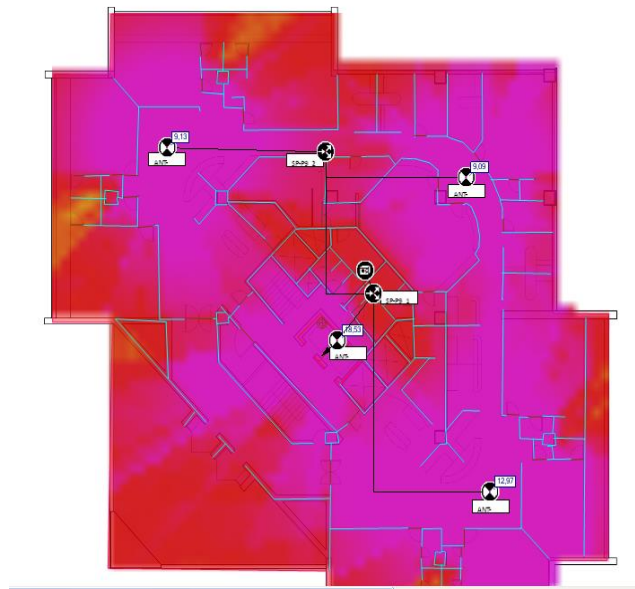
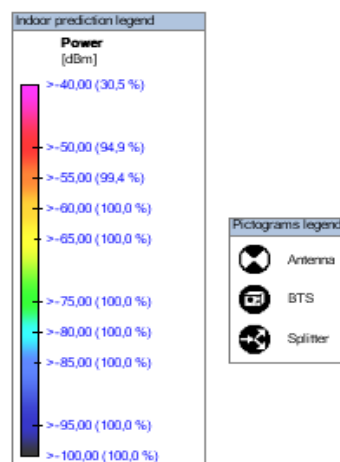


Figura 58 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 9.

Tabla 52

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PISO 8

La figura 59, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 28,4% del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 90,1 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

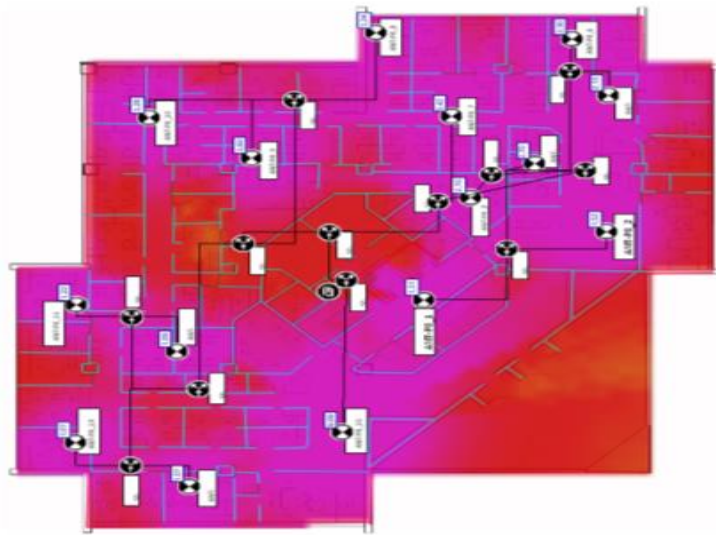
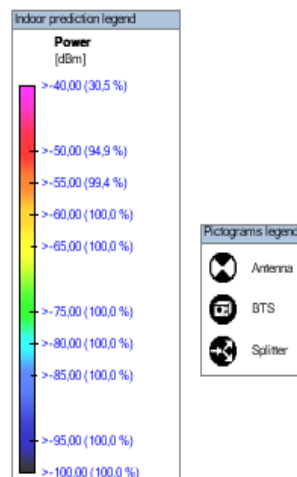


Figura 59 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 8.

Tabla 53

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PISO 7

La figura 60, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 28,4% del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 90,1 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

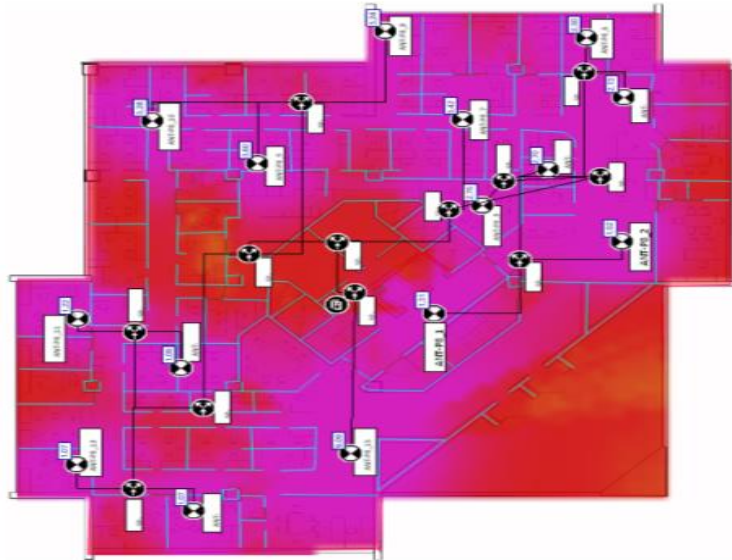
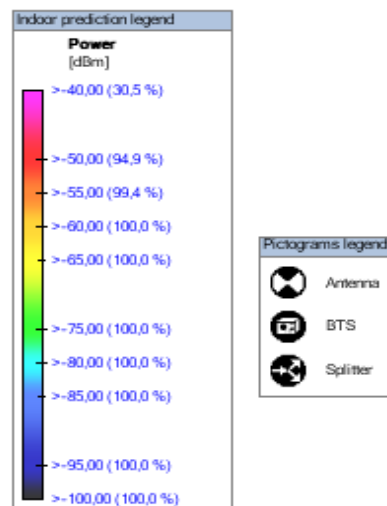


Figura 60. Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 7

Tabla 54

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PISO 6

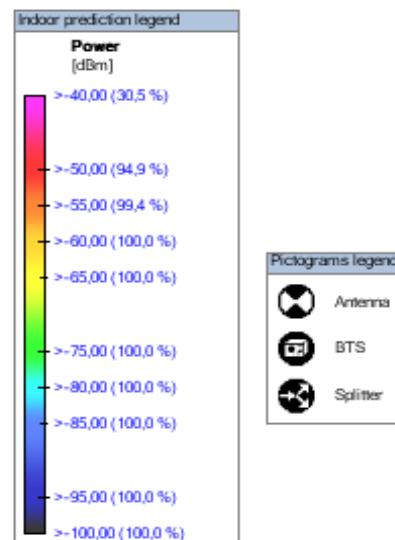
La figura 61, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 28,4% del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 90,1 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.



Figura 61 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 6.

Tabla 55

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PISO 5

La figura 62, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: El gráfico 1 predice un 28,4% del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 90,1 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

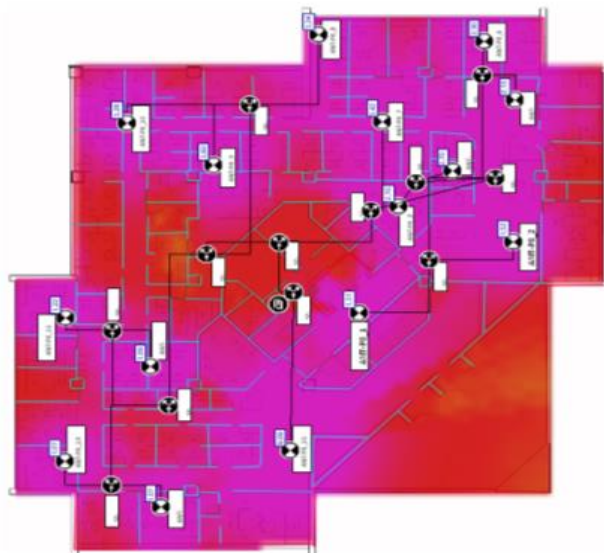
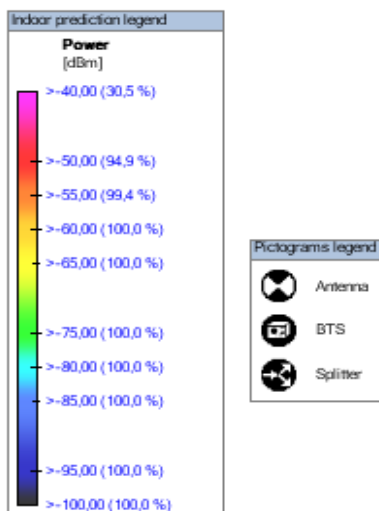


Figura 62 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 5.

Tabla 56

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PISO 4

La figura 63, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 25,8% del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 91,4 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

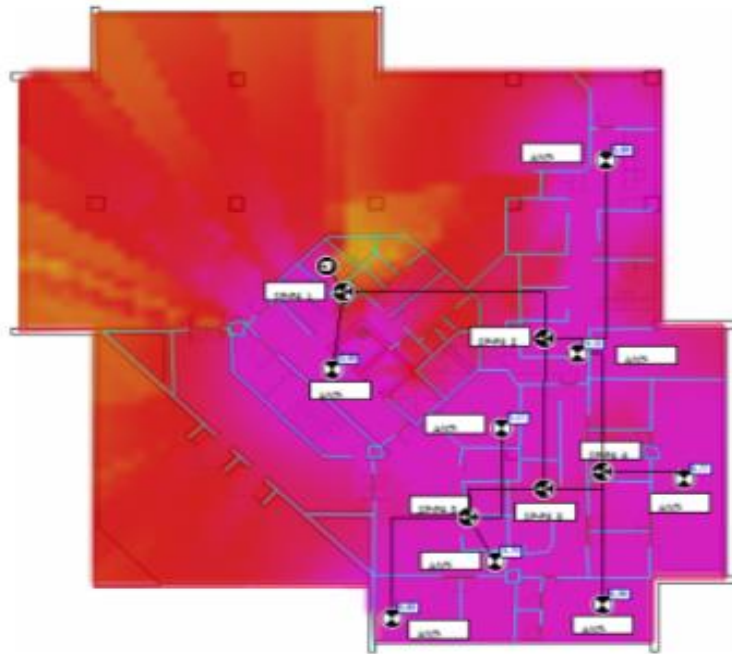
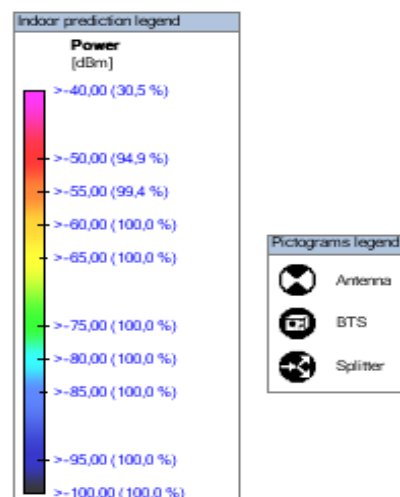


Figura 63 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 4.

Tabla 57

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PISO 3

La figura 64, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 100 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm esto se debe a que el área de influencia es únicamente un corredor.

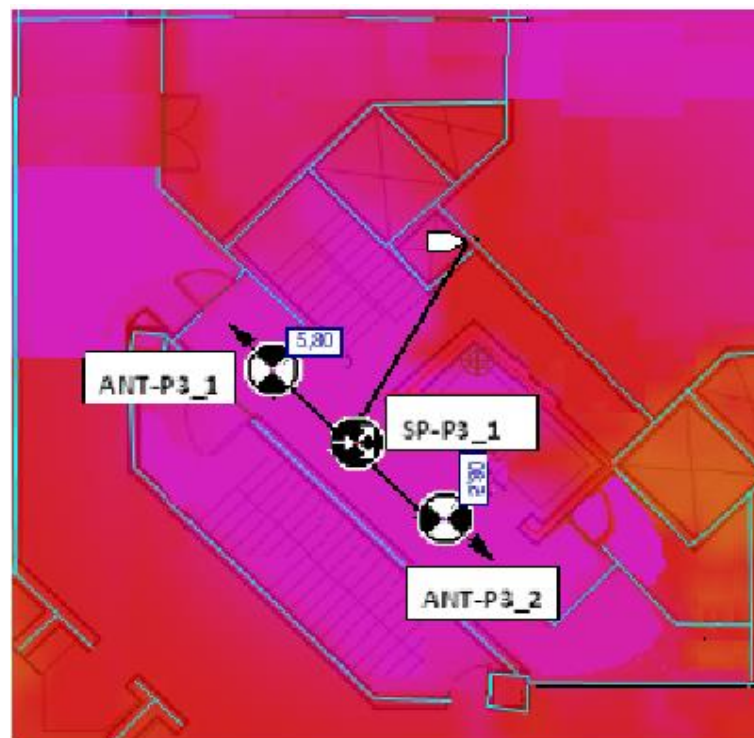
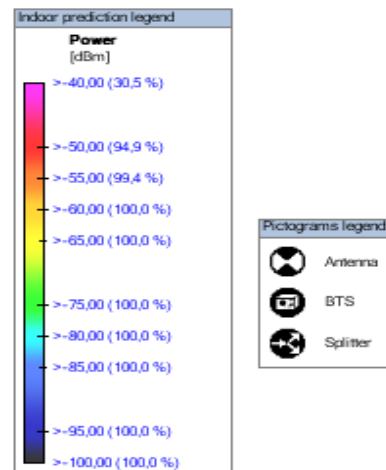


Figura 64 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 3.

Tabla 58

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PISO 2

La figura 65, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 100 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm esto se debe a que el área de influencia es únicamente un corredor.

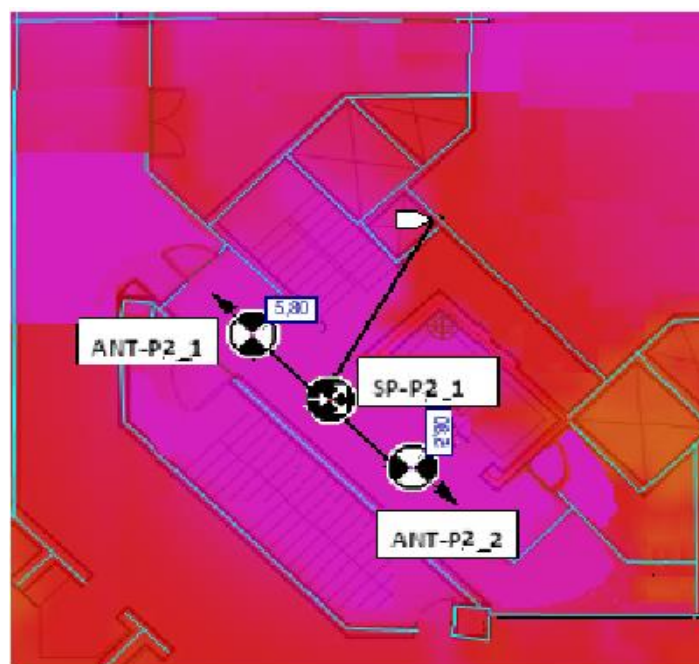
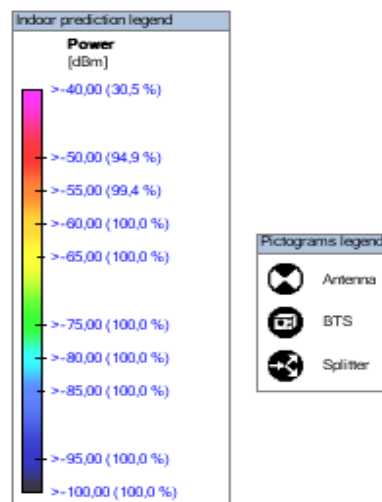


Figura 65 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 2.

Tabla 59

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PISO 1

La figura 66, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 19 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 76, 5 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

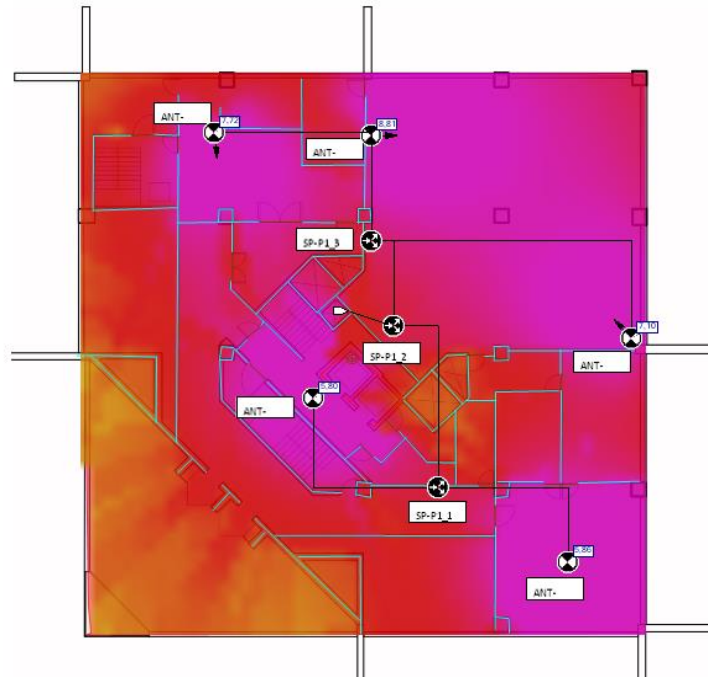
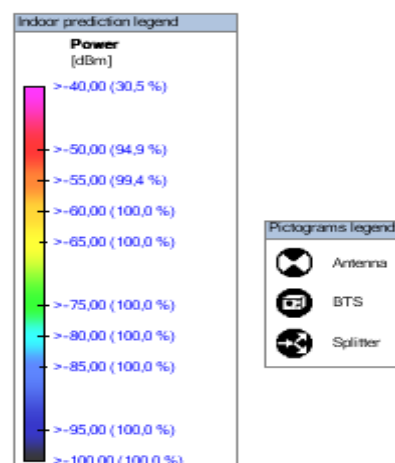


Figura 66 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el piso 1.

Tabla 60

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



PLANTA BAJA

La figura 67, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 8,4 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 61,3 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

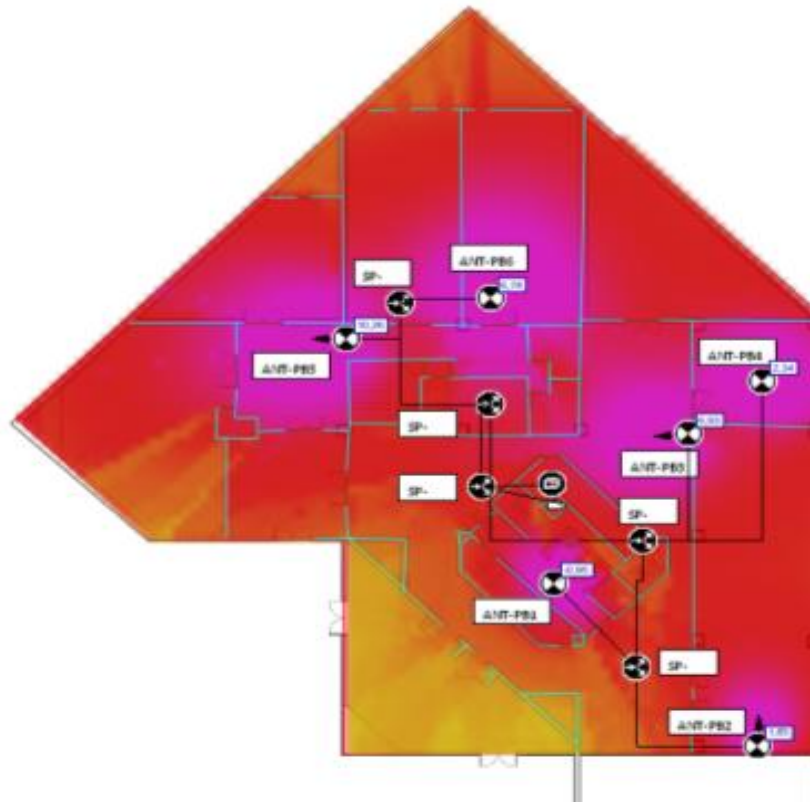
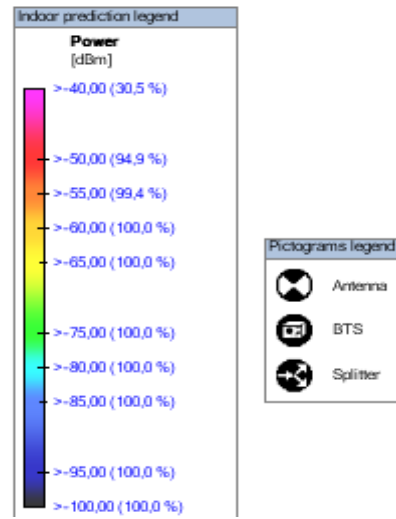


Figura 67 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para la planta baja.

Tabla 61**Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.**

SUBSUELO 1

La figura.68, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 20 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 90 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

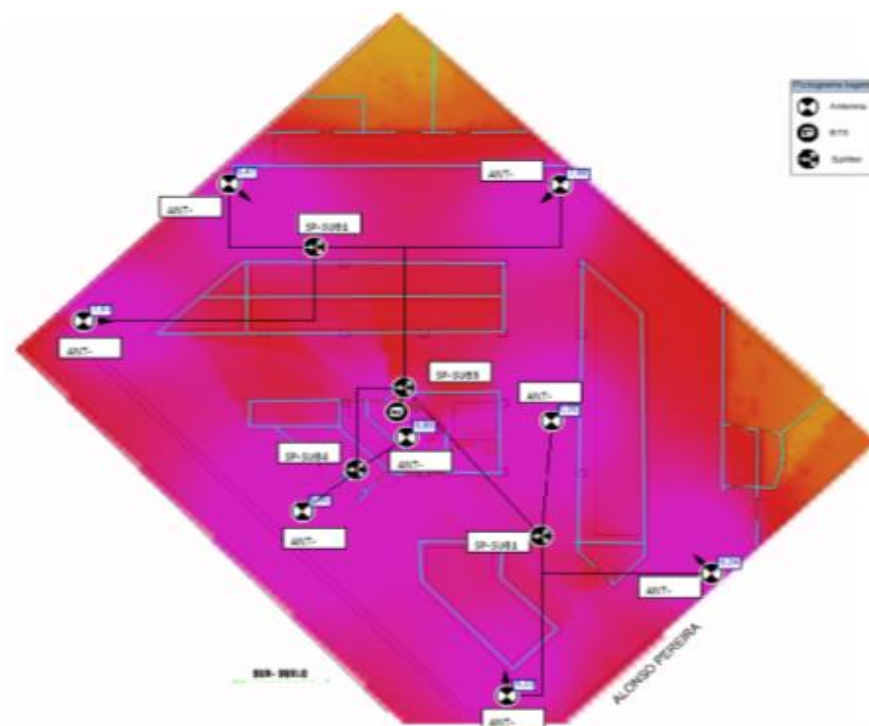
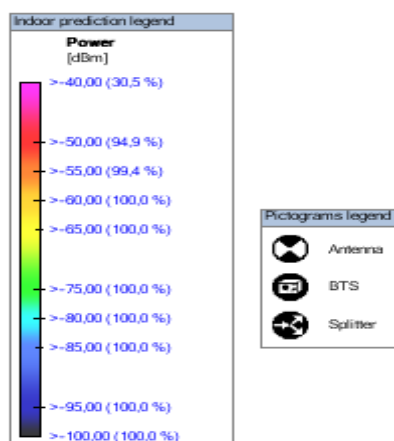


Figura 68 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el subsuelo 1.

Tabla 62

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



SUBSUELO 2

La figura 69, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 20 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 90 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

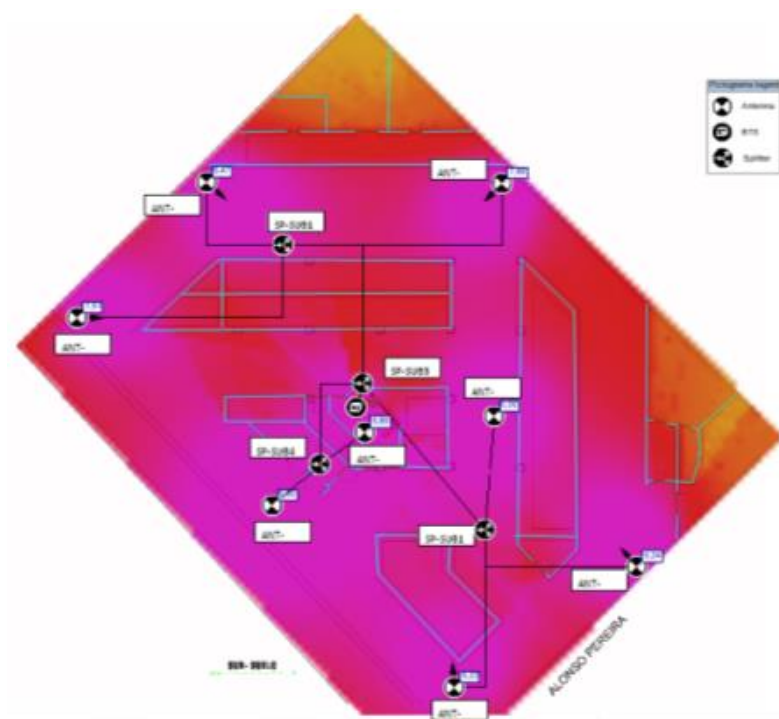
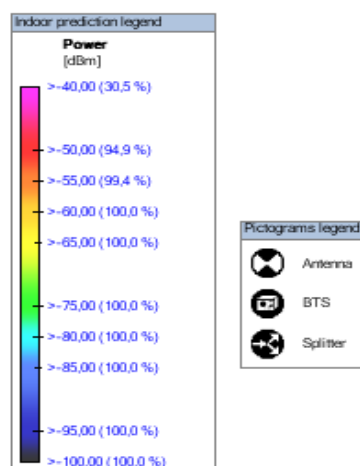


Figura 69 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para el subsuelo 2.

Tabla 63

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



SUBSUELO 3

La figura 70, se analiza la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 20 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 90 % con un nivel de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.

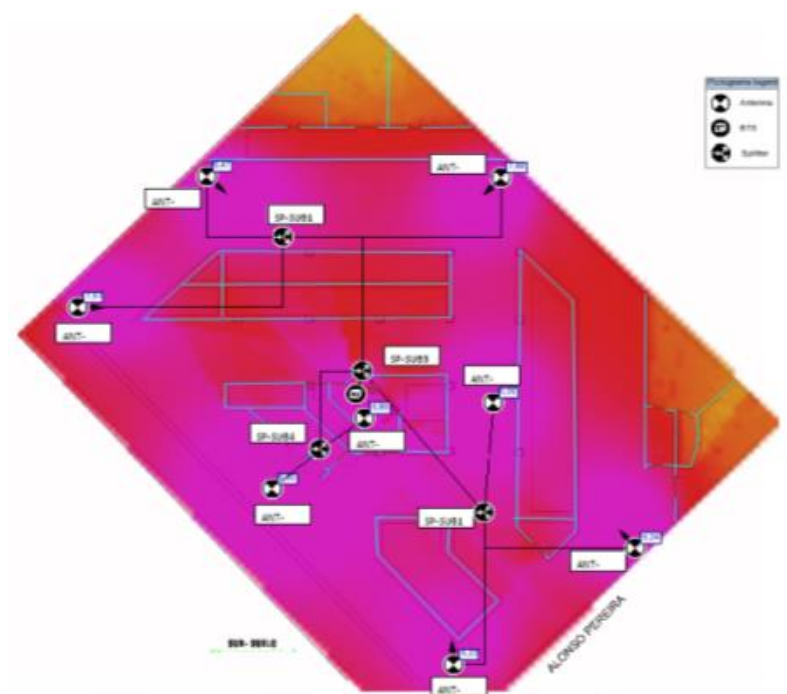
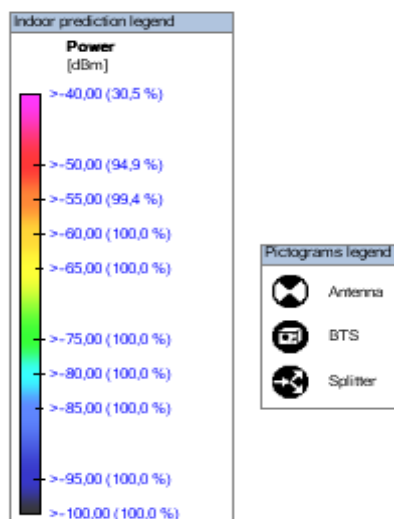


Figura 70 Simulación de cobertura con IBWAVE del nuevo sistema de antenas para subsuelo 3.

Tabla 64

Tabla de valores de potencia simulados para el piso 9.



3.3 Determinación del número de nuevos sectores, cantidad y tipo de antenas, guías de onda, equipos a ser utilizado según la infraestructura.

En la visita técnica realizada se revisó el edificio y se definió como estarían asociados los diferentes pisos a cada sector además de sus elementos activos y pasivos en cada piso del Edificio Matriz Banco Pichincha.

3.3.1 Consideraciones del Diseño.


En la tabla 65, se define a que piso estará asociado a cada sector del Nodo B, con sus respectivas observaciones las cuales justifican la asociación presentada.

Tabla 65

Asociación de sectores del Nodo B con los pisos del edificio.

Asociación de sectores del Nodo B con los pisos del edificio

Piso	Sector	Observaciones
9	Sector 1	Presidencia y Vicepresidencia
8	Sector 2	Oficinas
7	Sector 2	Oficinas
6	Sector 2	Oficinas
5	Sector 3	Jefaturas del Banco
4	Sector 4	Oficinas.
3	Sector 4	Demanda de pocos usuarios. Únicamente el corredor de acceso al ascensor y las gradas de emergencia. Ya que el piso es utilizado por DINERS CLUB y la solución es exclusiva para el Banco Pichincha.
2	Sector 4	Demanda de pocos usuarios. Únicamente el corredor de acceso al ascensor y las gradas de emergencia. Ya que el piso es utilizado por DINERS CLUB y la solución es exclusiva para el Banco Pichincha.
1	Sector 5	Cafeterías

Continua 

PB		Auditorios y usuarios en tránsito
S 1	Sector 6	Parqueadero
S 2	Sector 6	Parqueadero
S 3	Sector 6	Parqueadero

3.3.2 Observaciones

Se recomienda el uso de couplers cuando se desea dividir los tramos entre uno muy corto y otro tramo extenso o de mayor número de rutas debido a que el coupler una de sus salidas (tab) tiene menores pérdidas lo cual ayuda a tener mayor potencia en los tramos distantes.

El uso de splitter estará basado en las múltiples salidas que provee este para dividir la señal en múltiples rutas de cableado lo cual facilita la instalación para tramos de cableado de similares distancias.

Todos estos análisis deberán ser realizados en las visitas del TSS y en la visita final donde se valida que el sitio está listo para iniciar el proceso de implementación.

3.3.3 Diagramas Unifilares y Elementos de a ser instalados en cada piso.

Con los datos obtenidos del TSS los cuales fueron ingresados al programa IBWAVE se obtiene los diagramas unifilares del nuevo diseño, el cual contempla elementos que son:

- RF Module.
- Splitter de 2 vías.
- Splitter de 3 vías.
- Coupler.
- Antenas Omnidireccionales.
- Antenas Directivas.

Todas las especificaciones técnicas se encuentran adjuntas en el Anexo 3

Piso 9

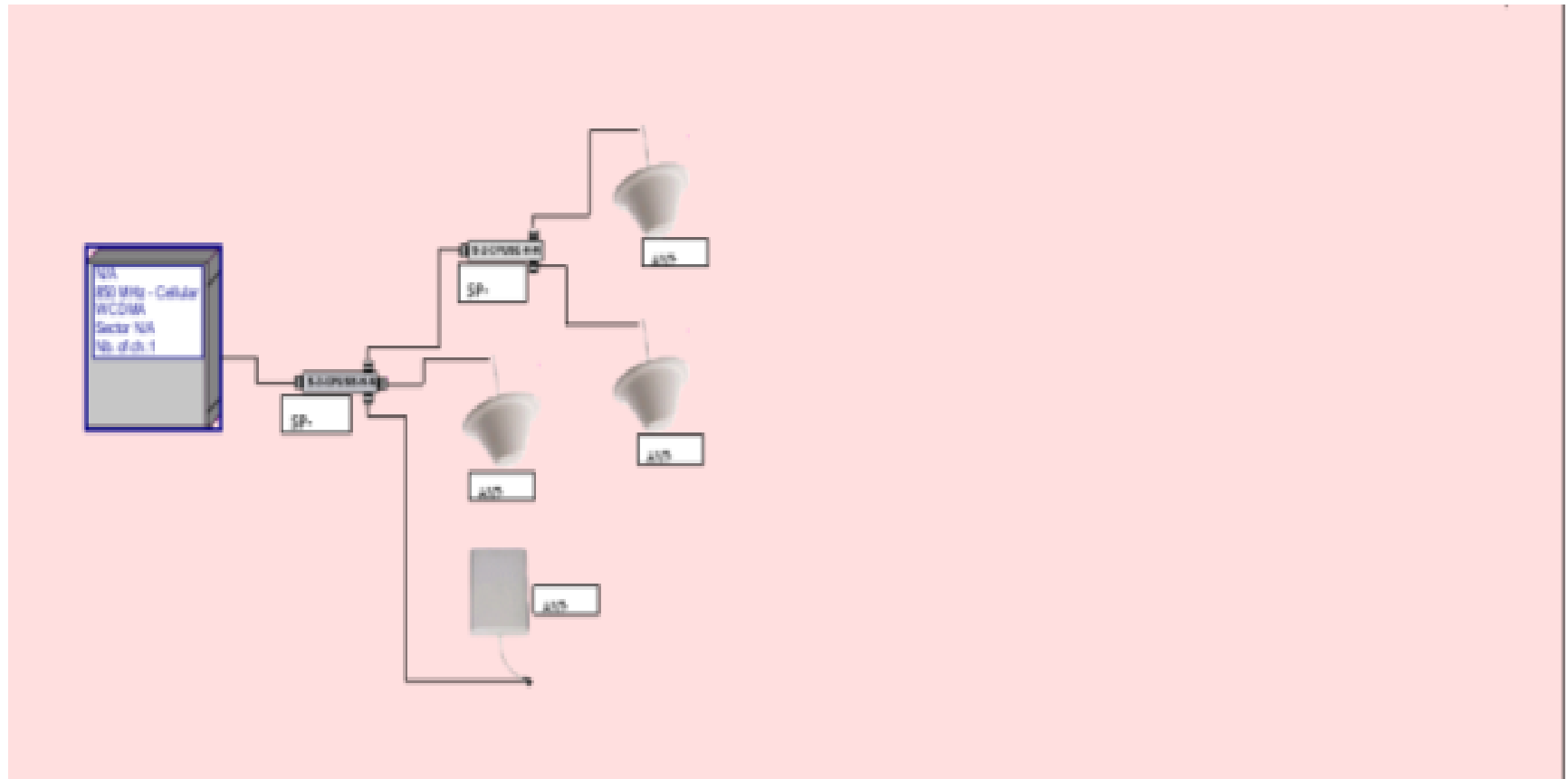


Figura 71 Diagrama Unifilar del Piso 9

Piso 8.

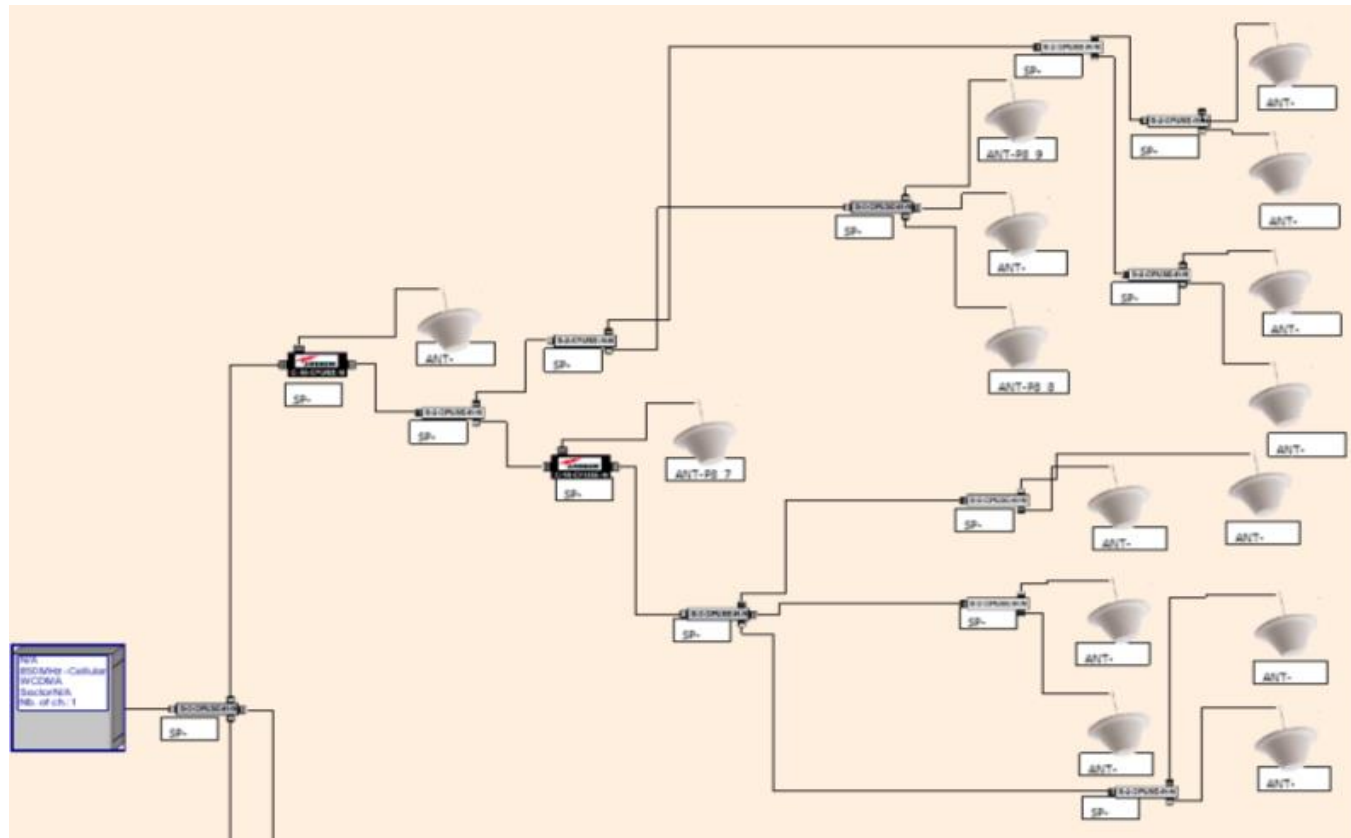


Figura 72 Diagrama Unifilar del Piso 8

Piso 7

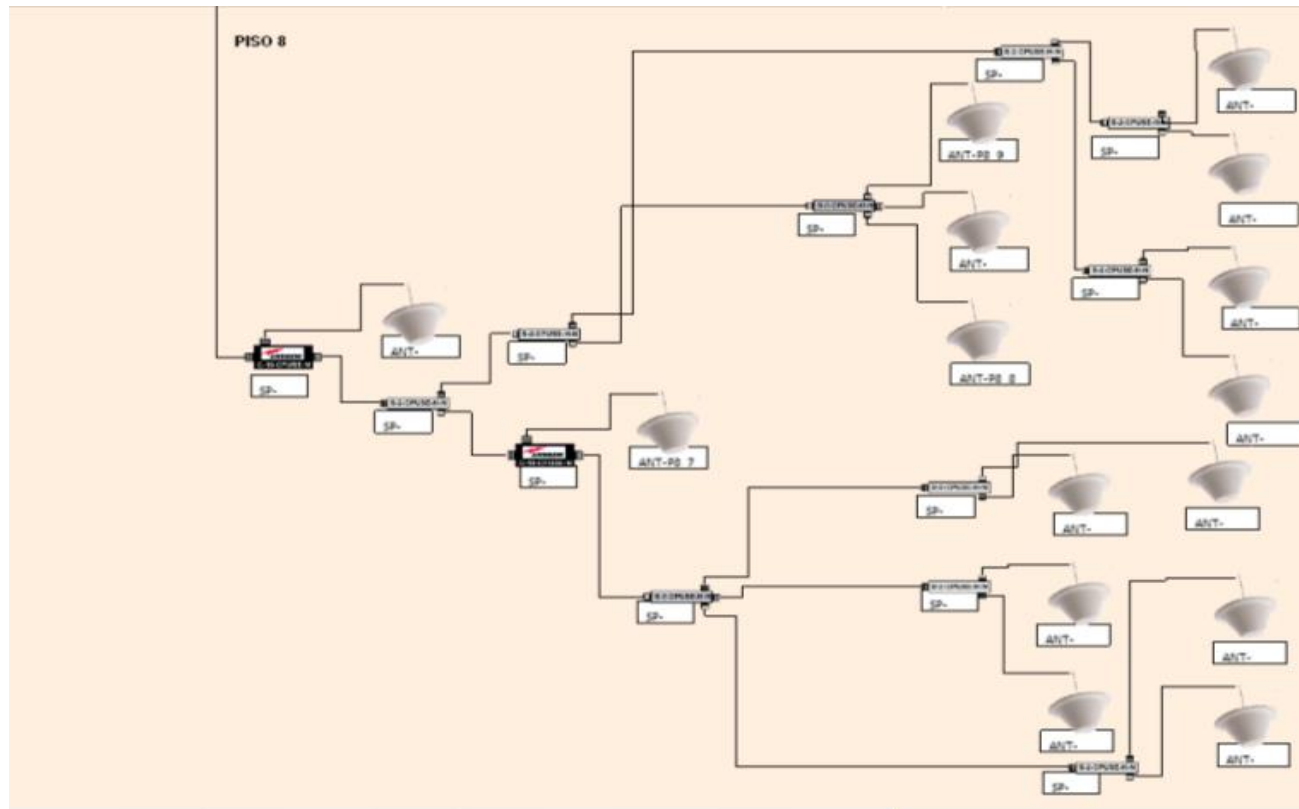


Figura 73 Diagrama Unifilar del Piso 7.

Piso 6

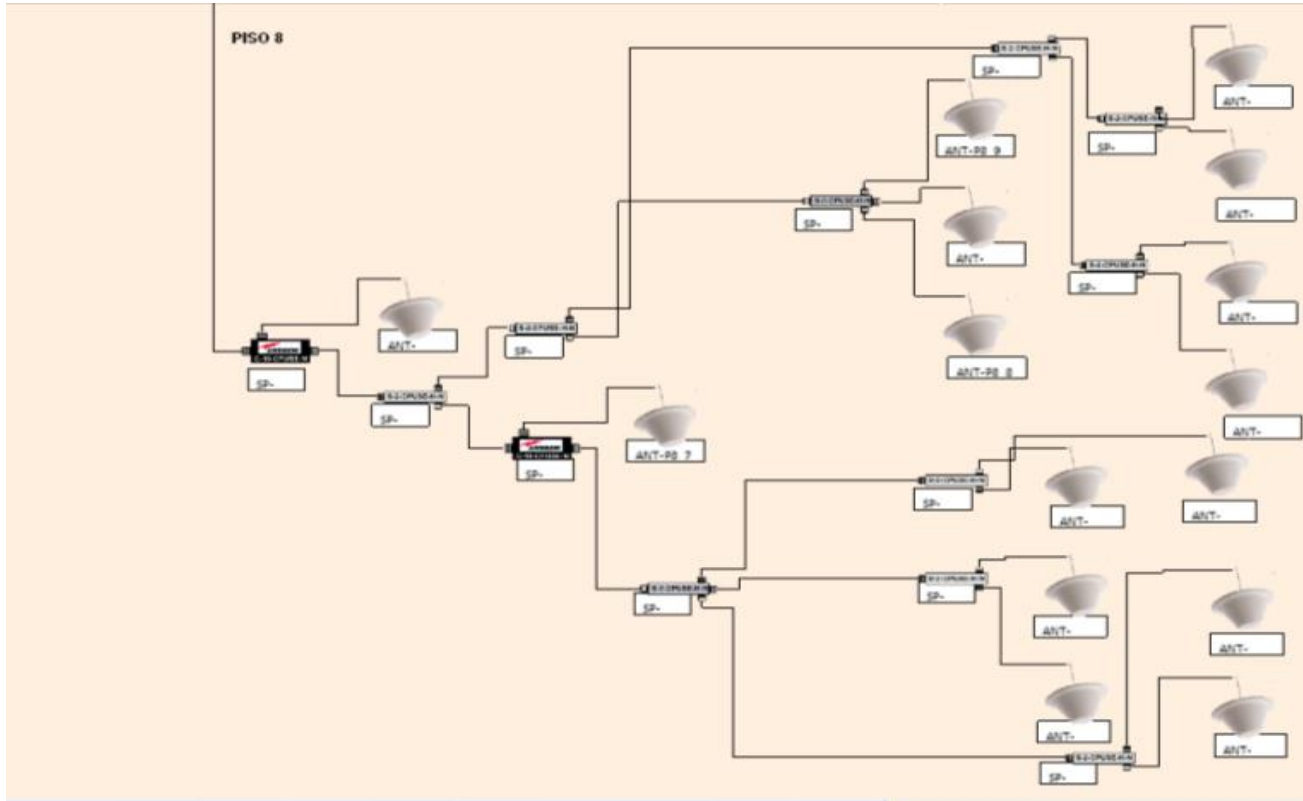


Figura 74 Diagrama Unifilar del Piso 6.

Piso 5

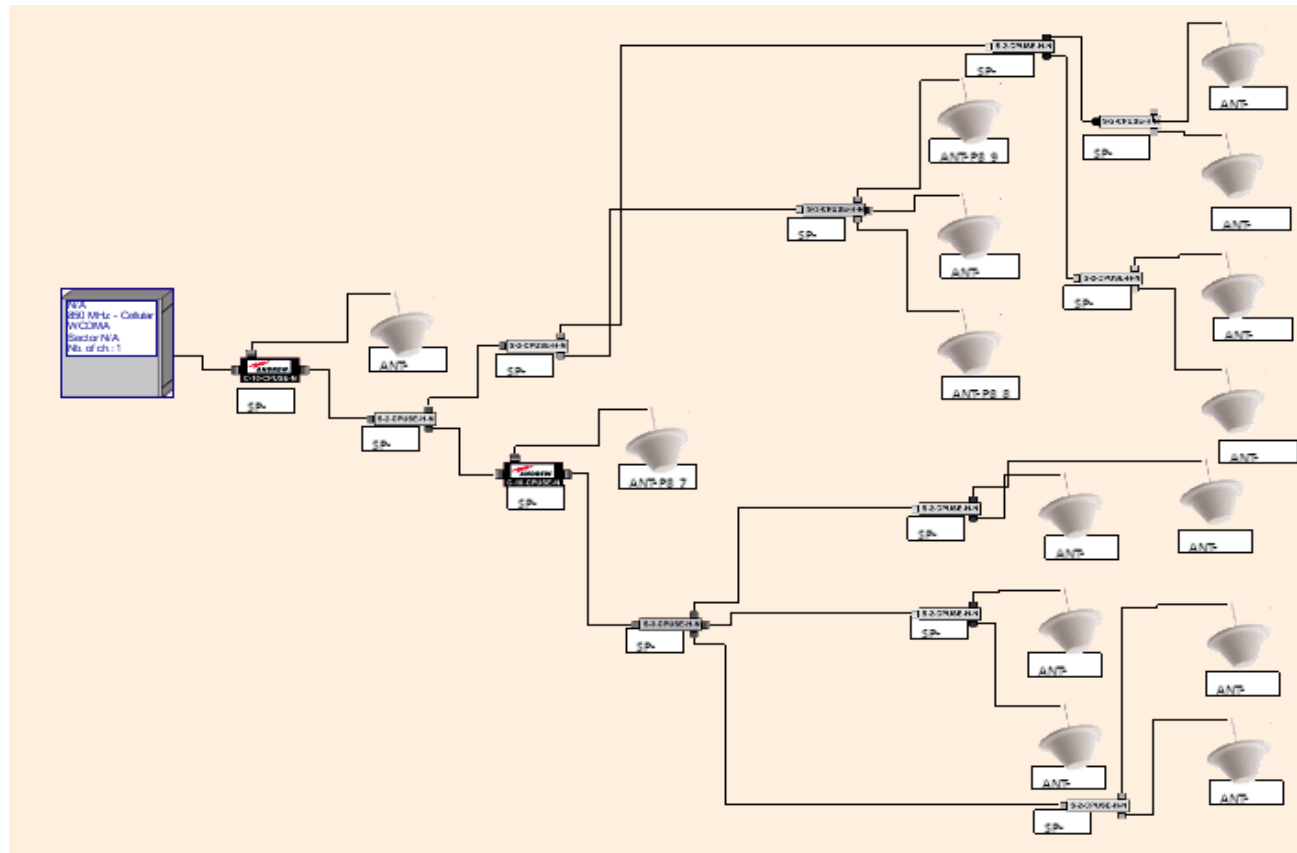


Figura 75 Diagrama Unifilar del Piso 5.

Piso 4

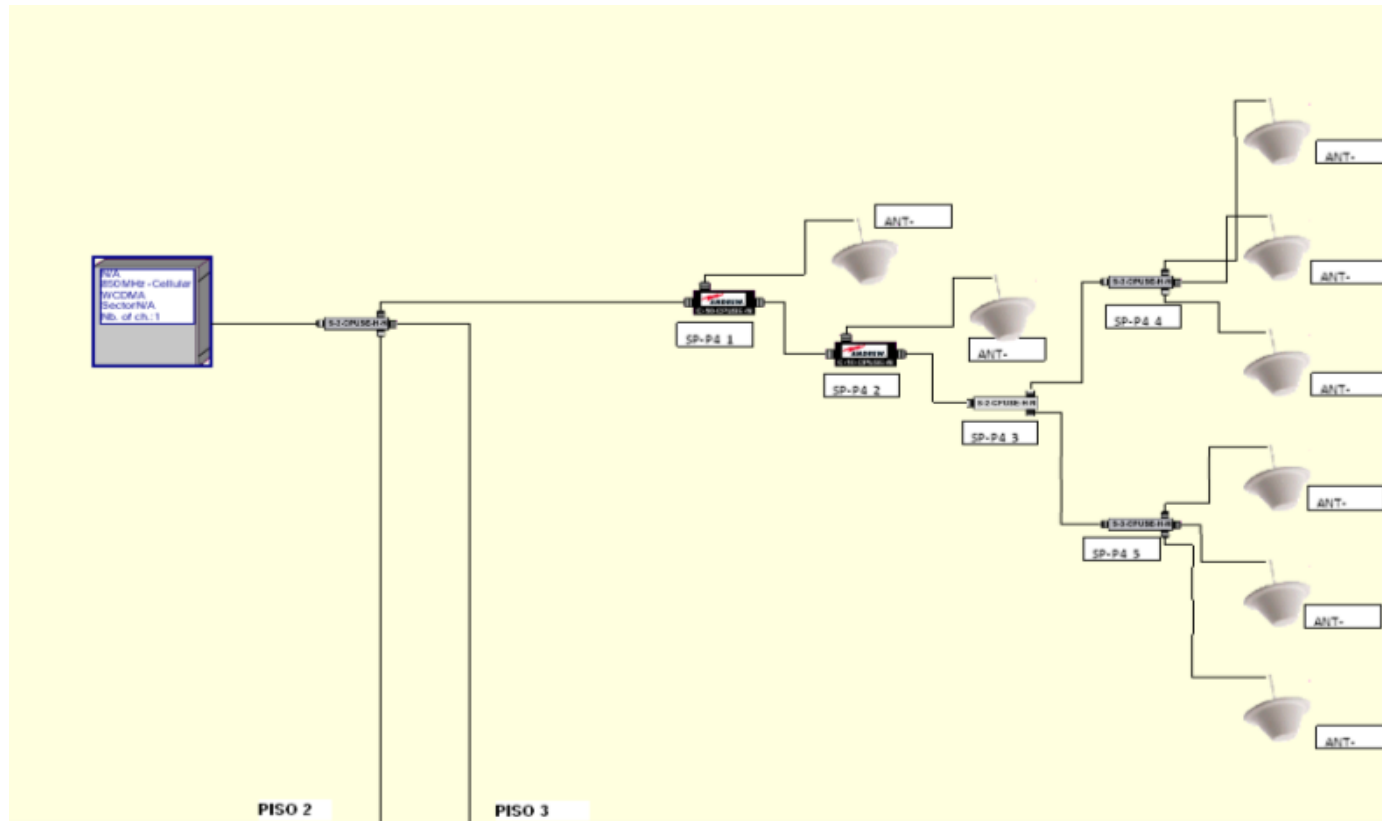


Figura 76 Diagrama Unifilar del Piso 4.

Piso 3

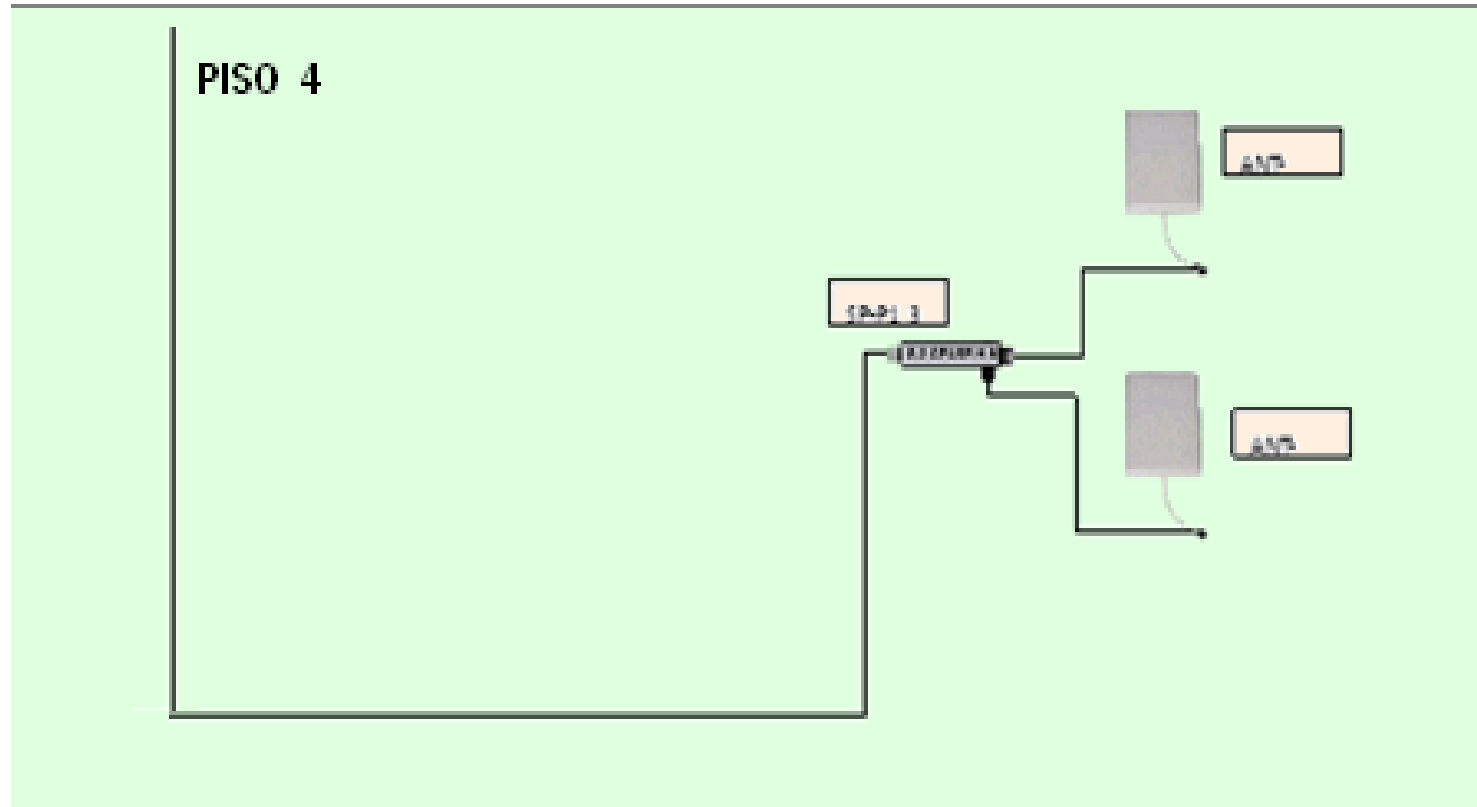
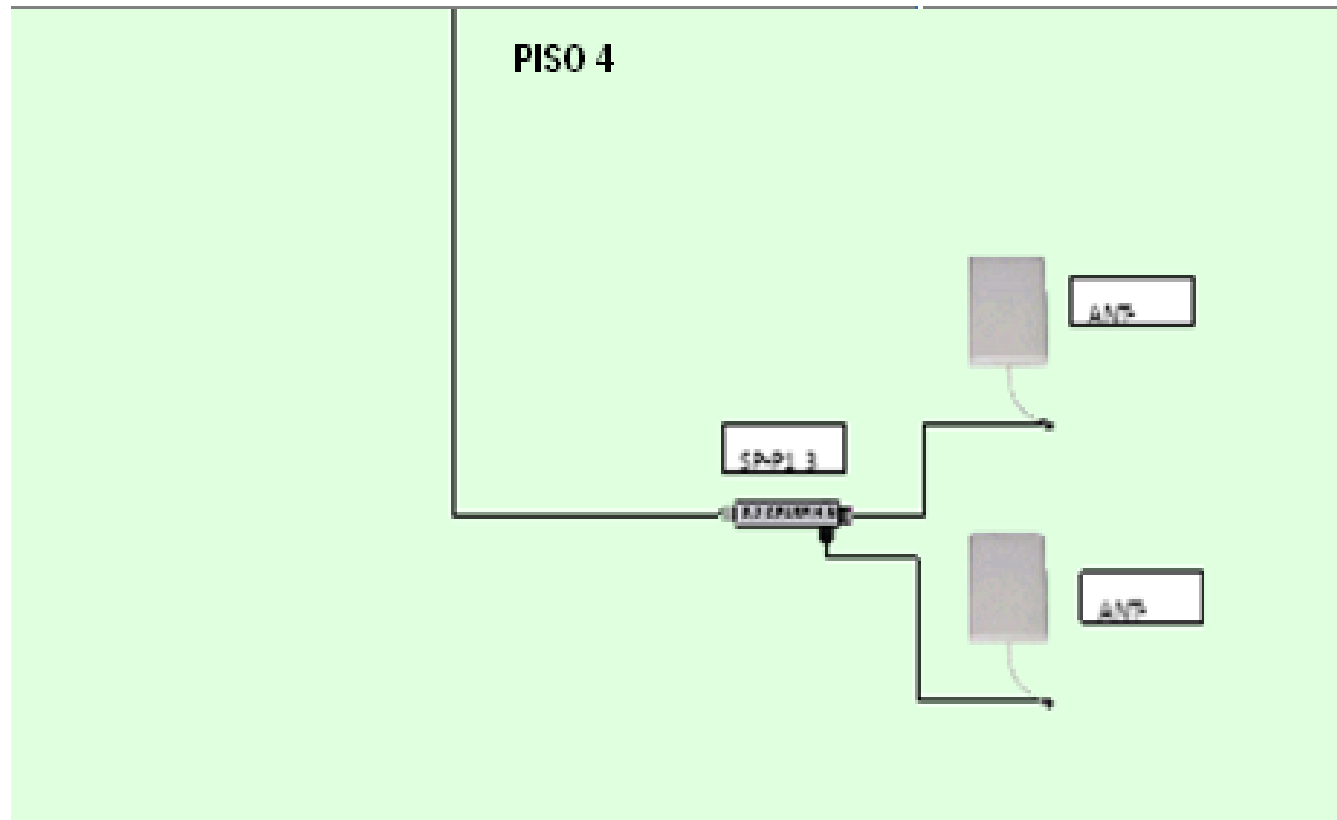


Figura 77 Diagrama Unifilar del Piso 3.

Piso 2**Figura 78 Diagrama Unifilar del Piso 2.**

Piso 1

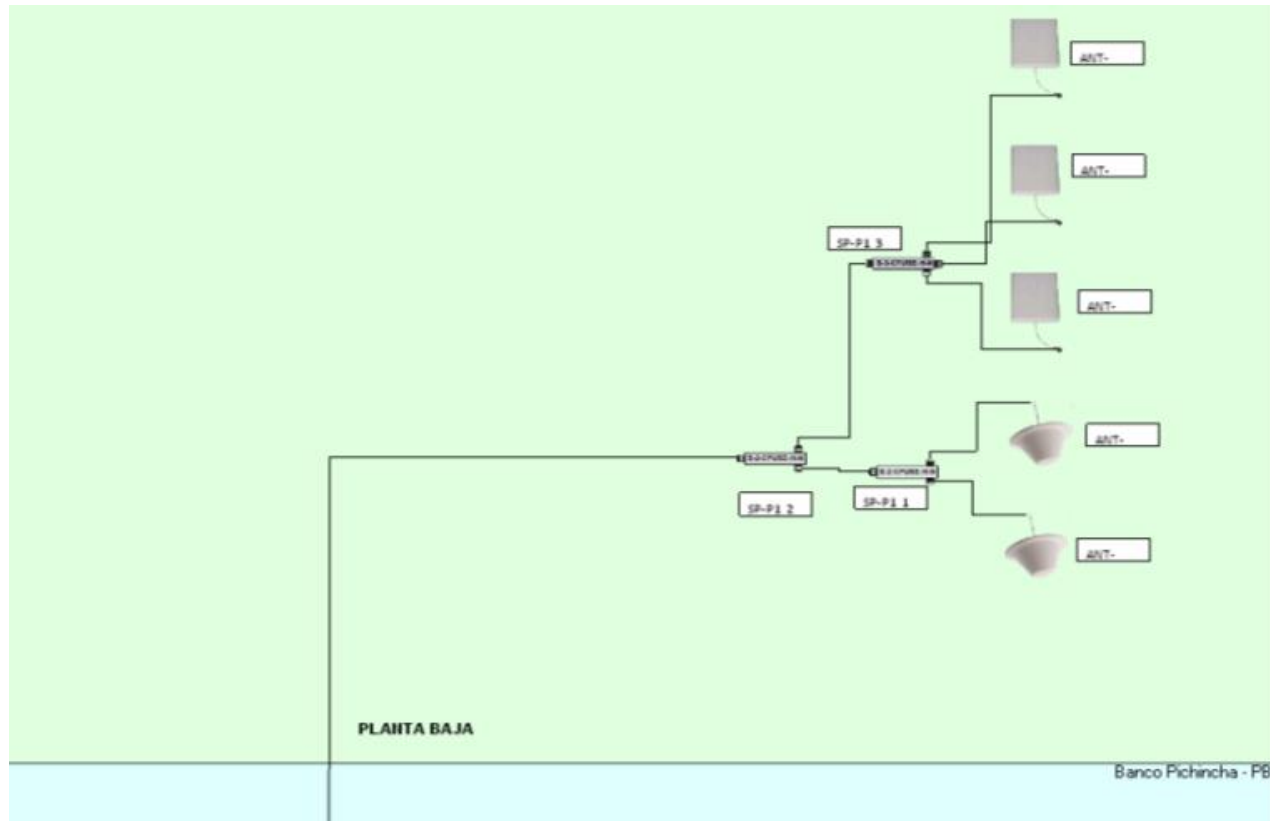


Figura 79 Diagrama Unifilar del Piso 1.

Planta Baja

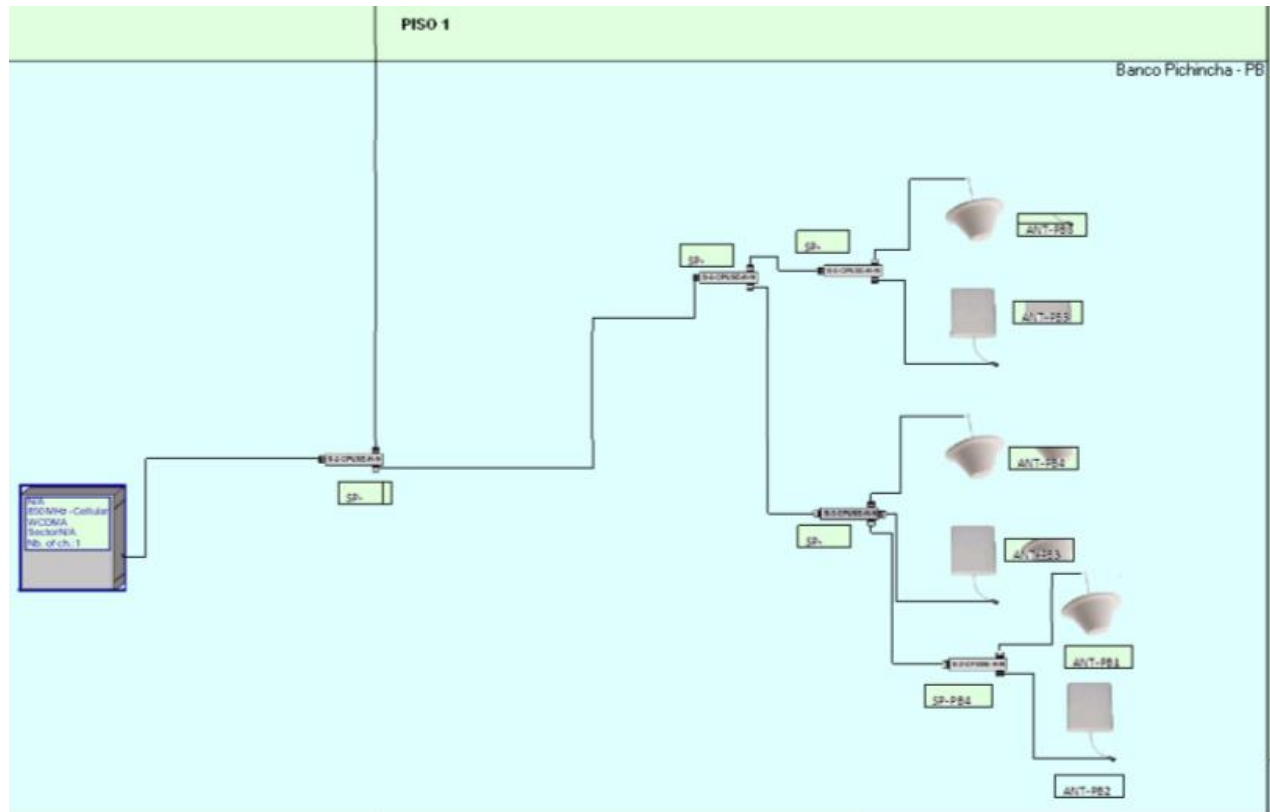
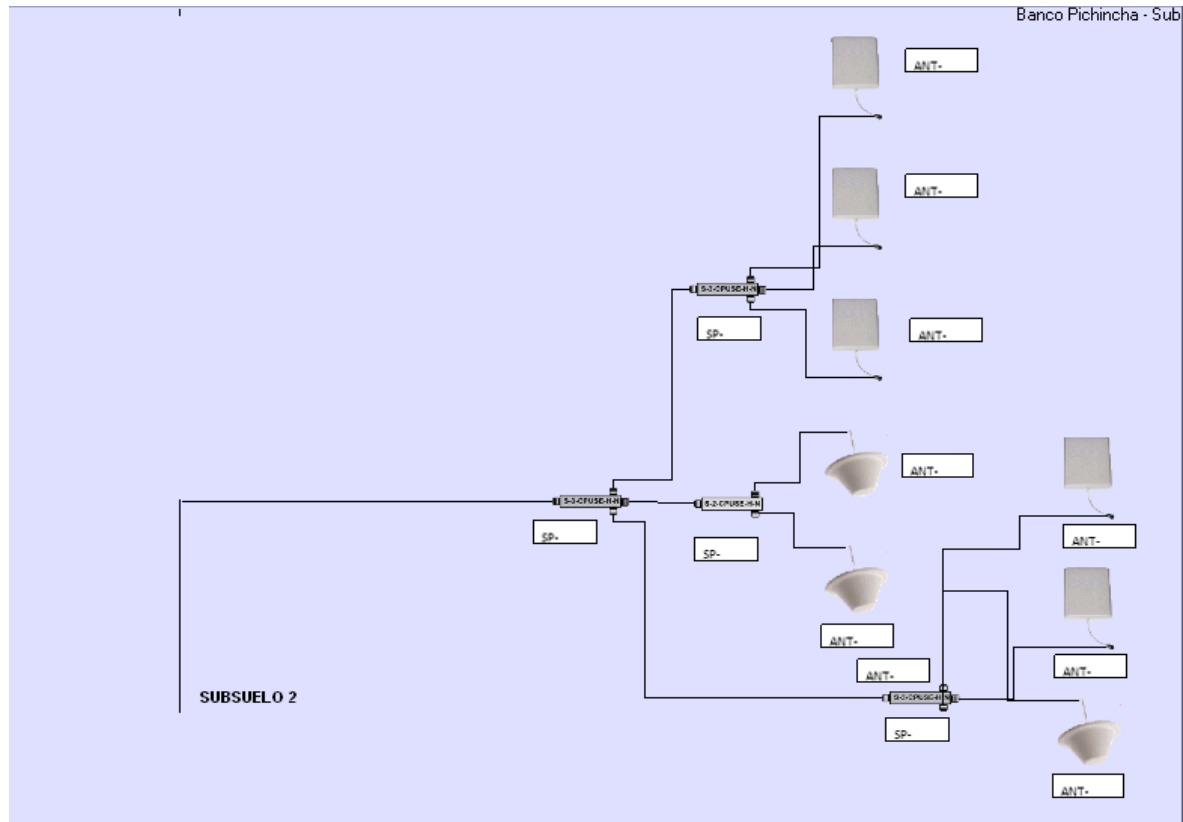


Figura 80 Diagrama Unifilar de la planta baja.

Subsuelo 1**Figura 81 Diagrama Unifilar del subsuelo 1.**

Subsuelo 2

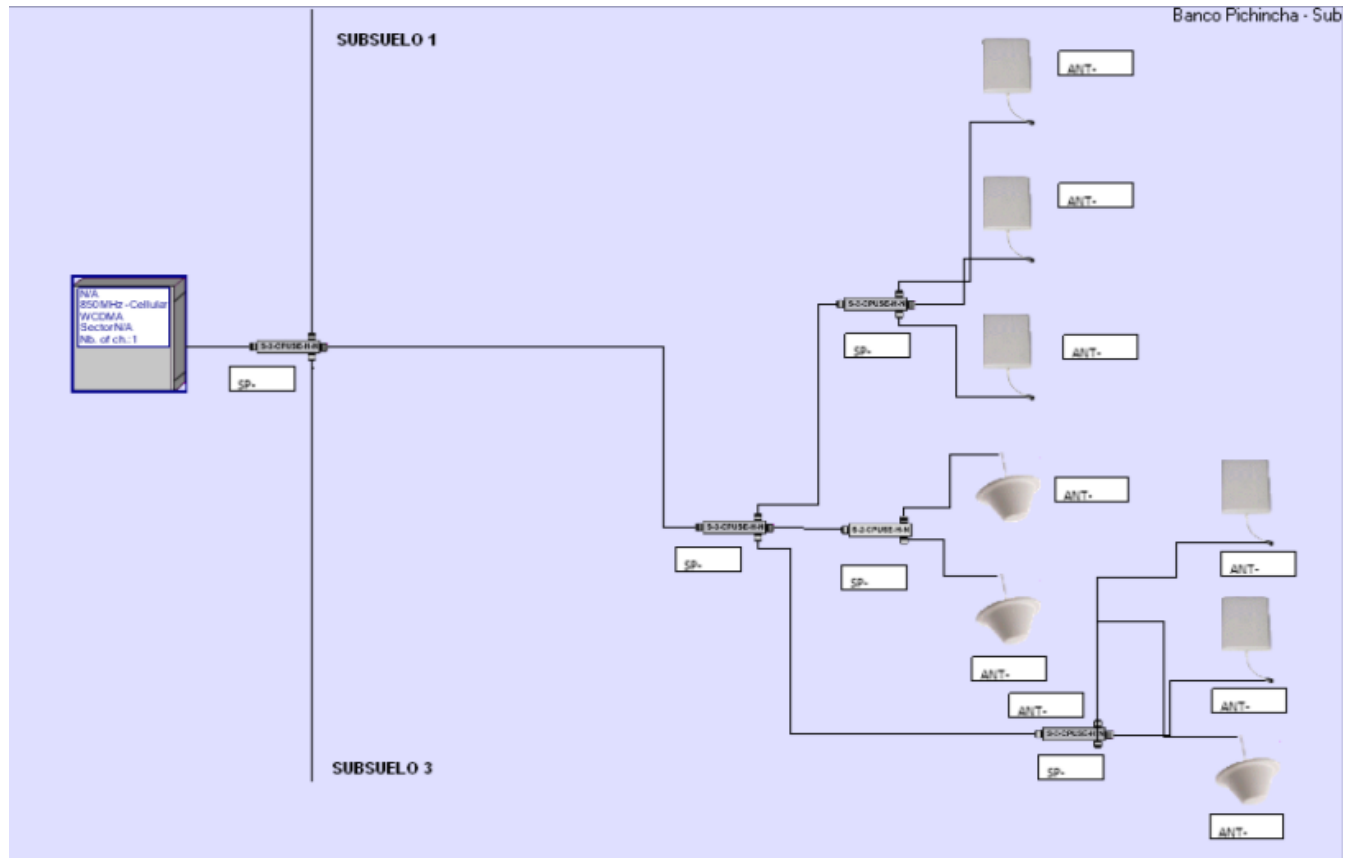


Figura 82 Diagrama Unifilar del subsuelo 2.

Subsuelo 3

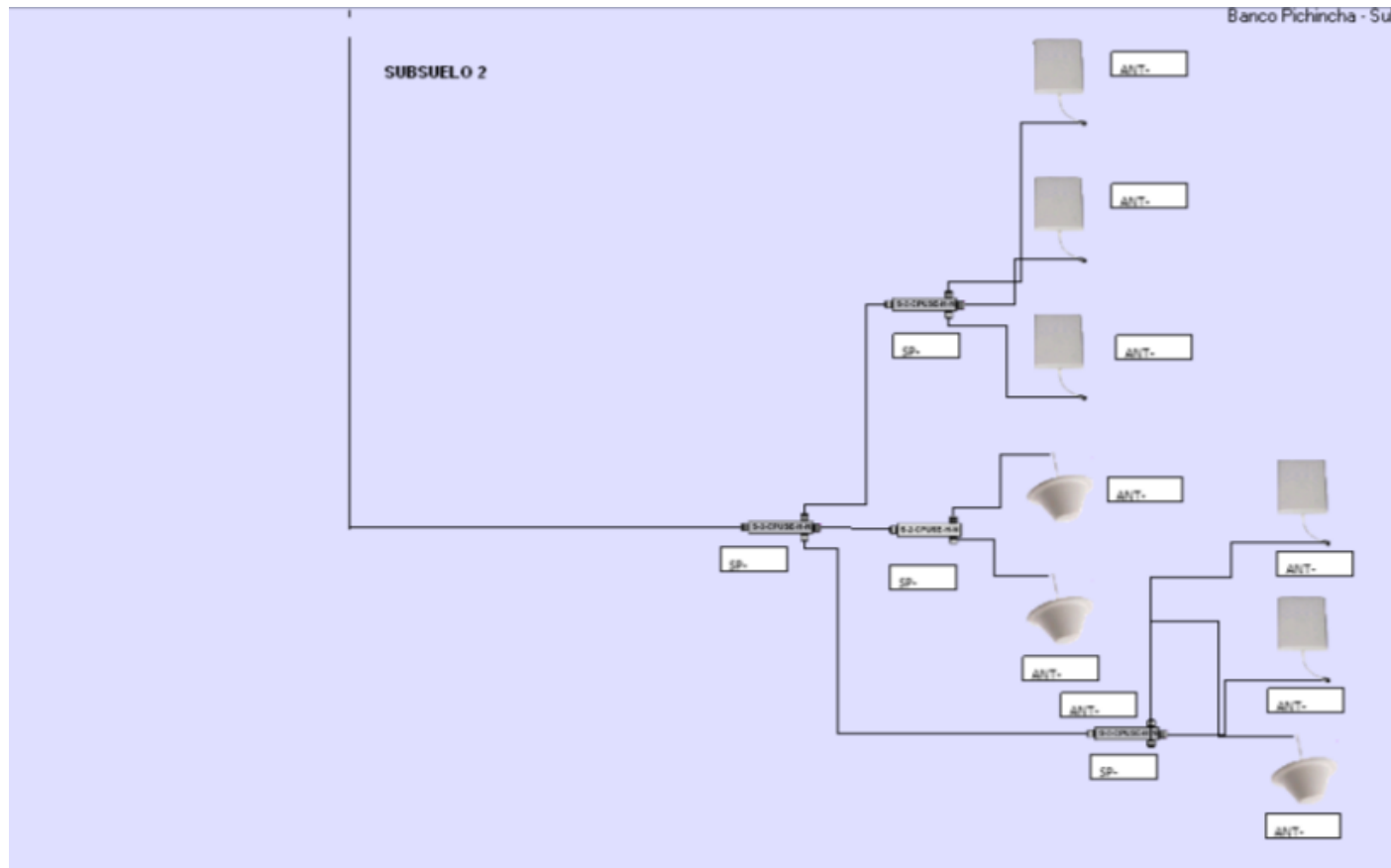


Figura 83 Diagrama Unifilar del subsuelo 3.

3.3.4 Elementos activos y pasivos del nuevo sistema radiante que deben ser instalados por cada piso.

Tabla 66

Cantidad de elementos activos y pasivos que deben ser instalados por cada piso.

Cantidad de elementos activos y pasivos que deben ser instalados por cada piso

PISO	RF MODULE	SPLITTER DE 2 VIAS	SPLITTER DE 3 VIAS	COUPLER	ANTENA OMNIDIRECCIONAL	ANTENA DIRECTIVA
9	1	1	1	0	3	1
8	1	8	2	2	15	0
7	0	8	2	2	15	0
6	0	8	2	2	15	0
5	1	8	2	2	15	0
4	1	1	3	2	8	0
3	0	1	0	0	0	2
2	0	1	0	0	0	2
1	0	2	1	0	2	3
PB	1	4	4	1	3	3
S1	0	1	3	0	3	5
S2	1	1	4	0	3	5
S3	0	1	3	0	3	5

La tabla 66, se puede observar como los módulos RF se instalan en los pisos 9, 8,5,4, planta baja y subsuelo 2 cumpliendo con el diseño establecido en la tabla 65.

3.4 Implementación de la Optimización de la Picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha”.

Para la implementación de la nueva solución la picocelda “Edificio Matriz Banco Pichincha” se realizó una visita técnica (Anexo 2 “TSS Edificio Matriz Banco Pichincha”) con el objetivo de inspeccionar las instalaciones actuales, limitaciones de espacio para cableados, ductos verticales y horizontales destinados para el interconectar los diferentes pisos de un modo técnico y óptimo en favor de reducir las pérdidas en el cable por recorridos dificultosos.

Previo al inicio de la instalación se procede a realizar una visita de verificación de adecuaciones en cada piso donde se valida los siguientes puntos:

Recorridos de manguera Bx de acuerdo a lo solicitado en el diagrama unifilares de cada piso.

Curvaturas de mangueras Bx los cuales no dificulte el paso del cable coaxial y su curvatura máxima según especificación técnica Anexo 3 “Especificaciones Técnicas del cable Commscope SFX 500”.

Verificación de alambre galvanizado como guía para instalación de cable Commscope SFX 500.

Correcta ubicación de los soportes de antenas, cajas de paso y de mano.

3.4.1 Consolidado total de material a ser utilizado.

Tabla 67

Consolidado de Elementos del Nuevo Sistema Radiante.

Consolidado de elementos del nuevo sistema radiante.

EQUIPO O MATERIAL	MODELO	CANTIDAD
RF MODULE DUAL	FRCA	3 unidades
SPLITTER DE 2 VIAS (Anexo 3)	S-2-CPUSE-H-N	45 unidades
SPLITTER DE 3 VIAS (Anexo 3)	S-3-CPUSE-H-N	24 unidades
COUPLER (Anexo 3)	C-20-TCPUSE-N	10 unidades
ANTENA OMNIDIRECCIONAL	CELLMAX-O-	85 unidades

Continua 

(Anexo 3)

CPUSE-O

ANTENA DIRECTIVA (Anexo 3)	CELLMAX-D-CPUSE-O	26 unidades
----------------------------	-------------------	-------------

CONECTORES (Anexo 3)	SFX-ANM	368 unidades
----------------------	---------	--------------

CABLE COAXIAL (Anexo 3)	Commscope SFX500	4320 m
-------------------------	------------------	--------

CAPÍTULO IV

PRUEBAS REALIZADAS.

Una vez concluida la etapa de implementación es indispensable garantizar que la implementación realizada cumpla con todos los requerimientos del cliente como son operativos y estéticos.

Para esto se considera realizar las siguientes pruebas:

- Medición de VSWR, Cable Loss, Distance to Fault.
- Pruebas de operatividad que se realizaran con software GNET y SPEEDTEST.
- Se realizará un *walking* test final para verificar la cobertura de la nueva solución de antenas distribuidas.
- Se realizará una comparación del *desempeño* de red antes de la implementación y después de la implementación con el objetivo de comprobar que la implementación fue correcta.
- Se verificará el desempeño de la red con las estadísticas obtenidas por cada sector de la estación celular.

Realizadas todas estas pruebas se concluirá si la implementación se realizó correctamente y cumple con los estándares de la operadora.

4.1 Mediciones de VSWR, Cable Loss, Distance to fault en sistema radiante.

Las mediciones de VSWR, Cable Loss y Distance to fault, son parámetros que nos sirven para determinar si el cableado se encuentra instalado correctamente.

Los valores obtenidos son complementarios, con esto quiere decir que no se debe realizar únicamente pruebas de VSWR ya que esta analizada sola no presenta ninguna garantía que la instalación del cableado es correcta siempre como mínimo se debe analizar el VSWR y el *Cable Loss*.

4.1.1 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

El VSWR⁶³ (Voltage Standing Wave Ratio) indica una relación entre picos y valles de tensión (máximos y mínimos), si la adaptación no es perfecta esta relación crece y cuanto mayor sea el valor peor será la adaptación. Si esta fuese perfecta la señal reflejada por la antena sería idéntica a la enviada a esta y el VSWR sería 1.1.

El valor medido de VSWR es adimensional.

Una medición más realista de un sistema radiante (antena y cable) se encuentra en el orden de 1,43.

Los fabricantes de antenas especifican la adaptación de este modo. (Anexo 3)

4.1.2 Medición de VSWR

La medición de VSWR consiste en transmitir una señal desde el puerto RF Output del analizador (Anritsu Site master S331L) a través del cable hasta la antena o Carga Ideal.

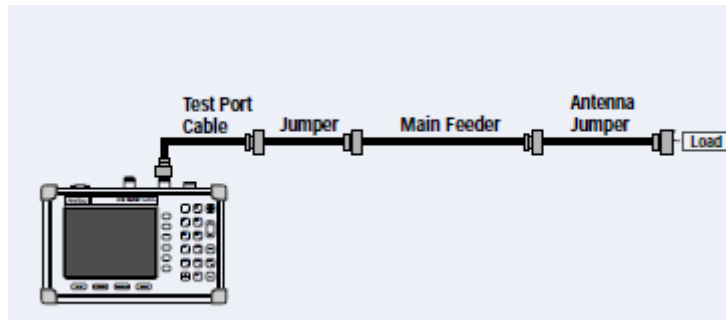


Figura 84 Diagrama de conexión para mediciones de VSWR.

⁶³VSWR Voltage Standing Wave Ratio

4.1.3 Proceso para la medición de VSWR en Equipo Anritsu Site Master

- Paso 1. Encender Site Master y presionar el botón FRECUENCIA.
- Paso 2. Seleccionar el rango de frecuencias F1 y F2.
- Paso 3. Conectar el cable de prueba en el puerto de salida RF.
- Paso 4. Calibrar el equipo Site Master con la carga ideal.
- Paso 5. Conectar el cable de prueba al Sistema radiante a ser medido.
- Paso 6. Colocar la carga ideal en la posición LOAD en el extremo del Sistema radiante.
- Paso 7. Presionara el botón MEDICIÓN y seleccionar del menú la opción VSWR.
- Paso 8. El equipo mostrara en pantalla la gráfica de la medición.
- Paso 9. Presionar el botón MARKER y seleccionar del menú la opción

4.1.4 Estándar de VSWR definido por el Fabricante

En la implementación de la solución de Antenas Distribuidas, se utilizó cable marca Commscope SFX-500 la tabla 68 se indica los valores de VSWR establecidos por el fabricante del cable.

Tabla 68

Estándar de VSWR establecido por el fabricante del Cable.

Estándar de VSWR definido por Cliente o Fabricante	Valor
Antena Commscope Omnidireccional	1,5(14dB)
Antena Commscope Direccional	1,5(14dB)
SFX-500	1,13
Sistema Radiante Completo (Estándar Cliente)	$\leq 1,3$

La figura 85 muestra un ejemplo de medición de VSWR de un sistema radiante completo (Cable+Splitter+Coupler+Antena); la medición presentada por el equipo es 1,12.

Al realizar la comparativa entre el valor obtenido en la figura 85 y el valor establecido en el estándar del cliente 1,3 (Tabla 68) se concluye que este sistema radiante cumple con las especificaciones.

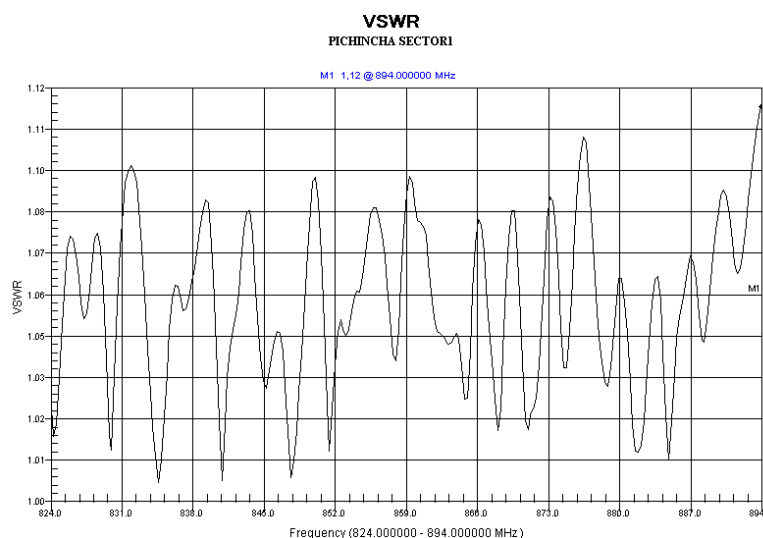


Figura 85 Ejemplo de VSWR (1,12).

4.1.5 Tabla de valores de VSWR para tramos de cable instalados.

La tabla 69 se indican los valores de VSWR para distintas longitudes de cable utilizadas en la implementación, las gráficas que se hacen referencia en la tabla 69 se encuentran especificadas en el Anexo 4.

Tabla 69

Valores de VSWR para diferentes distancias de cable implementadas en la Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha

Tramos	Distancia (m)	VSWR	Anexo 4
1	18	1,03	Grafica VSWR 1
2	18	1,04	Grafica VSWR 2
3	20	1,03	Grafica VSWR 3
4	20	1,03	Grafica VSWR 4

Continua 

5	25	1,03	Grafica VSWR 5
6	25	1,03	Grafica VSWR 6
7	27	1,06	Grafica VSWR 7
8	27	1,09	Grafica VSWR 8
9	28	1,06	Grafica VSWR 9
10	28	1,03	Grafica VSWR 10
11	30	1,03	Grafica VSWR 11
12	30	1,03	Grafica VSWR 12
13	35	1,03	Grafica VSWR 13
14	35	1,06	Grafica VSWR 14
15	40	1,03	Grafica VSWR 15
16	40	1,04	Grafica VSWR 16
17	45	1,04	Grafica VSWR 17
18	45	1,04	Grafica VSWR 18
19	50	1,04	Grafica VSWR 19
20	55	1,05	Grafica VSWR 20

4.1.6 DTF ⁶⁴(Distance to Fault)

Otra prueba necesaria para comprobar el sistema radiante instalado es la prueba de DTF (Distance to Fault). La medición mostrara las atenuaciones en función de la distancia del cable. El objetivo de la prueba es verificar si existen discontinuidades o daños del cable en una determinada longitud.

La mayor contribución a dicho efecto se debe principalmente al cable principal de alimentación, y luego, en menor escala, los otros componentes del sistema radiante tales como conectores, uniones, *splitter*, *couplers* etc.

4.1.7 Medición de DTF

Para realizar la medición una señal es transmitida de la salida RF Output del analizador hacia el cable. Las señales reflejadas desde la falla en el cable son

⁶⁴ DTF Distance to Fault.

recibidas por el analizador. El analizador utiliza reflectometría⁶⁵ en el dominio de la frecuencia para llevar a cabo la medición.

La interferencia variante de las señales transmitidas y reflejadas contiene la información de la distancia de una o más fallas.

La distancia mostrada en el analizador es la distancia física de la posible falla.

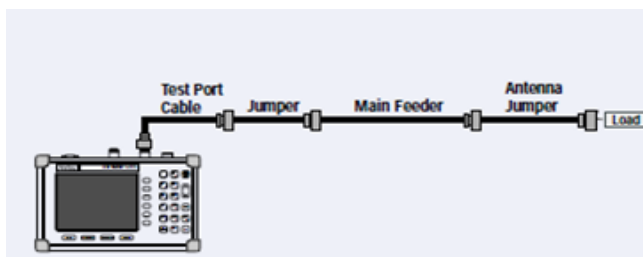


Figura 86 Diagrama de conexión para mediciones de DTF.

4.1.8 Proceso para la medición de DTF en Equipo Anritsu Site Master

Pasos para realizar esta medición:

- Paso 1. Encender Site Master y presionar el botón DISTANCIA.
- Paso 2. Seleccionar el rango de Distancia D1 y D2.
- Paso 3. Conectar el cable de prueba en el puerto de salida RF.
- Paso 4. Calibrar el equipo Site Master con la carga ideal.
- Paso 5. Conectar el cable de prueba al Sistema radiante a ser medido.
- Paso 6. Colocar la carga ideal en la posición LOAD en el extremo del Sistema radiante.
- Paso 7. Presionara el botón MEDICION y seleccionar del menú la opción DTF.
- Paso 8. El equipo mostrara en pantalla la gráfica de la medición.
- Paso 9. Presionar el botón *Marker* y seleccionar del menú la opción *Marker to peak* para obtener el máximo valor de la gráfica.

⁶⁵ Reflectometria. Es una técnica de medición del coeficiente de reflexión en relación de onda estacionaria en líneas de transmisión, obteniendo información sobre distintos parámetros que permiten determinar el comportamiento de la misma ante determinadas situaciones de cortocircuito, circuito abierto, atenuación, pérdidas, etc.

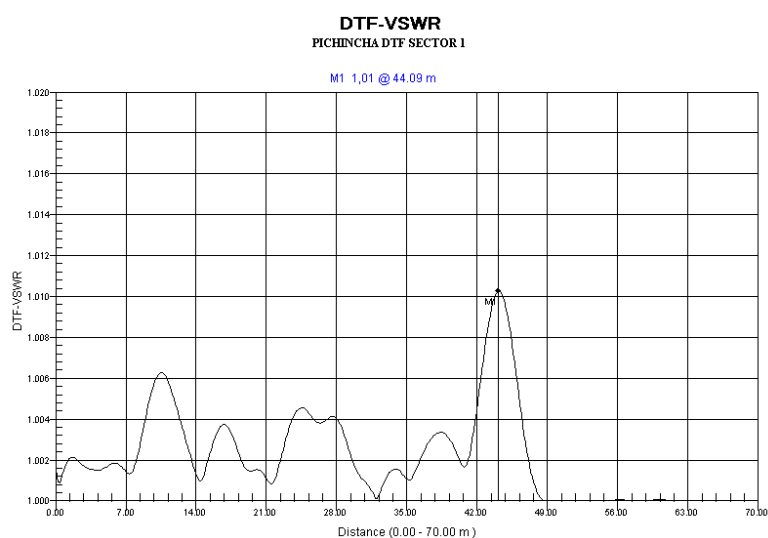


Figura 87 Ejemplo de DTF. (1.1)

4.1.9 Tabla de valores de DTF para tramos de cable instalados.

La tabla 70 se indican los valores de DTF para distintas longitudes de cable utilizadas en la implementación, las gráficas que se hacen referencia en la tabla 70 se encuentran especificadas en el Anexo 4. El valor medido debe ser igual o menor al valor medido por el VSWR nunca mayor.

Tabla 70

Valores de DTF para diferentes distancias de cable implementadas en la Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha.

Tramos	Distancia (m)	Distance To Fault(m)	Anexo 4.
1	18	1,01	Grafica DTF 1
2	18	1,01	Grafica DTF 2
3	20	1,01	Grafica DTF 3
4	20	1,01	Grafica DTF 4
5	25	1,01	Grafica DTF 5
6	25	1,01	Grafica DTF 6
7	27	1,04	Grafica DTF 7

Continua

8	27	1,07	Grafica DTF 8
9	28	1,01	Grafica DTF 9
10	28	1,04	Grafica DTF 10
11	30	1,02	Grafica DTF 11
12	30	1,01	Grafica DTF 12
13	35	1,01	Grafica DTF 13
14	35	1,01	Grafica DTF 14
15	40	1,01	Grafica DTF 15
16	40	1,01	Grafica DTF 16
17	45	1,01	Grafica DTF 17
18	45	1,01	Grafica DTF 18
19	50	1,01	Grafica DTF 19
20	55	1,01	Grafica DTF 20

4.1.10 CL⁶⁶ (Cable Loss)

Las Pérdidas en el Cable se suelen medir en la fase de instalación para verificar que el cable está dentro de las especificaciones indicadas por el fabricante.

Muchos de los analizadores portátiles de cables y antena disponen de una función específica que permite calcular directamente la pérdida media de un cable en la banda de trabajo seleccionada

Aumentando la frecuencia de barrido y la longitud del cable las pérdidas también aumentan. Los cables de gran diámetro tienen menos pérdidas de inserción y mejor rendimiento de potencia que cables con diámetro más pequeño. Las pérdidas en un cable varían dependiendo del fabricante.

La unidad de medida del CL es dB.

⁶⁶ CL Cable Loss

4.1.11 Medición de CL

Para esta medición una señal es transmitida de la salida RF Output del analizador hacia el cable. Conforme la señal va recorriendo el cable, parte de su energía se va disipando tanto en el cable, como en los conectores que lo conforman dando así una medición de todas las pérdidas del cable.

La atenuación mostrada en el analizador es la pérdida de toda la corrida de cable instalada.

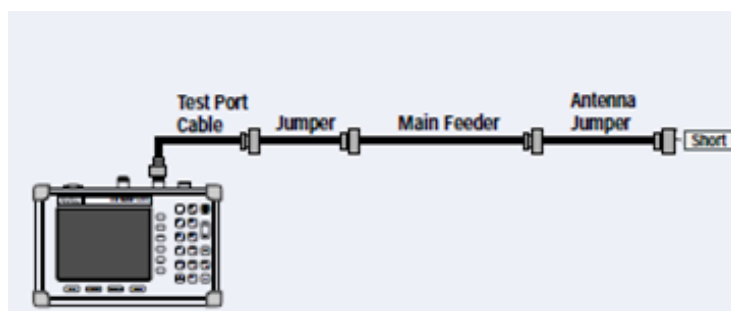


Figura 88 Diagrama de conexión para mediciones de CL

4.1.12 Estándar de CL definido por el Fabricante

En la implementación de la solución de Antenas Distribuidas, se utilizó cable marca Commscope SFX-500 La tabla 71 se indica los valores de CL establecidos por el fabricante del cable para diferentes longitudes de cable.

Tabla 71

Estándar de CL establecido por el fabricante del Cable.

Perdidas en Cable SFX-500 Commscope

Distancia (m)	Atenuación Máxima (dB)
0-10	0,9594
10-20	1,9188
20-30	2,8782
30-40	3,8376
40-50	4,797
50-60	5,7564
60-70	6,7158
70-80	7,6752
80-90	8,6346
90-100	9,594

La figura 89 muestra un ejemplo de medición de CL de un tramo de cable de 30m de longitud dando como resultado el valor de 2,6 dB.

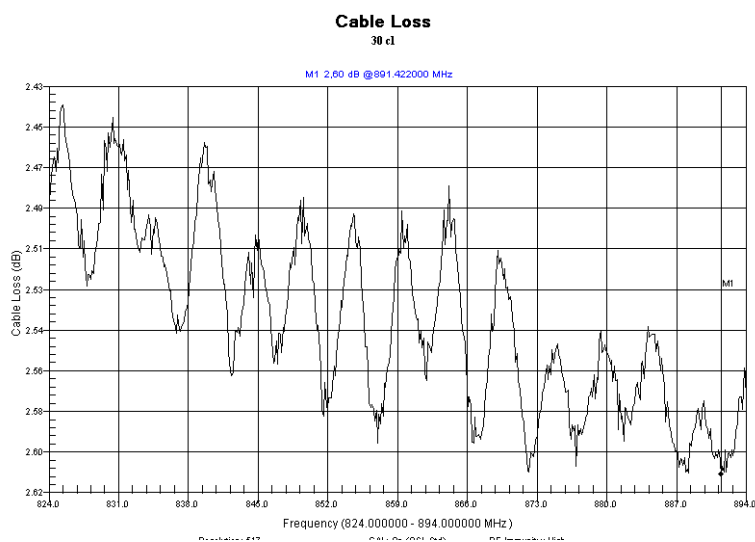


Figura 89 Medición de CL para un tramo de cable de 30 m (2,6)

Al realizar la comparativa entre el valor obtenido en la figura 89. y el valor establecido en el estándar del cliente en la tabla 71 se concluye que la medición es correcta, pero es necesario al mismo tramo realizar la comparativa de VSWR y DTF para ver si cumple con las otras dos mediciones.

4.1.13 Proceso para la medición de CL en Equipo Anritsu Site Master

Pasos para realizar esta medición:

- Paso 1. Encender Site Master y presionar el botón FRECUENCIA.
- Paso 2. Seleccionar el rango de frecuencias F1 y F2.
- Paso 3. Conectar el cable de prueba en el puerto de salida RF.
- Paso 4. Calibrar el equipo Site Master con la carga ideal.
- Paso 5. Conectar el cable de prueba al Sistema radiante a ser medido.
- Paso 6. Colocar la carga ideal en la posición SHORT en el extremo del cable.
- Paso 7. Presionara el botón MEDICION y seleccionar del menú la opción CL.
- Paso 8. El equipo mostrara en pantalla la gráfica de la medición.
- Paso 9. Presionar el botón *Marker* y seleccionar del menú la opción *Marker to valle* y para obtener el máximo valor de la gráfica.

La tabla 72 se indican los valores de CL para distintas longitudes de cable utilizadas en la implementación, las gráficas que se hacen referencia en la tabla 72 se encuentran especificadas en el Anexo 4. El valor medido debe ser igual o menor al valor establecido por el fabricante nunca mayor.

Tabla 72

Valores de CL para diferentes distancias de cable implementadas en la Picocelda “Edificio Matriz Banco Pichincha.”

Tramos	Distancia (m)	Cable Loss(dB)	Anexo 4
1	18	1,65	Grafica CL 1
2	18	1,65	Grafica CL 2
3	20	1,7	Grafica CL 3
4	22	2,06	Grafica CL 4
5	25	2,19	Grafica CL 5
6	25	2,2	Grafica CL 6
7	27	2,35	Grafica CL 7
8	27	2,35	Grafica CL 8
9	28	2,52	Grafica CL 9
10	28	2,51	Grafica CL 10
11	30	2,6	Grafica CL 11
12	30	2,6	Grafica CL 12
13	35	2,91	Grafica CL 13
14	35	2,91	Grafica CL 14
15	40	2,9	Grafica CL 15
16	40	2,9	Grafica CL 16
17	45	3,88	Grafica CL 17
18	45	3,88	Grafica CL 18
19	50	4,39	Grafica CL 19
20	55	4,83	Grafica CL 20

4.2 Análisis de las gráficas obtenidas en las mediciones de la guía de onda.

Con el objetivo de verificar la correcta instalación de los cableados se realiza una comparación entre las medidas obtenidas de VSWR, Cable Loss, Distance to fault por el equipo Anritsu Site master S331L y las especificaciones de las medidas dada por el fabricante Commscope para el cable SFX-500 (Anexo 3)

4.2.1 Análisis de resultados de mediciones de VSWR en cableados implementados.

Se comparan algunos valores de las mediciones de VSWR realizadas en cada sector con el estándar establecido por el fabricante del cable (ver tabla 73), estos resultados se indican en la tabla 73 que se muestra a continuación.

Tabla 73

Comparación de valores medidos de VSWR con el valor establecido por el fabricante del cable.

Sector	Longitud (m)	VSWR Medido a 824-924 MHz	Estándar de VSWR a 680–960 MHz	Cumple
1	55	1,05	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	25	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	18	1,04	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	50	1,04	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	27	1,06	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	20	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
3	55	1,05	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	40	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	30	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
4	45	1,04	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	35	1,06	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	18	1,04	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5	30	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	27	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	20	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6	50	1,04	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	35	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	20	1,03	1,13	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

La tabla. 73 se comprueba que los valores de VSWR obtenidos son correctos ya que en todos los casos son menores o iguales a los establecidos por el fabricante.


4.2.2 Análisis de resultados de mediciones de CL (Cable Loss) en cableados implementados.

La tabla 71 indica los valores de pérdida máxima establecida por el fabricante para diferentes rangos de longitudes de cable, estos valores se comparan con algunos valores de ejemplo de las mediciones de CL realizadas en cada sector, y el resultado se muestra en la tabla 74.

Tabla 74

Comparación de valores medidos de CL con el valor establecido por el fabricante del cable.

Sector	Longitud (m)	Valor de CL Medido a 824-924 MHz	Estándar de CL a 680-960 MHz	Cumple
1	55	4,83	5,7564	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
1	25	2,19	2,8782	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
1	18	1,65	1,9188	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	50	4,39	5,7564	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	27	2,35	2,8782	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	25	2,2	2,8782	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
3	55	4,83	5,7564	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
3	40	2,9	3,8376	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
3	30	2,6	2,8782	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
4	45	3,88	4,797	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
4	35	2,91	3,8376	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
4	18	1,65	1,9188	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5	30	2,6	2,8782	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5	27	2,35	2,8782	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5	20	1,7	1,9188	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Continua 

6	50	4,39	5,7564	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6	40	2,91	3,8376	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6	35	2,91	3,8376	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Con los valores de la tabla 74 se concluye que los valores medidos de CL son correctos.

En base a los análisis realizados en las tablas 73 y 74 de las mediciones de VSWR y CL se concluye que la instalación del cable no presenta problemas y está dentro de los rangos que establece el fabricante.

Se está cumpliendo con los requerimientos realizados por la operadora.

Adicionalmente se realizaron pruebas de DTF (ver tabla 73) para garantizar que no existan curvaturas excesivas, daño en recubrimiento del aislante del cable, o conectores mal realizados.

4.3 Pruebas de operatividad de la picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha”.

Para realizar pruebas de operatividad de la picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha”, se van a utilizar los programas G-NetTrack y SPEEDTEST para comprobar la cobertura con el programa GNET y con el programa SPEEDTEST se verificara las velocidades de bajada (HSDPA) y de subida HSUPA.

Para efectuar las pruebas de operatividad se realizó la instalación en un telefono celular activado con servicio de datos los programas de GNET y SPEEDTEST y se realizó un recorrido por la estación realizando las capturas de los datos.

Debido a la complejidad de ingresar al sitio se realizarán las pruebas en el sitio que se determinado es el área de menor señal.

4.3.1 Sector 1.

La figura 90 se observa los niveles de señal de RSCP medida con la herramienta G-NetTrack entre -51 dB y -61 dB lo cual indica que según la tabla III. 9 se encuentra en niveles buenos de señal en el rango que va de -45 a -75 dB.

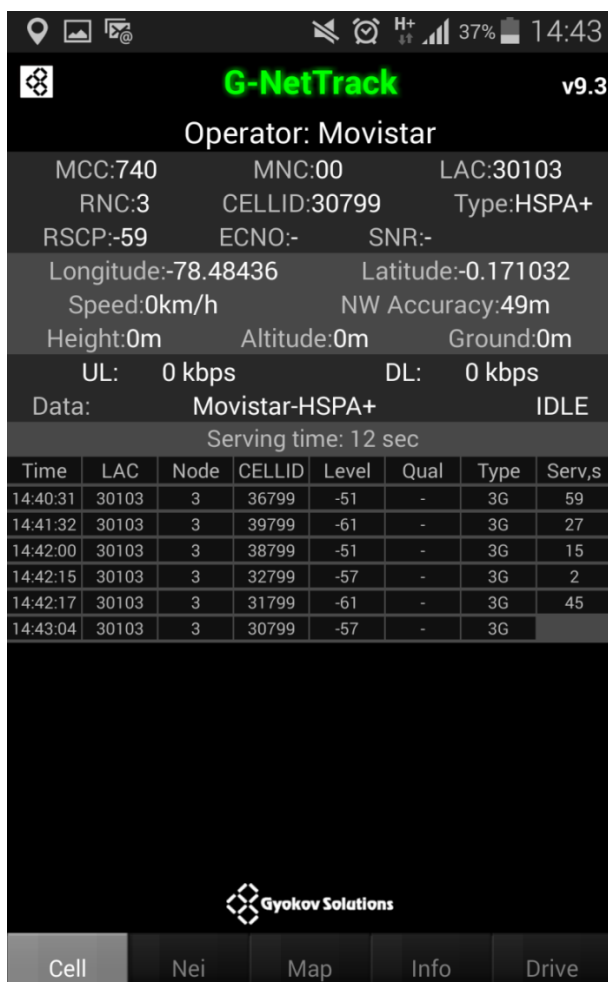


Figura 90 Prueba de niveles de cobertura del sector 1.

La figura 91 se comprueba las velocidades de subida y bajada de datos, para esto se ha utilizado la herramienta SPEEDTEST. Las velocidad de bajada es de 1,98 Mbps y la velocidad de subida de 0,84 Mbps, realizando una comparación con la tabla III. 8. se concluye que esta cumpliendo con las velocidades para una red 3G.

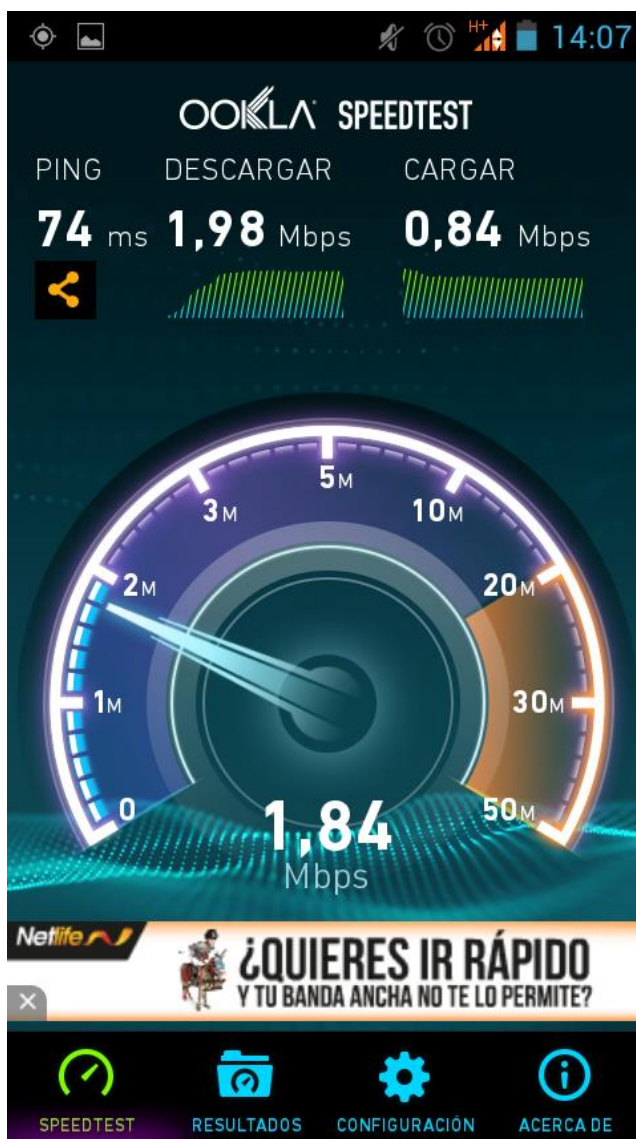


Figura 91 Velocidades de subida y bajada del sector 1

4.3.2 Sector 2.

La figura 92 se observa los niveles de señal de RSCP medida con la herramienta G-NetTrack entre -51 dB y -61 dB lo cual indica que según la tabla III. 9 se encuentra en niveles buenos de señal en el rango que va de -45 a -75 dB.

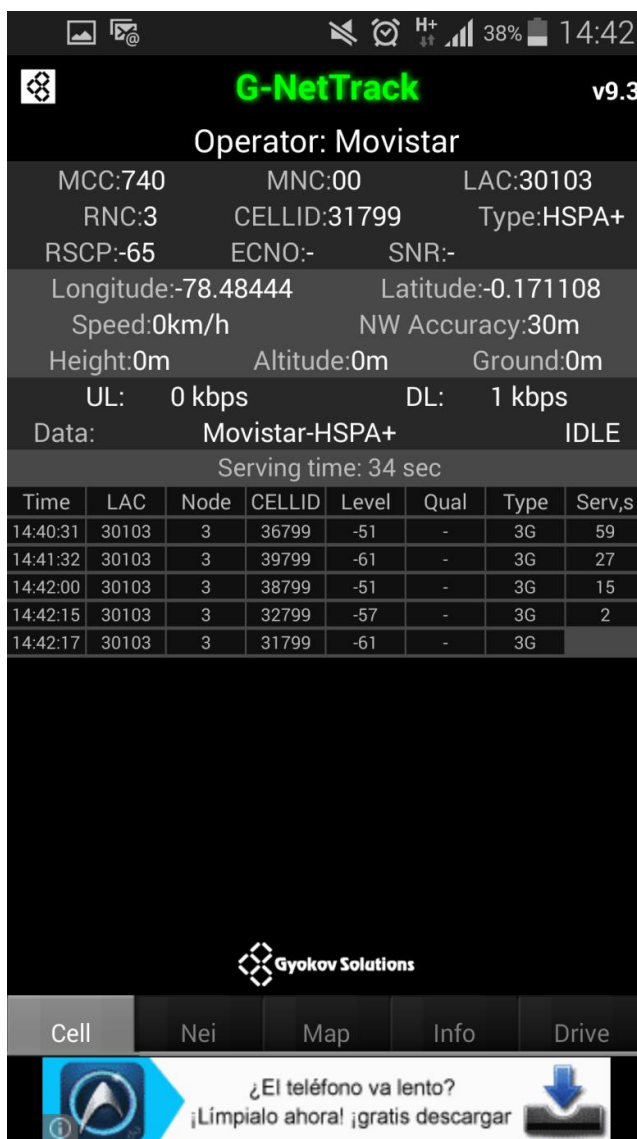


Figura 92 Prueba de niveles de cobertura del sector 2.

La figura 93 se comprueba las velocidades de subida y bajada de datos, para esto se ha utilizado la herramienta SPEEDTEST. Las velocidad de bajada es de 1,95 Mbps y la velocidad de subida de 0,87 Mbps, realizando una comparación con la tabla III. 8. se concluye que esta cumpliendo con las velocidades para una red 3G.

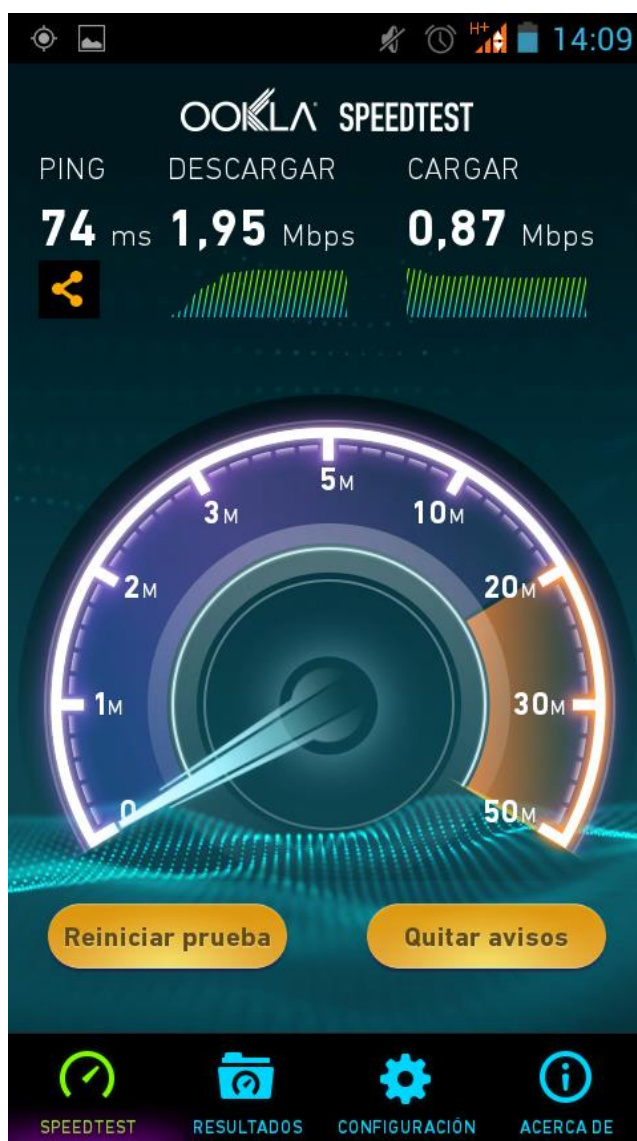


Figura 93 Velocidades de subida y bajada del sector 2

4.3.3 Sector 3.

La figura 94 se observa los niveles de señal de RSCP medida con la herramienta G-NetTrack esta en el orden de -61 dB lo cual indica que según la tabla III. 9 se encuentra en niveles buenos de señal en el rango que va de -45 a -75 dB.

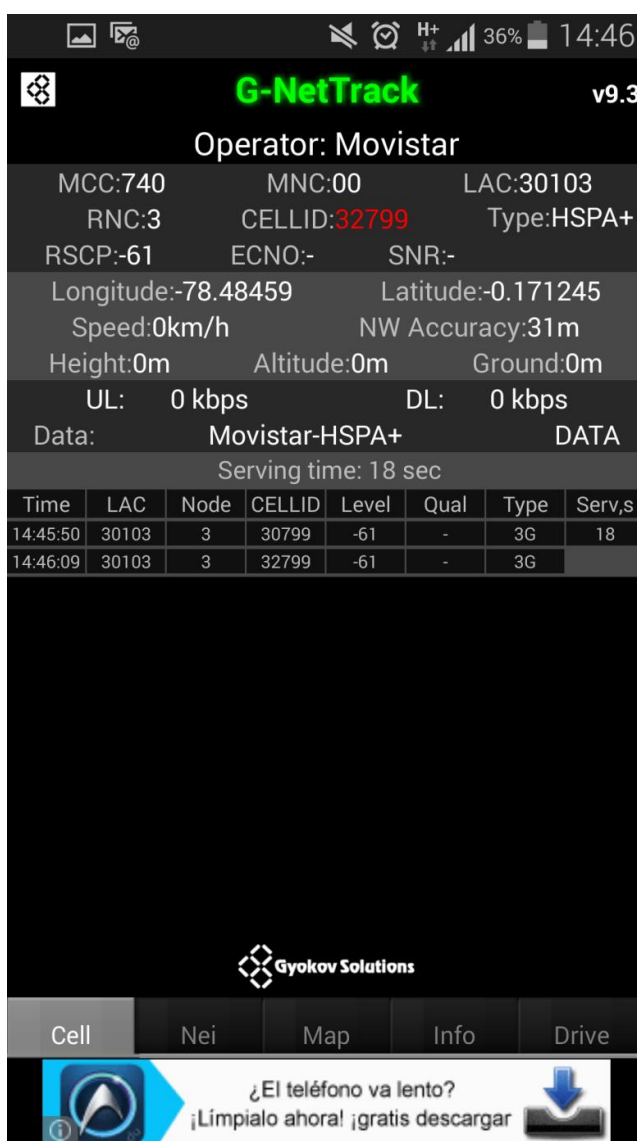


Figura 94 Prueba de niveles de cobertura del sector 3.

La figura 95 se comprueba las velocidades de subida y bajada de datos, para esto se ha utilizado la herramienta SPEEDTEST. Las velocidad de bajada es de 2,13 Mbps y la velocidad de subida de 0,79 Mbps, realizando una comparación con la tabla III. 8. se concluye que esta cumpliendo con las velocidades para una red 3G.



Figura 95 Velocidades de subida y bajada del sector 3

4.3.4 Sector 4.

La figura 96 se observa los niveles de señal de RSCP medida con la herramienta G-NetTrack entre -53 dB y -61 dB lo cual indica que según la tabla III. 9 se encuentra en niveles buenos de señal en el rango que va de -45 a -75 dB.

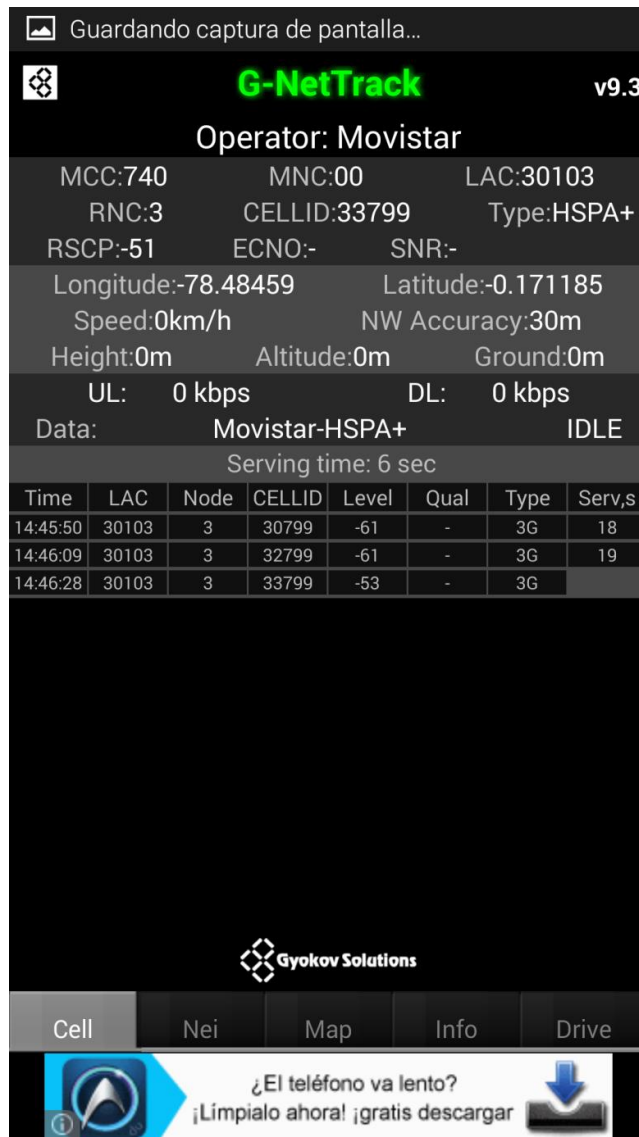


Figura 96 Prueba de niveles de cobertura del sector 4.

La figura 97 se comprueba las velocidades de subida y bajada de datos, para esto se ha utilizado la herramienta SPEEDTEST. Las velocidad de bajada es de 2,13 Mbps y la velocidad de subida de 0,79 Mbps, realizando una comparación con la tabla III. 8. se concluye que esta cumpliendo con las velocidades para una red 3G.



Figura 97 Velocidades de subida y bajada del sector 4.

2.1.1 Sector 5.

La figura 98 se observa los niveles de señal de RSCP medida con la herramienta G-NetTrack entre -59 dB y -71 dB lo cual indica que según la tabla III. 9 se encuentra en niveles buenos de señal en el rango que va de -45 a -75 dB.

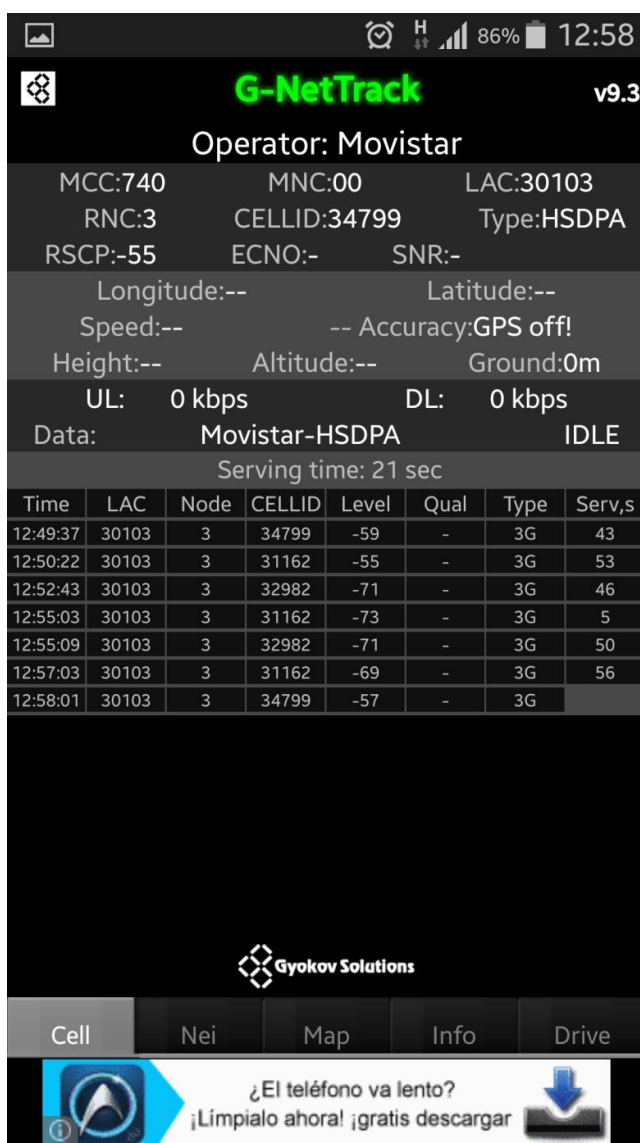


Figura 98 Prueba de niveles de cobertura del sector 5.

La figura 99 se comprueba las velocidades de subida y bajada de datos, para esto se ha utilizado la herramienta SPEEDTEST. Las velocidad de bajada es de 1,4 Mbps y la velocidad de subida de 0,83 Mbps, realizando una comparación con la tabla III. 8. se concluye que esta cumpliendo con las velocidades para una red 3G.

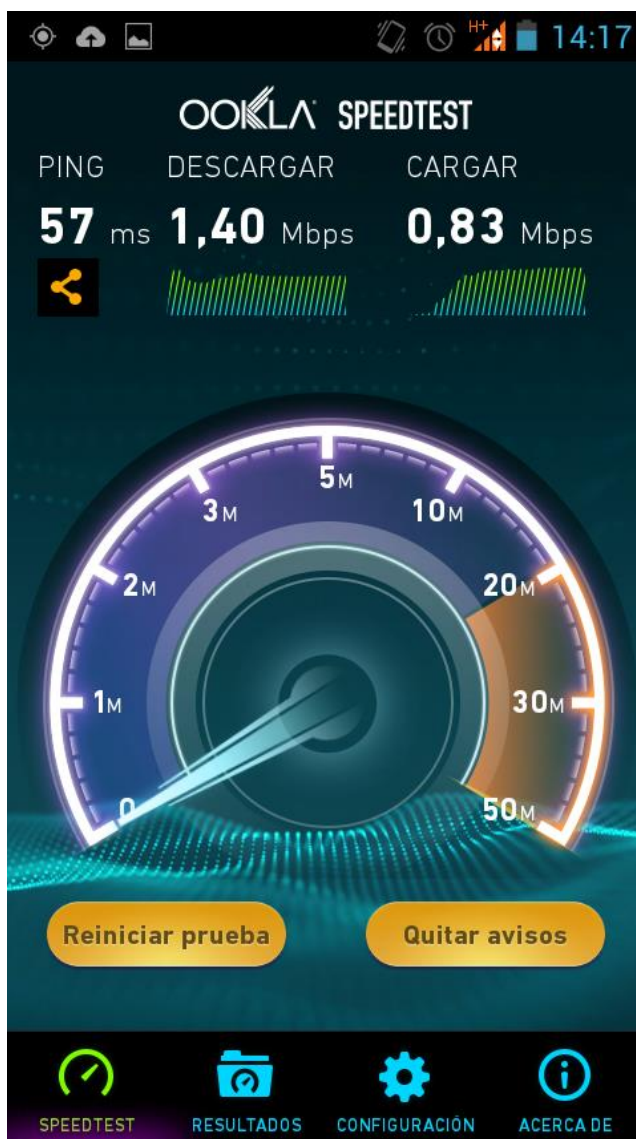


Figura 99 Velocidades de subida y bajada del sector 5.

2.1.2 Sector 6.

La figura 100 se observa los niveles de señal de RSCP medida con la herramienta G-NetTrack tiene un nivel de -55 dB lo cual indica que según la tabla III. 9 se encuentra en niveles buenos de señal en el rango que va de -45 a -75 dB.

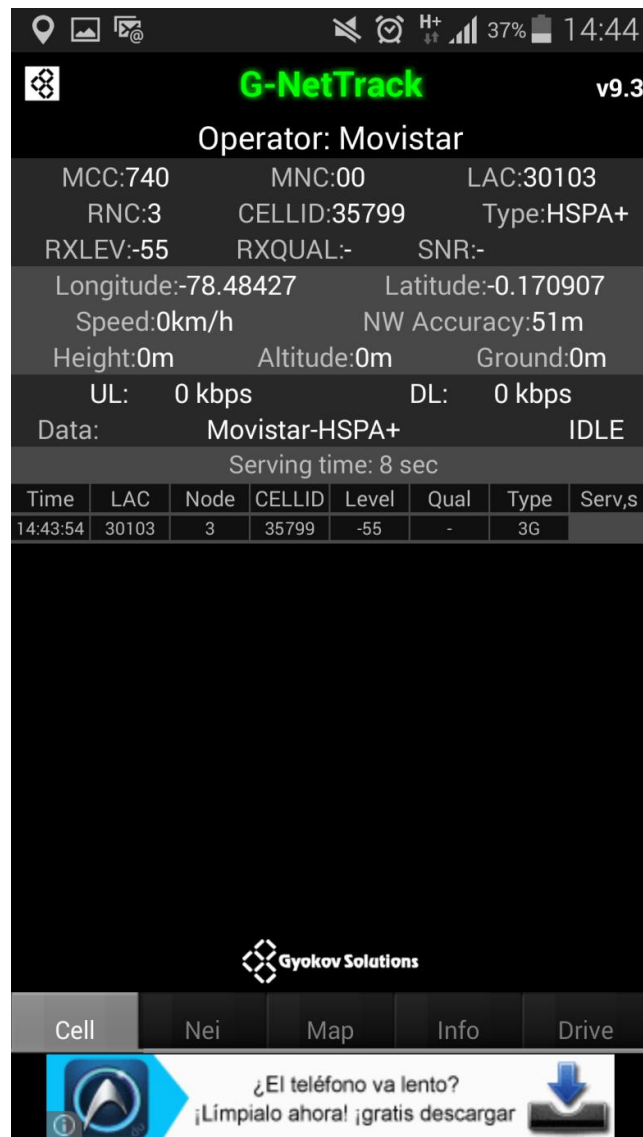


Figura 100 Prueba de niveles de cobertura del sector 6.

La figura 101 se comprueba las velocidades de subida y bajada de datos, para esto se ha utilizado la herramienta SPEEDTEST. Las velocidad de bajada es de 1,95 Mbps y la velocidad de subida de 0,87 Mbps, realizando una comparación con la tabla III. 8. se concluye que esta cumpliendo con las velocidades para una red 3G.

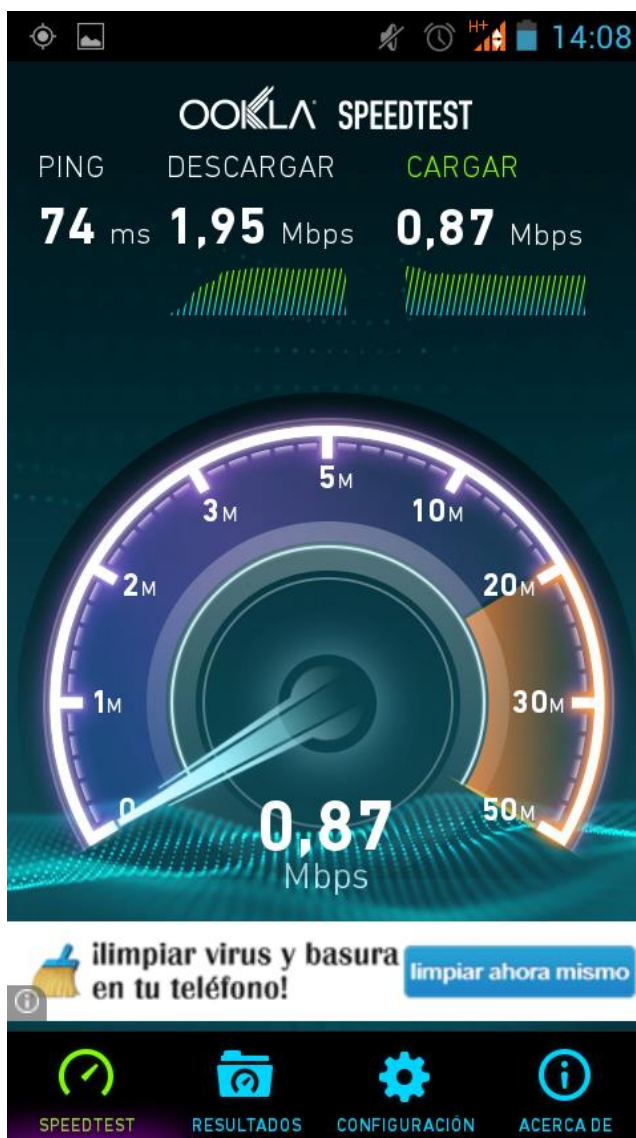


Figura 101 Velocidades de subida y bajada del sector 6

4.4 Análisis de cobertura en base a la recolección de mediciones en varias zonas en el Edificio Matriz Banco Pichincha.

Una de las herramientas que se utilizará para realizar el análisis de la cobertura y desempeño de la picocelda Matriz Banco Pichincha será un walking test final con el objetivo de comparar los datos obtenidos en el walking test inicial con el walking test final y poder confirmar que la optimización implementada funciona y cumple con los requerimientos de la operadora.

4.4.1 Pruebas de Voz.

Piso 9.



Figura 102 Ruta del Walking test en el piso 9 para pruebas de voz.

La figura 102 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 75 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 75

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 9.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(346)
●	-75 to -45	(31)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 75 se puede concluir que 346 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 31 llamadas en el rango que va de -45 dBm a -75 dBm.

Piso 8.



Figura 103. Ruta del Walking test en el piso 8 para pruebas de voz.

La figura 103 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 76 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 76

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 8.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(383)
●	-75 to -45	(43)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla. 76 se puede concluir que 383 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 43 llamadas en el rango que va de -45 dBm a -75 dBm.

Piso 7.

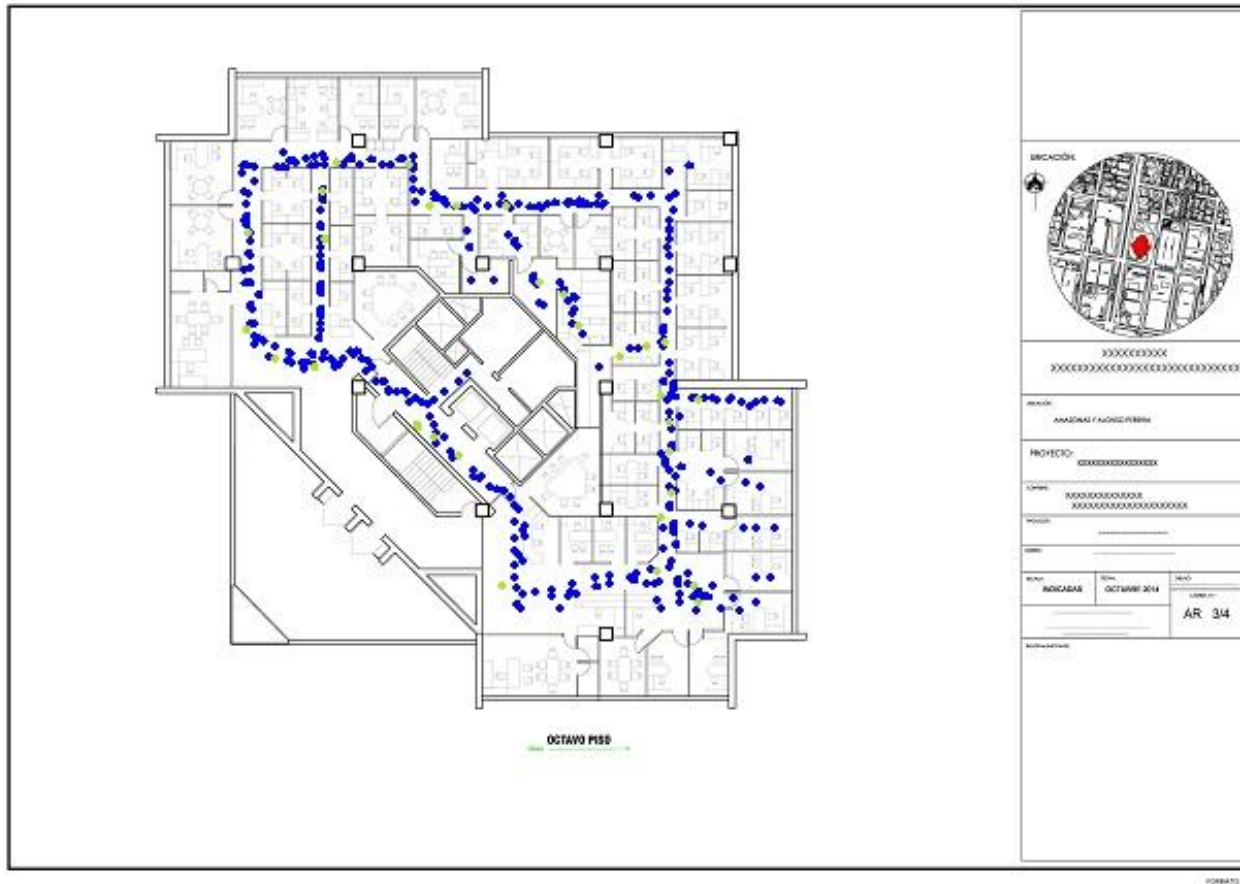


Figura 104 Ruta del Walking test en el piso 7 para pruebas de voz.

La figura 104 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 77 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 77

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 7.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to	0	(320)
●	-75 to	-45	(30)
●	-85 to	-75	(0)
●	-95 to	-85	(0)
●	-105 to	-95	(0)
●	-140 to	-105	(0)
	Out of Range		(0)

De los datos obtenidos en la tabla 77 se puede concluir que 320 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 30 llamadas en el rango que va de -45 dBm a -75 dBm.

Piso 6.

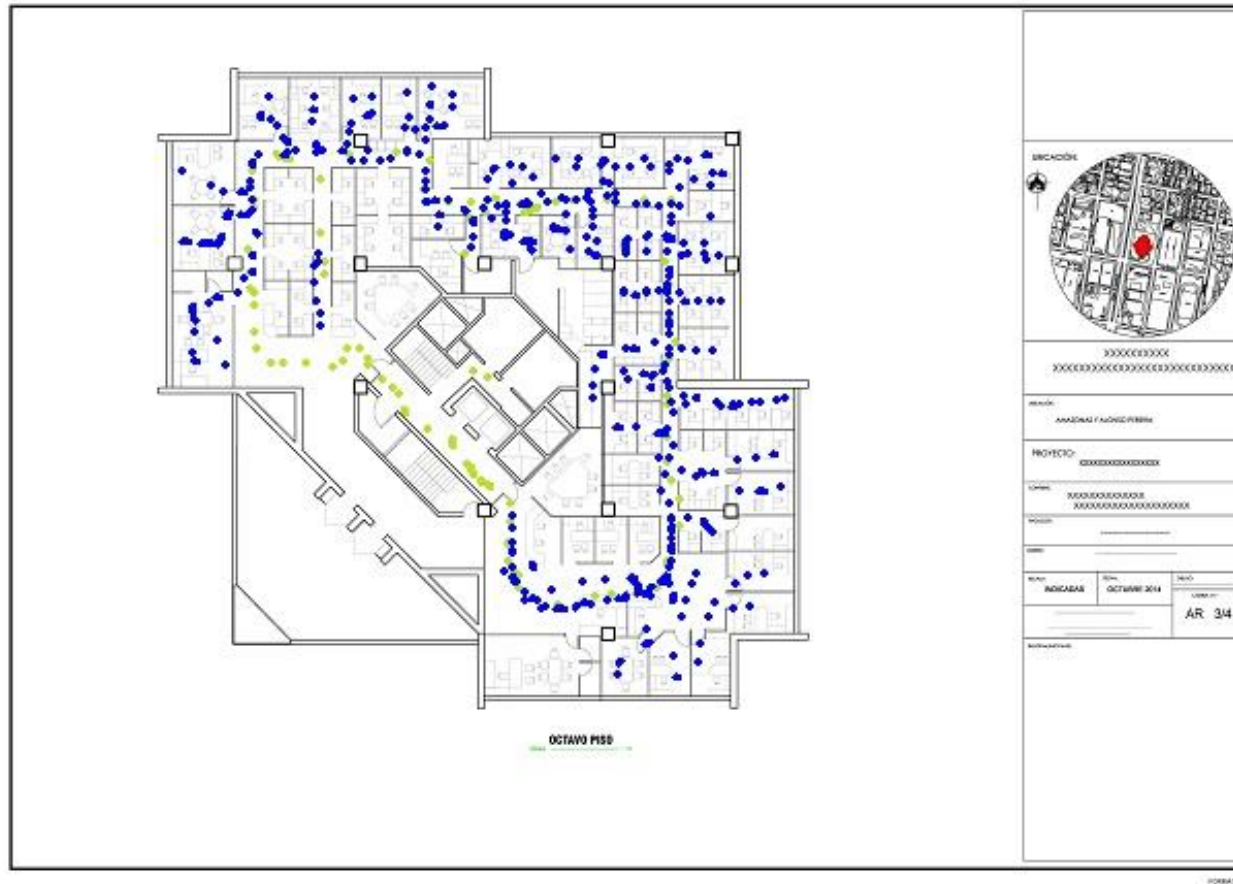


Figura 105 Ruta del Walking test en el piso 6 para pruebas de voz.

La figura 105 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 78 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 78

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 6.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(440)
●	-75 to -45	(85)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 78 se puede concluir que 440 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 85 llamadas en el rango que va de -45 dBm a -75 dBm.

Piso 5.

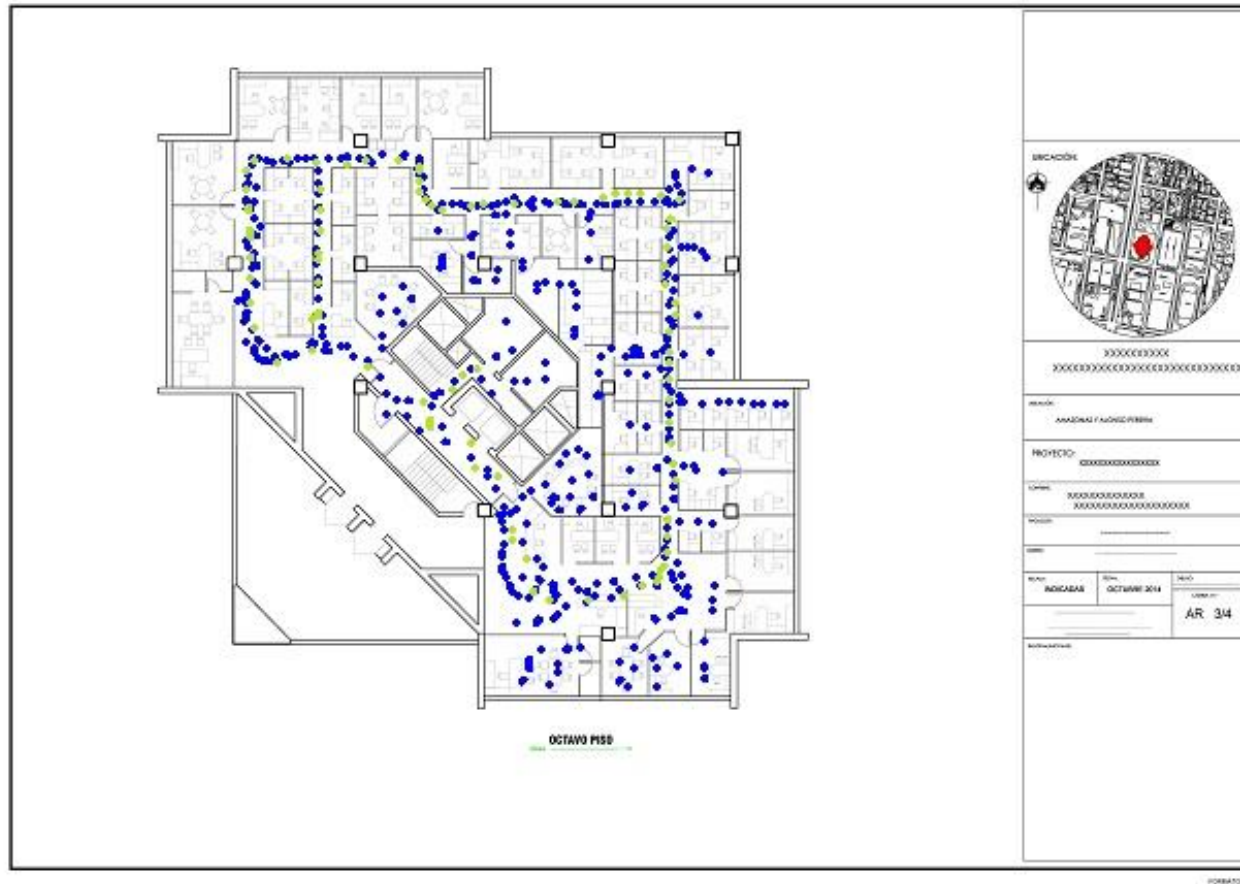


Figura 106 Ruta del Walking test en el piso 5 para pruebas de voz.

La figura 106 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 79 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 79

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 5.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(370)
●	-75 to -45	(81)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 79 se puede concluir que 370 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 81 llamadas en el rango que va de -45 dBm a -75 dBm.

Piso 4.

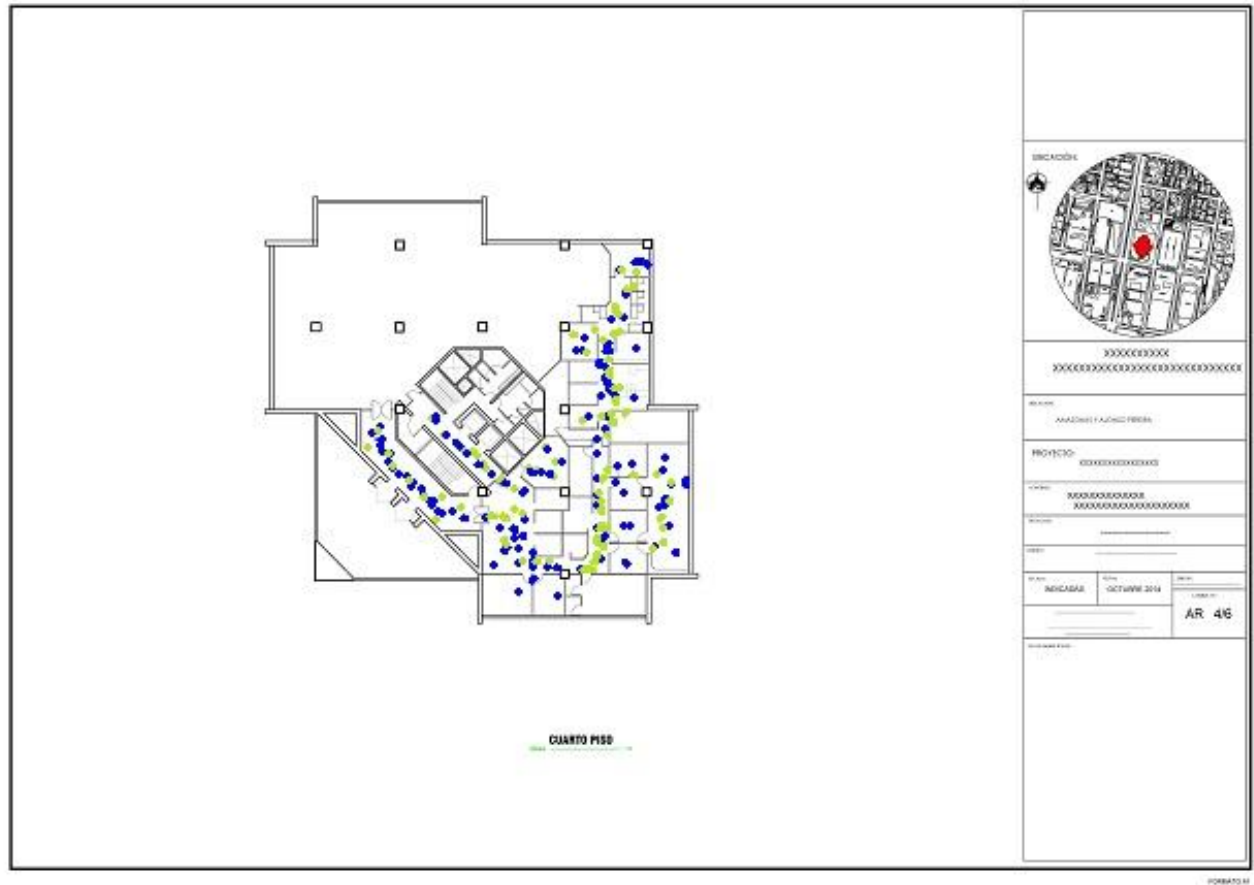


Figura 107 Ruta del Walking test en el piso 4 para pruebas de voz.

La figura 107 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 80 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 80

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 4.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(205)
●	-75 to -45	(68)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 80 se puede concluir que 205 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 68 llamadas en el rango que va de -45 dBm a -75 dBm.

Piso 3.



Figura 108 Ruta del Walking test en el piso 3 para pruebas de voz.

La figura 108 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 81 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 81

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 3.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to	0	(30)
●	-75 to	-45	(0)
●	-85 to	-75	(0)
●	-95 to	-85	(0)
●	-105 to	-95	(0)
●	-140 to	-105	(0)
	Out of Range		(0)

De los datos obtenidos en la tabla 81 se puede concluir que 30 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45.

Piso 2.



Figura 109 Ruta del Walking test en el piso 2 para pruebas de voz.

La figura 109 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 82

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 2.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(73)
●	-75 to -45	(0)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 82 se puede concluir que 73 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm.

Piso 1.

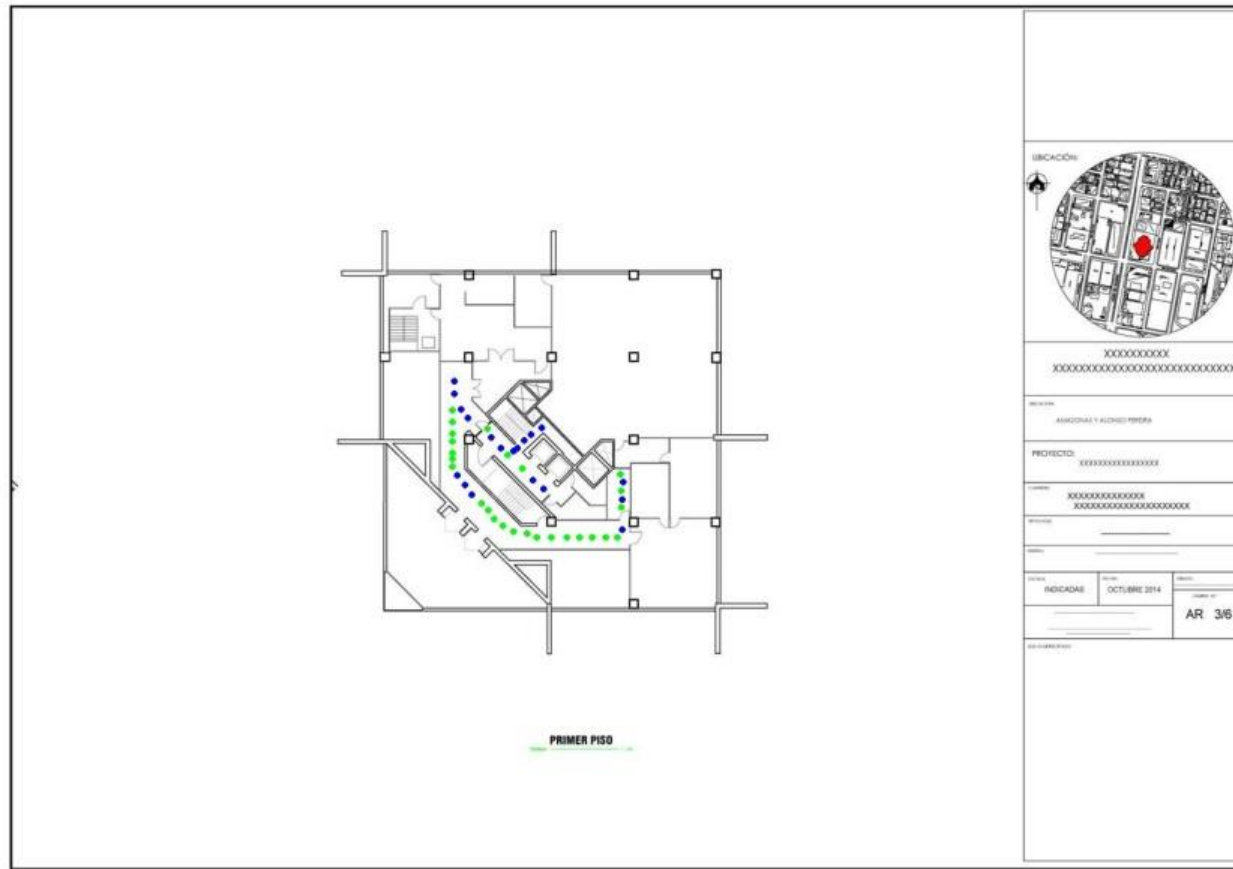


Figura 110 Ruta del Walking test en el piso 1 para pruebas de voz.

La figura 110 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 82 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 83

Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 1.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(48)
●	-75 to -45	(45)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 83 se puede concluir que 48 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 45 llamadas en el rango que va desde los -45 dBm a los -75 dBm.

Planta Baja.



Figura 111 Ruta del Walking test en la planta baja para pruebas de voz.

La figura 111 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 84

Número de llamadas en función de las potencias de señal de la planta baja.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to	0	(168)
●	-75 to	-45	(90)
●	-85 to	-75	(0)
●	-95 to	-85	(0)
●	-105 to	-95	(0)
●	-140 to	-105	(0)
	Out of Range		(0)

De los datos obtenidos en la tabla 84 se puede concluir que 168 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 90 llamadas en el rango que va desde los -45 dBm a los -75 dBm.

Subsuelo 1.

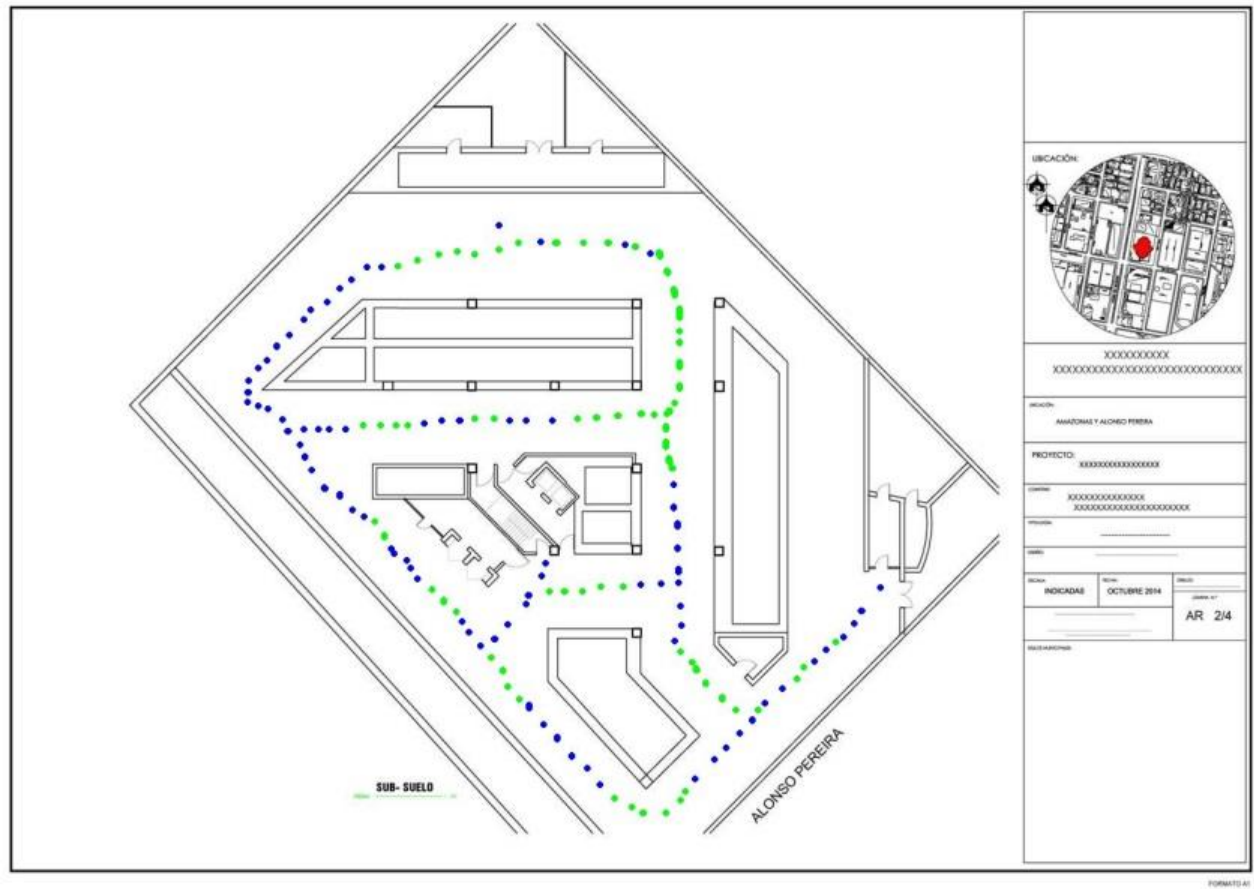


Figura 112 Ruta del Walking test en el subsuelo 1 para pruebas de voz.

La figura 112 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 85 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 85

Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 1.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(107)
●	-75 to -45	(68)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 85 se puede concluir que 107 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 68 llamadas en el rango que va desde los -45 dBm a los -75 dBm.

Subsuelo 2.

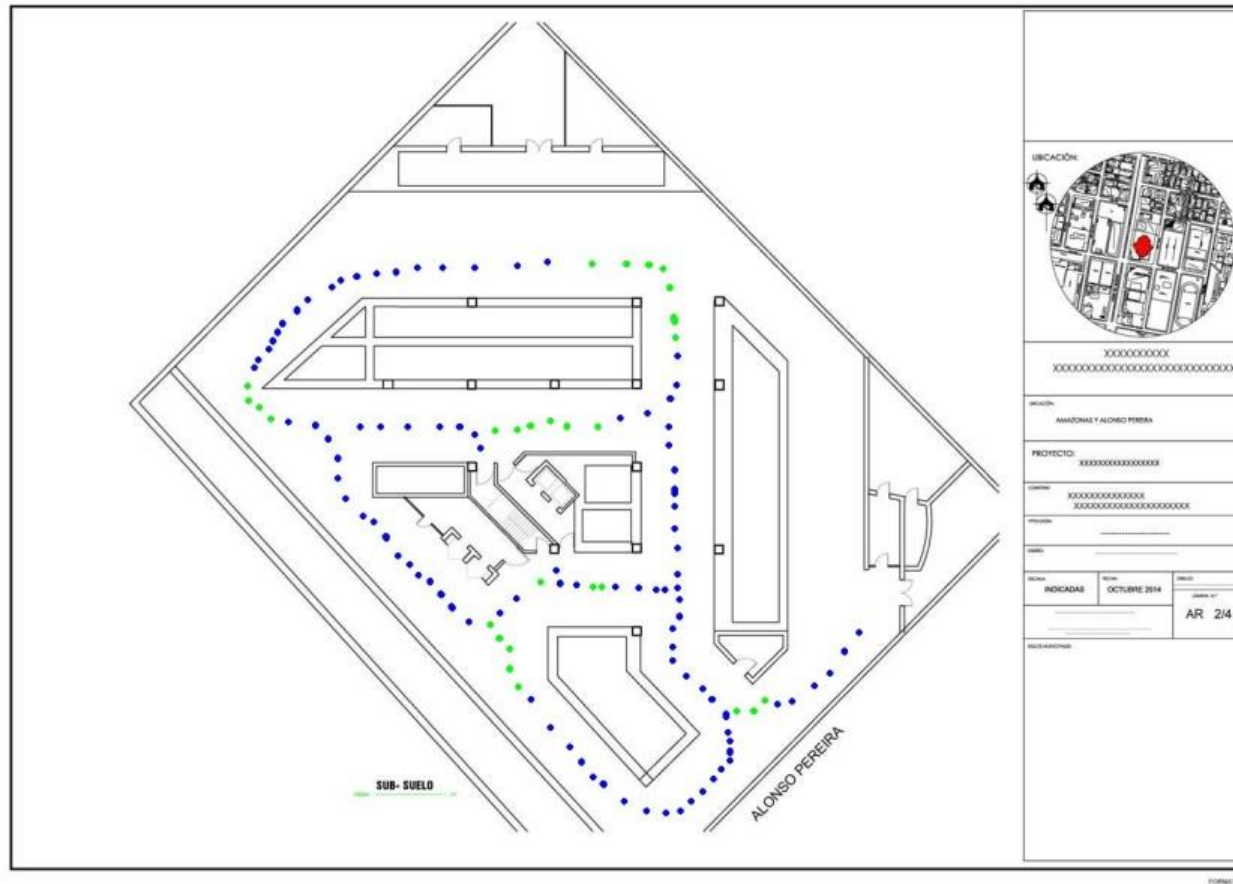


Figura 113 Ruta del Walking test en el subsuelo 2 para pruebas de voz.

La figura 113 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 86 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 86

Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 2.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(136)
●	-75 to -45	(35)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 86 se puede concluir que 136 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 35 llamadas en el rango que va desde los -45 dBm a los -75 dBm.

Subsuelo 3.

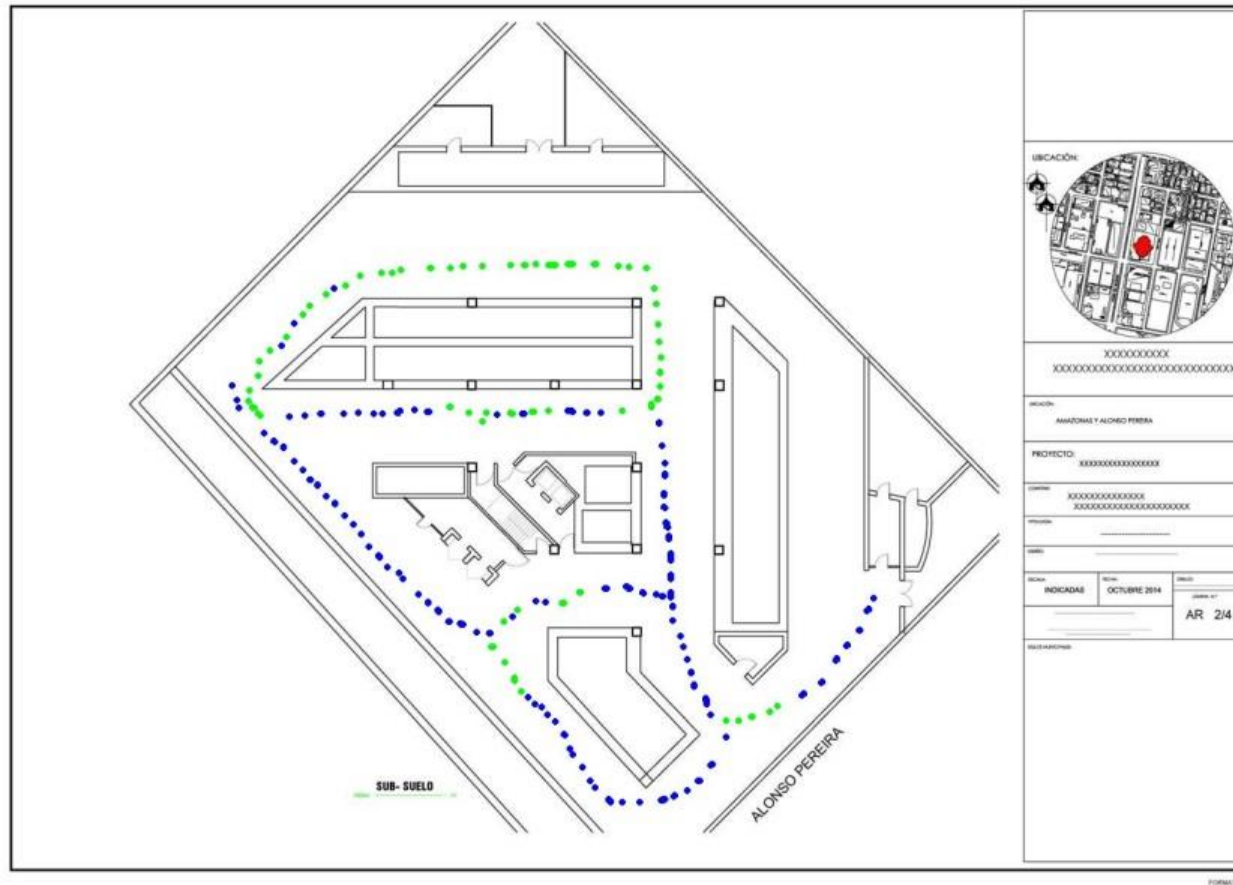


Figura 114 Ruta del Walking test en el subsuelo 3 para pruebas de voz.

La figura 114 se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.

La tabla 87 se indica las estadísticas obtenidas a través del software para la señal de voz.

Tabla 87

Número de llamadas en función de las potencias de señal del subsuelo 3.

Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(124)
●	-75 to -45	(62)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

De los datos obtenidos en la tabla 87 se puede concluir que 124 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 62 llamadas en el rango que va desde los -45 dBm a los -75 dBm.

4.4.2 Análisis del desempeño de la red en el servicio de voz.

La tabla 88 se observa que el porcentaje del desempeño de la red de voz; el cual para ser correcto debe cumplir por lo menos con el 95% de las llamadas conectadas, las cuales se deben establecer en un tiempo menor a 12 segundos.

Tabla 88

Porcentaje del desempeño de la red de voz final.

Llamada larga

Piso	Total Llamadas	Llamadas Conectadas	Llamadas Erradas	Desempeño
9	377	377	0	100
8	426	426	0	100
7	350	350	0	100
6	525	525	0	100
5	451	451	0	100
4	273	273	0	100
3	30	30	0	100
2	73	73	0	100
1	93	93	0	100
P B	258	258	0	100
S 1	175	175	0	100
S 2	171	171	0	100
S 3	186	186	0	100

Se concluye que el desempeño de la red es al 100%; el 81,16 % de las llamadas conectadas se encuentran en niveles de potencia que van desde 0 dBm a -45 dBm, con lo cual se determina que el servicio de voz mejoro.

4.4.3 Pruebas de HSDPA.

Piso 9.



Figura 115 Ruta del Walking test en el piso 9 para pruebas de HSDPA.

La figura 115 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 89 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 89

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 9.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	5,800 to 15,000	(92)
●	2,600 to 5,800	(1)
●	1,200 to 2,600	(0)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(4)
	Out of Range	(0)

Del total de muestras indicadas en tabla 89 únicamente 4 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

Piso 8.

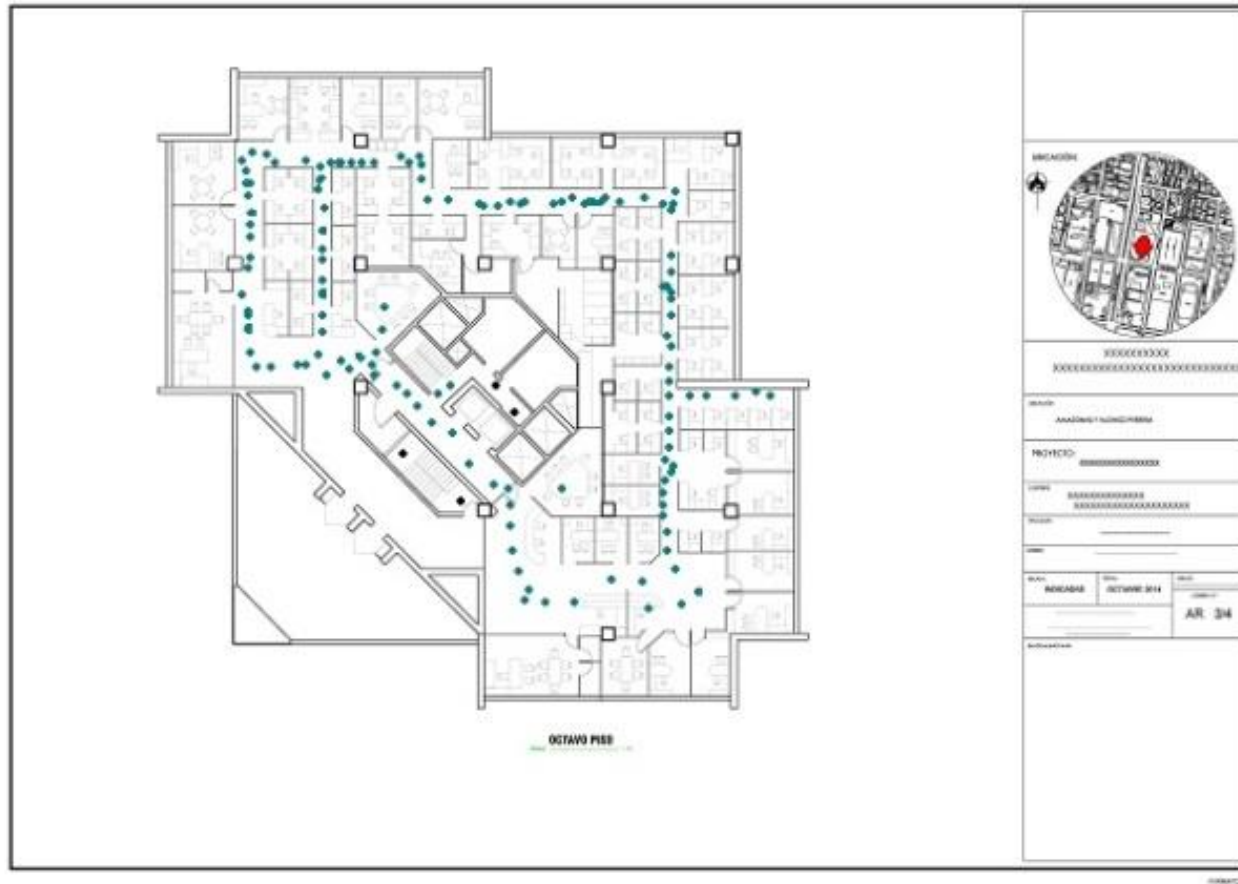


Figura 116 Ruta del Walking test en el piso 8 para pruebas de HSDPA.

La figura 116 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 90 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 90.

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 8.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	5,800 to 15,000	(116)
●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(0)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(4)
	Out of Range	(0)

Del total de muestras indicadas en la tabla 90 únicamente 4 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

Piso 7.

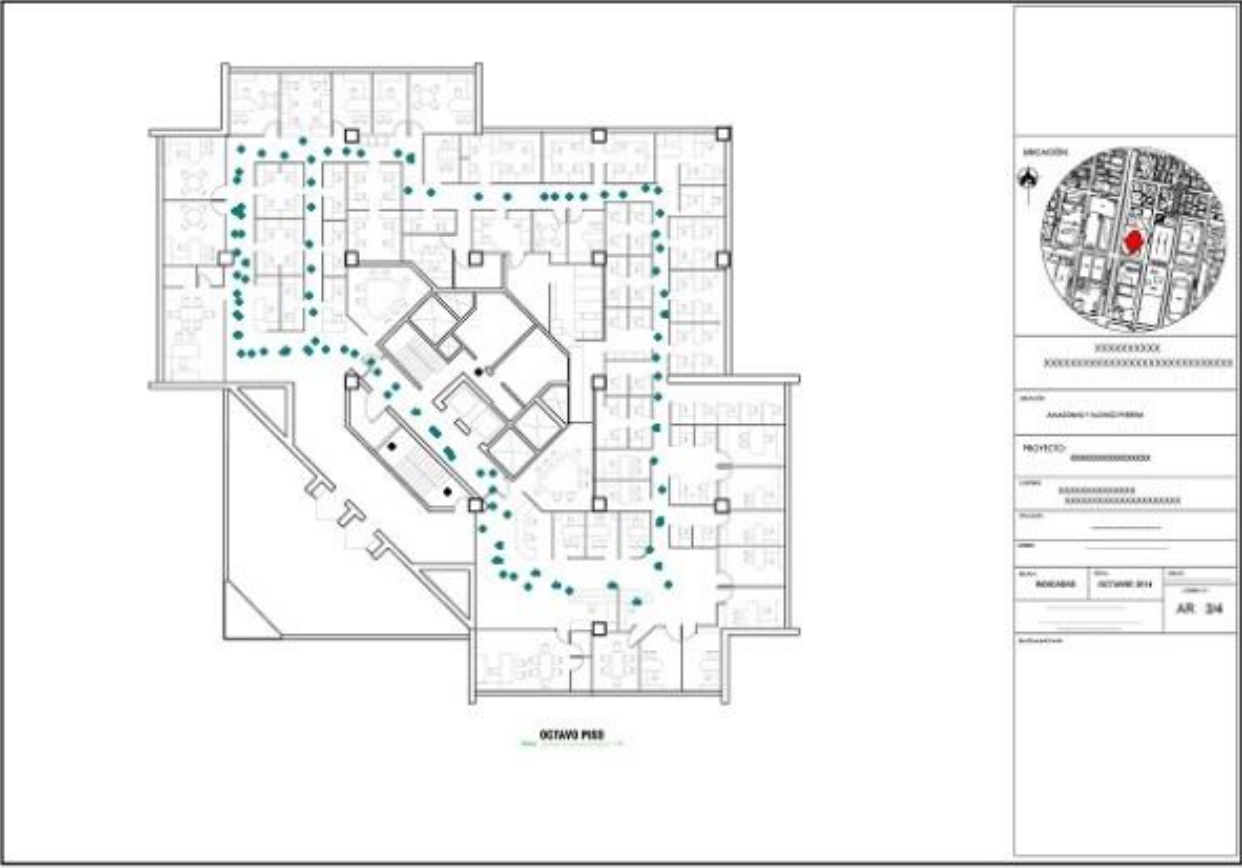


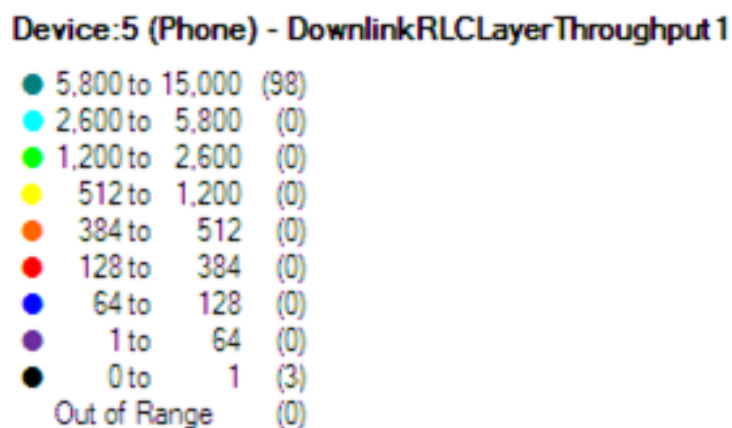
Figura 117 Ruta del Walking test en el piso 7 para pruebas de HSDPA.

La figura 117 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 91 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 91

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 7.



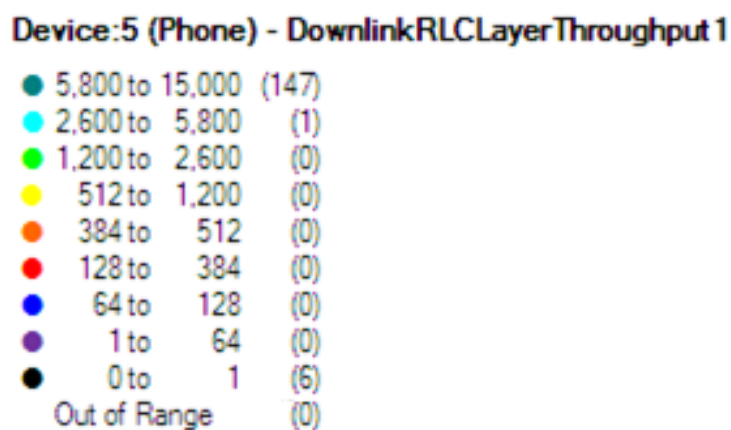
Del total de muestras indicadas en la tabla 91 únicamente 3 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

La figura 118 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 92 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 92

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 6.



Del total de muestras indicadas en la tabla 92 únicamente 6 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

Piso 5.

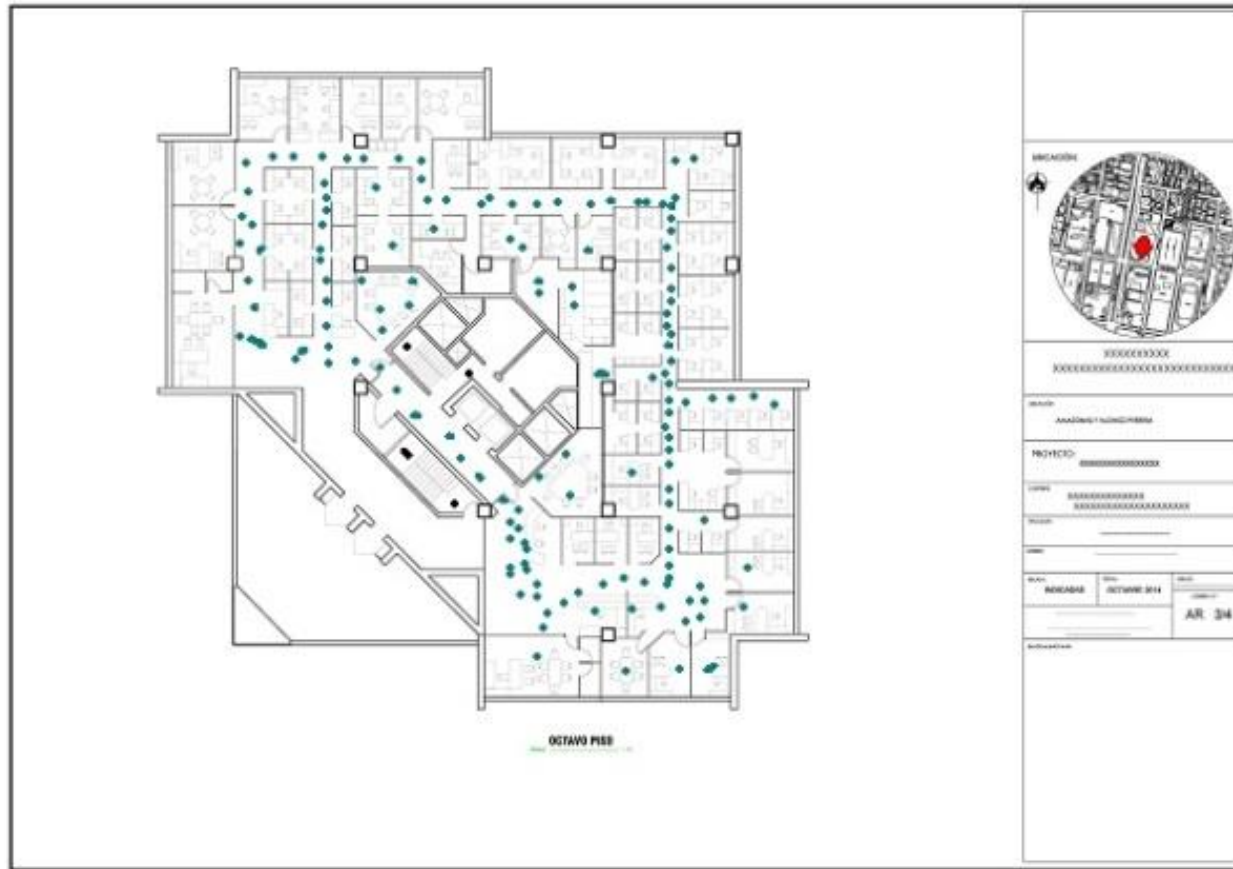


Figura 119 Ruta del Walking test en el piso 5 para pruebas de HSDPA.

La figura 119 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 93 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 93

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 5.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	5,800 to 15,000	(142)
●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(0)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(5)
	Out of Range	(0)

Del total de muestras indicadas en la tabla 93 únicamente 5 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

Piso 4.



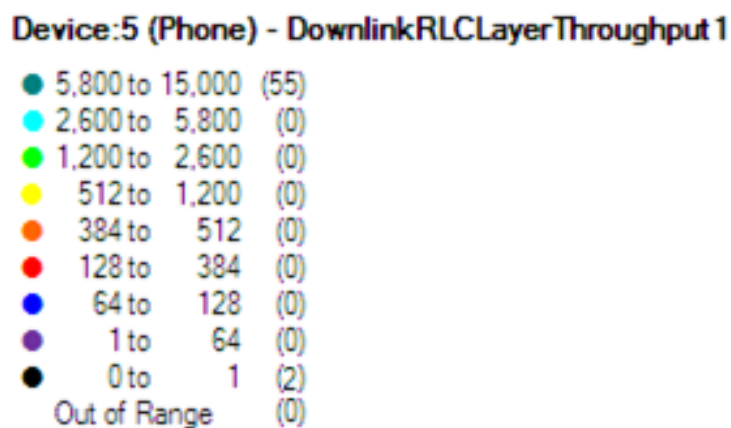
Figura 120 Ruta del Walking test en el piso 4 para pruebas de HSDPA.

La figura 120 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 94 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 94

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 4.



Del total de muestras indicadas en la tabla 94 únicamente 2 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

Piso 3.



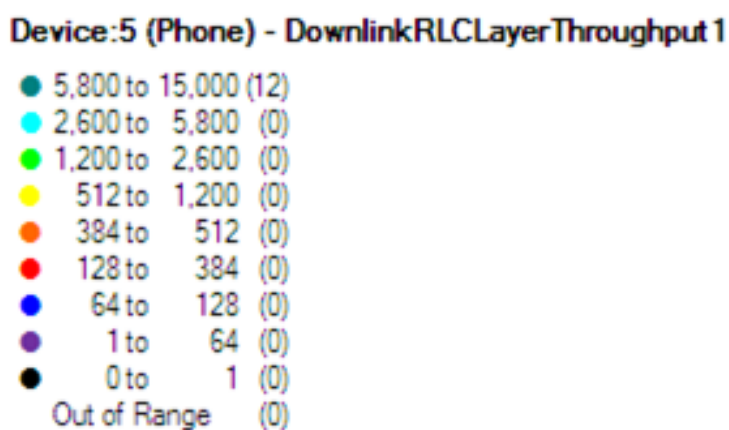
Figura 121 Ruta del Walking test en el piso 3 para pruebas de HSDPA.

La figura 121 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla. IV. 28 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 95

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 3.



Del total de muestras indicadas en la tabla 95 no existen muestras que estén debajo del requerimiento de la operadora. Se debe tomar en cuenta que este piso únicamente se da cobertura a corredor de acceso a los ascensores.

Piso 2.

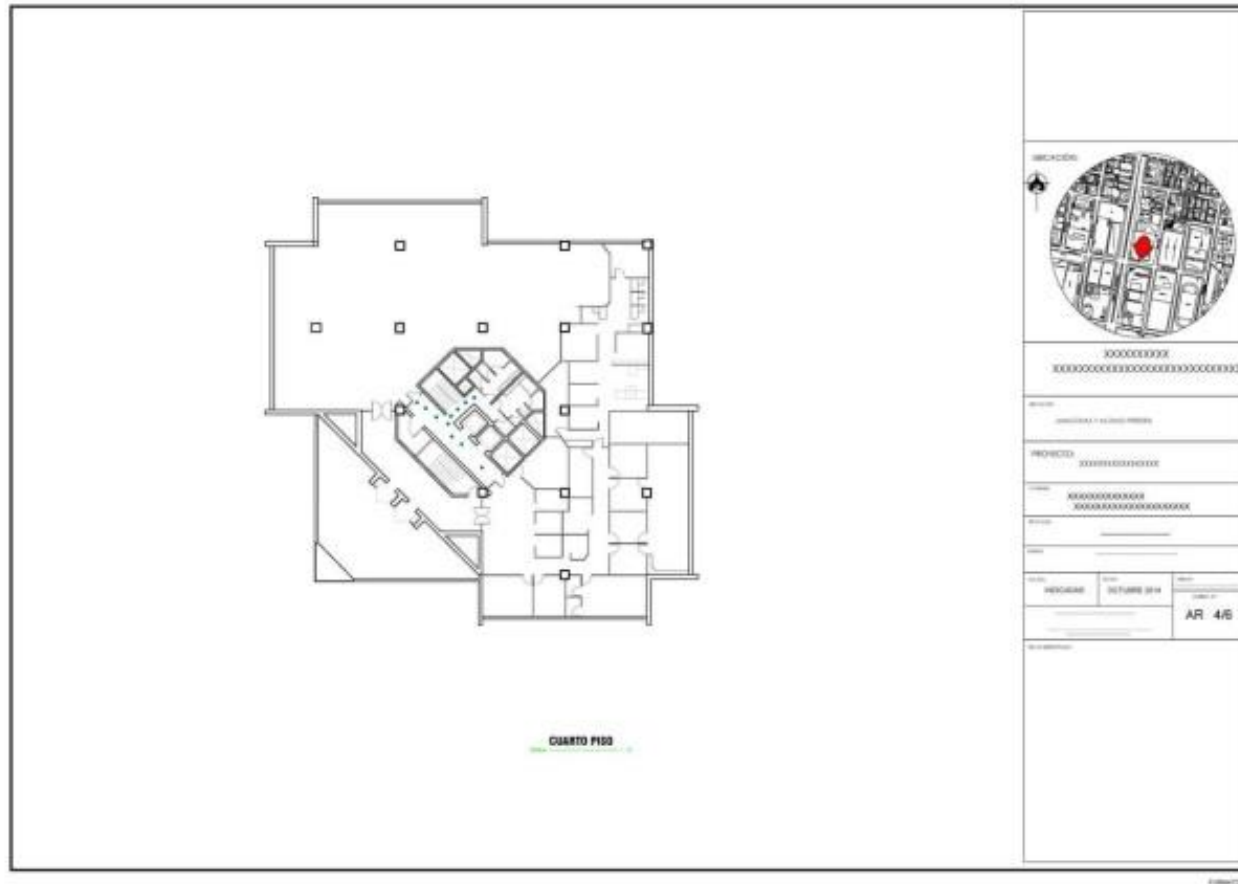


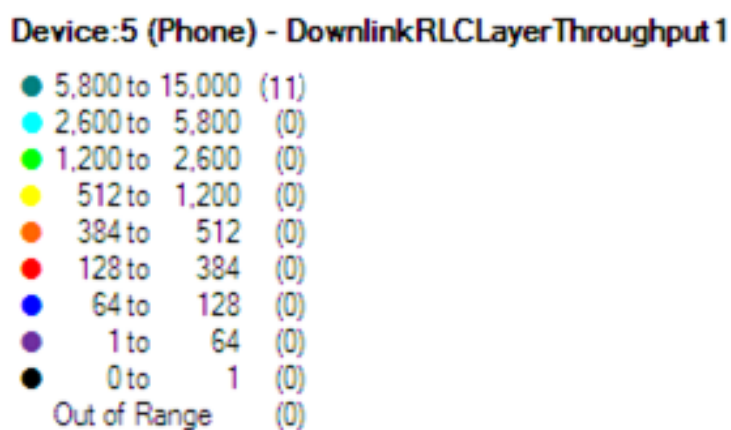
Figura 122 Ruta del Walking test en el piso 2 para pruebas de HSDPA.

La Figura 122 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 96 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 96

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 2.



Del total de muestras indicadas en la tabla 96 no existen muestras que estén debajo del requerimiento de la operadora. Se debe tomar en cuenta que este piso únicamente se da cobertura a corredor de acceso a los ascensores.

Piso 1.

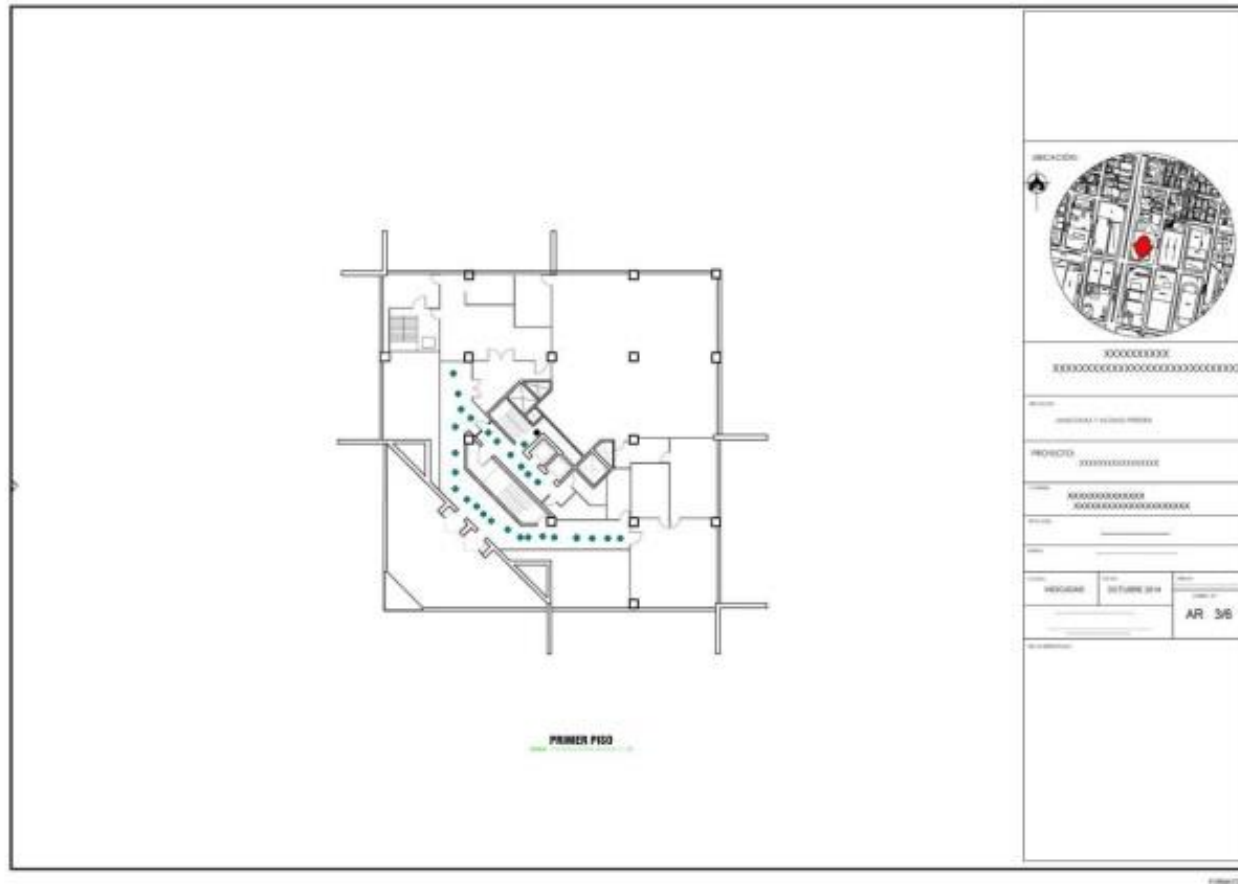


Figura 123 Ruta del Walking test en el piso 1 para pruebas de HSDPA.

La figura 123 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 97 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 97

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 1.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	5,800 to 15,000	(27)
●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(0)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(1)
	Out of Range	(0)

Del total de muestras indicadas en la tabla 97 únicamente 1 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

Planta Baja.



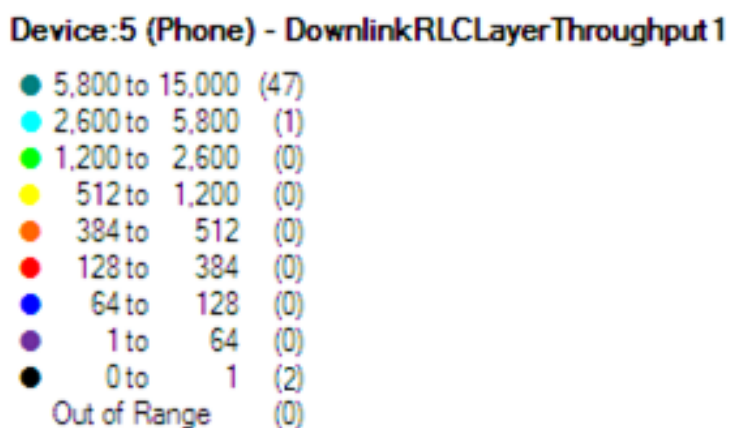
Figura 124 Ruta del Walking test en la planta baja para pruebas de HSDPA.

La figura 124 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 98 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 98

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en la planta baja.



Del total de muestras indicadas en la tabla 98 únicamente 2 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

Subsuelo 1.

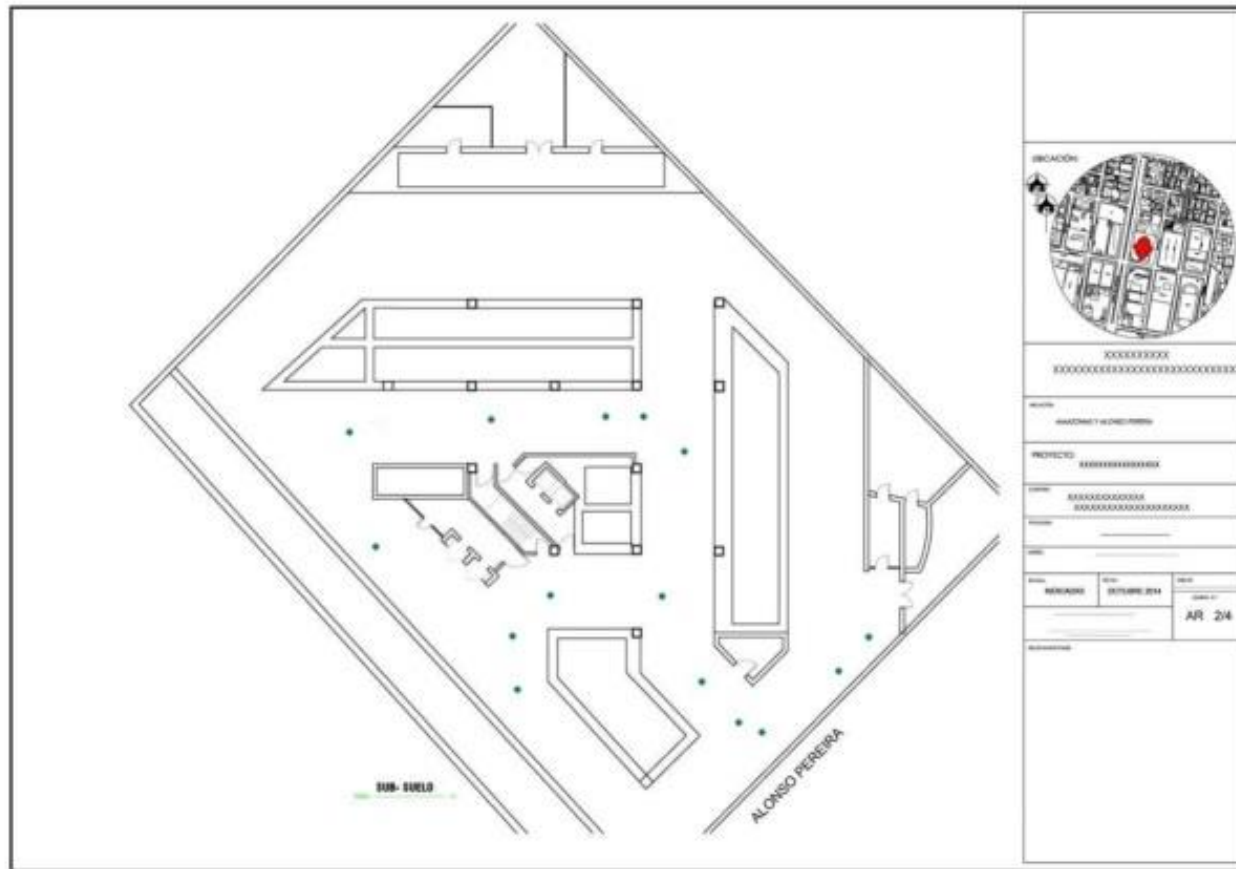


Figura 125 Ruta del Walking test en el subsuelo 1 para pruebas de HSDPA.

La figura 125 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 99 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 99

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el subsuelo 1.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	5,800 to 15,000	(15)
●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(0)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

Del total de muestras indicadas en la tabla 99 no existen muestras que estén debajo del requerimiento de la operadora.

Subsuelo 2.

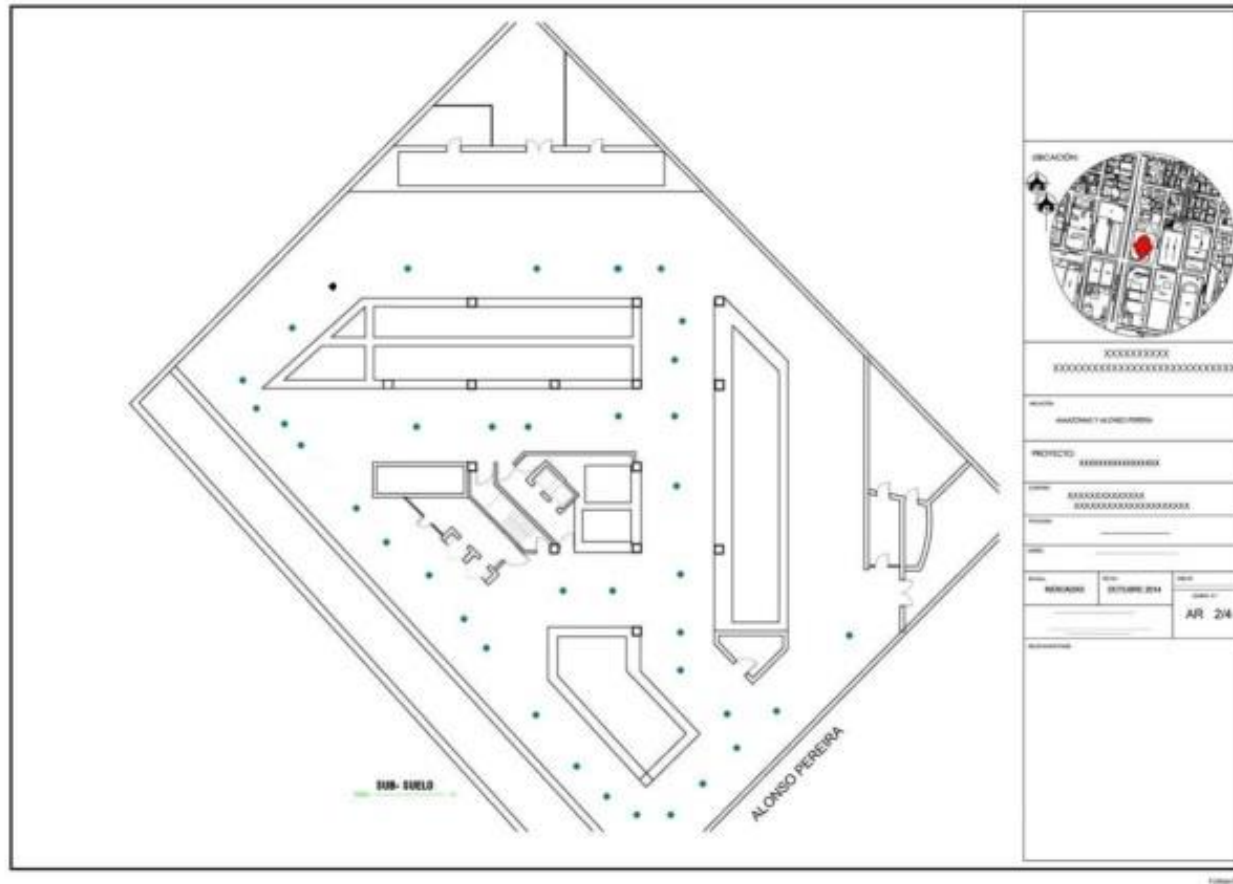


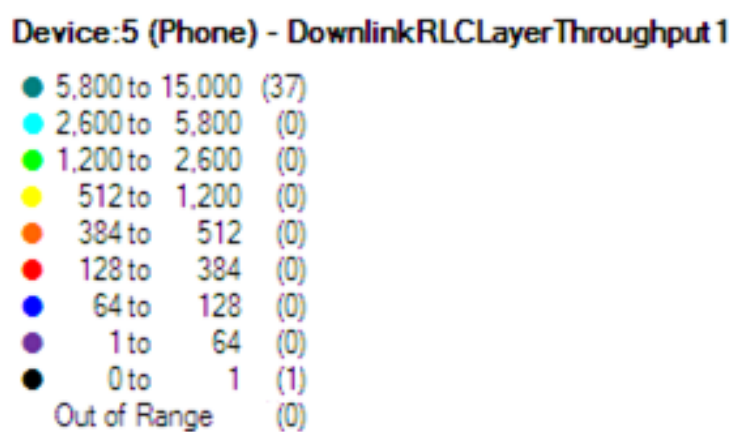
Figura 126 Ruta del Walking test en el subsuelo 2 para pruebas de HSDPA.

La figura 126 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

La tabla 110 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 100

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el subsuelo 2.



Del total de muestras indicadas en la tabla 100 únicamente 1 muestra está debajo del requerimiento de la operadora.

Subsuelo 3.

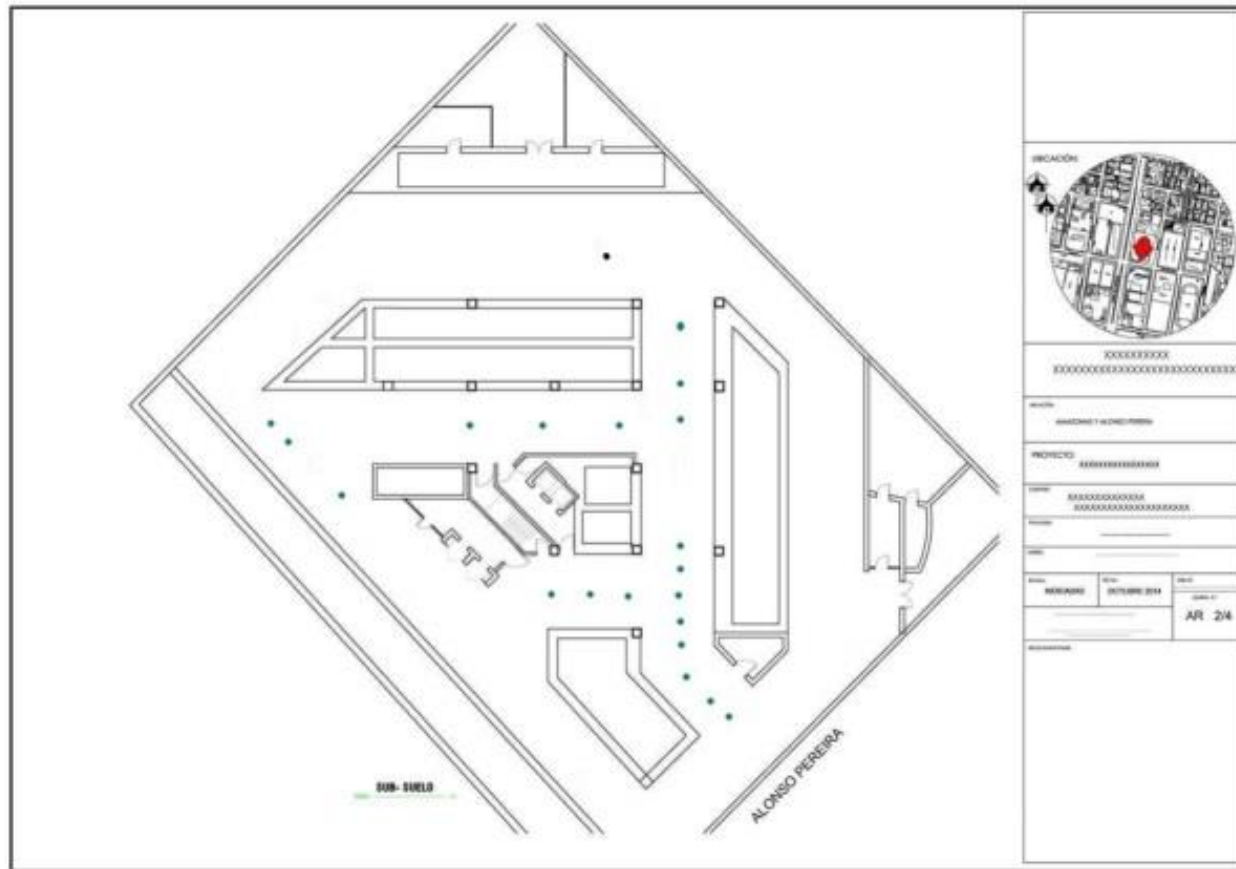


Figura 127 Ruta del Walking test en el subsuelo 3 para pruebas de HSDPA.

La figura 127 muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).

En la tabla 101 se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

Tabla 101

Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el subsuelo 3.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	5,800 to 15,000	(20)
●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(0)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(1)
	Out of Range	(0)

Del total de muestras indicadas en la tabla 101 únicamente 1 muestra está debajo del requerimiento de la operadora.

4.4.4 Análisis del desempeño de la red de datos de bajada HSDPA.

Para realizar el análisis de la red para datos de bajada, debido a que no existe una ley que establezca las velocidades mínimas de bajada para Internet Móvil, se toma como base los valores mínimos de velocidad de bajada establecidos para una red 3G y el porcentaje de desempeño de la red establecida por la operadora no debe ser menor al 95%.

Los valores mínimos de velocidad de bajada serian de 1.4 Mbps.

La tabla 102 Se indica el porcentaje de desempeño de red.

Tabla 102

Porcentaje de desempeño de la red de datos de bajada HSDPA.

Acceso de Paquetes de Alta Velocidad de Bajada HSDPA

Piso	Total Muestras	Muestras ≥ 1.4 Mbps	Muestras ≤ 1.44 Mbps	Desempeño
9	97	93	4	95,8762
8	120	116	4	96,6666
7	101	98	3	97,0297
6	154	148	6	96,1038
5	147	142	5	96,5986
4	57	55	2	96,4912
3	12	12	0	100
2	11	11	0	100
1	28	27	1	96,4285
P B	50	48	2	96
S 1	15	15	0	100
S 2	38	37	1	97,3684
S 3	21	20	1	95,2380

La tabla 102 se observa como en todos los pisos del edificio el porcentaje de desempeño de la red es mayor al 95% cumpliendo con los requerimientos de una red 3G y de la operadora.

La figura 128, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

La tabla 103, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos de velocidad de subida, el mínimo valor de velocidad de subida que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 103

Velocidad de subida para las muestras tomadas en el piso 9.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(102)
●	512 to 1,200	(192)
●	384 to 512	(1)
●	128 to 384	(1)
●	64 to 128	(1)
●	1 to 64	(5)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 103, 8 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 302 muestras.

La figura 129, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

La tabla 104, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 104

Velocidad de subida para las muestras tomadas en el piso 8.

Device:6 (Phone) - HSUPATotal Throughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(89)
●	512 to 1,200	(245)
●	384 to 512	(2)
●	128 to 384	(1)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(3)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 104, 17 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 340 muestras, de 17 muestras 6 se encuentran en rangos de velocidad menor a 512 Kbps y los 11 restantes presentan velocidades en el rango de los 600 kbps.

La figura 130, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 105, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 105

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 7.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(106)
●	512 to 1,200	(217)
●	384 to 512	(2)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 105, 15 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 325 muestras, de las 15 muestras 2 se encuentran en rangos de velocidad menor a 512 Kbps y los 13 restantes presentan velocidades en el rango de los 600 kbps.

Piso 6.



Figura 131 Ruta del Walking test en el piso 6 para pruebas de HSUPA.

La figura 131, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 106, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 106

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 6.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 2,600 to 5,800	(0)
● 1,200 to 2,600	(184)
● 512 to 1,200	(200)
● 384 to 512	(2)
● 128 to 384	(0)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(2)
● 0 to 1	(0)
● Out of Range	(0)

En la tabla 106, 16 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 388 muestras, de las 16 muestras 2 se encuentran en rangos de velocidad menor a 512 Kbps y los 14 restantes presentan velocidades en el rango de los 600 kbps.

Piso 5.



Figura 132 Ruta del Walking test en el piso 5 para pruebas de HSUPA.

La figura 132, se muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 107, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 107

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 5.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(136)
●	512 to 1,200	(243)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 107, 14 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 379 muestras, las 14 muestras presentan velocidades en el rango de los 600 kbps.

La figura 133, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 108, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 108

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 4.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(64)
●	512 to 1,200	(113)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 108, 3 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 177 muestras, las 3 muestras presentan velocidades en el rango de los 600 kbps.

Piso 3.



Figura 134 Ruta del Walking test en el piso 3 para pruebas de HSUPA.

La figura 134, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 109, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 109

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 3.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(6)
●	512 to 1,200	(28)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 109, 34 muestras presentan velocidades que están por arriba de los 700 kbps; se debe considerar que en el piso 3 únicamente se está cubriendo el corredor de acceso a los ascensores.

La figura 135, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 110, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red establecido por la operadora.

Tabla 110

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 2.

Device:6 (Phone) - HSUPATotal Throughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(4)
●	512 to 1,200	(39)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 110, 43 muestras presentan velocidades que están por arriba de los 700 kbps; se debe considerar que en el piso2 únicamente se está cubriendo el corredor de acceso a los ascensores.

Piso 1.

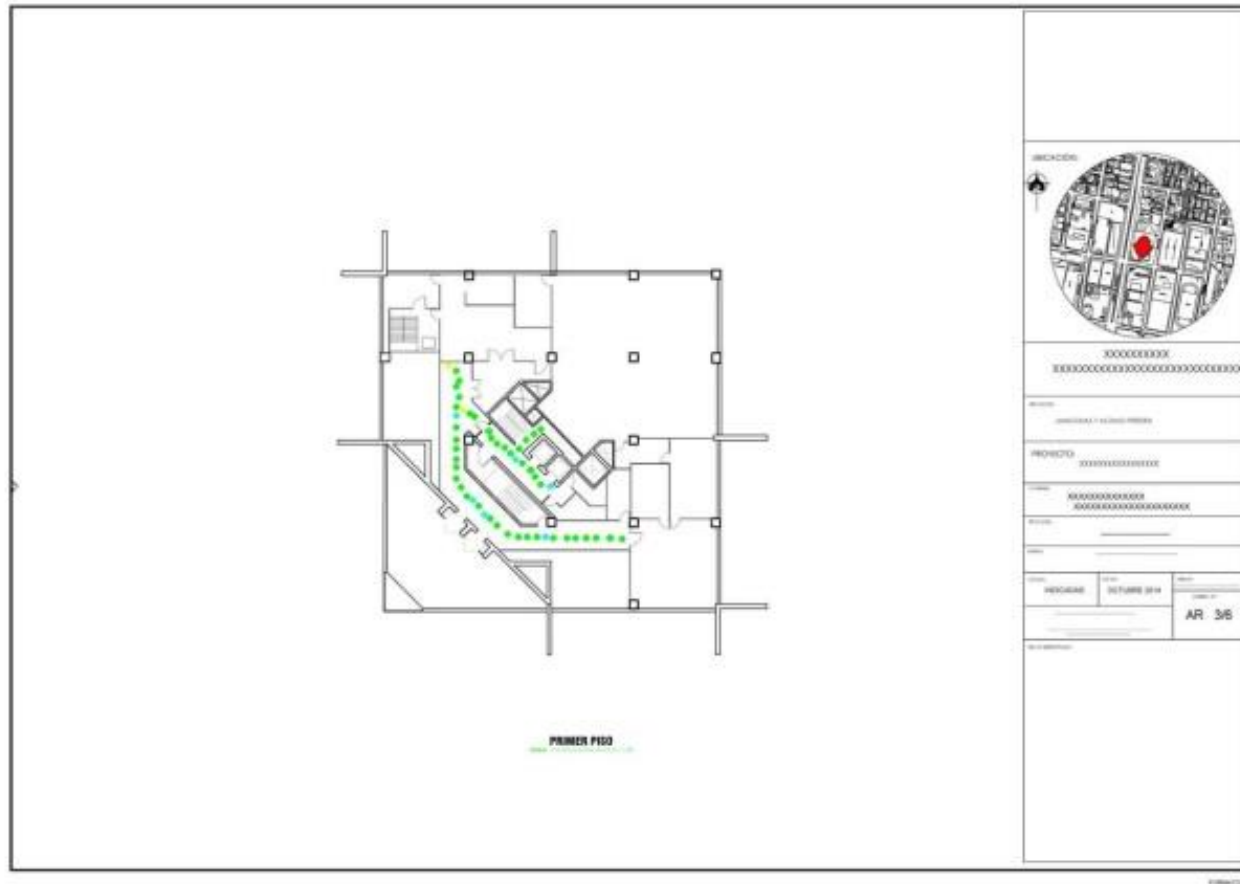


Figura 136 Ruta del Walking test en el piso 1 para pruebas de HSUPA.

La figura 136, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 111, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 111

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el piso 1.

Device:6 (Phone) - HSUPATotal Throughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(4)
●	512 to 1,200	(69)
●	384 to 512	(2)
●	128 to 384	(1)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 111, 3 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 76 muestras, las 3 muestras presentan velocidades por debajo de los 512 kbps.

Planta Baja.**Figura 137 Ruta del Walking test en la planta baja para pruebas de HSUPA.**

La figura 137, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 112, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 112

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en la planta baja.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(44)
●	512 to 1,200	(150)
●	384 to 512	(4)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 112, 4 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 198 muestras, las 4 muestras presentan velocidades que se encuentran debajo de los 512 kbps.

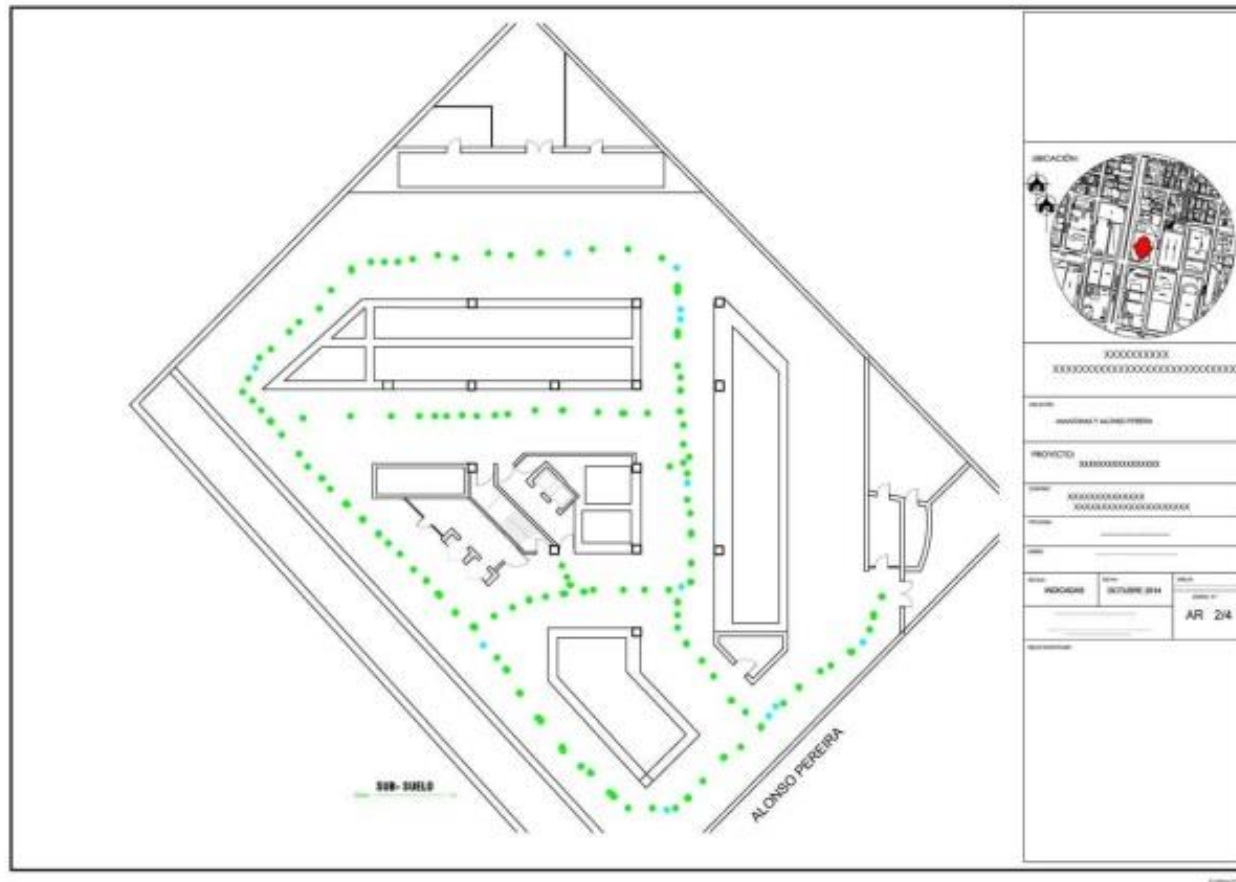
Subsuelo 1.

Figura 138 Ruta del Walking test en el subsuelo 1 para pruebas de HSUPA.

La figura 138, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 113, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

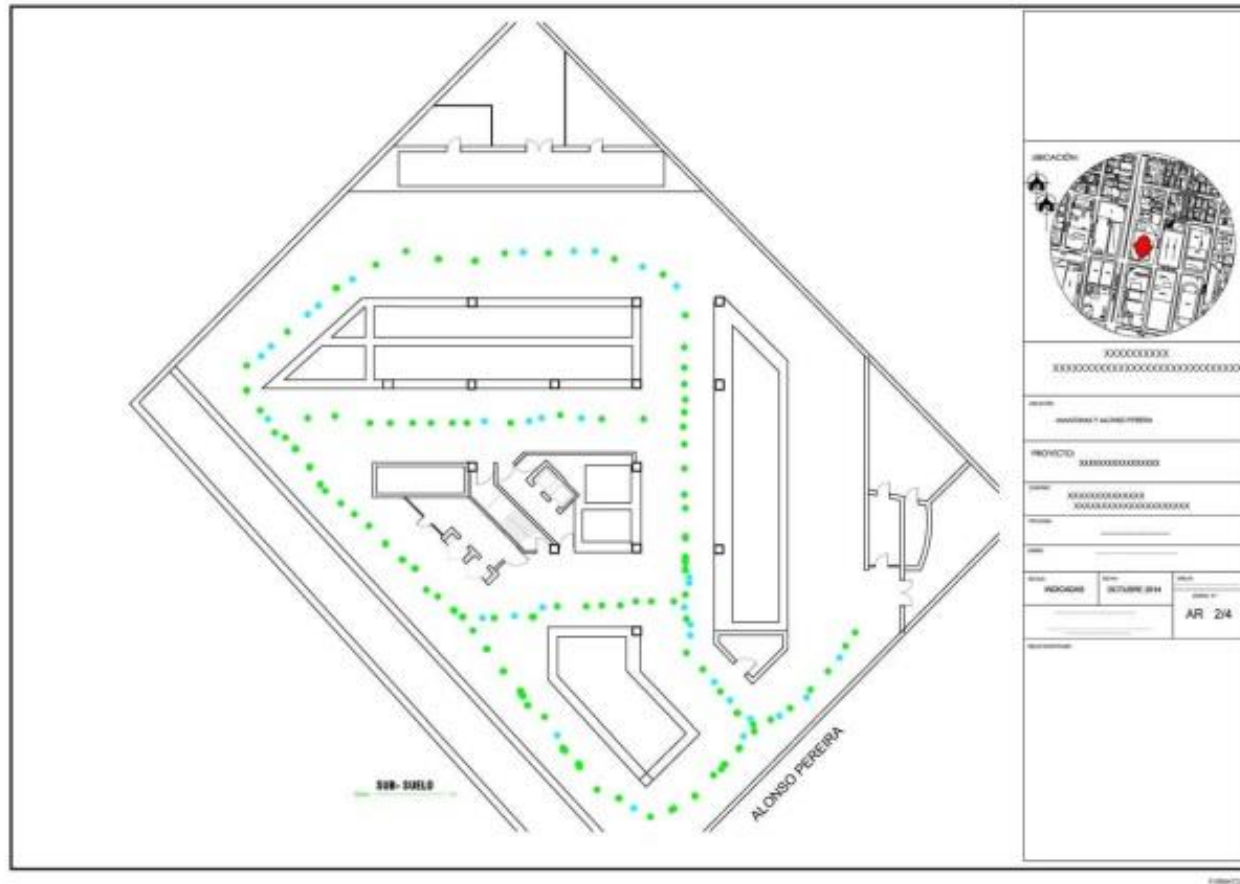
Tabla 113

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el subsuelo 1.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(15)
●	512 to 1,200	(156)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 113, 4 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 171 muestras, las 4 muestras presentan velocidades que se encuentran en el rango de los 600 kbps.

Subsuelo 2.**Figura 139 Ruta del Walking test en el subsuelo 2 para pruebas de HSUPA.**

La figura 139, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 114, se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

Tabla 114

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el subsuelo 2.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(37)
●	512 to 1,200	(142)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la tabla 114, 8 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 179 muestras, las 8 muestras presentan velocidades que se encuentran en el rango de los 600 kbps.

Subsuelo 3.

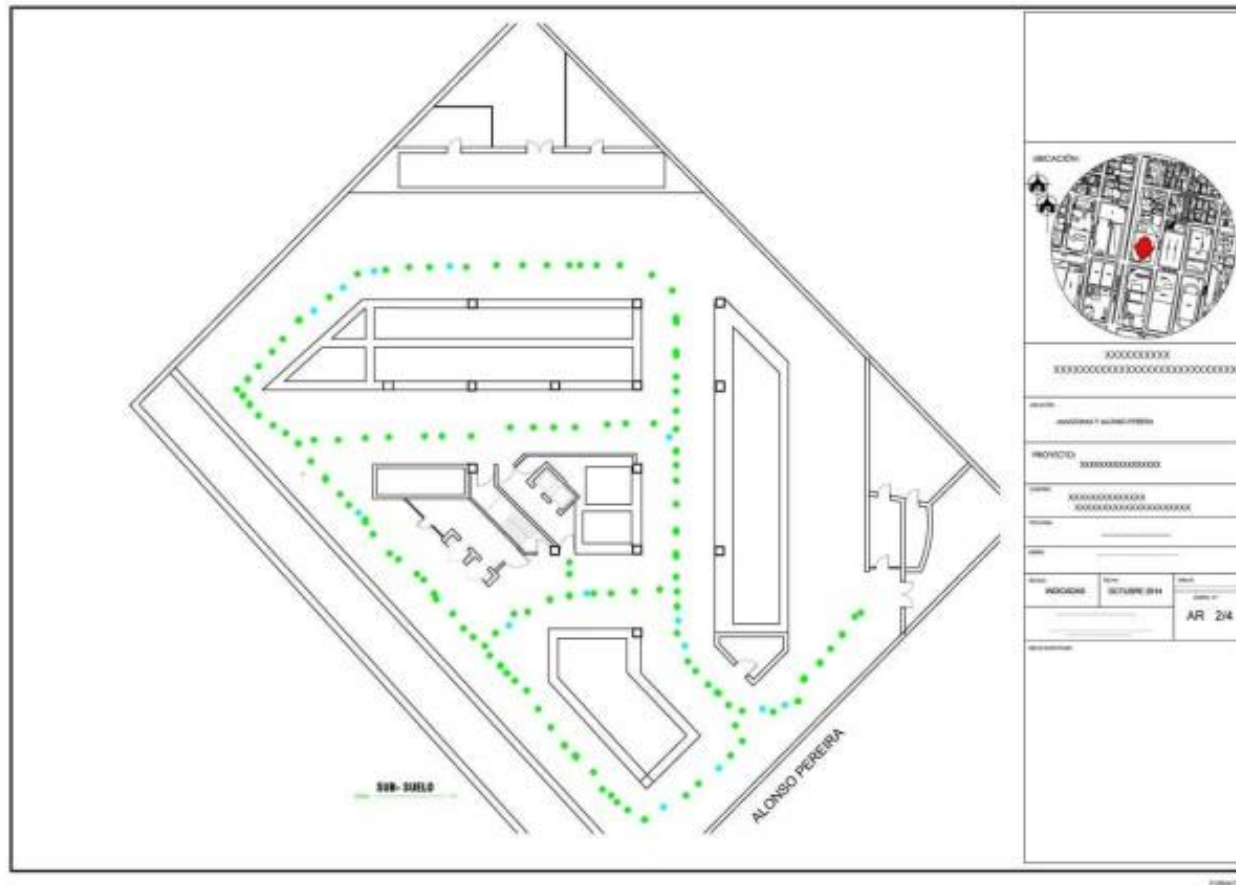


Figura 140 Ruta del Walking test en el subsuelo 3 para pruebas de HSUPA.

La figura 140, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).

En la tabla 115, se puede observar como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos que establece el software de walking test, el mínimo valor de velocidad que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red establecido por la operadora.

Tabla 115

Velocidad de Subida para las muestras tomadas en el subsuelo 3.

Device:6 (Phone) - HSUPATotal Throughput 1

●	2,600 to 5,800	(0)
●	1,200 to 2,600	(15)
●	512 to 1,200	(146)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(0)
	Out of Range	(0)

En la Tabla 115, 8 muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 161 muestras, las 8 muestras presentan velocidades que se encuentran en el rango de los 600 kbps.

4.4.6 Análisis del desempeño de la red de datos de subida HSUPA.

Debido a que no existe una ley en el Ecuador que establezca las velocidades mínimas de subida para Internet Móvil, se toma como base los valores mínimos de velocidad de subida establecidos para una red 3G. Los valores mínimos de velocidad de subida serían de 700 kbps.

En la tabla 116, se realiza el cálculo del desempeño de la red para datos de subida, el mínimo valor de porcentaje que debe cumplir es del 95% establecido por la operadora para clientes VIP.

Tabla 116

Cálculo del desempeño de la red para datos de subida.

Acceso de Paquetes de Alta Velocidad de Subida HSUPA

Piso	Total Muestras	Muestras ≥ 700 Mbps	Muestras ≤ 700 Mbps	Desempeño
9	302	294	8	97,3509
8	340	323	17	96
7	325	310	15	95,3846
6	388	372	16	95,8762
5	379	365	14	96,3060
4	177	174	3	98,3050
3	34	34	0	100
2	43	43	0	100
1	76	73	3	96,0526
PB	198	194	4	97,9797
S 1	171	167	4	97,6608
S 2	179	171	8	95,5307
S 3	161	153	8	95,0310

En todos los pisos del edificio se cumple como mínimo con el 95% del desempeño de la red por tal motivo se puede aseverar que el cambio de un concepto

de picocelda a un sistema de antenas distribuida soluciono el problema de cobertura y desempeño de la red.

4.4.7 Comparativa de desempeño inicial y final.

Para comprobar que con la solución implementada de un DAS en la “Picelda HSPA+ Matriz Banco Pichincha”, se realiza una comparativa del desempeño de la estación mediante las siguientes herramientas:

- Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final.
- Estadísticas obtenidas del Nodo B.

Servicio de Voz.

Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final para voz.

La tabla 117 muestra las estadísticas de desempeño para un servicio de voz obtenidas mediante el walking test inicial y final.

Tabla 117**Comparativa del desempeño inicial y final de los servicios de VOZ.**

Piso	AO*	DO**	Observaciones
9	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
8	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
7	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
6	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
5	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
4	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
3	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
2	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
1	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
PB	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
S 1	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
S2	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP
S3	100	100	Se mantiene el desempeño pero mejoran los niveles de RSCP

(*) **Antes de la optimización**(**) **Después de la Optimización**

Podemos concluir que la implementación fue exitosa para el servicio de voz, y estamos cumpliendo con los parámetros de calidad de voz establecidos por la operadora.

Estadísticas obtenidas del Nodo B para servicio de voz. A continuación, en las figuras 141 hasta la figura 146 se indican el tráfico y la calidad diaria por cada sector de la Picelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha” Con el análisis de las figuras de Calidad de Voz por sector se puede observar como siempre la estación esta sobre el 95% que es el límite establecido por el ente regulador.

Sector 1

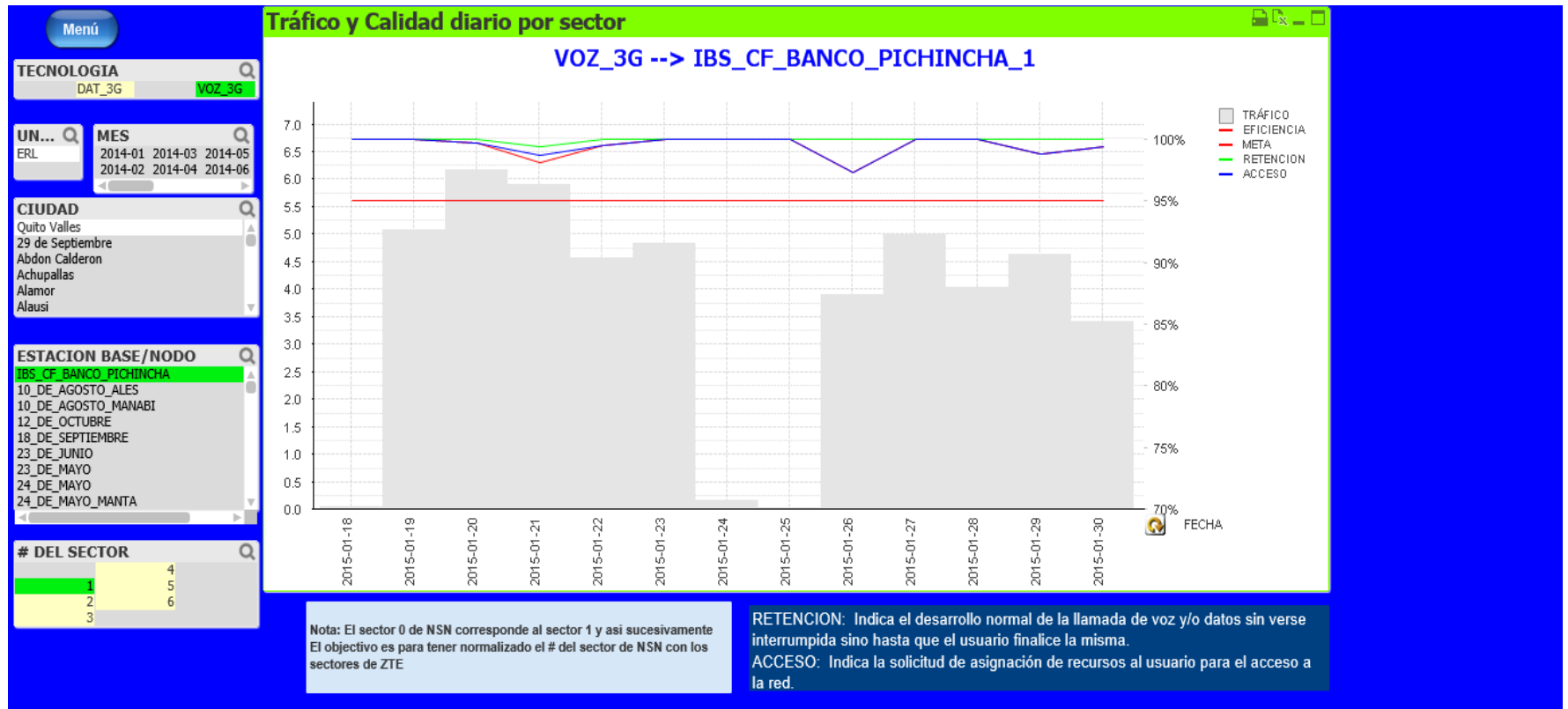


Figura 141 Calidad de Voz del sector 1.

Sector 2

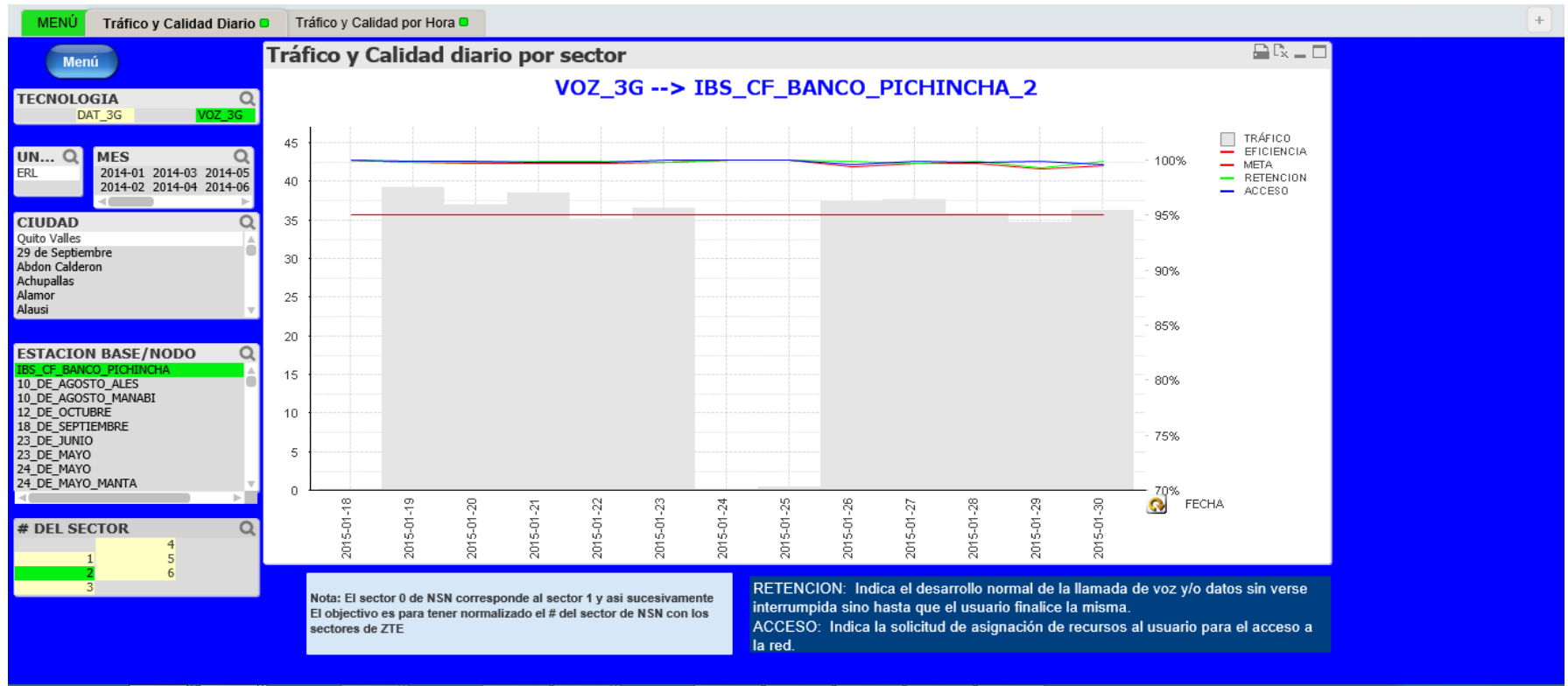


Figura 142. Calidad de Voz del sector 2.

Sector 3

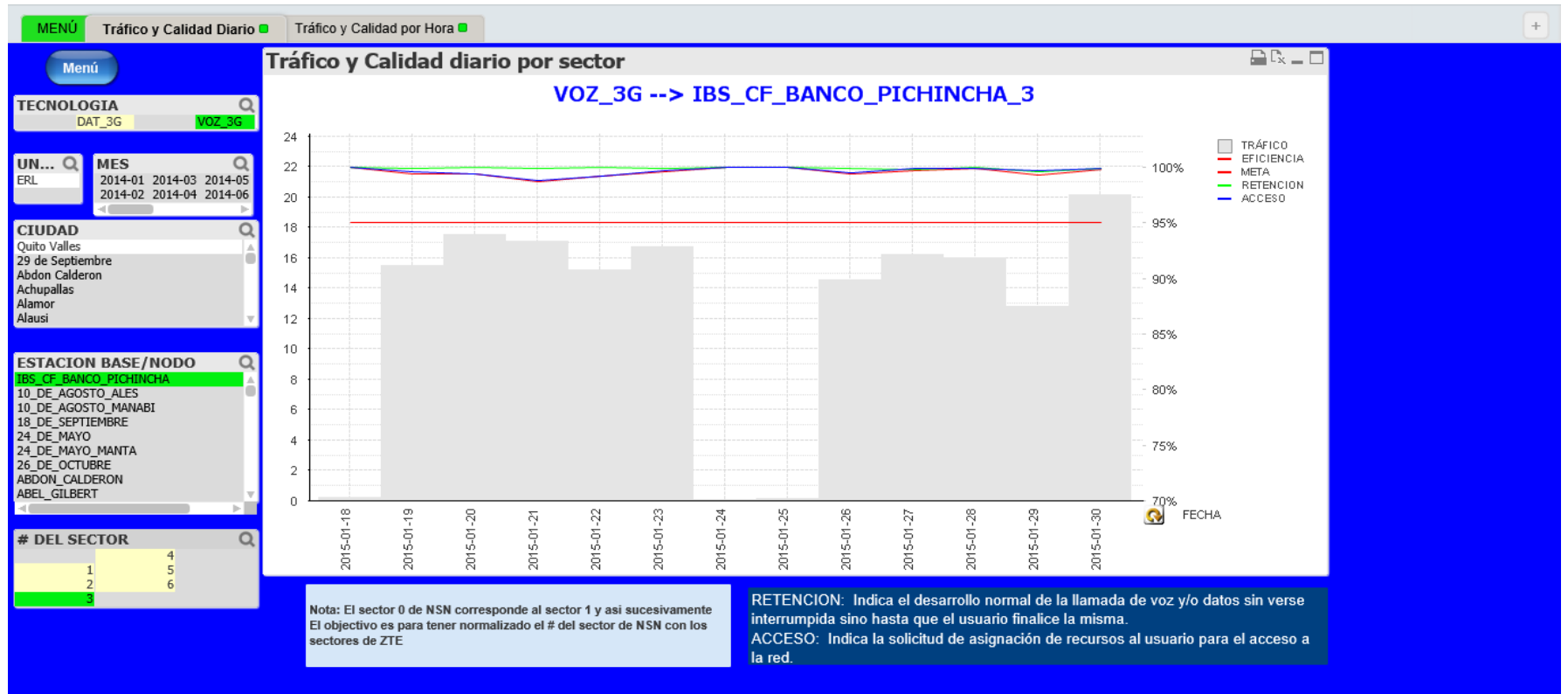


Figura 143 Calidad de Voz del sector 3.

Sector 4

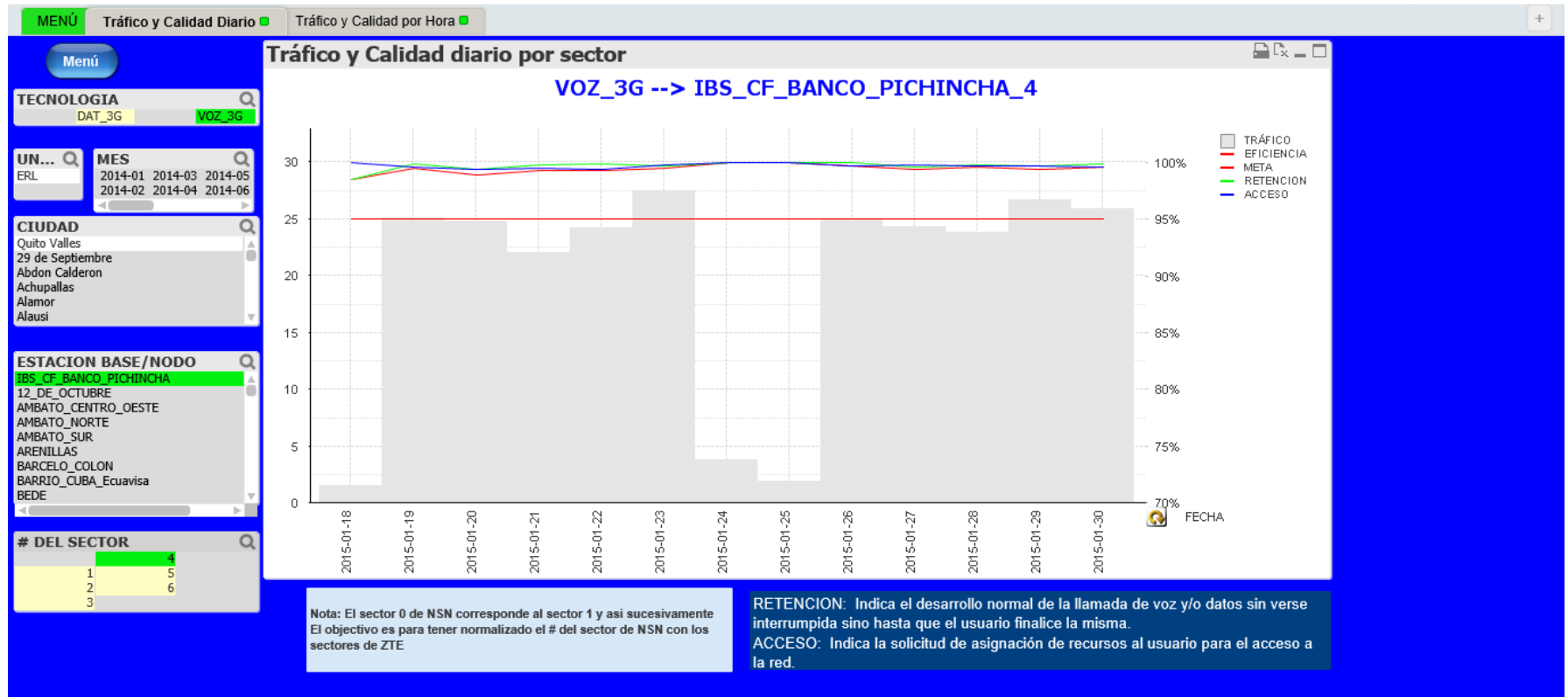


Figura 144 Calidad de Voz del sector 4.

Sector 5

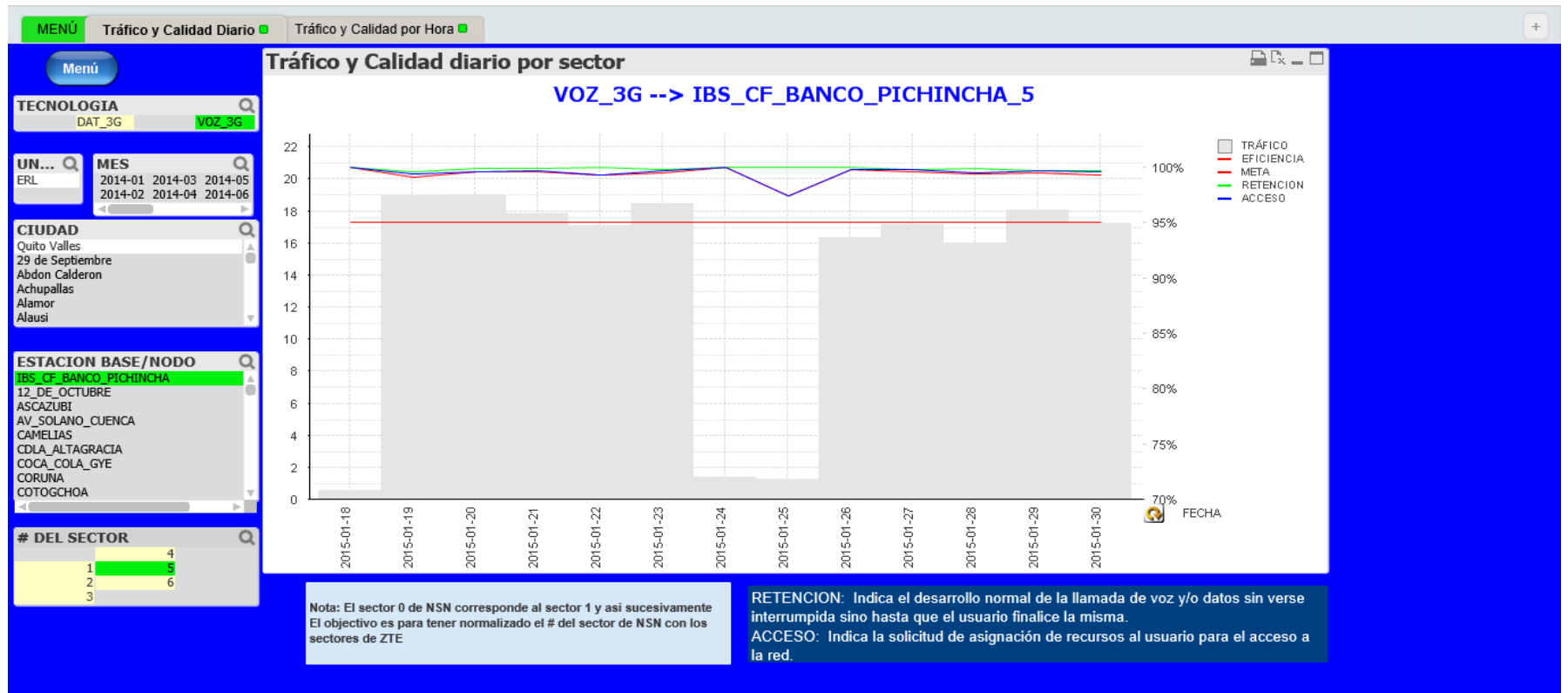


Figura 145 Calidad de Voz del sector 5.

Sector 6

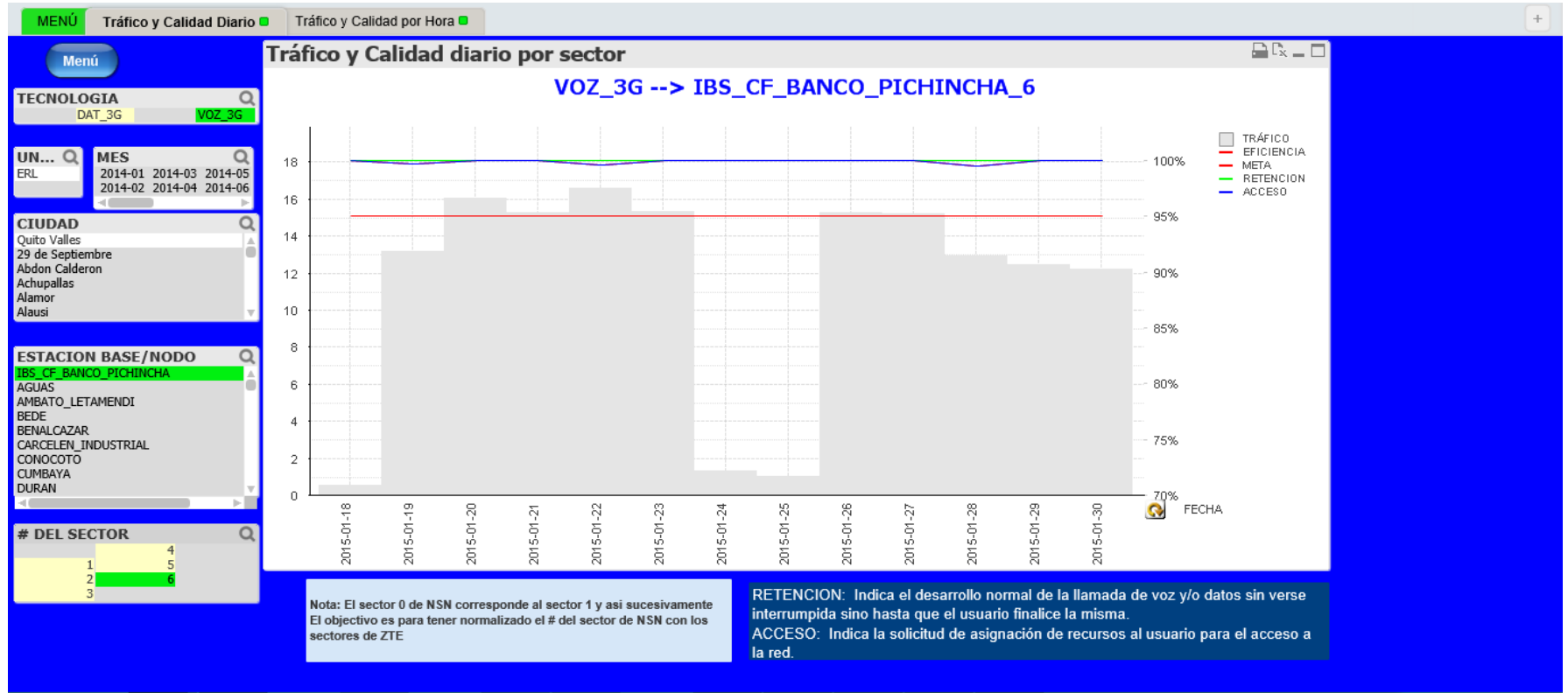


Figura 146 Calidad de Voz del sector 6.

4.4.8 Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final para HSDPA.

La tabla 118, muestra la estadística de desempeño para un servicio de bajada de datos HSDPA obtenidas mediante el walking test inicial y final.

Tabla 118
Desempeño inicial y final de HSDPA

Piso	AO*	DO**	Observación
9	88.8888	95.8786	Mejora el desempeño
8	94.11	96.66	Mejora el desempeño
7	95.4545	97.029	Mejora el desempeño
6	100	96.10	El desempeño de la red baja pero se debe a la nueva asignación de sectores
5	54.4444	96.5986	Mejora el desempeño
4	87.5	96.4912	Mejora el desempeño
3	47.0588	100	Mejora el desempeño
2	100	100	Se mantiene el desempeño
1	61.7647	96.4285	Mejora el desempeño
PB	94.8717	96	Mejora el desempeño
S 1	75	100	Mejora el desempeño
S 2	100	97.3684	El desempeño de la red baja pero se debe a la nueva asignación de sectores
S 3	100	95.2380	El desempeño de la red baja, pero se debe a la nueva asignación de sectores

(*) Antes de la Optimización (**) Después de la optimización

Podemos concluir que la implementación fue exitosa para el servicio de datos de bajada y estamos cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos por la operadora.

4.4.9 Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final para HSUPA.

La tabla 119, muestra las estadísticas de desempeño para un servicio de subida de datos obtenidas mediante el walking test inicial y final.

Tabla 119

Desempeño inicial y final de HSUPA

Piso	AO	DO	Observación
9	93.8775	97.3509	Mejora el desempeño
8	94.1176	95	Mejora el desempeño
7	91.6666	95.3846	Mejora el desempeño
6	95.65214	95.87625	Mejora el desempeño
5	92.7536	96.3060	Mejora el desempeño
4	100	98.3	El desempeño de la red baja pero se debe a la nueva asignación de sectores
3	92.8571	100	Mejora el desempeño
2	100	100	Se mantiene el desempeño
1	100	96.0526	El desempeño de la red baja pero se debe a la nueva asignación de sectores
PB	90	97.9797	Mejora el desempeño
S 1	88.0733	97.6608	Mejora el desempeño
S 2	95.32.71	95.5307	Mejora el desempeño de sectores
S 3	85.1485	95.0310	Mejora el desempeño

(*) Antes de la Optimización (**) Después de la Optimización

Podemos concluir que la implementación fue exitosa para el servicio de datos de Subida y estamos cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos por la operadora.

4.4.10 Estadísticas obtenidas del Nodo B.

A continuación, se muestran las estadísticas para datos de bajada y subida de cada sector de la estación Picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha.” Obtenidas del nodo B.

En las estadísticas obtenidas del nodo B se concluye que la estación siempre está sobre el 95% del desempeño establecido por la operadora para servicios HSDPA y HSUPA.

Sin embargo existen algunos eventos inusuales que se puede deber a pérdida de datos en la transmisión o algún tipo de interferencia de la transmisión el momento de realizar la descarga o subida de la información.

Sector 1

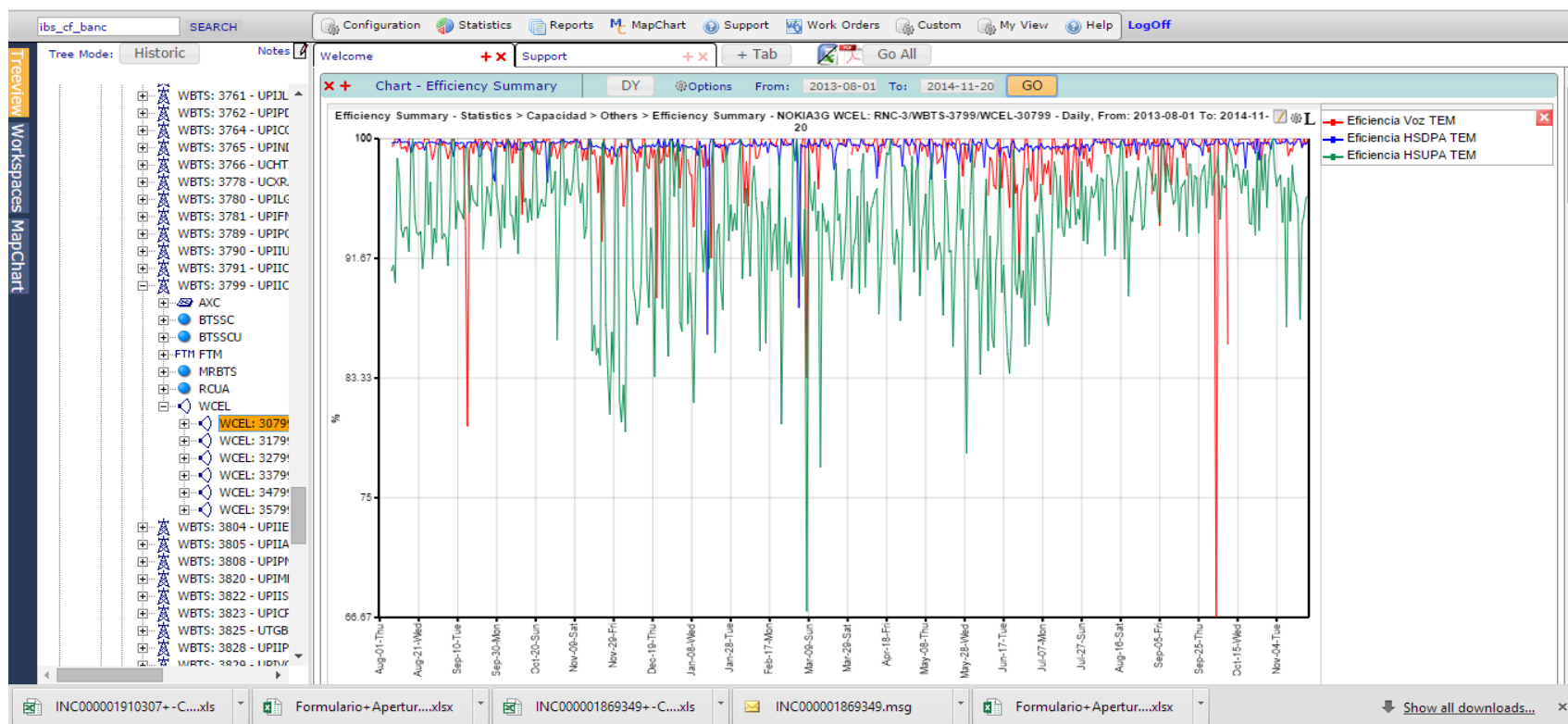


Figura 147 Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 1.

Sector 2

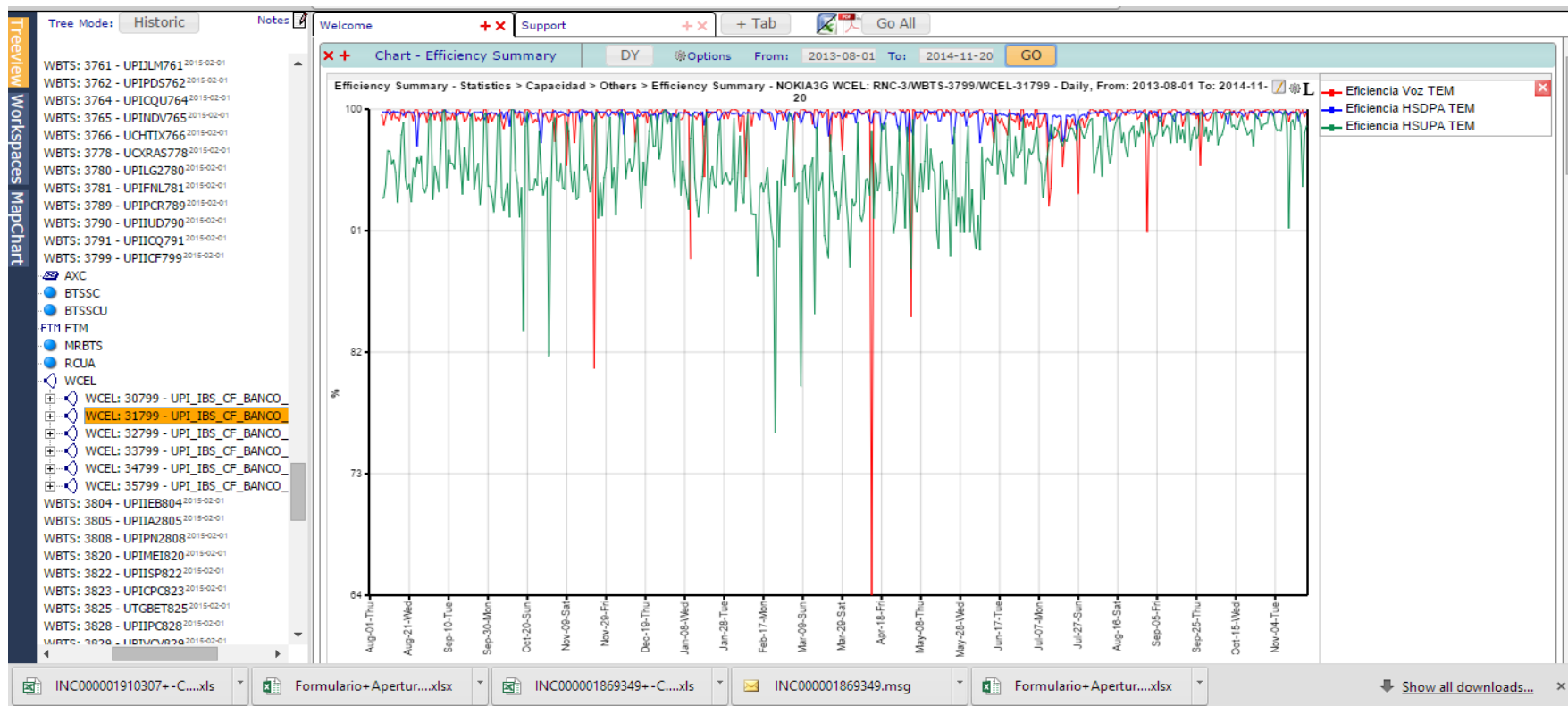


Figura 148 Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 2.

Sector 3

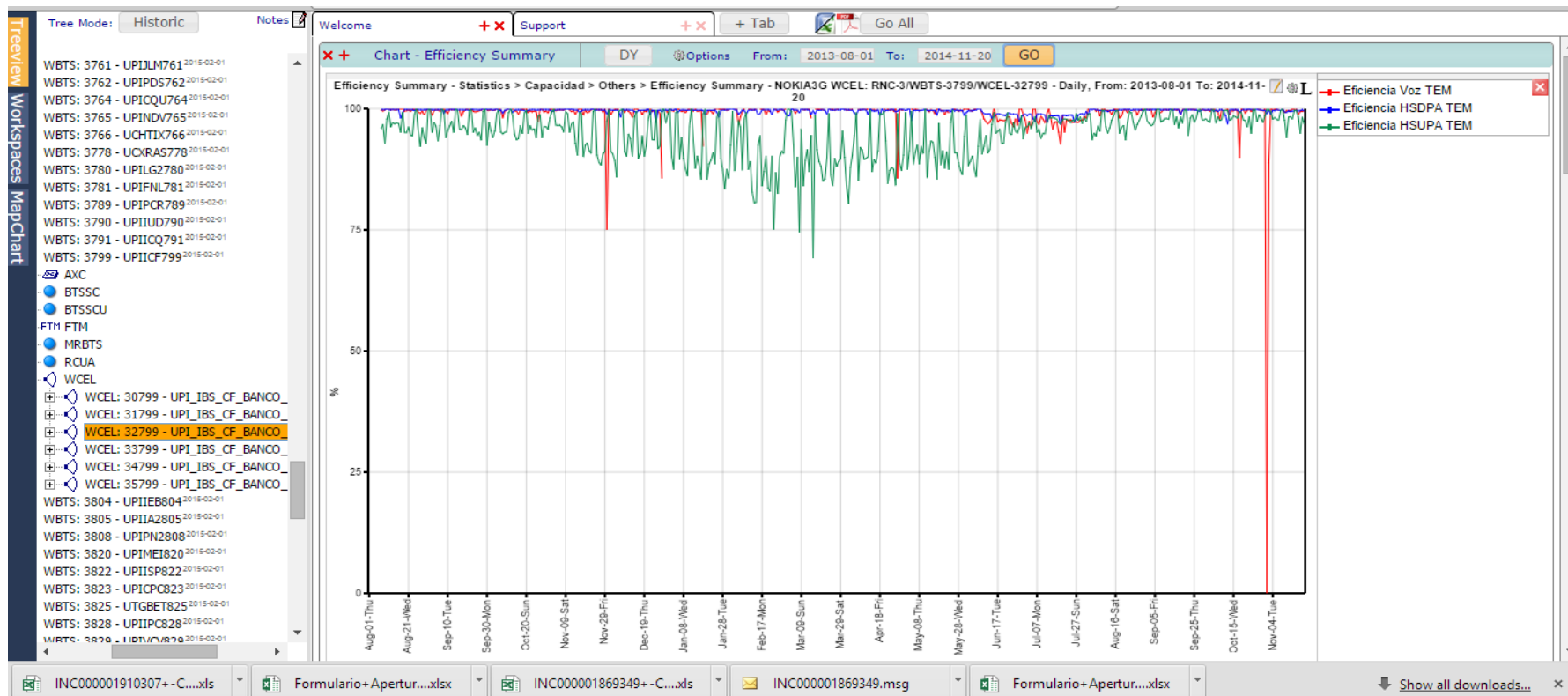


Figura 149 Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 3.

Sector 4

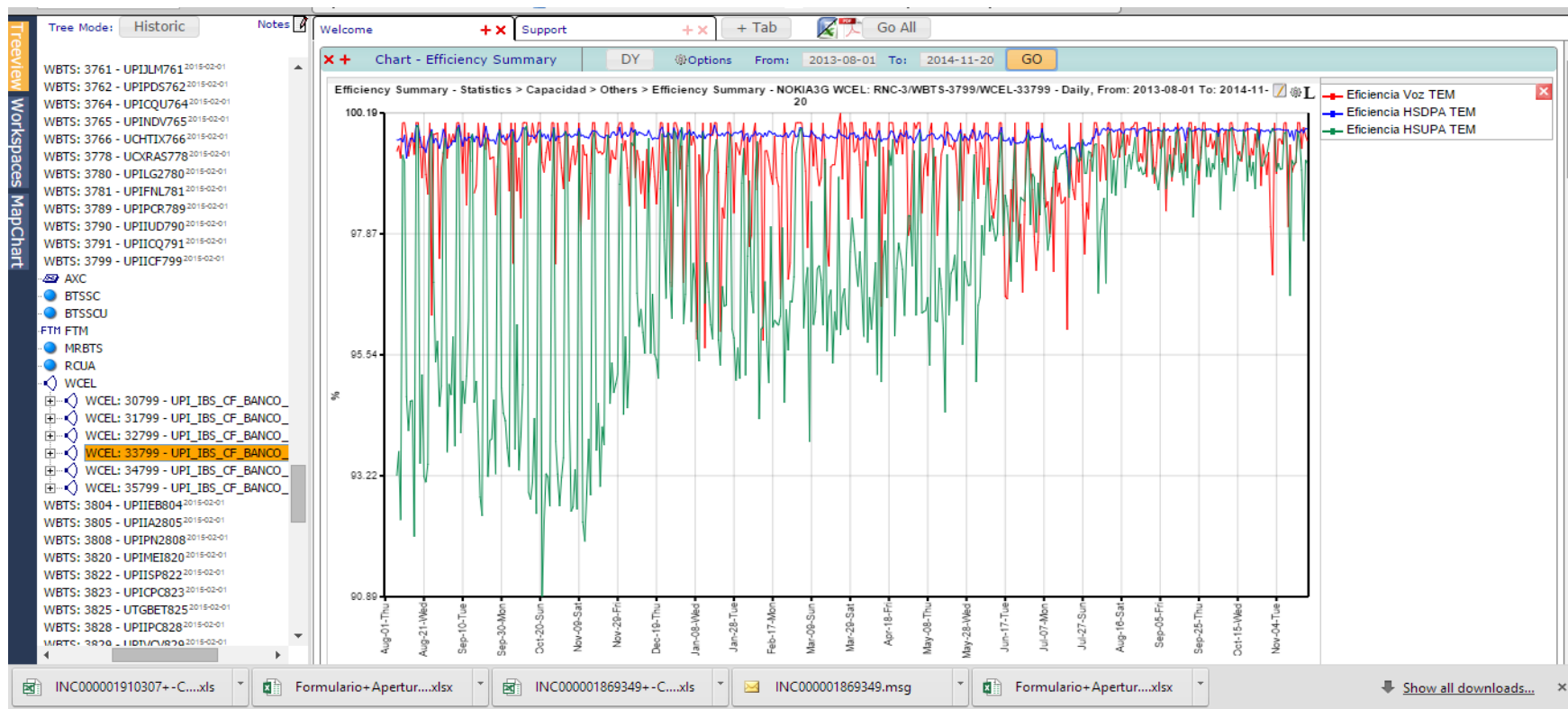


Figura 150 Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 4.

Sector 5

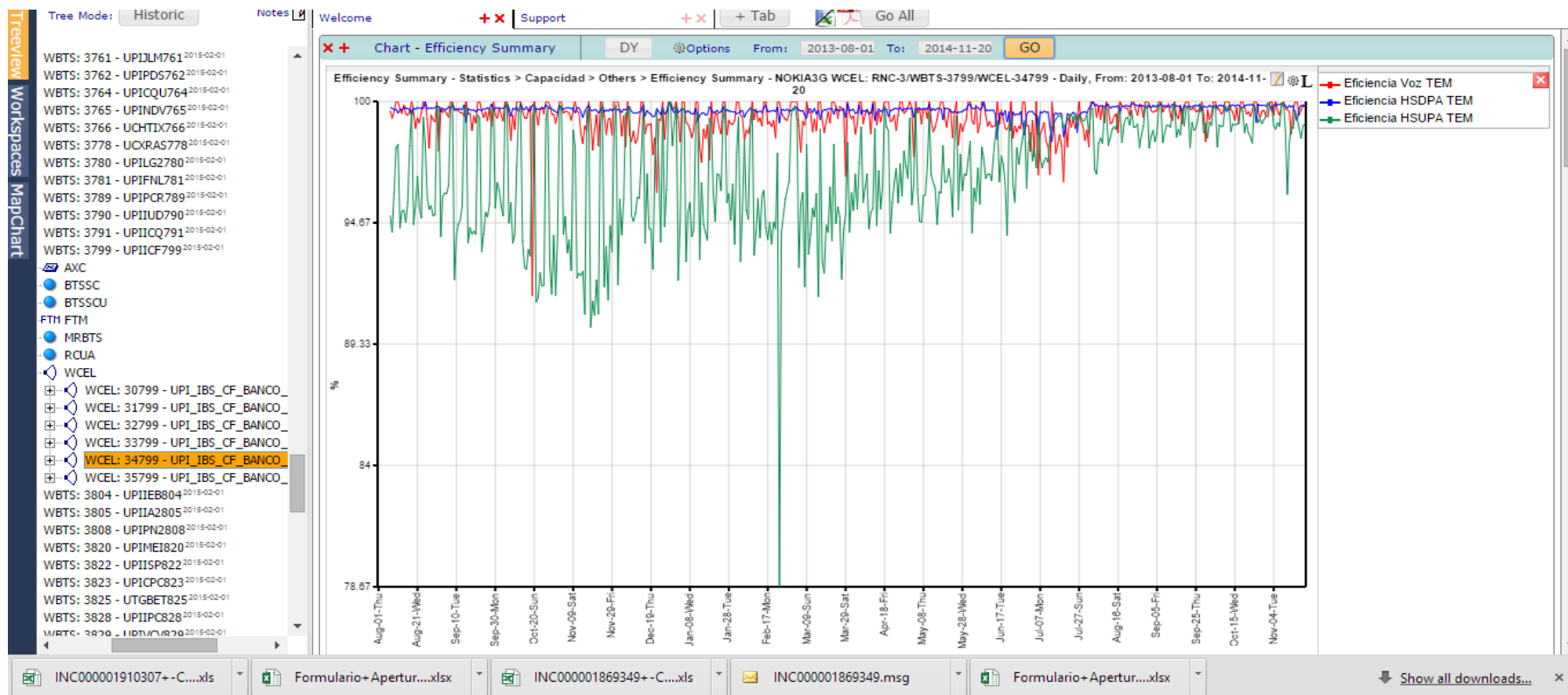


Figura 151 Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 5.

Sector 6

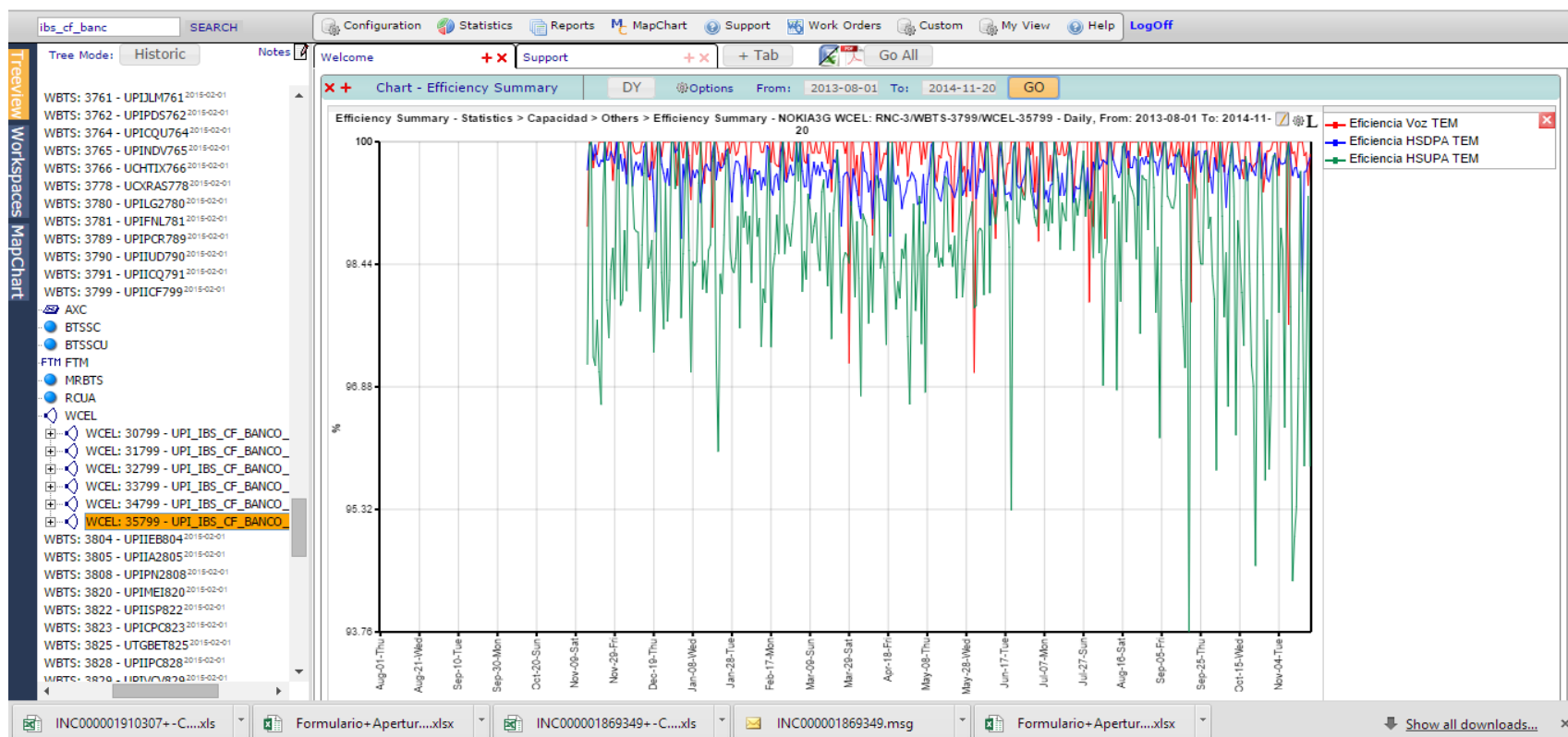


Figura 152 Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 6.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En el Walking Test Final para voz y datos son analizados se concluye que los niveles de RSCP mejoran garantizando una mejor calidad para el servicio de voz, las velocidades de subida y bajada de datos están sobre el 95 % para cada piso, obteniendo una mejoría debido a que inicialmente uno o más pisos tenían un desempeño menor al 95%. Las pruebas realizadas con el software G-NETTRACK se verifica que cada sector presenta niveles de señal que se encuentran en un rango aceptable que va desde -45dBm a -75 dBm. En las pruebas realizadas en cada sector con el software SPEEDTEST dan resultados de velocidades de bajada mayores a 1,4 Mbps y velocidades de subida mayores a 0,7 Mbps para cada sector. De las estadísticas tomadas de la red (Nodo B) muestran desempeño por sector mayor al 95%. Con las diferentes pruebas realizadas se puede concluir que se cumplió con el objetivo llegando a la optimización de la “Picocelda Edificio Matriz Banco Pichincha” mejorando la velocidad de bajada de datos, subida de datos y el nivel de potencia de llamadas.
- El uso de un DAS (Diseño de antenas distribuidas) es una solución altamente eficiente para sitios indoor con gran cantidad de usuarios debido a su rapidez de instalación.
- Los programas de predicción, como el IBWAVE son una herramienta de trabajo muy eficaz para realizar análisis de cobertura, permite establecer un diseño preliminar que después se verifica y valida en el walking test final.
- Los software G-NETTRACK y SPEEDTEST son herramientas que se utilizan para analizar los niveles de señal y las velocidades de subida y bajada.
- El walking test permite identificar de mejor manera las áreas con bajos niveles de cobertura. El comportamiento del Nodo B dependerán de la hora y el día, por tal razón es importante identificar el día y la hora con peor desempeño para realizar el walking test. Mientras mayor sea la cantidad de muestras que sean

capturadas durante el proceso de walking test, se tendrá un valor más cercano a la realidad del desempeño de la estación.

- Siempre se deben realizar las pruebas de VSWR y de Cable Lost ya que las dos pruebas son complementarias si la una presenta una falla la otra también presentara una falla.
- La realización de un correcto TSS (Techical Site Survey), es fundamental para la instalación de una solución indoor; los principales puntos a ser revisados en el TSS es la disponibilidad del espacio para realizar el cableado horizontal y vertical.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para la implementación de este tipo de proyectos realizar un walking test inicial y un walking test final, con el objetivo de verificar que el diseño propuesto sea correcto. Para la realización del walking test se recomienda que las llamadas de prueba sean realizadas únicamente dentro de la misma red ya que no se puede garantizar el desempeño de las redes de las otras operadoras.
- Se recomienda realizar un correcto análisis para implementar una solución indoor ya que comúnmente se confunden los conceptos de picocelda con DAS (Diseño de antenas distribuidas). Las características para definir si se trata de una picocelda o de un DAS es la cantidad de usuarios y el área de cobertura.
- Siempre tener claros los lineamientos de calidad mínimos como son las características técnicas de los equipos y materiales establecidos por la operadora. Se recomienda elegir los equipos que menor contaminación visual provoquen para no comprometer la imagen del sitio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Holma, HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications, 1 ed., A. Toskala., Ed., Finlandia: John Wiley & Sons Ltd, 2006, p. 245.
- [2] 3GPP.org, «3GPP A GLOBAL INITIATIVE,» 2000. [En línea]. Available: <http://www.3gpp.org/specifications/releases>. [Último acceso: 11 2014].
- [3] J. Korhonen, Introduction to 3G Mobile Communications, 2 da ed., ARTECH HOUSE, INC., 2003, p. 568.
- [4] P. Molina, *MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CÍVIL ELÉCTRICO*, Santiago de Chile, 2007.
- [5] R. RYSAVY, «EDGE, HSPA and LTE: The Mobile Broadband Advantage,» *3G Americas*, pp. 1-92, 2007.
- [6] P. & R. E. Tito, «Escuela Politecnica Nacional,» 2007. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2787/1/CD-0600.pdf>. [Último acceso: 11 2014].
- [7] I. Suarez, «Scridb,» 2011. [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/77239133/Tesis-definitiva#scribd>. [Último acceso: 10 2014].
- [8] J. Wannstrom, «3GPP A GLOBAL INITIATIVE,» [En línea]. Available: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/99-hspa>. [Último acceso: 25 11 2014].
- [9] R. González, «PinSim.com,» [En línea]. Available: <http://pinsim.com/conceptos/tipos-de-celdas-en-la-telefonía-celular.html>.
- [10] «CODEJOBS,» 9 12 2013. [En línea]. Available: <https://www.codejobs.biz/es/blog/2013/12/09/das-sistema-distribuido-de-antenas>. [Último acceso: 10 10 14].
- [11] L. Huawei Technologies Co., 1 ed., 2003, p. 17.

- [12] R. C. Z., «CodeJobs,» 09 12 2013. [En línea]. Available: <http://www.codejobs.biz/es/blog/2013/12/09/das-sistema-distribuido-de-antenas#sthash.gC1lGGqT.LZ5IRtaJ.dpbs>.
- [13] Resolución No, 421-27 CONATEL-98, «REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL CELULAR,» QUITO, 98.
- [14] «The Mobile Broadband Standard,» [En línea]. Available: <http://www.3gpp.org/>. [Último acceso: 20 11 2014].
- [15] Y. & V. A. Agrazal, «HSPA+,» [En línea]. Available: http://www.cyclopaedia.es/wiki/Dual-Cell_HSDPA. [Último acceso: 11 2014].
- [16] R. C.J., «Aspectos Técnicos de WCDMA en los sistemas Inalambricos.,» [En línea]. Available: <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No6/Rojas%20Julys/WCDMA%20EN%20LOS%20SISTEMAS%20IN ALAMBRICOS.htm>.
- [17] J. Cigueñas, «Universidad de Yacambu,» [En línea]. Available: <http://www.geocities.ws/juliosiguenas/radio/infografia.html>.
- [18] L. M.J.A., «Generaciones de la telefonía Celular.,» 02 17 2013. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/CPT1stAngel/generaciones-de-la-telefonía-celular>.
- [19] G. M.S., «La transmisión de datos en la telefonía móvil,» 24 07 2012. [En línea]. Available: <http://redestelematicas.com/la-transmision-de-datos-en-la-telefonía-movil/>.
- [20] R. Z.D. y Gonzalez A., «Telefonía Movil 3G,» 26 06 2009. [En línea]. Available: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s09/project/reports/telefonía%20movil%203G.pdf>.