



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ANÁLISIS ESPECTRAL PARA DETERMINAR LA DEGRADACIÓN EN LA SEÑAL  
CELULAR 3G DE MOVISTAR EN GUAYAQUIL ORIGINADA POR  
INTERFERENCIAS RADIOELÉCTRICAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Electrónico

AUTOR: MARWIN JOSELITO SALAZAR MAYACU

TUTOR: JUAN CARLOS GONZÁLEZ GUZMÁN

Guayaquil – Ecuador

2021

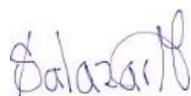
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo Marwin Joselito Salazar Mayacu con documento de identificación N° 1600470486 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 12 de octubre del año 2021

Atentamente,



---

Marwin Joselito Salazar Mayacu

C.I.:1600470486

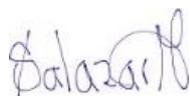
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo Marwin Joselito Salazar Mayacu con documento de identificación N°1600470486, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico “Análisis Espectral para determinar la Degradación en la Señal Celular 3G de Movistar en Guayaquil originada por Interferencias Radioeléctricas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de octubre del año 2021

Atentamente,



---

Marwin Joselito Salazar Mayacu

C.I:1600470486

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Juan Carlos González Guzmán con documento de identificación N° 0908222987, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS ESPECTRAL PARA DETERMINAR LA DEGRADACIÓN EN LA SEÑAL CELULAR 3G DE MOVISTAR EN GUAYAQUIL ORIGINADA POR INTERFERENCIAS RADIOELÉCTRICAS realizado por Marwin Joselito Salazar Mayacu con documento de identificación N° 1600470486, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de octubre del año 2021

Atentamente,



---

Ing. Juan Carlos González Guzmán, MSc

C.I.: 0908222987

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios, siempre me ha sabido iluminar por el camino del bien, me ha cobijado con su sabiduría para enfrentar todas las adversidades. A mi esposa Karina Arias el motor principal de mi vida, por su motivación y comprensión, pero especialmente su paciencia.

No ha sido fácil pero tampoco difícil, pese a muchos problemas y dificultades de la vida estoy logrando el tan anhelado título, me llevo una gran experiencia académica.

Por último, y no menos importantes a mis padres por saberme educar con principios y valores, y lo más importante por enseñarme a nunca rendirme.

Marwin Joselito Salazar Mayacu

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas e iluminarme con su sabiduría para tomar las mejores decisiones en la vida.

A mi esposa por compartirme su amor y estar conmigo en todo momento.

A la empresa Movistar, principalmente a los ingenieros Andrés Cervantes y Santiago Ballesteros, desde que propuse mi tema me brindaron todo su apoyo y confianza, además de la experiencia y ayuda desinteresada durante todo el proceso que ha sido extraordinaria.

A mi director de tesis, ingeniero Juan Carlos González por toda su colaboración y tiempo.

Marwin Joselito Salazar Mayacu

## RESUMEN

El presente proyecto contempla, el análisis espectral para determinar la degradación en la señal celular 3G de Movistar en Guayaquil originada por interferencias radioeléctricas. La investigación será desarrollada en las estaciones de la operadora celular previo el detalle de estadísticas de la red.

La propuesta plantea la identificación del origen de la señal interferente que degrada el servicio celular de 3G en algún punto de la ciudad. Mediante los valores de rtwp obtenidos por el departamento de calidad y optimización de la red, se examinará las estaciones y sectores con mayor deficiencia de comunicación celular y posterior análisis en campo.

Para la ejecución de las pruebas en campo, se utilizarán equipos tecnológicos de pruebas como son: analizador de espectros de radio frecuencia, antena yagui en bandas de 850 MHz a 1900 MHz, aplicaciones móviles gratuitas y equipo de protección personal (EPP). Una vez identificado la fuente de la señal interferente se notificará al ingeniero encargado de Movistar para proceder a apagar los equipos causantes de las señales que distorsionan el servicio la red de telefonía celular.

Finalmente se notificará la solución del incidente al departamento de calidad y optimización de la red para la evaluación de estadísticas y posterior cierre del registro en bitácoras.

**Palabras Claves:** 3G, interferencias radioeléctricas, RTWP, analizador de espectros.

## ABSTRACT

This project contemplates the spectral analysis to determine the degradation in the 3G cellular signal of Movistar in Guayaquil caused by radioelectric interference. The investigation will be carried out at the cellular operator's stations prior to detailing the network statistics.

The proposal proposes the identification of the origin of the interfering signal that degrades the 3G cellular service at some point in the city. Using the rtwp values obtained by the quality and network optimization department, the stations and sectors with the greatest cellular communication deficiency will be examined and subsequent field analysis.

For the execution of the tests in the field, technological test equipment will be used such as: radio frequency spectrum analyzer, yagui antenna in the 850 MHz to 1900 MHz bands, free mobile applications and personal protective equipment (PPE). Once the source of the interfering signal has been identified, the Engineer in charge of Movistar will be notified to proceed to turn off the equipment causing the signals that distort the cell phone network service.

Finally, the solution of the incident will be notified to the department of quality and optimization of the network for the evaluation of statistics and subsequent closing of the registry in logs.

**Keywords:** 3G, radio interference, RTWP, spectrum analyzer.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxiii
INTRODUCCIÓN .....	1
1. EL PROBLEMA .....	3
1.1 Descripción del problema.....	3

1.2	Importancia y alcances .....	4
1.3	Delimitación de proyecto .....	4
1.4	Formulación del problema .....	4
1.5	Objetivos de la investigación .....	5
1.5.1	Objetivo general.....	5
1.5.2	Objetivos específicos .....	5
2.	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	6
2.1	Marco contextual.....	6
2.2	Marco teórico .....	7
2.2.1	Ondas electromagnéticas .....	7
2.2.2	Espectro electromagnético.....	8
2.2.3	Rayos gamma.....	10
2.2.4	Rayos X .....	11
2.2.5	Rayos ultravioletas.....	12
2.2.6	Luz visible .....	13
2.2.7	Infrarrojo.....	13

2.2.8	Espectro radioelctrico .....	14
2.3	Propagaci3n .....	19
2.3.1	Reflexi3n.....	19
2.3.2	Refracci3n.....	19
2.3.3	Difracci3n .....	20
2.3.4	Dispersi3n.....	20
2.3.5	Desvanecimiento.....	20
2.3.6	Diversidad.....	21
2.4	Antenas.....	22
2.4.1	Antenas de hilo .....	22
2.4.2	Antenas de apertura .....	22
2.5	Diagramas de radiaci3n .....	23
2.6	Ruido .....	24
2.6.1	Ruido externo.....	24
2.6.2	Ruido interno .....	24
2.7	Interferencias .....	25

2.7.1	Interferencia cocanal.....	26
2.7.2	Interferencia de canal adyacente.....	26
2.7.3	Interferencia en la banda.....	27
2.8	Sistemas celulares .....	28
2.8.1	Primera generación .....	29
2.8.2	Segunda generación .....	30
2.8.3	Tercera generación.....	34
2.8.4	Cuarta generación .....	41
2.9	Analizador de espectros .....	43
2.9.1	Configuración de analizador de espectros .....	44
2.10	Netmonitor. ....	46
3.	MARCO METOLÓGICO.....	48
3.1	Tipo de investigación .....	48
3.2	Enfoque de la investigación .....	48
3.3	Método de investigación .....	49
3.4	Instrumentos utilizados en la investigación .....	49

4.	PROPUESTA.....	51
4.1	Título de la propuesta.....	51
4.2	Justificación.....	51
4.3	Descripción de la propuesta .....	52
4.3.1	Equipos empleados .....	52
5.	RESULTADOS.....	54
5.1	Análisis de resultados.....	54
6.	CONCLUSIONES .....	57
7.	RECOMENDACIONES .....	58
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	59
9.	ANALISIS 1.....	62
9.1	Interferencia radioeléctrica en 1900 MHz zona industrial vía a Daule.....	62
9.2	Antecedentes .....	62
9.3	Análisis de niveles de RTWP en estaciones involucradas .....	62
9.4	Identificación y delimitación geográfica de la degradación.....	64
9.5	Coordinación de actividades .....	65

9.6	Ejecución de pruebas en la estación A .....	66
9.7	Configuración de analizador de espectros.....	68
9.8	Análisis espectral.....	69
9.9	Visualización de señal interferente .....	71
9.10	Ejecución de pruebas desde un punto adyacente .....	73
9.11	Pruebas en perímetro delimitado.....	74
9.12	Identificación de origen de interferencia.....	78
9.13	Apagado de interferencia .....	79
9.14	Monitoreo de niveles de calidad.....	79
9.15	Evaluación de resultados .....	81
10.	ANÁLISIS 2.....	82
10.1	Interferencia radioeléctrica en 850 MHz suroeste de Guayaquil .....	82
10.2	Antecedentes .....	82
10.3	Análisis de niveles de RTWP en estaciones involucradas .....	82
10.4	Identificación y delimitación geográfica de la degradación.....	84
10.5	Coordinación de actividades .....	85

10.6	Ejecución de pruebas en la estación Y .....	85
10.7	Configuración de analizador de espectros.....	87
10.8	Análisis espectral.....	87
10.9	Visualización de la señal interferente.....	90
10.10	Ejecución de pruebas desde punto adyacente .....	91
10.11	Pruebas perímetro delimitado .....	92
10.12	Identificación de interferencia .....	93
10.13	Apagado de interferencia .....	95
10.14	Monitoreo de niveles de calidad .....	97
10.15	Evaluación de resultados .....	98
11.	ANEXOS.....	99
11.1	Ficha técnica de analizador de espectros.....	99
11.2	Ficha técnica de antena yagui.....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Onda electromagnética .....	7
Figura 2.2: División del espectro electromagnético .....	8
Figura 2.3: Componentes de la onda electromagnética.....	9
Figura 2.4: Estallido de rayos gamma .....	11
Figura 2.5: Tubo de rayos X y escáner de inspección de equipaje .....	12
Figura 2.6: Espectro visible para el ser humano .....	13
Figura 2.7: Imagen de un perro en el infrarrojo .....	14
Figura 2.8: Plan nacional de frecuencias 2017.....	17
Figura 2.9: Pérdidas de propagación según la distancia.....	19
Figura 2.10: Lóbulos de radiación de antena omnidireccional y direccional.....	23
Figura 2.11: Antena sectorial con diversidad de frecuencia .....	24
Figura 2.12: Componentes de una señal radioeléctrica.....	25
Figura 2.13: Interferencia cocanal.....	26
Figura 2.14: Interferencia canal adyacente .....	27
Figura 2.15: Interferencia dentro de banda .....	28

Figura 2.16: Frecuencia portadora GSM.....	30
Figura 2.17: Estructura de la red GSM .....	33
Figura 2.18: Evolución de GSM .....	34
Figura 2.19: Tecnologías de duplexación para UMTS .....	35
Figura 2.20: Frecuencia portadora de UMTS.....	36
Figura 2.21: Arquitectura de red UMTS .....	36
Figura 2.22: Arquitectura red UTRAN .....	37
Figura 2.23: Proceso de optimización .....	39
Figura 2.24: Monitoreo de RTWP.....	39
Figura 2.25: Ancho de banda para la tecnología LTE.....	41
Figura 2.26: Representación de una señal OFDM .....	42
Figura 2.27: Analizador de espectros MT8222A .....	44
Figura 2.28: Controles del analizador de espectros.....	45
Figura 2.29: Panel de conexiones de MT8222A .....	46
Figura 2.30: Aplicación netmonitor .....	47
Figura 4.1: Representación de una interferencia radioeléctrica .....	52

Figura 4.2: Equipos de pruebas .....	53
Figura 9.1: Niveles de RTWP estación A .....	62
Figura 9.2.: Niveles de RTWP estación B .....	63
Figura 9.3.: Niveles de RTWP estación C .....	63
Figura 9.4: Niveles de RTWP estación D .....	64
Figura 9.5: Zona de degradación.....	65
Figura 9.6: Consola de seguridad de Movistar.....	66
Figura 9.7: Visualización de frecuencias de Movistar. ....	67
Figura 9.8: Ubicación estación A .....	68
Figura 9.9: Barrido espectral a 0 grados .....	69
Figura 9.10: Barrido espectral a 60 grados .....	70
Figura 9.11: Barrido espectral a 120 grados .....	70
Figura 9.12: Barrido espectral a 180 grados .....	70
Figura 9.13: Barrido espectral a 240 grados .....	71
Figura 9.14: Barrido espectral a 300 grados .....	71
Figura 9.15: Azimut de referencia de señal interferente .....	72

Figura 9.16: Visualización de señales interferentes.....	72
Figura 9.17: Pruebas desde punto adyacente .....	73
Figura 9.18: Azimut de referencia desde punto adyacente. ....	74
Figura 9.19: Empresa de logística de contenedores .....	75
Figura 9.20: Sistema de telecomunicaciones .....	75
Figura 9.21: Cobertura de 3G en la zona .....	76
Figura 9.22: Cobertura de 4G en la zona .....	76
Figura 9.23: Perfil topográfico de la zona.....	77
Figura 9.24: Distancia de interferencia a estación D .....	77
Figura 9.25: Distancia de interferencia a estación A .....	78
Figura 9.26: Señal de interferencia de la empresa de logística .....	78
Figura 9.27: Apagado equipos cliente corporativo Movistar .....	79
Figura 9.28: Visualización de RTWP estación A .....	80
Figura 9.29: Eficiencia de servicio DL estación A .....	80
Figura 9.30: Eficiencia de servicio UL estación A .....	80
Figura 9.31: Visualización de RSSI estación A .....	81

Figura 9.32: Visualización de eficiencia estación A .....	81
Figura 10.1: Niveles de RTWP estación W .....	82
Figura 10.2: Niveles de RTWP estación X .....	83
Figura 10.3: Niveles de RTWP estación Y .....	83
Figura 10.4: Niveles de RTWP estación Z.....	84
Figura 10.5: Zona de impacto de interferencia .....	84
Figura 10.6: Visualización de frecuencias de Movistar .....	85
Figura 10.7: Ubicación estación Y .....	86
Figura 10.8: Barrido espectral a 0 grados .....	88
Figura 10.9: Barrido espectral a 60 grados .....	88
Figura 10.10: Barrido espectral a 120 grados .....	88
Figura 10.11: Barrido espectral a 180 grados .....	89
Figura 10.12: Barrido espectral a 240 grados .....	89
Figura 10.13: Barrido espectral a 300 grados .....	89
Figura 10.14: Azimut de señal interferente .....	90
Figura 10.15: Visualización de señal interferente.....	91

Figura 10.16: Visualización de señal interferente .....	91
Figura 10.17: Azimut de señal interferente .....	92
Figura 10.18: Pruebas desde parque Bellavista Alta.....	92
Figura 10.19: Puntos de pruebas realizadas .....	93
Figura 10.20: Origen de la interferencia .....	93
Figura 10.21: Visualización de señal de interferencia .....	94
Figura 10.22: Ubicación geográfica de interferencia .....	94
Figura 10.23: Visualización de señal de interferencia .....	95
Figura 10.24: Pruebas de interferencia en origen.....	95
Figura 10.25: Cobertura de 3G en la zona .....	96
Figura 10.26: Cobertura de 4G en la zona .....	96
Figura 10.27: Apagado de equipo repetidor.....	97
Figura 10.28: Visualización de RTWP estación W.....	97
Figura 10.29: Eficiencia de servicio DL estación W .....	98
Figura 10.30: Eficiencia de servicio UL estación W .....	98
Figura 11.1: Ficha técnica analizador de espectros .....	99

Figura 11.2: Antena yagui..... 100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 .....	10
Tabla 2.2 División de ultravioleta .....	12
Tabla 2.3 Distribución del espectro radioeléctrico.....	15
Tabla 2.4 Ancho de banda concesionado según la frecuencia .....	18
Tabla 2.5 Número de canales en GSM.....	31
Tabla 2.6 Canales lógicos de GSM .....	32
Tabla 9.1 Configuración de analizador de espectros 1800 MHz .....	69
Tabla 10.1 Configuración del analizador de espectros 850 MHz .....	87

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de telecomunicaciones siempre están a la vanguardia de la tecnología y modernización y es que en la actualidad estamos a las puertas de la 5ta. generación de la telefonía celular, es así que en el país ya se está implementando esta nueva tecnología aún no se tiene datos reales como espectro radioeléctrico y ancho de banda concesionado.

Pese a los avances tecnológicos en torno a seguridad y las ventajas en las técnicas implementadas como FDMA, TDMA, CDMA y OFDMA, desde los inicios de la telefonía celular hasta la actualidad, aún existe el riesgo que los sistemas inalámbricos estén expuestos al ruido excesivo o interferencias.

El sistema celular 3G, no es la excepción debido a la técnica utilizada que es acceso múltiple por división de código de banda ancha (W-CDMA) fijando un ancho de banda de 5 MHz a cada enlace, los beneficios son de gozar de los servicios de voz, datos y multimedia, pero es ese mismo beneficio de disponer del ancho de banda deseado, lo expone a factores externos.

En este contexto el espectro radioeléctrico es controlado y administrado por el estado por medio de ARCOTEL, esta entidad gubernamental es la encargada de concesionar frecuencias y supervisar el cumplimiento de parámetros de calidad de todos los servicios incluidos de telefonía celular de todas las operadoras (Arcotel, 2021).

Con estos antecedentes la operadora Movistar debe cumplir con los estándares de calidad del servicio y solventar cualquier incidencia en su red celular.

- Para empezar, se puntualiza la problemática de la investigación y se especifica los antecedentes del análisis.

- Seguido del marco teórico donde se expone la síntesis que envuelve el tema del proyecto, se sustenta con bases de búsqueda en; libros, revistas, publicaciones científicas, páginas web, entre otros.
- Se describe la metodología de investigación, el tipo de estudio.
- El último capítulo se detalla el procedimiento del análisis en campo, las pruebas realizadas y los resultados, así como las conclusiones y recomendaciones.

# 1. EL PROBLEMA

## 1.1 Descripción del problema

Conforme la tecnología avanza mejora la manera de comunicarnos dentro de este desarrollo está en auge el uso de los smartphones, mediante conexión a las redes celulares podemos realizar una serie de actividades en los diferentes ámbitos; comerciales, educativos, laborales, entre otros.

Todo esto dependerá de disponer de eficientes redes celulares y una óptima conexión para el correcto uso del sistema móvil avanzado (SMA), sin embargo, las tecnologías celulares al ser redes inalámbricas están expuestas a muchos factores como el ruido, perturbación o interferencias disminuyendo notablemente su desempeño y operatividad.

Pese que ya existe la tecnología de la cuarta generación (4G) desplegada en el país, la operadora Movistar aun nos brinda los servicios de voz y datos por medio de la tecnología de la tercera generación (3G) tanto en la ciudad de Guayaquil como a nivel nacional. Un parámetro para medir los niveles de interferencia de enlace ascendente (UL) en la tecnología 3G es la potencia de banda ancha total recibida (RTWP) y su medida es potencia en decibelios (dBm).

De los valores obtenidos de RTWP, como son; baja, media y alta. Existirá atenuación en la señal, intermitencias en los servicios de voz y datos e inclusive pérdida de cobertura celular 3G en las zonas delimitadas con valores anormales de RTWP.

## **1.2 Importancia y alcances**

El desarrollo del proyecto propone dar soluciones a la conectividad de los usuarios de telefonía celular brindado por la operadora Movistar en la ciudad de Guayaquil, ocasionados por las interferencias radioeléctricas. Mediante las lecturas de estadísticas diarias obtenidas por parte del departamento de optimización se analizará las estaciones afectadas con incremento atípicos de valores RTWP y KPI'S.

Previo al estudio en campo es importante de disponer del historial de estadísticas de las estaciones involucradas, delimitar la zona afectada e identificar la celda con mayor degradación, esto como principal acción a ejecutar.

Mediante el uso de equipo tecnológico como son; analizador de espectros, antena yagui y aplicaciones móviles se realizará las pruebas en el espectro concesionado para el servicio móvil avanzado en las estaciones con la degradación afectada, hasta lograr identificar el punto de origen de la interferencia.

## **1.3 Delimitación de proyecto**

A nivel geográfico, el análisis espectral para determinar la degradación en la señal celular 3G de Movistar en Guayaquil originada por interferencias radioeléctricas se desarrolla en las estaciones identificadas con valores atípicos obtenidos mediante estadísticas, de la misma manera la delimitación temporal consta de un tiempo de 8 meses.

## **1.4 Formulación del problema**

La formulación del problema se instaura de la siguiente manera: ¿Como incide la degradación en la señal celular 3G de la operadora Movistar en Guayaquil originada por

interferencias radioeléctricas? ¿A que se debe la existencia de una o varias frecuencias operando paralelamente en el espectro radioeléctrico concesionado por el estado?

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

Estudiar, analizar e identificar los medios o factores que degradan la señal en las estaciones celulares de la ciudad de Guayaquil, ocasionados por interferencias radioeléctricas. Involucrando información obtenida mediante estadísticas de KPI'S y RTWP.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Obtener lecturas y graficas de kpis y rtwp mediante el monitoreo diario de la red para un análisis de los resultados.
- Obtener lecturas de KPI'S y RTWP, elaborar tablas dinámicas y analizar los resultados.
- Identificar las celdas celulares con posibles problemas de interferencia.
- Definir procesos para la evaluación de fallas a nivel software y/o hardware.
- Identificar las celdas celulares y delimitar las zonas afectadas.
- Elaborar y entregar informes concluyentes de las pruebas ejecutadas en campo.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Marco contextual

Desde la llegada de la telefonía celular, los sistemas de telecomunicaciones cada vez se han ido modernizando con la finalidad de satisfacer las necesidades de comunicación de los usuarios. Tal es el caso que en la actualidad desde un teléfono inteligente podemos realizar una serie de actividades de índole laboral, financiera, estudiantil, entre otras.

Con la implementación del sistema de tercera generación (3G) en el país, se estableció la comunicación del servicio móvil avanzado (SMA) dicho sistema de telefonía móvil fue desarrollado a partir de la segunda generación (2G). La propuesta de 3G fue de proponer servicios simultáneos de: voz, datos y multimedia. El acceso a internet y servicios banda ancha por medio de su infraestructura de red convergente, fueron las principales características.

Todo eso se debe a la tecnología empleada, acceso múltiple por división de código de banda ancha (W-CDMA) utiliza 5Mhz de ancho de banda (AB) en cada portadora tanto de subida (UL) como de bajada (DL). La comunicación se establece en todo el ancho de banda asignándole a cada usuario un código diferente, el principal factor a considerar en el sistema UMTS será el ruido que puede ser ocasionado por el mismo sistema o sistemas externos (Huidrobo J. , 2012).

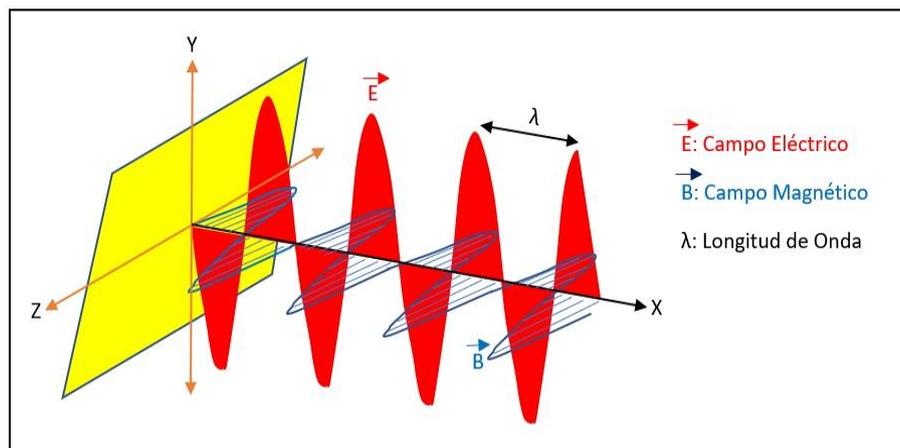
En el caso que la relación señal/ruido (S/N) supere los umbrales históricos y es ocasionado involuntariamente por el propio sistema UMTS del operador celular, esto será manejado por el área encargada. Si la S/N es ocasionado por agentes externos, se deberá seguir un procedimiento más exhaustivo hasta identificar el origen.

Este proyecto se basa en el análisis espectral para determinar la degradación en la señal celular 3G de Movistar en Guayaquil originada por interferencias radioeléctricas, considerando que contribuirá en el ámbito educativo para mejorar los fundamentos en los sistemas celulares principalmente en la tecnología 3G, así como a los usuarios de la telefonía celular que se vean afectados en la calidad del servicio.

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas es la combinación de dos ondas, una eléctrica y una magnética, estas oscilan perpendicularmente la una de la otra, de esta manera crean campos eléctricos y magnéticos, respectivamente. Las ondas electromagnéticas se propagan en el espacio a la velocidad de la luz, sin necesidad de un medio físico guiado y la mejor manera de propagarse es en el aire, un caso muy particular son las ondas de luz del sol viajan por el espacio hasta llegar a nuestro planeta (Fontal, 2005).



**Figura 2.1:** Onda electromagnética  
**Fuente:** (Fontal, 2005)

### 2.2.2 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético es la cantidad de energía disponible en el espacio, es decir el conjunto de frecuencias que pueden radiar energía. Teóricamente el espectro electromagnético parte de cero y puede propagarse hasta el infinito se clasifica en 2 tipos de energía; ionizante y no ionizante. La energía ionizante comúnmente es muy perjudicial para salud(Rodríguez & Virgós, 1999).

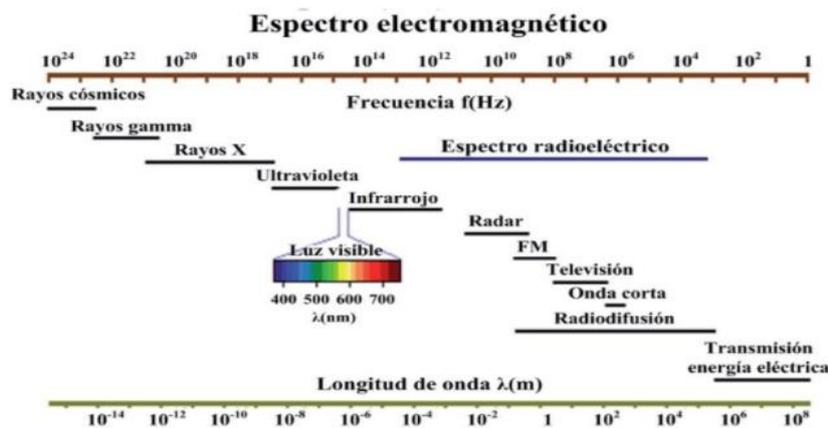


Figura 2.2: División del espectro electromagnético

Fuente: (Huidrobo & Luque, 2014)

Las principales propiedades de las ondas electromagnéticas son las siguientes:

- Velocidad de propagación
- Longitud de onda
- Frecuencia
- **Velocidad de propagación:** Es el tiempo de recorrido de la onda electromagnética de un punto a otro. La velocidad de propagación al vacío es igual a la velocidad de la luz y es representada por la letra C.

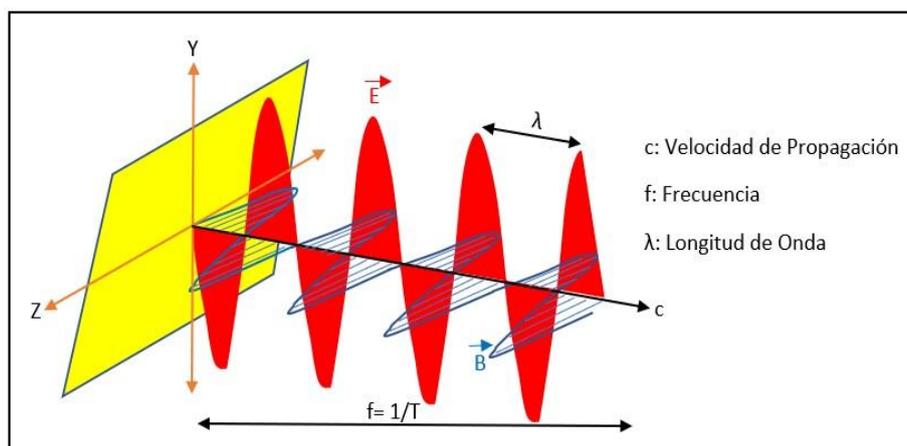
$$c = 300.000 \text{ km/s}$$

- **Longitud de onda:** Es la distancia entre dos picos continuos. La unidad de medida es el metro (m). Es conocida comúnmente como lambda y se representa con el siguiente símbolo ( $\lambda$ ).
- **Frecuencia:** Es el número de oscilaciones realizadas de una onda electromagnética por segundo. La unidad de medida es el hertz (H). Su fórmula es la siguiente:

$$f = \frac{1}{T}$$

Existe una relación entre frecuencia y longitud de onda y es que cuando la frecuencia es mayor, su longitud de onda es menor y si la frecuencia es menor, su longitud de onda es mayor.

De esta relación depende la velocidad de propagación en las ondas electromagnéticas.  
(Centro Mario Molina, 2016).



**Figura 2.3:**Componentes de la onda electromagnética  
**Fuente:** (Fontal, 2005)

El espectro electromagnético está dividido en segmentos de frecuencias, longitud de onda, y fuentes de energía. A continuación, se especifica la división del espectro electromagnético.

Tabla 2.1  
División del espectro electromagnético

Segmento	Frecuencia (Hz)	Longitud de onda (m)	Energía del fotón (eV)
Rayos gamma	$10^{22} - 10^{19}$	$10^{-11} - 10^{-14}$	$10^{10}$
Rayos-X	$10^{17} - 10^{20}$	$10^{-8} - 10^{-11}$	$10^5$
Ultravioleta	$10^{15} - 10^{17}$	$10^{-6} - 10^{-8}$	$10^3$
Visible	$10^{14} - 10^{15}$	$4 \times 10^{-6} - 7 \times 10^{-6}$	1
Infrarrojo	$10^{11} - 10^{14}$	$10^{-3} - 10^{-5}$	$10^{-3}$
Microondas	$10^9 - 10^{11}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-5}$
Ondas de radio	$10^3 - 10^9$	$10^5 - 10^{-1}$	$10^{-10}$
Corriente alterna	$10^2 - 10^3$	$10^7 - 10^5$	$10^{-15}$

Fuente: (Fontal, 2005)

### 2.2.3 Rayos gamma

Debido a la cantidad de energía de fotones, esta categorizado como energía ionizante en el espectro radioeléctrico. Los rayos gamma están relacionados con los rayos cósmicos haciendo difícil la determinación de rayos gamma puros. En nuestro planeta estos rayos se

consiguen en las detonaciones atómicas y la desintegración de materiales radioactivos (Fontal, 2005).



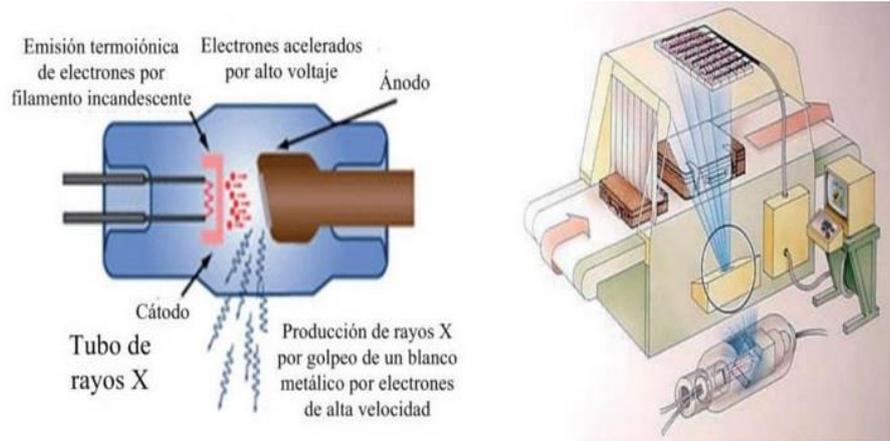
**Figura 2.4:** Estallido de rayos gamma  
**Fuente:** (NASA, 2008)

#### 2.2.4 Rayos X

También conocido como rayos Röntgen, esta categorizado como energía ionizante. Se clasifican de acuerdo a su longitud de onda;

- rayos x suaves  $> 0.1\text{nm}$ .
- rayos x duros  $< 0.1\text{nm}$ .

Los rayos X son capaces de traspasar el cuerpo humano a excepción del sistema óseo, debido al calcio que contienen los huesos. El principal uso es en la medicina siempre y cuando el paciente no sea expuesto por mucho tiempo, así como en la industria y con menores riesgos como la detección de materiales y objetos (Huidrobo & Luque, 2014).



**Figura 2.5:** Tubo de rayos X y escáner de inspección de equipaje  
**Fuente:** (Huidrobo & Luque, 2014)

### 2.2.5 Rayos ultravioletas

Debido a las características no es empleado en las comunicaciones corresponde al segmento óptico del espectro electromagnético. Tiene 2 clasificaciones por: comisión internacional de iluminación (CIE) y los físicos. A continuación, se detalla la subdivisión.

Tabla 2.2  
 División de ultravioleta

CIE	Denominación	$\lambda$ (nm)	E (ev)	Física	$\lambda$ (nm)	E (ev)
				NUV	400-300	3,10-4,13
UVA1	Onda larga	400-340	3,10-3,65	MUV	300-200	4,13-6,20
				FUV	200-122	6,20-10,2
UVA2	Onda larga	340-315	3,65-3,94	EUV	122-10	10,2-12,4

				VUV	200-100	6,20-12,4
UVB	Onda mediana	315-280	3,94-4,43	SUV	150-10	8,28-12,4
UVC	Onda corta	280-100	4,43-12,4	DUV	300-10	4,13.12,4

Fuente: (Huidrobo & Luque, 2014)

### 2.2.6 Luz visible

Corresponde a la región del espectro radioeléctrico que es perceptible para la visión de los seres vivos, comprende en umbrales de longitud de onda de 400 a 700nm y en casos especiales de 380 a 780nm.

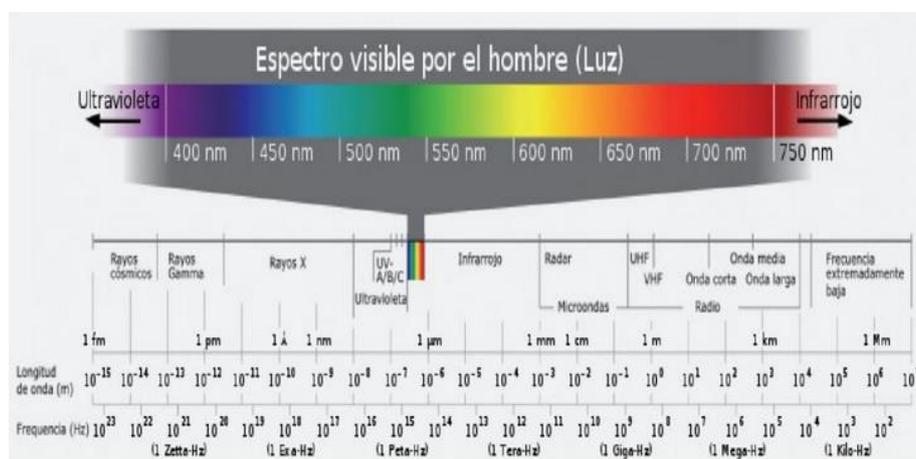


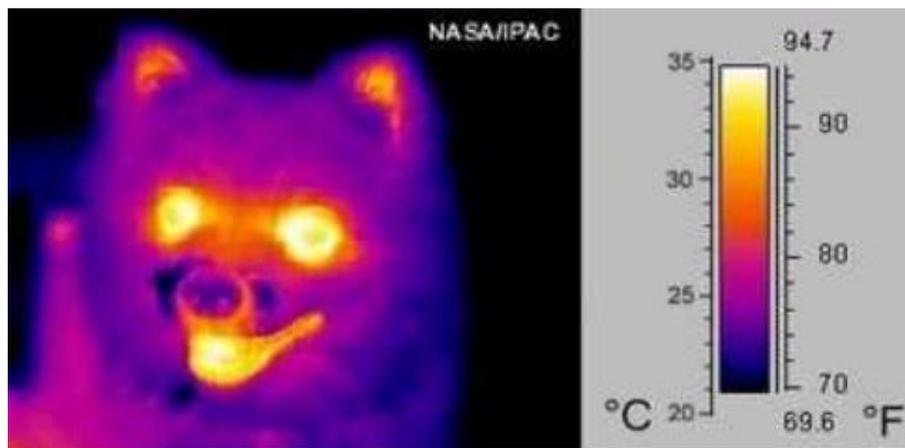
Figura 2.6: Espectro visible para el ser humano

Fuente: (Huidrobo & Luque, 2014)

### 2.2.7 Infrarrojo

También se la conoce como radiación térmica por su afiliación al calor, es decir cualquier objeto a una temperatura mayor a  $0^{\circ}\text{K}$  lo puede radiar. Comprende de longitudes de onda de 0,7 y 1.000  $\mu\text{m}$ , está catalogada como radiación no ionizante.

La radiación térmica está asociada principalmente con la sensación térmica y es la que los seres vivos emiten por medio de su calor corporal, los valores en las personas son; temperatura promedio de 37 °C y longitud de onda de 12um. La radiación infrarroja es utilizada para emitir señales de comunicación por medio de la fibra óptica con longitudes de onda entre 780 y 3000nm debido a los bajos niveles de pérdida por atenuación en sus componentes.



**Figura 2.7:** Imagen de un perro en el infrarrojo  
**Fuente:** (Fontal, 2005)

### 2.2.8 Espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas establecidas técnicamente desde los 9 KHz hasta los 3000 GHz. La unidad de medida en frecuencia (f) es el hertz (Hz). Es considerado como un recurso natural, limitado y vulnerable a sufrir interferencias. Esta categorizado como un activo nacional y su clasificación se debe a un sector estratégico, por tal razón su administración y control le corresponde al estado.

Las frecuencias inferiores a los 9 KHz y superiores a los 275 GHz, no son consideradas aptas para las comunicaciones inalámbricas. El primer caso debido al limitado margen de transmisión y el segundo caso porque aún no se ha asignado algún uso en estas frecuencias (Huidrobo & Luque, 2014).

Según la recomendación V.431-8 de la unión internacional de telecomunicaciones (UIT-R); el espectro radioeléctrico se ha establecido en una nomenclatura acorde el número de bandas. A continuación, el detalle de la distribución (UIT-R, 2015).

Tabla 2.3  
Distribución del espectro radioeléctrico

<b>Numero de la banda</b>	<b>Símbolos (en inglés)</b>	<b>Gama de frecuencias (excluido el límite inferior pero incluido el superior)</b>	<b>Subdivisión métrica correspondiente</b>	<b>Abreviaturas métricas para las bandas</b>
3	ULF	300-3 000 Hz	Ondas hectokilométricas	B.hkm
4	VLF	3-30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30-300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300-3 000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3-30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30-300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300-3 000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3-30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm

---

11	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300-3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm
13		3-30 THz	Ondas centimilimétricas	B.cmm
14		30-300 THz	Ondas micrométricas	B.μm
15		300-3 000 THz	Ondas decimicrométricas	B.dμm

---

**Fuente:** (UIT-R, 2015)

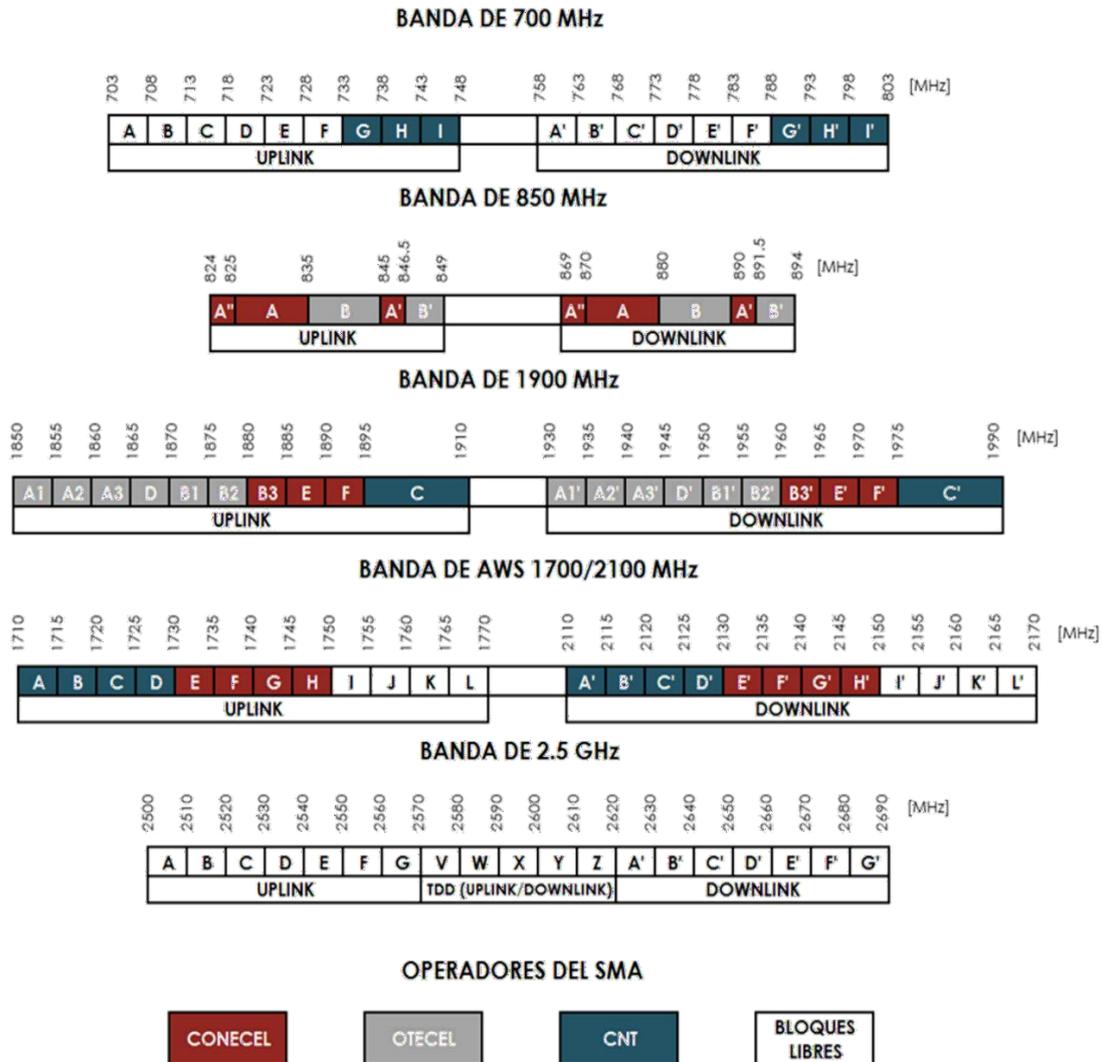
### **2.2.8.1 Microondas**

Es la parte de espectro radioeléctrico conformado por las siguientes bandas: UHF, SHF y EHF, es decir desde 300 MHz hasta 300 GHz. Teóricamente se entiende a la banda UHF que es utilizada para emitir la señal de televisión convencional pero debido a los rangos de frecuencias que van desde los 300 MHz hasta los 3 GHz dispone de la infraestructura necesaria e importante sobre la cual se ha desarrollado los servicios de la telefonía móvil como son 2G, 3G y 4G (Bonet, 2016).

La agencia de regulación y control de las telecomunicaciones (ARCOTEL) es la entidad estatal en nuestro país, encargada de regular el uso del espectro radioeléctrico acatando las resoluciones de la UIT-R.

En la conferencia mundial de radiocomunicaciones desarrollado en el año 2015 (CMR-2015) se actualizó la asignación del espectro radioeléctrico para el servicio móvil avanzado

(SMA). ARCOTEL acogiendo dichas resoluciones establece la distribución frecuencias para las operadoras de telefonía celular de nuestro país (Arcotel, 2018).



**Figura 2.8:** Plan nacional de frecuencias 2017

Fuente: (Arcotel, 2018)

En la concesión del espectro radioeléctrico se puede observar la distribución del ancho de banda (AB) asignado a cada operadora de telefonía celular según la frecuencia portadora.

Tabla 2.4  
Ancho de banda concesionado según la frecuencia

<b>Operadora</b>	<b>700 MHz</b>	<b>850 MHz</b>	<b>1900 MHz</b>	<b>1700/2100 MHz</b>	<b>Distribución Total</b>
OTECCEL		25 MHz	60 MHz		30,36 %
CONECEL		25 MHz	30 MHz	40 MHz	33,93 %
CNT EP	30 MHz		30 MHz	40 MHz	35,71 %

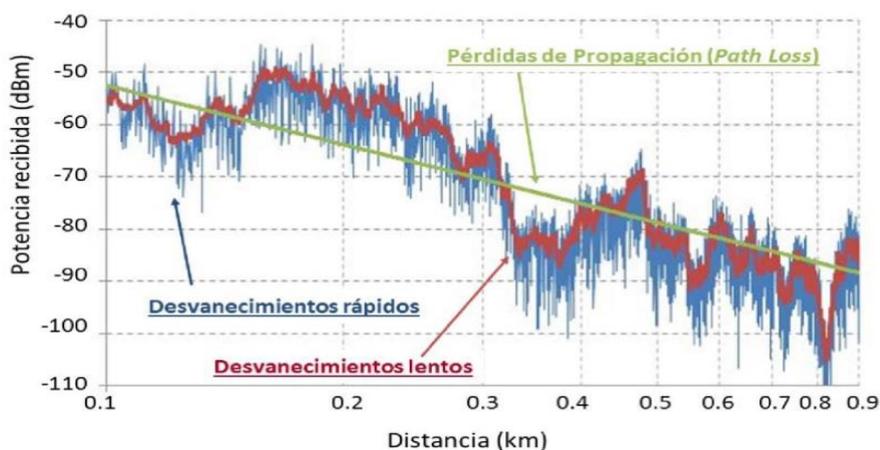
**Fuente:** (Arcotel, 2018)

La operadora Otecel (Movistar) tiene distribuido el uso del espectro radioeléctrico para las diferentes tecnologías de la siguiente manera:

- El segmento B de uplink & downlink en la banda de 850 MHz asignado para la tecnología 3G.
- El segmento B' de uplink & downlink en la banda de 850 MHz asignado para la tecnología 2G.
- Los segmentos B1 y B1' convergen las tecnologías 2G y 3G para la segunda portadora.
- Los segmentos B2 y B2' es exclusivo la tecnología 3G para la tercera portadora
- Para la tecnología 4G de Movistar se han asignado las frecuencias en los segmentos: A1, A2, A3, D y A1', A2', A3', D' (Arcotel, 2021).

## 2.3 Propagación

Para que una señal radioeléctrica pueda propagarse a distancias deseadas se le debe asignar una potencia de emisión definida, pero el factor más importante a considerar es la frecuencia de operación. Existen efectos secundarios como; medios o fenómenos físicos que inciden en la propagación y requieren ser analizados, tenemos los siguientes:



**Figura 2.9:** Pérdidas de propagación según la distancia  
**Fuente:** (Sallent & Pérez, 2014)

### 2.3.1 Reflexión

Este fenómeno ocurre cuando la onda radioeléctrica choca con algún medio físico sean árboles, paredes o cualquier obstáculo intermedio, esta acción causa un rebote y como tal un cambio de rumbo en la onda. Cuando ocurre la reflexión, la señal se propagará, pero con menor potencia de la inicial.

### 2.3.2 Refracción

A diferencia de la reflexión la onda radioeléctrica choca con el medio físico y lo atraviesa, pero a más de cambiar de rumbo también experimenta un cambio de velocidad, la frecuencia no sufre alteraciones. La refracción se guía en la ley de Snell:

$$n_1 \text{Sen}\theta_1 = n_2 \text{Sen}\theta_2$$

$n_1$  y  $n_2$  = índice de refracción

$\text{Sen}\theta_1$  = ángulo incidente

$\text{Sen}\theta_2$  = ángulo refractado

### 2.3.3 Difracción

La onda radioeléctrica experimenta alteraciones al cruzar el medio físico. Es decir, en el punto de colisión de la onda y el medio se origina una nueva onda de tipo esférica, pero no sufre alteraciones en la frecuencia y longitud de onda.

### 2.3.4 Dispersión

A diferencia de la anteriores, si sufre alteraciones al atravesar el medio, prácticamente es la descomposición de la onda radioeléctrica, es decir se pierde la señal radioeléctrica.

### 2.3.5 Desvanecimiento

Está relacionado directamente a los drásticos cambios climáticos como la fuerte lluvia, neblina o tormenta eléctrica. Este es un factor de gran importancia a considerar en el diseño de enlaces punto a punto.

**Multiproyecto:** Es la suma de los efectos de reflexión y difracción, en este caso el receptor tomará la señal con mayor potencia.

### 2.3.6 Diversidad

Se emplea para mejorar la señal recibida, tomando todas las señales resultantes de los efectos mencionados anteriormente, entre las principales existen dos:

**Diversidad de espacio:** Se utiliza más de una antena a cierta separación la una de otra.

**Diversidad de frecuencia:** Se utiliza más de dos frecuencias en un mismo sistema de hardware (Huidrobo & Luque, 2014).

Existen varios modelos que sirven para realizar cálculos de pérdida de propagación para sistemas celulares, uno de los más importantes es Okumura-Hata fue desarrollado en Japón y ha sido adoptado por los países con el modelo más idóneo en zonas urbanas:

Entre los siguientes márgenes:

$$L = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d_m$$

$$f: \geq 150 \text{ MHz}, \leq 1500 \text{ MHz.}$$

$$d_m: \geq 1 \text{ Km}, \leq 20 \text{ Km.}$$

$$h_b: \geq 30 \text{ m}, \leq 200 \text{ m.}$$

$$h_m: \geq 1 \text{ m}, \leq 10 \text{ m.}$$

Al indicar de zonas urbanas se generaliza también ocurre con la altura del terminal ( $h_m$ ) y la frecuencia por lo que se ha subdividido en:

Ciudades pequeñas y medianas:

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7)h_m - (1.56 \log f - 0.8)$$

Ciudades grandes:

$$a(h_m) = 8.29(\log 1.54h_m)^2 - 1.1 \text{ cuando } f \leq 200 \text{ MHz}$$

$$a(h_m) = 3.2(\log 11.75h_m)^2 - 4.97 \text{ cuando } f \geq 400 \text{ MHz}$$

Este modelo solo ha sido avanzado hasta frecuencias de 1,5 GHz y para frecuencias superiores han desarrollado otros modelos para cálculos de propagación (Sallent & Pérez, 2014).

## 2.4 Antenas

Es el mecanismo que cumple la función de radiar las ondas electromagnéticas al espacio libre, dependiendo del sistema implementado estos dispositivos son capaces de mantener una comunicación simplex o dúplex. Existe una variedad de antenas que van acorde a la demanda. Entre los principales tipos tenemos las siguientes:

### 2.4.1 Antenas de hilo

Están diseñadas de filamentos conductores capaces de generar radiación electromagnética. Las antenas dipolo de media onda corresponde a este tipo.

### 2.4.2 Antenas de apertura

Su principal propiedad es la directividad en la radiación, debido a su forma tipo bocina. Estas antenas son generalmente utilizadas en radioenlaces de gran distancia.

- **Antenas planas:** Está constituida de láminas de cobre impresas sobre el material dieléctrico. Debido a su estructura son muy ligeras en volumen y peso.

- **Arrays:** Consiste en agrupar un determinado número de antenas uniformes que pueden ser de tipo lineales o planos, la principal característica es de mejorar la señal recibida hasta 3dBm por cada array (Huidrobo J. , 2012).

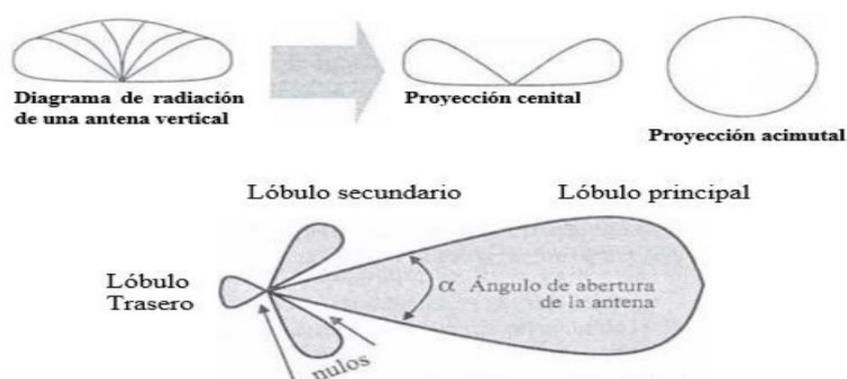
## 2.5 Diagramas de radiación

En los sistemas celulares se utilizan antenas unidireccionales ubicadas a 120° la una de otra, tomando una figura de un trébol. con esta sectorización se logra mejorar la cobertura a diferencia de un sistema implementado con antenas omnidireccionales.

La potencia isotrópica radiada equivale (PIRE) es el resultado de potencia absoluta proporcionada y la ganancia total para una antena isotópica, mencionada en dB es:

$$PIRE = 10 \log(P_t - GA)$$

La ganancia de la antena de la estación base ( $GA$ ) hace referencia al máximo punto de radiación este es el lóbulo principal, los lóbulos laterales son conocidos como secundarios. En la práctica esto se puede obtener con una sectorización de antenas. No ocurre lo mismo con las antenas omnidireccionales, estas antenas radian en 360 ° minimizando el área de cobertura (Huidrobo J. , 2012).



**Figura 2.10:** Lóbulos de radiación de antena omnidireccional y direccional  
**Fuente:** (Huidrobo J. , 2012)

En la actualidad se utilizan antenas unidireccionales o más conocidas como antenas sectoriales, tienen una característica particular, son antenas con diversidad de frecuencia (+45°, -45°) y además son doble banda: 850 MHz y 1900 MHz, con esto se minimiza el uso de recursos. Por estos beneficios se dejó de utilizar las antenas omnidireccionales.



**Figura 2.11:** Antena sectorial con diversidad de frecuencia  
**Fuente:** (Movistar 2021)

## 2.6 Ruido

El ruido es toda señal que se emite de manera natural o artificial puede propagarse de manera constante o en intervalos de tiempo solapando ciertas señales. Se clasifican en dos grupos:

### 2.6.1 Ruido externo:

Considerado como perjudicial puede ser causado por fuentes artificiales o naturales.

### 2.6.2 Ruido interno

Generalmente es provocado por el propio sistema, puede ser por factores térmicos.



Existen diferentes tipos de interferencias que se caracterizan por sus propiedades de radiación, se han considerado tres principales.

La particularidad de una interferencia es que siempre se presenta en la recepción, es imposible que se presente en la transmisión (Cave & William, 2018).

### 2.7.1 Interferencia cocanal

Se trata una frecuencia externa que está operando en paralelo a la del propio sistema, aunque el ancho de banda de la señal externa no siempre es el mismo. Por lo general este tipo de interferencia solapa a la señal deseada causando limitación en la calidad del servicio (Sallent & Pérez, 2014).

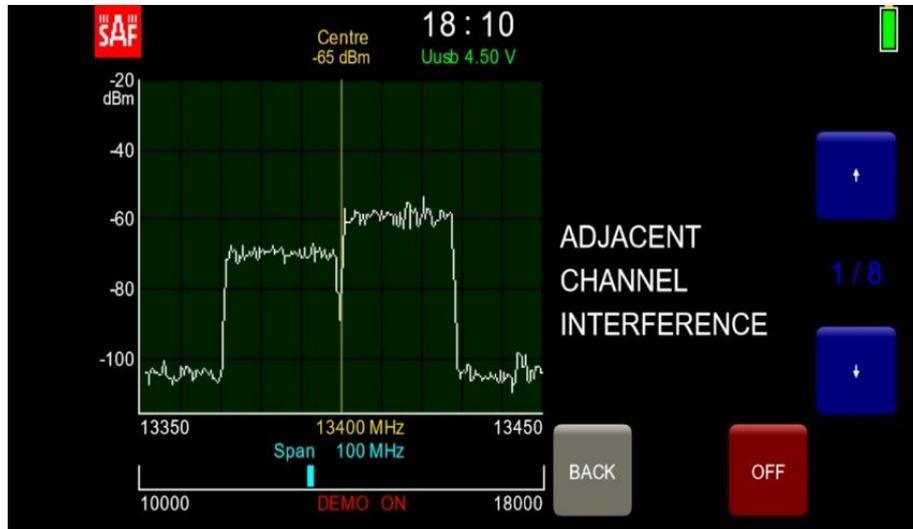


Figura 2.13: Interferencia cocanal  
Fuente: (SAF , 2021)

### 2.7.2 Interferencia de canal adyacente

Se trata de una frecuencia externa que está operando muy próxima a la señal útil, sumando las fugas que tienen los transmisores y receptores, se crean el canal adyacente. Para que este tipo de interferencias no ocurra, el organismo regulador recomienda tener un margen

de protección, lo que se conoce como canal de guarda en las frecuencias portadoras (Cave & William, 2018).



**Figura 2.14:** Interferencia canal adyacente  
**Fuente:** (SAF , 2021)

### 2.7.3 Interferencia en la banda

Es muy similar a la interferencia cocanal la diferencia es el ancho de banda de la señal interferente que es muy pequeño y en algunos casos puede presentarse por intervalos de tiempos, causando intermitencias en la calidad del servicio. Este tipo de interferencias comúnmente suele presentarse por desperfectos en los complementos electrónicos del sistema como son; moduladores, demoduladores, filtros, etc. (Sallent & Pérez, 2014).



**Figura 2.15:** Interferencia dentro de banda  
**Fuente:** (SAF , 2021)

## 2.8 Sistemas celulares

Surgió de la telefonía pública y la comunicación vía radio con la necesidad disponer de una comunicación inalámbrica. Aproximadamente hace 100 años, se implementó el sistema radio móvil para la policía de Detroit. A partir de aquel acontecimiento aparecieron muchos desarrollos en beneficio de la comunicación inalámbrica.

La primera generación nace a finales de los años 70 con tecnología analógica, únicamente con el servicio de voz, sin embargo, la comunicación fue muy deficiente. Con la transformación a la tecnología digital a mediados de los 80 surge la segunda generación (2G) con el nombre de sistema global para comunicaciones móviles (GSM) marcando un hito en la telefonía celular, a más de tener una comunicación muy estable se puede enviar y recibir mensajes de texto (SMS), esta tecnología fue la base para el desarrollo de las futuras generaciones.

La versión mejorada que supera la velocidad de transmisión de 2G, es 2.5G o servicio general de paquetes vía radio (GPRS) con esto se puede enviar mensajes multimedia (MMS).

La siguiente generación (3G) permite el acceso a internet con el nombre de sistema universal de comunicaciones móviles (UMTS), con esto empieza la era de los teléfonos inteligentes, desde el celular se puede navegar en internet con velocidades de 2 Mbps. Para lograr velocidades superiores se desarrolla la técnica de acceso a paquetes de alta velocidad (HSPA) que se llamaría 3.5G permitiendo realizar video llamadas y juegos en línea entre los usuarios. Con la llegada de la cuarta generación (4G) evolución a largo plazo ((LTE), en el año 2010 se tiene tasas de transferencias de datos hasta 1 Gbps lo cual permite al usuario tener acceso a videos en alta definición (De Bernardo & Priede, 2007).

En la actualidad disponer de un teléfono inteligente es un recurso muy necesario para el desarrollo de las actividades diarias.

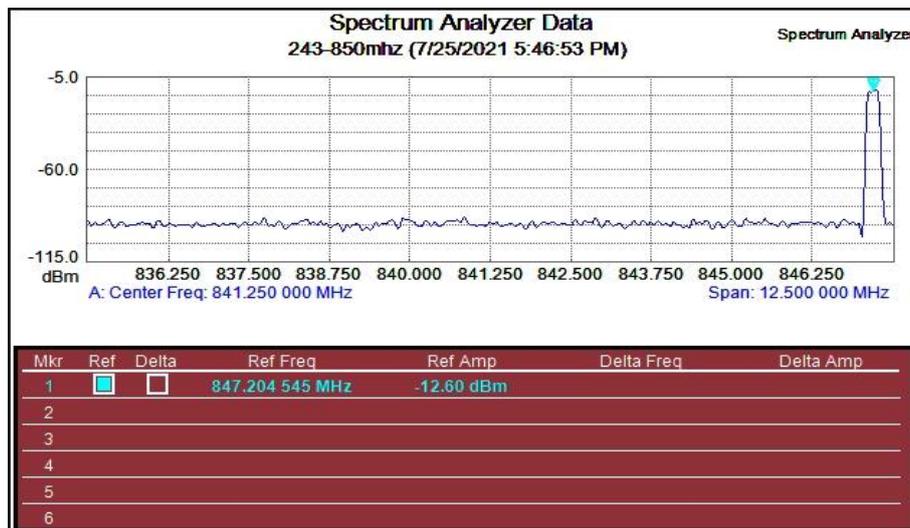
### **2.8.1 Primera generación**

Fue conocida como radio móvil, desarrollada con tecnología analógica, acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA), esta técnica se basa en separar el ancho de banda útil para los usuarios según la demanda, para fraccionar los canales de los usuarios se empleaba filtros pasa banda con esto se aseguraba un canal específico, pero también había que considerar la banda de guarda para los demás usuarios de canales. De cierta manera cumplía con la expectativa; pero al tener muchas bandas de guarda no hacía otra cosa que saturar el espectro disponible, causando deficiencias en la calidad del servicio de voz. La interconexión entre celdas adyacentes era muy complicada y no se podía realizar llamadas a diferentes operadoras celulares.

En América y gran parte Europa el modelo absoluto fue el sistema telefónico móvil avanzado (AMPS) (Sallent, Valenzuela, & Agustí, 2003).

## 2.8.2 Segunda generación

A partir de la digitalización de la señal en el año 1990 se desarrolla la tecnología sistema global de comunicaciones móviles (GSM) con fundamentos en la técnica utilizada para la primera generación (FDMA), se aplica la técnica de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) la principal característica de esta técnica es la de asignar un canal de frecuencia también conocida como trama de 200 KHz, cada trama puede acoger 8 usuarios sincrónico de esta manera se logra mantener una comunicación dúplex mejorando la velocidad de transmisión y capacidad. (Sallent, Valenzuela, & Agustí, 2003).



**Figura 2.16:** Frecuencia portadora GSM  
**Fuente:** (Anritsu,2021)

Con esta arquitectura se puede enviar y recibir mensajes de texto (SMS) además de cifrar las conversaciones mediante el módulo de identidad del suscriptor (SIM), a medida que creció la demanda de usuarios, las redes GSM empezaron a saturarse por lo que fue necesario concesionar una segunda frecuencia portadora en la banda de 1900 MHz.

A continuación, la distribución de tramas en GSM para 850 MHz y 1900 MHz.

Tabla 2.5  
Número de canales en GSM

<b>Tecnología, Frecuencia</b>	<b>AB asignado</b>	<b>N. de Tramas</b>	<b>N de Usuarios por Trama</b>	<b>N Total de Canales</b>
GSM 900 MHz	25 MHz	124	8	992
GSM 1900 MHz	60 MHz	299	8	2.392

**Fuente:** (Huidrobo J. , 2012)

A cada trama se le asigna un número de canales de radio frecuencia absolutos (ARFCN), estos canales pueden ser físicos o lógicos y estos se subdividen en canales de tráfico y control.

- **Canal físico:** Es la ranura de tiempo asignado a cada usuario con una capacidad neta de 9,6 Kbps.
- **Canal lógico:** Se subdividen en canales de tráfico y canales de control. A continuación, el detalle.

Tabla 2.6  
 Canales lógicos de GSM

Canales de Tráfico		Canales Comunes (control)		
TCH/FR	TCH/HR	Difusión	C. Común	C. Dedicado
Full Rate	Half Rate	BCCH	RACH	SDCCH
22,8 Kbit/s	11,4 Kbit/s	FCCH	NCH	CBCH
Neta 13 Kbit/s	Neta 6,5 Kbit/s	SCH	PCH	SACCH
			AGCH	FACCH
			CBCH	

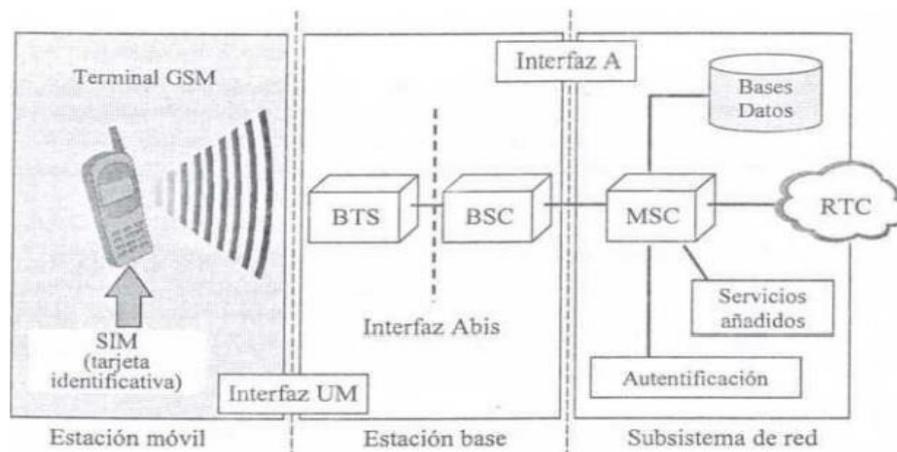
Fuente: (Huidrobo J. , 2012)

- **Canales de tráfico:** Encargados de la comunicación entre la estación base transmisora (BTS) y la estación base controladora (BSC). Los canales de tráfico (TCH) siempre están en par y corresponden a los enlaces subida (UL) y bajada (DL).
- **Canales de control:** La función es de proporcionar la señalización y sincronización a los teléfonos celulares, así como realizar el traspaso de llamadas entre celdas adyacentes.

Entre todos los canales lógicos de control se distribuye en:

- **Difusión:** Estos canales se encargan de asignar las tramas, potencia y el sincronismo para lograr la comunicación.
- **Control:** La función principal es de dinamizar la comunicación de manera eficiente, mediante notificaciones proporciona accesos.
- **Control dedicado:** Son canales para uso exclusivo como notificaciones.

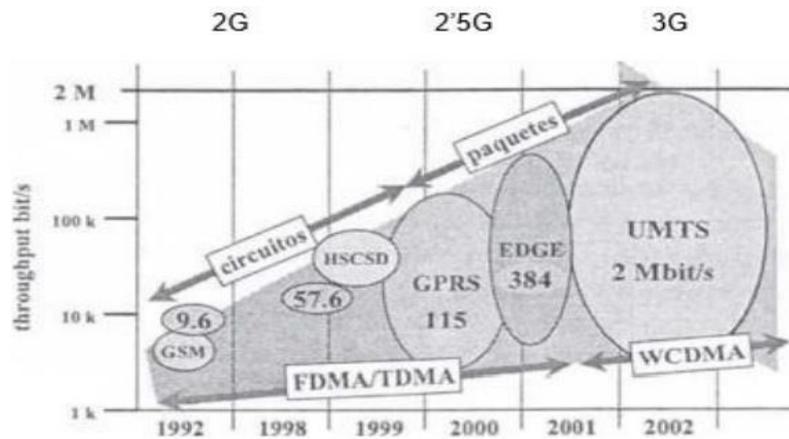
La red GSM está compuesta de varias etapas físicas y lógicas.



**Figura 2.17:** Estructura de la red GSM

Fuente: (Huidrobo J. , 2012)

Con la segunda generación (2G) la tasa de transferencia máxima solo permite enviar SMS, así que surge el servicio general de paquetes vía radio (GPRS) más conocida como 2.5G, alcanzado tasas de transmisión de hasta 115 Kbps lo que permite enviar mensajes multimedia (MMS) (Huidrobo J. , 2012).

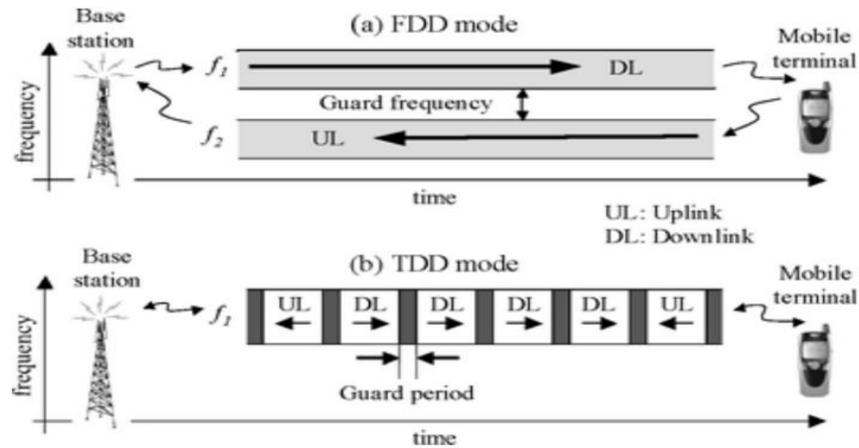


**Figura 2.18:** Evolución de GSM  
**Fuente:** (Huidrobo J. , 2012)

### 2.8.3 Tercera generación

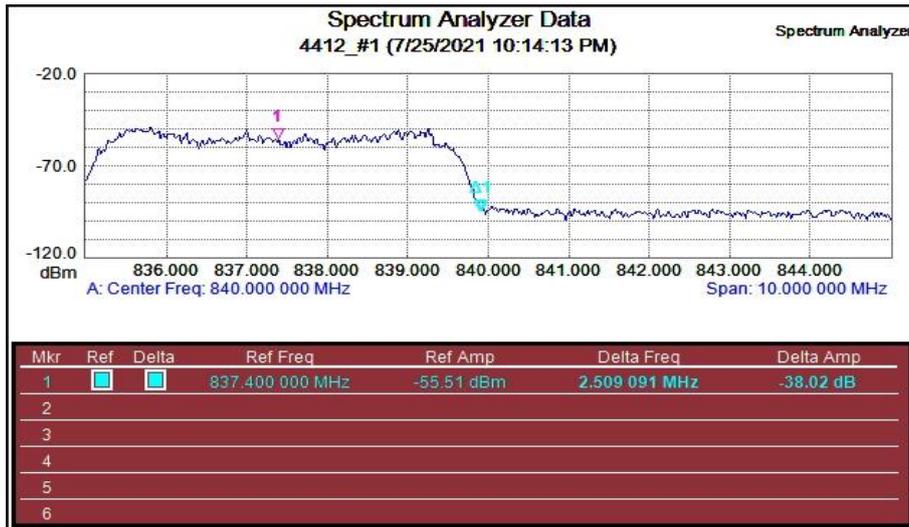
Con el nombre de sistema universal de comunicaciones móviles (UMTS) otorgado por el proyecto de asociación para la tercera generación (3GPP) a inicios del 2000 se da inicio a la tercera generación superando a GPRS, con tasas de transmisión de hasta 3.1 Mbps para navegación de datos desde un teléfono celular, usando la técnica acceso múltiple por división de código (CDMA). Esta técnica permite a los usuarios disponer de todo el espectro útil de 3,75 MHz de ancho de banda (Huidrobo J. , 2012).

Mediante la técnica de acceso múltiple por división de código de banda ancha (W-CDMA) permite a UMTS ampliar el espectro útil a 5 MHz de ancho de banda con los métodos de división de duplexación por frecuencia (FDD) y división de duplexación por tiempo (TDD) logrando tasas de transmisión de hasta 14 Mbps, lo que se lo llamaría como 3.5G. (Sánchez & Thioune, 2007).



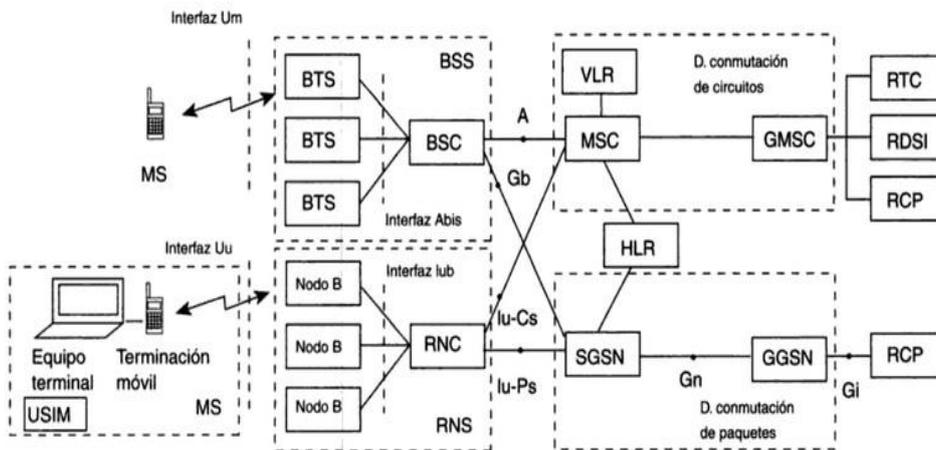
**Figura 2.19:** Tecnologías de duplexación para UMTS  
**Fuente:** (Sánchez & Thioune, 2007)

UMTS asigna todo el espectro útil a los usuarios y los dividen mediante codificación logrando optimizar los recursos físicos y lógicos de la red. En esta tecnología existe un factor muy importante a considerar que es el ruido generado por todos los usuarios. Además de una particularidad con la potencia del sistema UMTS, acorde la cantidad de usuarios. Puede aumentar o disminuir, es decir si existen muchos usuarios utilizando el servicio; la potencia disminuye, pero si existen pocos usuarios la potencia aumenta, lo que sería lógicamente que la estación aumenta o disminuye en su cobertura. Entre las ventajas de asignar todo el espectro útil es que ayuda para el traspaso de celdas sin que exista la interrupción del tráfico y el usuario no note esta diferencia (Huidrobo J. , 2012).



**Figura 2.20:** Frecuencia portadora de UMTS  
**Fuente:** (Anritsu, 2021)

Todo esto es posible porque UMTS considera necesario mantener el dominio de conmutación por circuitos, similar a GSM y los servicios de datos se obtiene mediante el dominio de circuito por paquetes (España, 2003).



**Figura 2.21:** Arquitectura de red UMTS  
**Fuente:** (España, 2003)

### 2.8.3.1 Arquitectura de UMTS

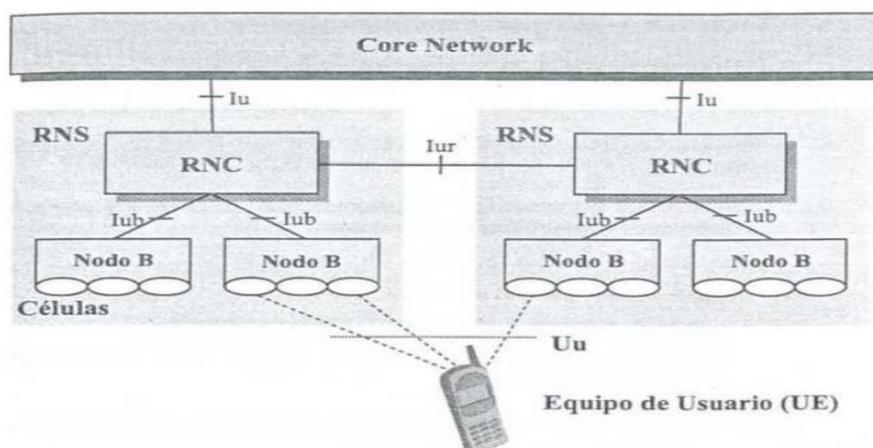
La tecnología UMTS implementa 2 interfaces principales en su arquitectura:

- **Interfaz Uu:** Es la encargada de la comunicación de los equipos terminales con el Nodo B.
- **Interfaz Iu:** Lleva la comunicación de las RNC y el CN.

Mediante estas dos interfaces se logra la arquitectura básica:

Red de acceso de radio UMTS (UTRAN): Brinda la comunicación de los terminales móviles y el núcleo de red está conformado por subsistemas de radio (RNS) y esta es administrada por un controlador de la red de radio (RNC). La comunicación de los elementos por medio de interfaces:

- **Interfaz Iub:** Comunicación Nodo B y RNC
- **Interfaz Iur:** Comunicación entre RNC



**Figura 2.22:** Arquitectura red UTRAN  
**Fuente:** (Huidrobo J. , 2012)

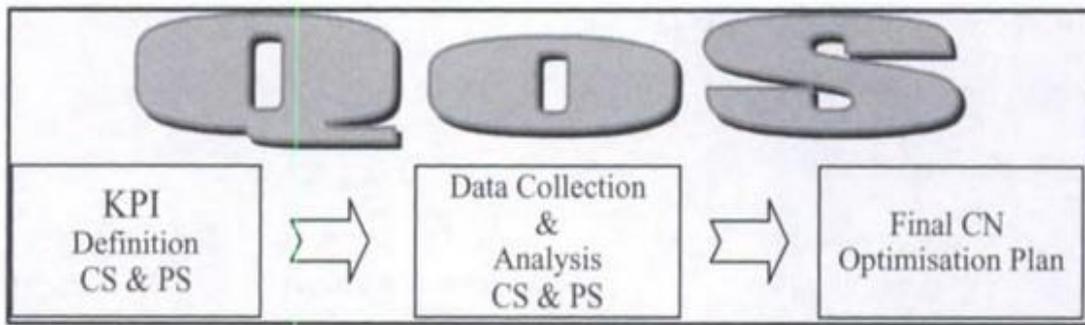
- **Núcleo de Red (CN):** Administra el tráfico de la red, incluida la señalización y conmutación.
- **Equipo Terminal (UE):** Facilita la comunicación de voz y datos al abonado.

### 2.8.3.2 Estructura de Canales

La arquitectura de UTRAN, se dividen en tres tipos de canales:

- **Canales físicos:** comprende el medio físico; codificación, frecuencias y modulaciones empleadas se clasifican en canales comunes y canales dedicados.
- **Canales de transporte:** Encargados del transporte de información mediante codificaciones son asociados a los canales físicos se clasifican en canales comunes y canales dedicados.
- **Canales Lógicos:** Proporcionan la transferencia de datos a nivel de la capa MAC, estos se clasifican por el tipo de información. En resumen, existe un mapeo de canales de transporte a canales lógicos y viceversa con esto se logra la comunicación efectiva de acuerdo con la capacidad se dividen en canales de control y tráfico.

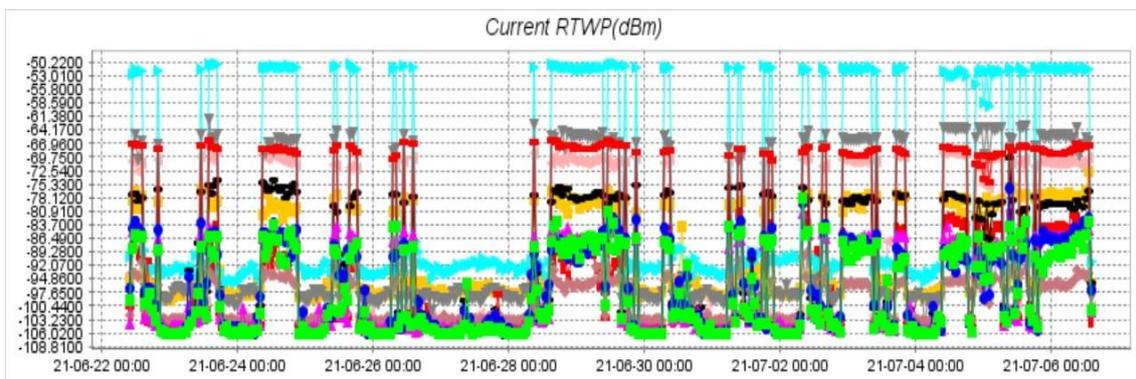
Mediante el controlador de la red de radio (RNC) que es el encargado de administrar los recursos necesarios al grupo de Nodos-B, se puede supervisar los parámetros de calidad en la conmutación de circuitos (CS) y conmutación de paquetes (PS) (Mishra, 2004).



**Figura 2.23:** Proceso de optimización  
**Fuente:** (Mishra, 2004)

La QoS de la red UTRAN se fundamenta por los servicios de; voz; datos, multimedia y sincrónico, esto es medido por la RNC. Mediante las estadísticas de indicador clave de rendimiento (KPI) y la potencia de banda ancha total recibida (RTWP) se mide en el enlace ascendente (UL) que es la relación de interferencia ocasionada los por abonados y se mide en dBm. Existe valores de relación (Kreher, 2006).

- En una celda sin tráfico:  $\geq -104,5$  dBm. Valores normales
- En una celda con tráfico:  $\geq -86$  dBm. Valores normales
- En una celda con tráfico:  $\leq -85$  dBm. Valores anormales



**Figura 2.24:** Monitoreo de RTWP  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

La tecnología UMTS de Movistar es administrada por medio del gestor Netnumen, el cual se puede acceder remotamente mediante una VPN, este sistema de gestión de la red 3G brinda varias funciones como son:

- Gestión de alarmas y configuración
- Gestión de operación y mantenimiento de la red
- Gestión de rendimiento y reportes

En el sistema de gestión de elementos (EMS) se puede observar las controladoras de la red de radio (RNC) con su distribución de Nodos-B, y este a su vez se divide en:

- Centro de operación y mantenimiento de los recursos de radio (OMCR)
- Centro de operación y mantenimiento de los parámetros BBU (OMCB)

Para visualizar un Nodo B, se ingresa en la opción de OMCR de la siguiente manera:

Nombre de RNC (Código)

Nombre de Estación (Código)

Numero de Celda (Código)

Todos estos códigos representan las estaciones base de transmisión (Node B) con sus respectivos sectores; A, B, C y la controladora de la red de radio (RNC), las estadísticas de reportes se las obtiene en tiempo real o en intervalos de tiempos de minutos, horas o días.

El departamento encargado de evaluar indicadores de calidad es el centro de operaciones de la red (NOC), cuando los valores superan niveles históricos es escalado al departamento optimización y calidad de la red.

#### 2.8.4 Cuarta generación

Esta tecnología utiliza infraestructura de protocolo IP con velocidades de 100 Mbps toma el nombre de evolución a largo plazo (LTE) con la técnica multiplexación por división de tiempo ortogonal (OFDM), basada en la conmutación por paquetes, esta particularidad hace que LTE se asemeje a la tecnología WIMAX técnicamente (Huidrobo J. , 2012).

El ancho de banda utilizado para las diferentes tecnologías: 2G, 3G y 4G influye directamente para la prestación de servicios, siendo el factor fundamental para que el tráfico de voz y datos sean más eficientes.

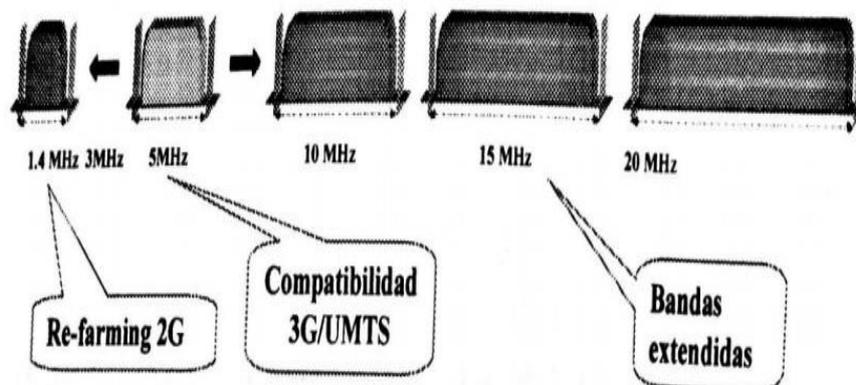
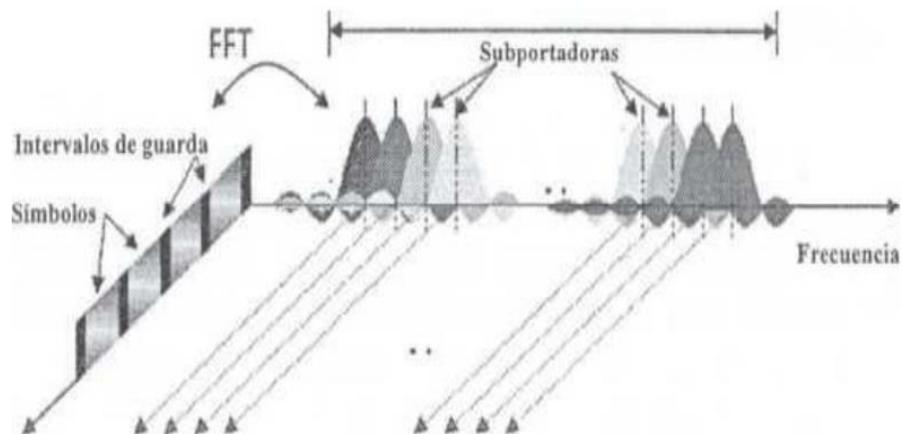


Figura 2.25: Ancho de banda para la tecnología LTE

Fuente: (Huidrobo J. , 2012)

La técnica OFDM permite que LTE tenga mayor un ancho de banda hasta 20 MHz blindando al sistema frente a interferencias y para suplir el problema de reflexión se implementa la innovación múltiple entrada múltiple salida (MIMO) de esta manera se logra tener una mayor tasa de transferencia de datos.

La latencia en LTE es mejor, esto se logró con la arquitectura de la red excéntrico, es decir una red más sencilla, al igual que UMTS utiliza los métodos TDD y FDD. Además, de la particularidad con la portadora única de UL (SC-FDMA) añadiendo una diferencia a la modulación QAM, existen muchas ventajas con OFDM, pero como todo sistema inalámbrico no queda exento al ruido e interferencias, al dividir en sub portadoras origina una interferencia entre las mismas que es tolerable. (Huidrobo J. , 2012).



**Figura 2.26:** Representación de una señal OFDM  
**Fuente:** (Huidrobo J. , 2012)

#### 2.8.4.1 Estructura de Canales

Se divide en 3 tipos de canales:

- **Canales físicos:** Encargados de la transmisión de la comunicación.
- **Canales de transporte:** Encargados de la transferencia de la comunicación a niveles superiores.

- **Canales lógicos:** Su función es el control y señalización de los servicios.

#### **2.8.4.2 Arquitectura de la red**

Se basa en un diseño estructural más sencillo y compacto. Con el nombre de UTRAN mejorada (E-UTRAN) la red de acceso toma el nombre Nodo B mejorado (eNodo B) brinda las facilidades necesarias al usuario para la comunicación. Los eNodo B tienen comunicación con el núcleo de red (CN) así como entre ellos por medio de la interfaz x2, simplificando funciones.

- **La entidad de gestión de movilidad (MME):** Es la unidad encargada de administrar las llamadas y la información.
- **La puerta de enlace de servicio (SGW):** Es administrado por la MME la función es de monitoreo de los servicios (Huidrobo J. , 2012).

Debido al protocolo IP, la QoS es gestionada por medio de transferencia de paquetes en la red de voz y datos. En cuanto la seguridad utiliza cifrado en los extremos similar a la tecnología UMTS (Huidrobo J. , 2012).

La siguiente tecnología que es la quinta generación, pese que en Europa y Asia ya se implementado, en nuestro País recién se ha empezado a instalar con la empresa estatal, no se tiene más información de esta nueva tecnología como la fecha de lanzamiento oficial, así como las frecuencias portadoras concesionadas por el estado.

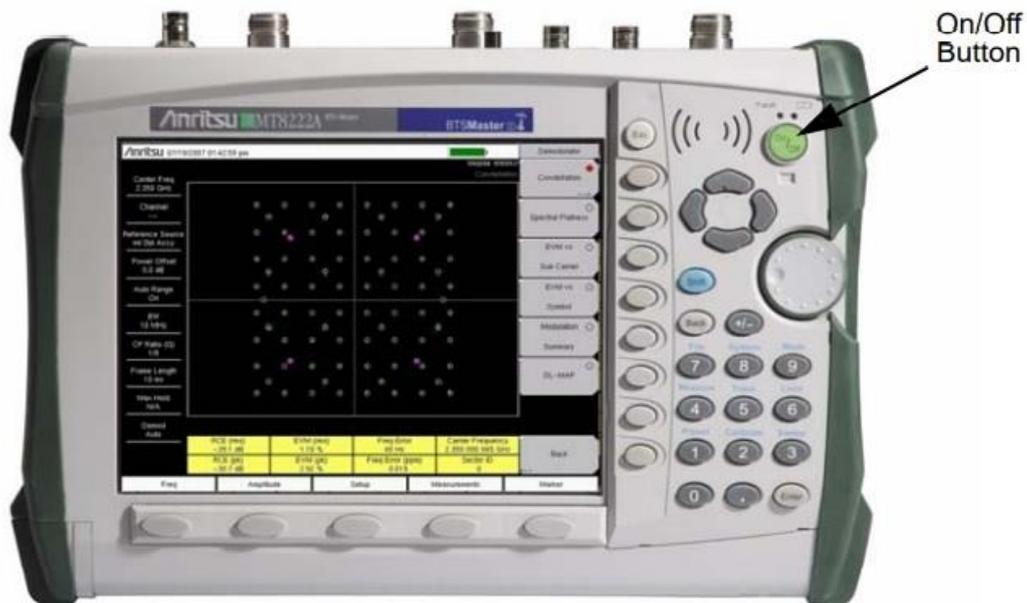
### **2.9 Analizador de espectros**

El Analizador de espectros es capaz de realizar estudios de señales de radio frecuencia (RF), medir la potencia de la portadora y análisis de interferencias electromagnéticas (EMI). Existe una gama de equipos, la principal característica de un analizador de espectros es el rango

de frecuencias. No todos los equipos disponen de las mismas funciones. Se debe utilizar el equipo acorde las frecuencias que se va a realizar las pruebas (Miranda, Sebastián, Sierra, & Margineda, 2002).

Los analizadores de espectros disponibles en el mercado cubren frecuencias desde 9KHz hasta 40 GHz.

Lógicamente el equipo modela la señal en el dominio del tiempo con apoyo de los circuitos incorporados, aplicando la técnica de la transformada de Fourier, permitiendo observar las señales con todas sus componentes de; frecuencia, amplitud, ancho de banda, etc. En la practica el equipo es muy utilizado en el desarrollo de ingeniería radio enlaces previo a la asignación de frecuencias (Miranda, Sebastián, Sierra, & Margineda, 2002).

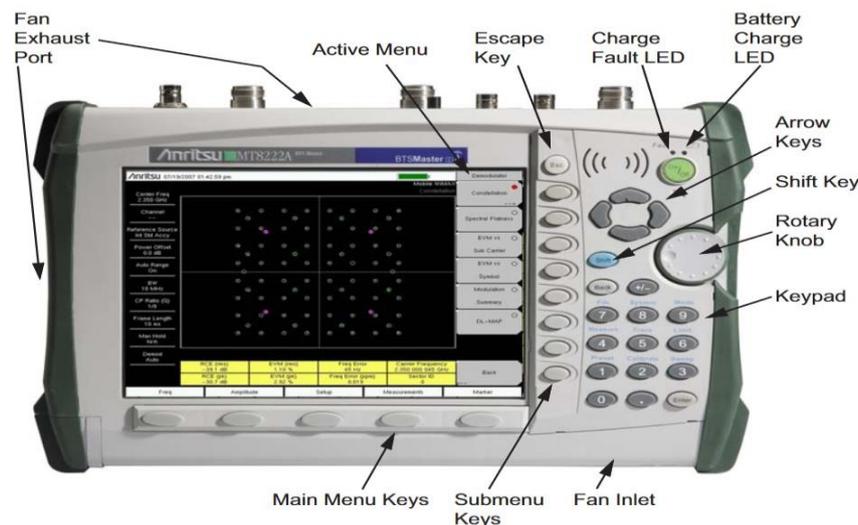


**Figura 2.27:** Analizador de espectros MT8222A  
**Fuente:** (Anritsu, 2021)

### 2.9.1 Configuración de analizador de espectros

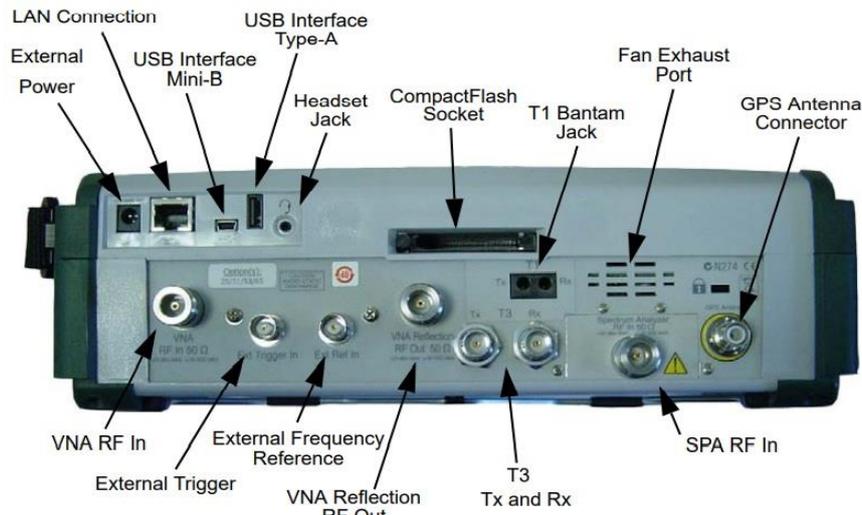
Entre las principales funciones a configurar en el equipo están las siguientes:

- **Ancho de banda de resolución (RBW):** Dispone la técnica del equipo para diferenciar los elementos de frecuencia inmediatos, técnicamente es aconsejable utilizar el RBW más bajo de esta manera se puede observar señales muy bajas inclusive armónicos.
- **Ancho de banda (SPAN):** Corresponde a la amplitud del equipo para realizar el barrido en un rango determinado de frecuencia, es recomendable fijar el SPAN dentro un limitado margen con esto se logra precisión en las mediciones.
- **Tiempo de barrido:** Es el tiempo que toma el equipo en realizar el rastreo según la RBW y SPAM, este tiempo se selecciona de manera automática al asignar los valores descritos anteriormente, pero también se lo puede asignar de manera manual, es aconsejable dejarlo en automático.
- **Frecuencia:** Se configura el equipo acorde el trabajo a realizar, existen diferentes marcas y modelos que dependen del rango de frecuencias. Es importante seleccionar el equipo ideal para la tarea a realizar.



**Figura 2.28:** Controles del analizador de espectros  
**Fuente:** (Anritsu, 2021)

El analizador de espectros dispone de un software (Master Software Tools) que se lo puede obtener de manera gratuita en la página de Anritsu, de esta manera se puede descargar las gráficas de pruebas, por medio de los puertos de conexión como; puerto USB y puerto Ethernet (Anritsu, 2021).



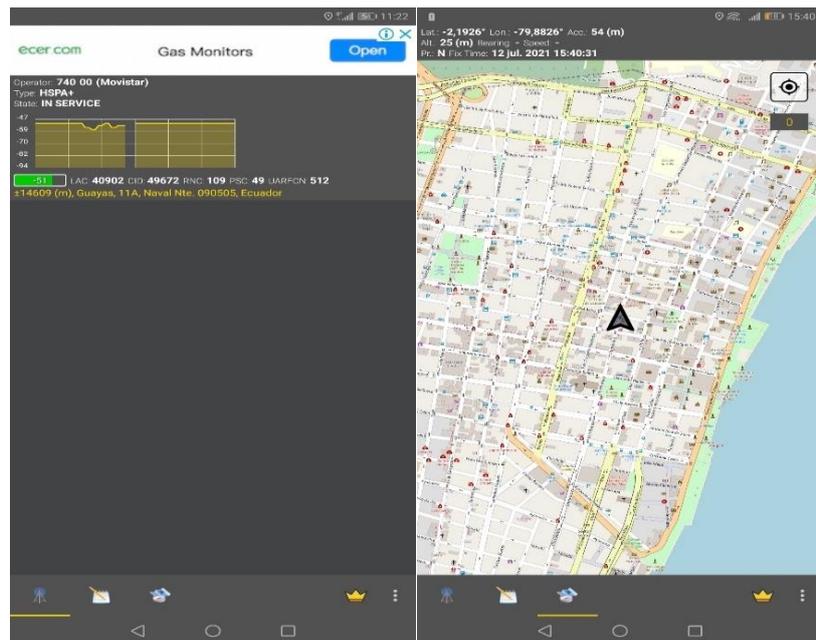
**Figura 2.29:** Panel de conexiones de MT8222A  
**Fuente:** (Anritsu, 2021)

## 2.10 Netmonitor.

Es una aplicación desarrollada por Parizene se la puede descargar gratuitamente de google play, sirve para monitorear redes celulares como: 2G, 3G y 4G mediante los datos de las frecuencias, potencias y ubicación de las celdas celulares, entre los datos principales que proporciona están los siguientes:

- **Operador:** Corresponde a la operadora celular disponible
- **Tipo:** Red a la que esta enlazado el móvil
- **Estado:** Depende la cobertura
- **LAC:** Código de área de ubicación normalmente es de 5 números

- **CID:** Es un código de 5 números y corresponde a la antena a la cual está enlazado el móvil, este código varía según la posición geográfica y la señal recibida
- **RNC:** Controlador de radio de red, encargada de administrar los recursos de los Nodos-B se identifica por un código de 3 números
- **PSC:** Es el código de identificación de la celda, este código es único y no se repite en ninguna otra celda
- **UARFCN:** Es el código de la frecuencia que está operando la red UMTS, este código depende de las frecuencias portadoras de la red celular (Parizene, 2021).



**Figura 2.30:** Aplicación netmonitor  
Fuente: (Parizene, 2021)

### **3. MARCO METOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El presente análisis se desarrolló con fundamentos de investigación experimental, mediante estadísticas de KPI'S y RTWP obtenidas de las RNC's se evaluó el comportamiento de señal de ruido interferente no deseado.

En este entorno, fue muy importante discriminar muchos factores en base a sólidos conocimientos en redes de telefonía celular, con esta investigación experimental se propone determinar los factores que causan las interferencias radioeléctricas, argumentando que el presente contenido de análisis no ha sido desarrollado a nivel nacional, fue preciso investigar temas de las tecnologías celulares y equipos tecnológicos de medición para realizar el análisis espectral para determinar la degradación en la señal celular de 3G de Movistar en Guayaquil originada por interferencias radioeléctricas.

El proyecto ha sido desarrollado en los sitios de Otecel previo al análisis de estadísticas de red ya descritos, para aquello se obtuvo una carta de autorización (documento NDA). Por términos de confidencialidad no se ha mencionado los sitios involucrados en el proyecto, así como la información reservada. Si se ha considerado la información de dominio público.

#### **3.2 Enfoque de la investigación**

Con relación a la investigación experimental se adaptó el enfoque sintético aplicando diversos conocimientos adquiridos en la instrucción académica.

### 3.3 Método de investigación

Acoplado a la investigación experimental el proyecto ha sido desarrollado con el método de investigación cuantitativo con resultados concluyentes (Toro & Parra, 2006).

### 3.4 Instrumentos utilizados en la investigación

El presente proyecto fue desarrollado con las siguientes herramientas e instrumentos tecnológicos que se describen a continuación:

- **Analizador de espectros:** El equipo Anritsu MT8222A con rangos de frecuencias de 100 KHz a 7.1 GHz es un dispositivo tecnológico de alto rendimiento posee la función especial de Analizador de Interferencias.
- **Antena yagui:** La antena YTS851-9 con rangos de frecuencias de 700 MHz a 2700 MHz dispone de una ganancia de 15 dBi, seleccionada para el proyecto por su peso ligero y fácil transporte.
- **Cable coaxial:** El cable RG58 posee una impedancia de 50  $\Omega$  es ideal para el tipo de conectores N de analizador de espectros y antena yagui.
- **Teléfono celular:** Línea en Movistar número: 999807866 y aplicaciones descargadas gratuitamente desde google play como: netmonitor, cellmapper, smart tools, mapinr y cámara fotográfica.
- **Equipo de protección personal (EPP):** Según las normas de trabajo de Movistar, se debe ingresar a los sitios con los implementos de seguridad industrial como son: ropa adecuada, calzado dieléctrico, casco con barbiquejo, guantes, arnés de seguridad.

- **Master software tools:** Programa descargado gratuitamente de Anritsu para la transferencia de información del analizador de espectros al computador por medio de un cable de red.
- **Computadora:** Laptop (Core I5 RAM 8Gb) o superior.
- **Cable de red:** Categoría 5 para la comunicación entre analizador de espectros y laptop.

## **4. PROPUESTA**

### **4.1 Título de la propuesta**

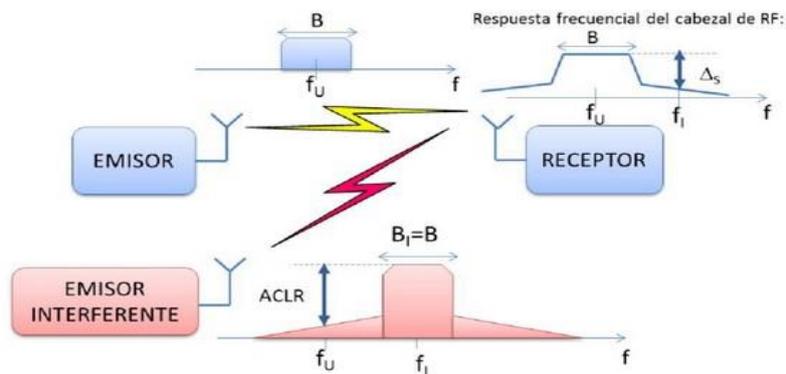
Análisis espectral para determinar la degradación en la señal celular 3G de Movistar en Guayaquil originada por interferencias radioeléctricas.

### **4.2 Justificación**

El presente proyecto cumple con la propuesta de analizar y determinar las interferencias radioeléctricas que ocasionan la degradación en la señal celular de 3G, con esto se propone dar soluciones de conectividad a determinados usuarios de Movistar en la ciudad de Guayaquil según sea la incidencia, mejorando los niveles de calidad de servicio.

Este estudio se considera eficaz y útil ayuda para las operadoras de telefonía celular de nuestro País, se muestra un procedimiento ante una degradación en la relación de señal/ruido (S/N), especialmente para la tecnología de 3G, considerando la técnica W-CDMA que utiliza es más vulnerable a experimentar interferencias radioeléctricas.

Posterior al análisis del departamento de optimización y calidad de la red, se clasifica los sitios con valores anormales en relación con niveles históricos, luego de una serie de pruebas se descarta problemas causados por intermodulación y se empieza con la búsqueda de la interferencia radioeléctrica.



**Figura 4.1:** Representación de una interferencia radioeléctrica  
**Fuente:** (Sallent & Pérez, 2014)

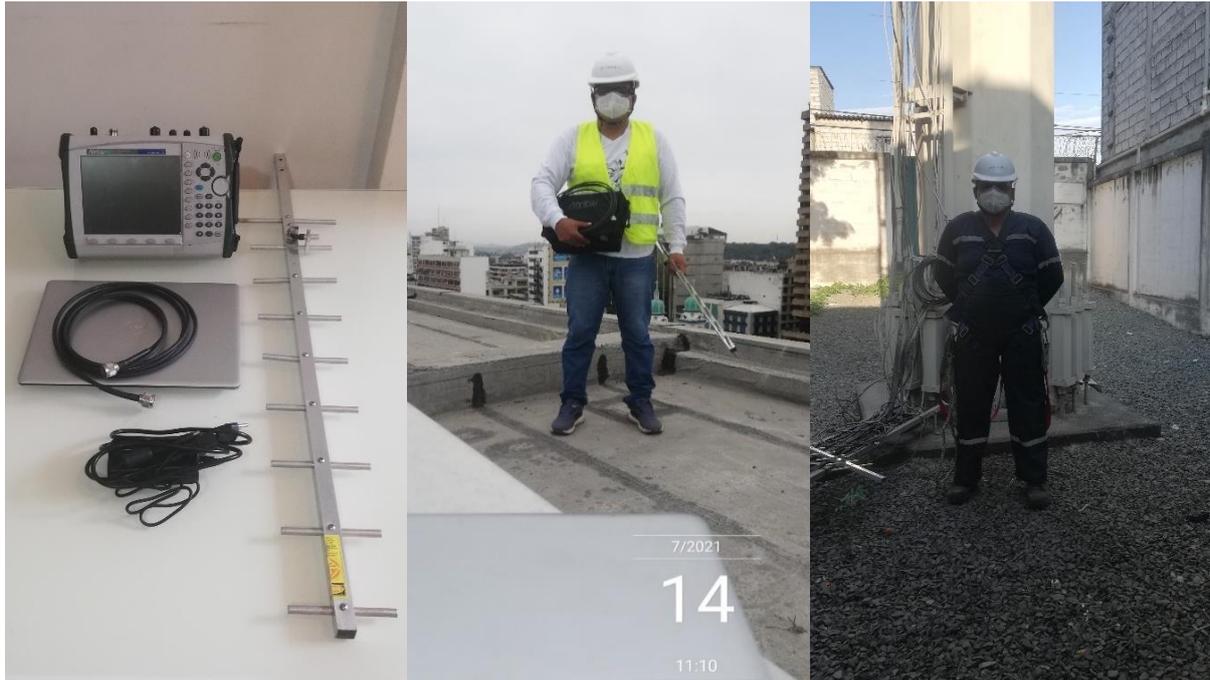
### 4.3 Descripción de la propuesta

El presente trabajo se fundamenta en el análisis espectral para determinar la degradación en la señal celular 3G de Movistar en Guayaquil originada por interferencias radioeléctricas.

#### 4.3.1 Equipos empleados

El trabajo de campo fue desarrollado con los siguientes equipos tecnológicos:

- Analizador de espectros de 100 KHz a 7.1 GHz
- Antena yagui de 800 MHz a 1900 MHz
- Cable de rf con conectores N macho en sus extremos
- Teléfono celular con varias aplicaciones



**Figura 4.2:** Equipos de pruebas  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

El desarrollo de las prácticas se lo ha realizado en las estaciones de Movistar, por confidencialidad no se nombrará las radios bases intervenidas, en su defecto se utilizará las siglas del alfabeto de la siguiente manera:

- **Análisis 1:** Interferencia radioeléctrica en la banda de 1900 MHz de UMTS zona industrial vía a Daule, estaciones: A, B, C, D.

**Objetivo:** Realizar el análisis espectral para determinar la degradación en la señal celular 3G; segunda y tercera portadora de UMTS, ocasionada por interferencias radioeléctricas.

- **Análisis 2:** Interferencia radioeléctrica en la banda de 850 MHz de UMTS sur oeste de Guayaquil, estaciones: W, X, Y, Z.

**Objetivo:** Realizar el análisis espectral para determinar la degradación en la señal celular 3G; primera portadora de UMTS, ocasionada por interferencias radioeléctricas.

## 5. RESULTADOS

Se realizan las pruebas en campo logrando identificar las fuentes de las interferencias radioeléctricas.

Se ejecutan las acciones necesarias, consiguiendo apagar las fuentes de interferencias radioeléctricas.

Se analizan las estadísticas de RTWP; antes, durante y después evidenciando los efectos favorables en las estaciones afectadas.

Los puntos de origen de las señales de interferencia encontrados, se ubican en áreas de cobertura limitada de 3G y 4G de Movistar debido a su perfil topográfico.

### 5.1 Análisis de resultados

**Análisis 1:** Interferencia radioeléctrica en la banda de 1900 MHz de UMTS zona industrial vía a Daule, estaciones: A, B, C, D.

El primer análisis se realiza en la zona industrial de Guayaquil, la vía a Daule, intercambiador de la vía Perimetral. Para este proceso se realizaron las evaluaciones desde la estación más afectada y puntos cercanos, porque no se pudo acceder a las estaciones adyacentes. Inicialmente se consideró que la interferencia radioeléctrica afectaba la segunda y tercera portadora de UMTS en 1900 MHz, es decir las frecuencias portadoras UARFCN:512 (1872.5 MHz) y UARFCN:537 (1877.5 MHz) respectivamente. En el desarrollo del análisis se observa que la interferencia se propaga aleatoriamente en toda la banda Uplink (UL) 1900 MHz concesionada a Movistar con el siguiente rango de espectro radioeléctrico: 1850 MHz a 1880 MHz. Afectando el servicio de 4G con la frecuencia portadora UARFCN: 700 (1860 MHz).

Finalmente se identifica que señal interferente es originada por un equipo propio de Movistar, instalado en un cliente corporativo, ubicado en la vía Perimetral a la altura del hospital Universitario, se coordina acciones con las áreas encargadas e inmediatamente se apagan los equipos amplificadores de señal. En los próximos días el departamento de optimización y calidad monitorea las estadísticas de RTWP en la estación A, retornando a los niveles históricos.

Se procede al cierre del evento y registro en bitácoras del departamento de operación y mantenimiento de Movistar.

- **Análisis 2:** Interferencia radioeléctrica en la banda de 850 MHz de UMTS sur oeste de Guayaquil, estaciones: W, X, Y, Z.

El segundo análisis se realiza en el suroeste de la ciudad de Guayaquil, avenida Barcelona. Las pruebas se desarrollaron desde la estación Y, así como un punto elevado cercano al estadio Barcelona. Debido a la magnitud del impacto en el sistema 3G en 850 MHz el departamento de optimización y calidad de Movistar bloquea las estaciones involucradas e inmediatamente se procede con la gestión de permisos y evaluación de estadísticas de RTWP en las estaciones. La frecuencia portadora afectada es UARFCN:4412 (837.4 MHz), sin embargo, en el desarrollo de las pruebas se observa que señal interferente se propaga aleatoriamente en toda banda uplink (UL) 850 MHz concesionada a Movistar con el siguiente rango de espectro radioeléctrico: 835 MHz a 845 MHz.

Finalmente se identifica que la señal interferente proviene desde una vivienda ubicada en la ciudadela Bellavista Alta, en conjunto con los ingenieros de Movistar se logra que el

dueño del bien inmueble apague el equipo amplificador, la señal interferente desaparece e inmediatamente las estadísticas de RTWP, retornan a los valores normales.

En los próximos días el departamento de optimización y calidad monitorea las estadísticas de RTWP en las estaciones involucradas, se mantiene en valores históricos.

Se procede al cierre del evento y registro en bitácoras del departamento de operación y mantenimiento de Movistar.

## 6. CONCLUSIONES

- Existen varios sistemas de telecomunicaciones que pueden causar interferencias radioeléctricas o señales no deseadas, sean equipos propios o ajenos a la operadora.
- Dependiendo de la magnitud y el tipo de la señal interferente que propaga, puede afectar a uno o varios sistemas de comunicaciones simultáneamente.
- El sistema de 3G al utilizar la técnica de espectro ensanchado 5 MHz de ancho de banda es más proclive a sufrir interferencias radioeléctricas a diferencia de 2G.
- Cuando se trata de una interferencia externa los valores de RTWP se incrementan drásticamente, notando deficiencias en el sistema 3G, como: llamadas no concretadas, caídas de llamadas, falla en el servicio de datos, entre otros.
- Para el estudio de interferencias radioeléctricas es fundamental el uso del analizador de espectros y antenas acorde las frecuencias de operación del sistema.

El uso de equipos de protección personal (EPP) es obligatorio en las estaciones de Movistar, esto por norma de seguridad laboral.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Profundizar los conocimientos sobre comunicaciones inalámbricas, especialmente de sistemas celulares.
- Disponer de la información necesaria previo al análisis en campo, existe gran variedad aplicaciones móviles para identificar frecuencias portadoras, ubicación geográfica, entre otras.
- Adquirir conocimientos del uso del analizador de espectros y la función espectrograma.
- Compartir y comparar la información obtenida en campo con las estadísticas obtenidas mediante el monitoreo de RTWP.
- Evaluar la existencia posibles clientes corporativos en el área delimitada.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Anritsu. (2 de Agosto de 2021). *BTS Master MT8222A*. Obtenido de <https://www.anritsu.com>
- Arcotel. (1 de Enero de 2018). *Plan Nacional de Frecuencias Ecuador 2017*. Obtenido de <https://www.arcotel.gob.ec>
- Arcotel. (4 de Junio de 2021). *Espectro Radioeléctrico*. Obtenido de [www.arcotel.gob.ec](http://www.arcotel.gob.ec)
- Bonet, M. (2016). *El Imperio de Aire Espectro Radioeléctrico y Radiodifusión*. UOC.
- Cave, M., & William, W. (2018). *Administración del Espectro. El uso de las ondas radiofónicas para el máximo beneficio socialy económico*. Mexico: Centro de Investigación y Docencia Económicas.
- CellMapper Services Limited. (12 de Agosto de 2021). *Calculador de Frecuencias*. Obtenido de <https://www.cellmapper.net/map>
- Centro Mario Molina. (2016). *Programa de Eduacion en Cambio Climatico*. Cuajimalpa: Centro Mario Molina.
- De Bernardo, C., & Priede, T. (2007). *Marketing Movil. Una nueva herramienta de comunicacion*. La Coruña: Netbiblo.
- España, M. (2003). *Servicios Avanzados de Telecomunicación*. Madrid: Díaz de Santos.
- Fontal, B. (2005). *El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones*. Merida: Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química.
- Google . (10 de 10 de 2021). *Google Earth*. Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>

Huidrobo, J. (2012). *Comunicaciones Móviles Sistemas GMS, UMTS y LTE*. Madrid: Alfaomega.

Huidrobo, J., & Luque, J. (2014). *Comunicaciones por Radio. Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnetico*. Madrid: Rama.

Kreher, R. (2006). *UMTS Performance Measurement*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Marped Group Telecomunicaciones . (15 de octubre de 2021).

Marped Group Telecomunicaciones . (15 de octubre de 2021). *Antenas Telecom*. Obtenido de <https://marpedtelecom.com/>

Miranda, J., Sebastián, J., Sierra, M., & Margineda, J. (2002). *Ingeniería de Microondas*. Madrid: Pearson Educación S.A.

Mishra, A. (2004). *Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation*. Chichester, : John Wiley & Sons Ltda.

NASA. (11 de Septiembre de 2008). *El estallido de rayos gamma de "ojo desnudo" se apuntó directamente a la Tierra*. Obtenido de <https://imagine.gsfc.nasa.gov/news/10sep08.html>

Parizene. (4 de Agosto de 2021). *Netmonitor*. Obtenido de <https://play.google.com>

Rodríguez, J., & Virgós, J. (1999). *Fundamentos de Óptica Ondulatoria*. Oviedo: Servicios de publicaciones de la Universidad de Oviedo.

SAF . (18 de Julio de 2021). *Spectrum Compact*. Obtenido de [https://www.saftehnika.com/en/sc\\_emulator](https://www.saftehnika.com/en/sc_emulator)

Sallent, O., & Pérez, J. (2014). *Fundamento de Diseño y Gestión de Sistemas de Comunicación Móviles Celulares*. Barcelona: Academiques Digital de la UPC Jordi Girona 31.

Sallent, O., Valenzuela, J., & Agustí, R. (2003). *Principio de Comunicaciones Moviles*. Barcelona: Edicions UPC.

Sánchez, J., & Thioune, M. (2007). *UMTS*. London: Iste.

Telefónica Ecuador. (17 de Agosto de 2021). *Mapa de cobertura*. Obtenido de <https://www.movistar.com.ec/mapa-de-coberturas>

Toro, I., & Parra, R. (2006). *Metodologia de la Investigación*. Medellin: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

UIT-R. (Agosto de 2015). *Recomendaciones UIT-R*. Obtenido de <https://www.itu.int/pub/R-REC/es>

## 9. ANALISIS 1

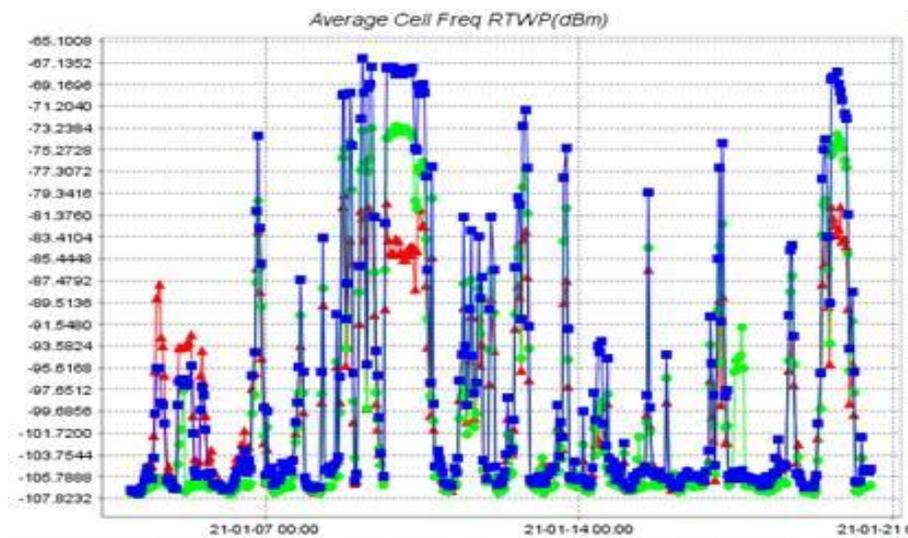
### 9.1 Interferencia radioeléctrica en 1900 MHz zona industrial vía a Daule

### 9.2 Antecedentes

En el mes de enero del año 2021, el Centro de Operación de la Red (NOC) notifica sobre la degradación de calidad en UMTS, debido al incremento de niveles de RTWP en la zona industrial vía a Daule donde se ven involucradas varias estaciones celulares.

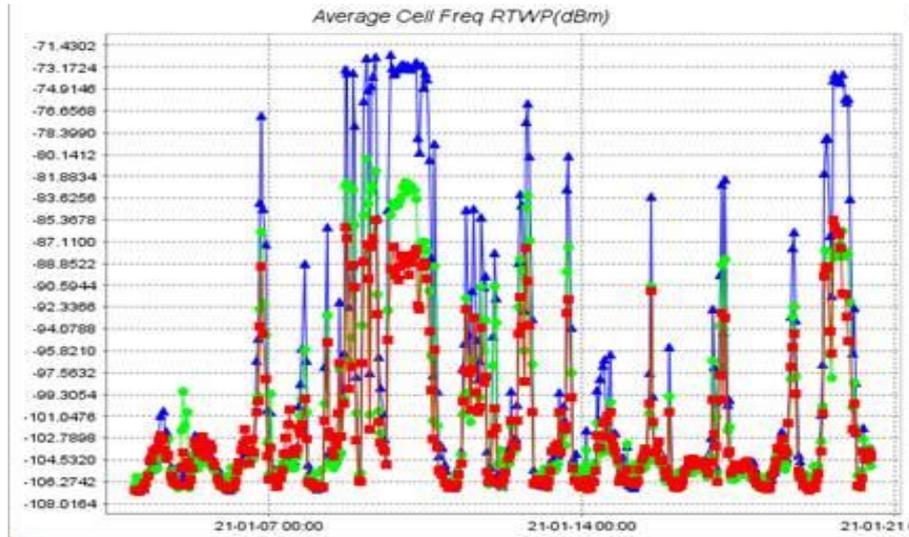
### 9.3 Análisis de niveles de RTWP en estaciones involucradas

- Se procede a evaluar valores de RTWP y se identifica la estación A con mayor incidencia, en la gráfica obtenida desde el día 1 de enero del año 2021, se observa el comportamiento anormal a partir del día 7 con valores de hasta -66 dBm y con una eficiencia de hasta 66% en el sector b (color azul) seguido del sector c (color verde) y el sector a (color rojo) en intervalos de tiempo no definidos.



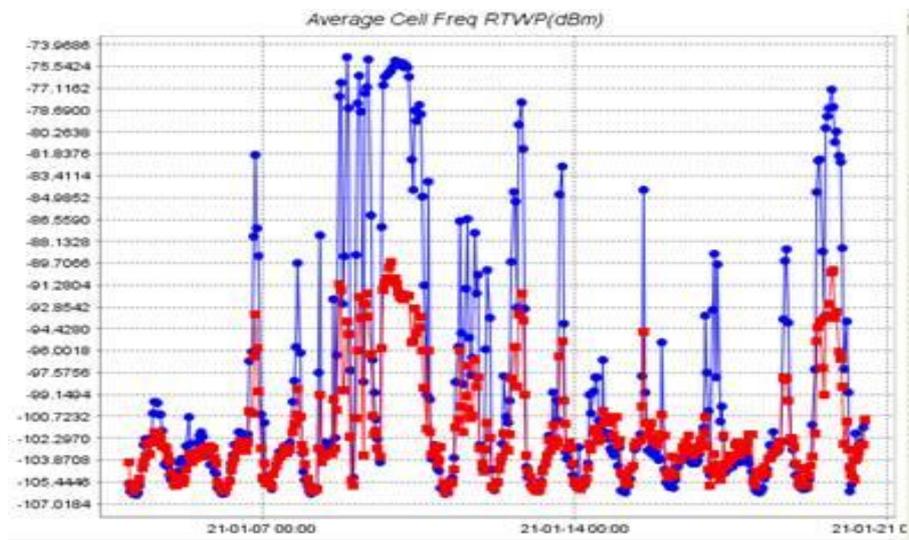
**Figura 9.1:** Niveles de RTWP estación A  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- Las estadísticas de la estación B indican un comportamiento similar, pero con menor intensidad -72 dBm sector b (color azul), sector c (color verde) y sector a (color rojo).



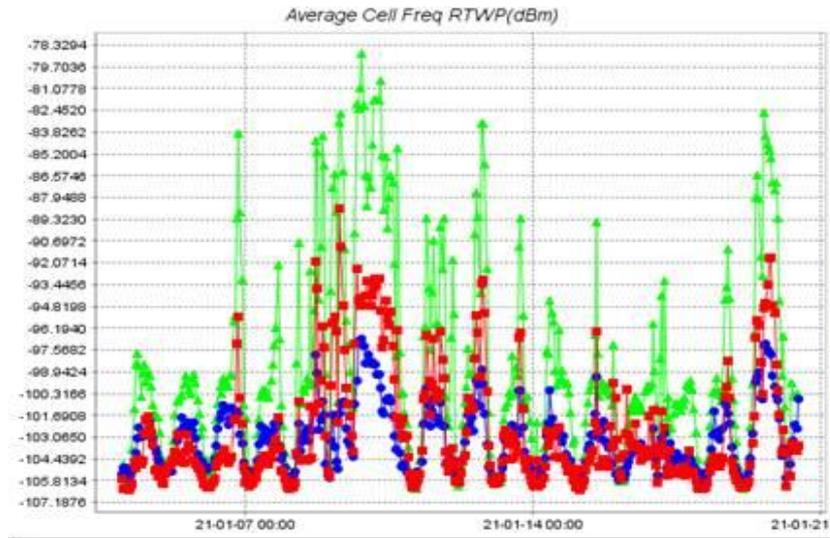
**Figura 9.2.:** Niveles de RTWP estación B  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- La estación C tiene 2 sectores, el sector c con -74 dBm (color azul) y sector b (color rojo).



**Figura 9.3.:** Niveles de RTWP estación C  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- La estación D también registra incremento considerable de rtwp principalmente en el sector c -79 dBm (color verde) seguido del sector a (color rojo) y sector b (color azul).



**Figura 9.4:** Niveles de RTWP estación D  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

#### 9.4 Identificación y delimitación geográfica de la degradación

- Una vez determinados los sectores por estación afectada se procede a identificar geográficamente. Es importante mencionar que siempre se toma el norte magnético, la distribución de las antenas sectoriales normalmente se ubican en los siguientes ángulos:

Sector a =  $0^{\circ}$  a  $120^{\circ}$

Sector b =  $121^{\circ}$  a  $240^{\circ}$

Sector c =  $241^{\circ}$  a  $359^{\circ}$

Aunque existen casos puntuales que esto no se cumple y dependerá del área geográfica que se desea cubrir según la ingeniería.



**Figura 9.5:** Zona de degradación  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

## 9.5 Coordinación de actividades

- La degradación está presente desde el mes de enero, luego de varias intervenciones limitadas por los ingenieros de Movistar, debido a las restricciones de movilidad decretados por la emergencia sanitaria ha permanecido en monitoreo, considerando también que el comportamiento es aleatorio complicando las actividades en campo. A inicios del mes de julio se flexibilizan las medidas de restricción y se retoma el incidente en coordinación con el área de operación y mantenimiento, se procede con la gestión de permisos a las estaciones A; B, D y ejecución de pruebas en sitio afectados.
- La consola de seguridad está ubicada en la siguiente dirección: ciudadela La Garzota, Calle Miguel Ángel Jijón Terán No. 15C y pasaje Primera Herradura Mz. 82 Villa 3-4, lugar de retiro de llaves de estaciones de Movistar.



**Figura 9.6:** Consola de seguridad de Movistar.  
**Fuente:** (Movistar,2021)

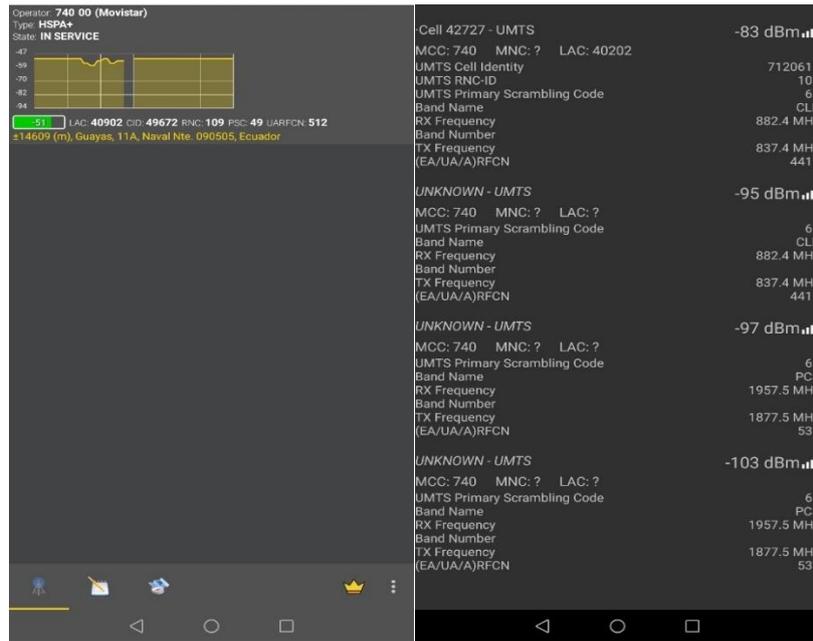
## 9.6 Ejecución de pruebas en la estación A

- Las frecuencias portadoras a evaluar corresponden a la banda UL de 1900 MHz:

UARFCN:512 (1872.5 MHz) segunda portadora

UARFCN:537 (1877.5 MHz) tercera portadora

- Estos datos se los puede revisar en el teléfono celular mediante las aplicaciones descargadas; netmonitor o cellmapper. Lo importante es tener la línea en la operadora Movistar (CellMapper Services Limited, 2021).



**Figura 9.7:** Visualización de frecuencias de Movistar.  
**Fuente:** (CellMapper Services Limited, 2021)

- Con la información recopilada se procede a realizar las pruebas en la estación A, ubicada en la siguiente dirección:

Cooperativa Valle de la Flor; manzana 2569; solar 14, parroquia Pascuales

Coordenadas geográficas: -2.085028, -79.953

La infraestructura es un monopolio para lo cual se debe utilizar el equipo de alturas (arnés con línea de vida y eslingas, casco con barbiquejo, guantes) según las normas de trabajo de Movistar.



**Figura 9.8:** Ubicación estación A  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)

- Se procede con el desarrollo de las pruebas desde la altura de las antenas sectoriales en el monopolo (25 m) y se revisa los azimuts de cada antena, son los siguientes:

Antena sector a azimut:  $45^\circ$

Antena sector b azimut:  $145^\circ$

Antena sector c azimut:  $250^\circ$

### **9.7 Configuración de analizador de espectros**

- El análisis radioeléctrico se realiza un barrido espectral a  $360^\circ$  para lo cual se empieza por el norte magnético en intervalos de  $60^\circ$  con la toma de muestras. Debido a la intermitencia de la señal se configura el equipo para cubrir todo el rango de frecuencias de Movistar en 1900 MHz, de la siguiente manera:

Tabla 9.1  
Configuración de analizador de espectros 1800 MHz

Trace Mode	Normal	Reference Level Offset	0.00 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	100.0 KHz
VBW	10.0 KHz	Detection	Peak
Center Frequency	1.865 GHz	Start Frequency	1.850 GHz
Stop Frequency	1.880 GHz	Frequency Span	30.000 MHz
Reference Level	-20.000 dBm	Scale	10.0 dBm/div

Fuente: (Anritsu, 2021)

## 9.8 Análisis espectral

- A continuación, el detalle del barrido espectral desde 0° con intervalos de 60°.

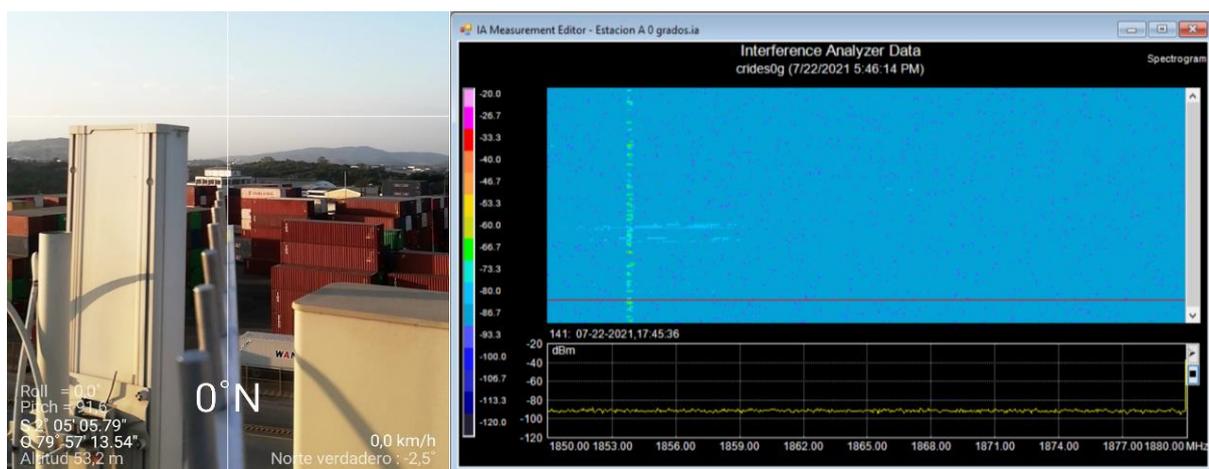
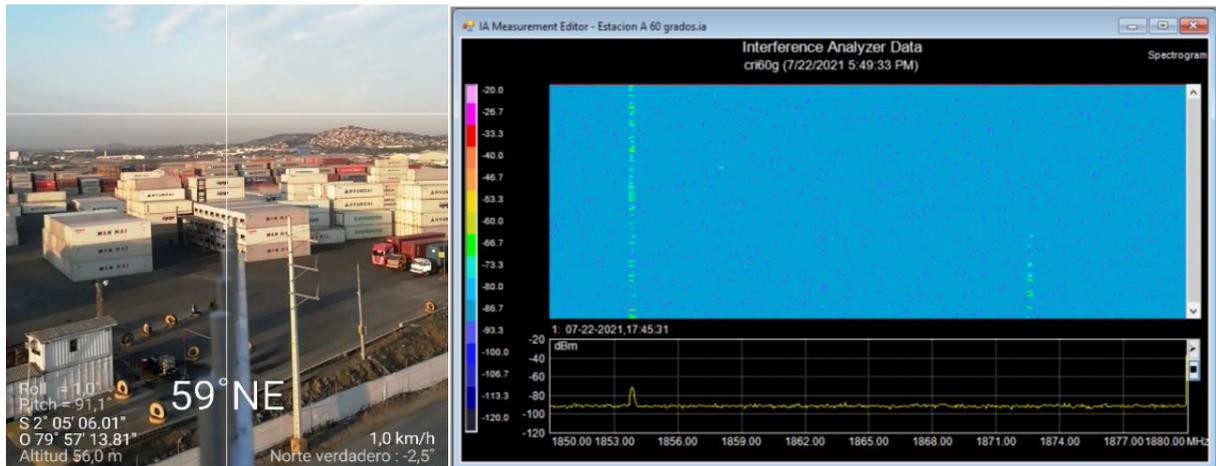
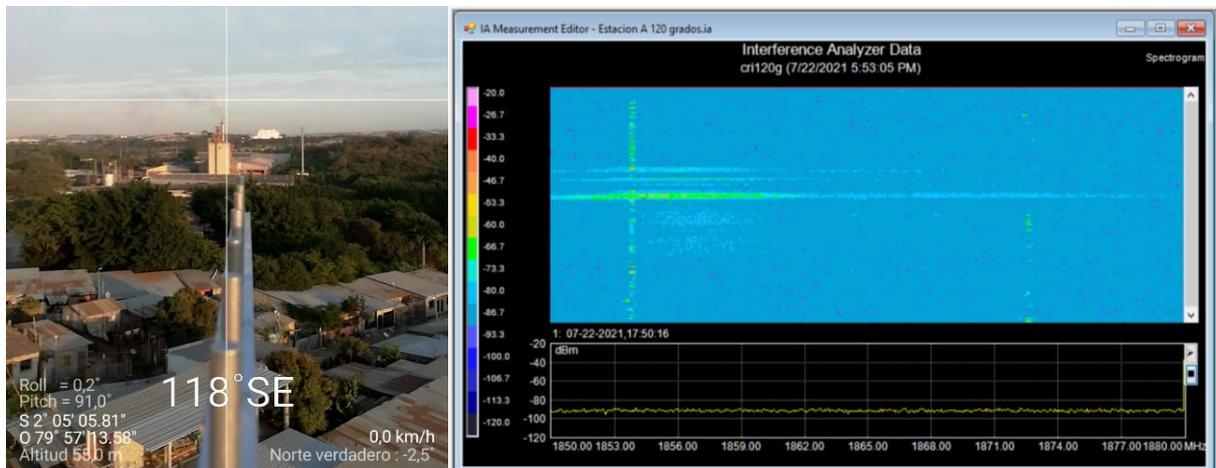


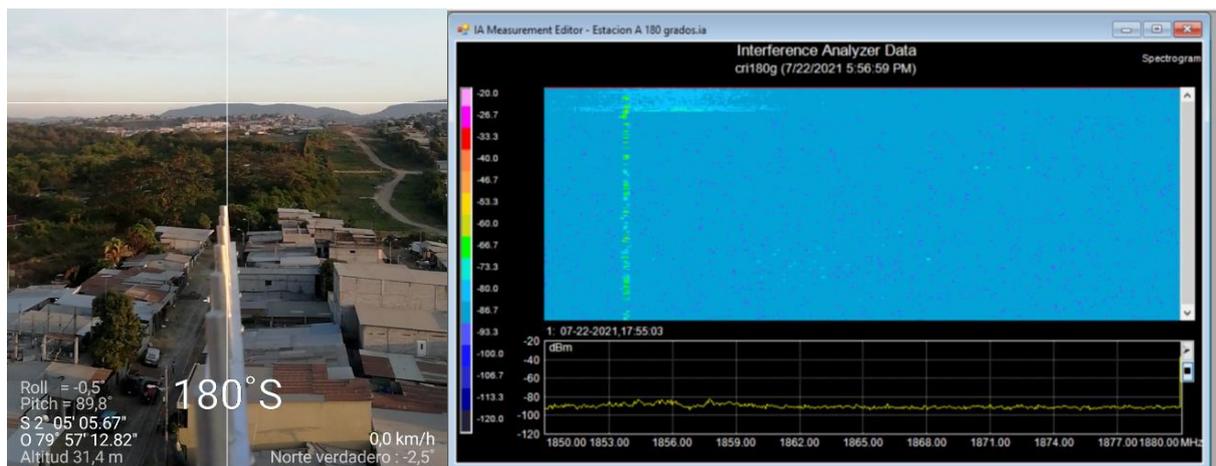
Figura 9.9: Barrido espectral a 0 grados  
Fuente: (Estación Movistar, 2021)



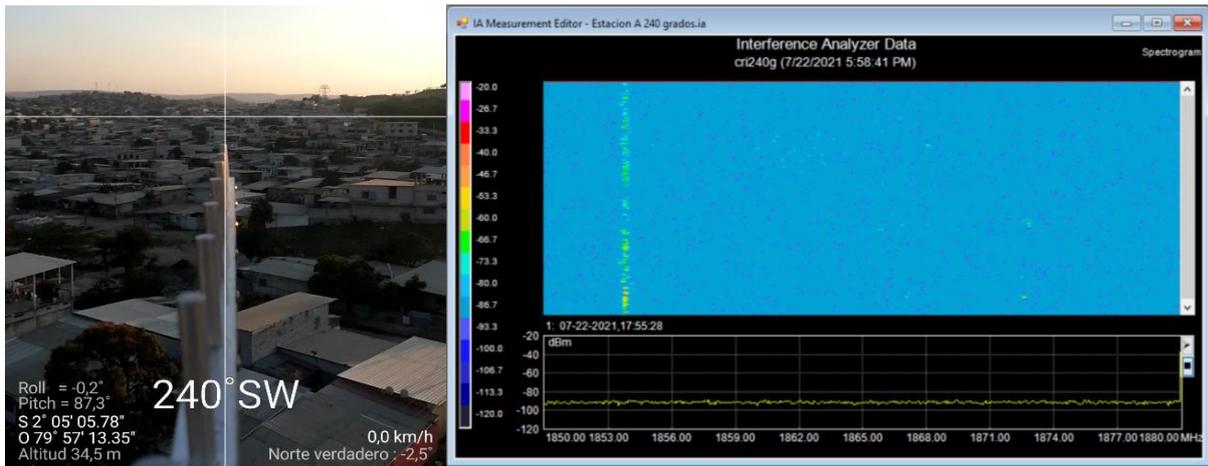
**Figura 9.10:** Barrido espectral a 60 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



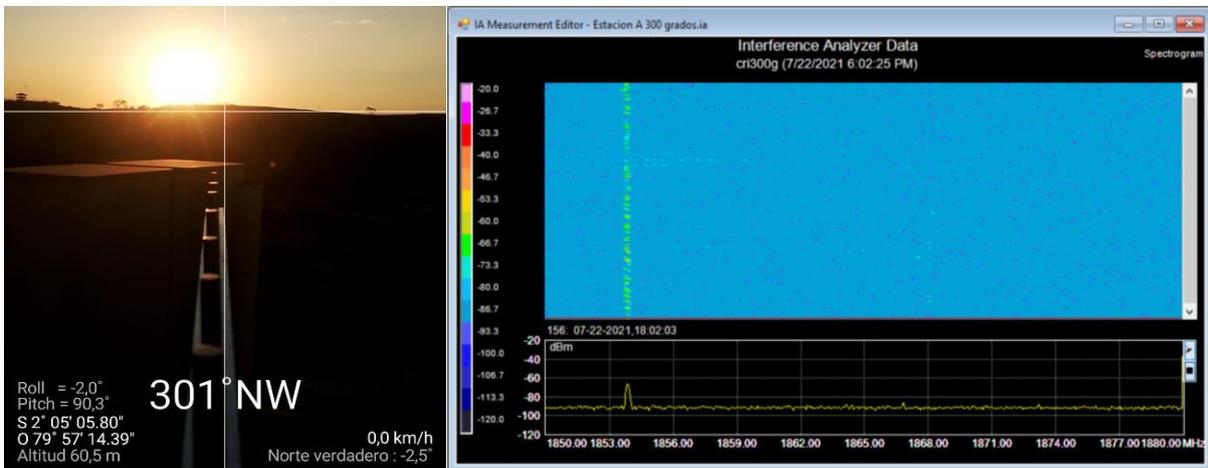
**Figura 9.11:** Barrido espectral a 120 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



**Figura 9.12:** Barrido espectral a 180 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



**Figura 9.13:** Barrido espectral a 240 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



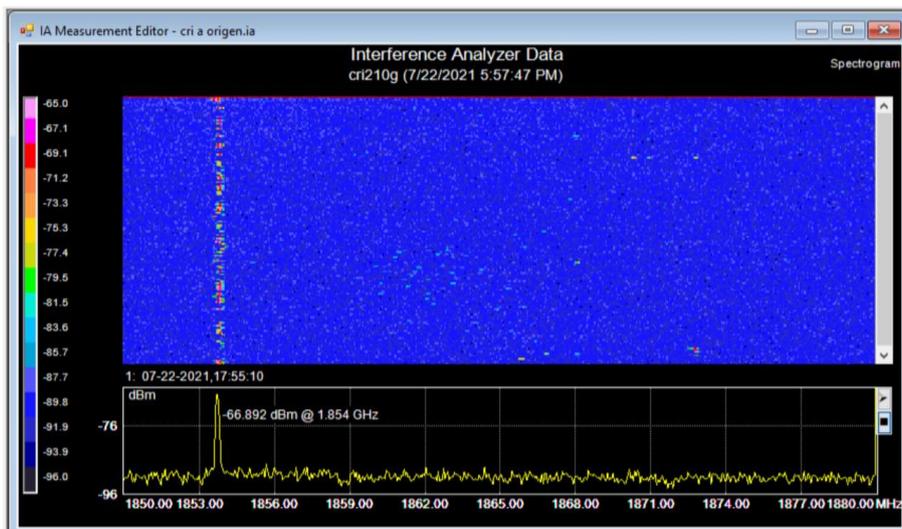
**Figura 9.14:** Barrido espectral a 300 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)

## 9.9 Visualización de señal interferente

- Durante el barrido espectral se puede observar que la señal interferente tiene un azimut de 150° aproximadamente con una  $f_1$ : 1.854,00 MHz, es decir presenta en el segmento de 4G.



**Figura 9.15:** Azimut de referencia de señal interferente  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)



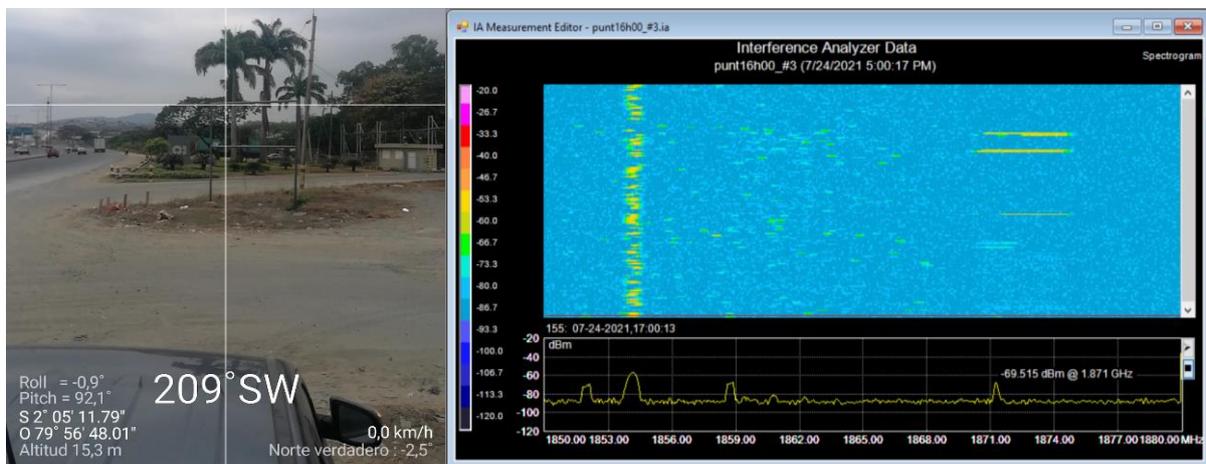
**Figura 9.16:** Visualización de señales interferentes.  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)

- Estas observaciones se notifican al departamento de operación y mantenimiento de Movistar especialmente la señal encontrada en el segmento de 4G, que no se había considerado con la interferencia. En el monitoreo en línea se observa dicho comportamiento y se valida lo encontrando en campo. La interferencia se propaga con

mayor incidencia en la banda de 4G y se alterna a las portadoras de 3G en 1900 MHz, por lo que no se descarta que estas señales que se propagan en toda la banda de Movistar tengan una misma fuente.

## 9.10 Ejecución de pruebas desde un punto adyacente

- Debido a problemas de acceso a las estaciones afectadas C y D se realiza las mediciones desde otro punto, considerando la referencia de azimut tomado desde la estación A, la búsqueda de señal interferente se dificulta en los próximos días, a pesar de contar con la información necesaria, no se ha podido identificar un patrón de propagación y existen días que no se presenta la interferencia, sin embargo en los próximos días se puede observar la señal interferente presente en la banda 4G y se alterna a la banda 3G con una señal f2: 1.871,00 MHz se toma el azimut de referencia.



**Figura 9.17:** Pruebas desde punto adyacente  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

- Las coordenadas geográficas son: -2.0870282,-79.9468324 y la dirección de la interferencia concuerda con el punto de referencia.



**Figura 9.18:** Azimut de referencia desde punto adyacente.  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

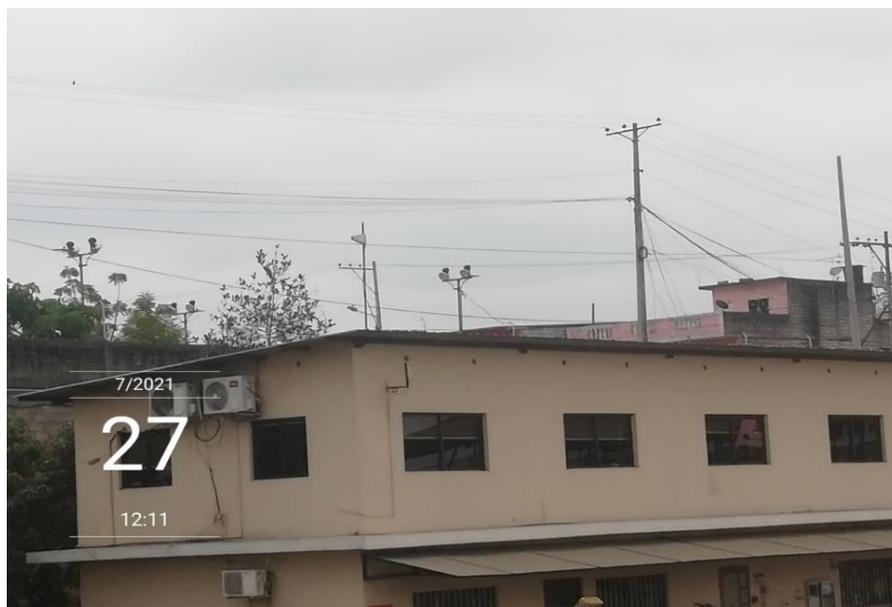
### 9.11 Pruebas en perímetro delimitado

- Una vez identificado el sector se procede a realizar pruebas por el perímetro delimitado, al tratarse de un área industrial, existen empresas que cubren gran parte de superficie por lo que debe realizar la búsqueda muy minuciosa. Desde los exteriores de una empresa de Logística se realiza pruebas y se observa un incremento considerable en nivel de piso de ruido en el analizador de espectros. Esta empresa está ubicada en la vía Perimetral con las siguientes coordenadas geográficas: -2.0975598,-79.9483212 y concuerda con los azimuts tomados desde los puntos de pruebas anteriores.



**Figura 9.19:** Empresa de logística de contenedores  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

- Es una empresa privada y el acceso es restringido sin una autorización de gerencia. Se logra observar una antena instalada en la edificación, por las características del dispositivo se puede notar que se trata de un sistema de telecomunicaciones.

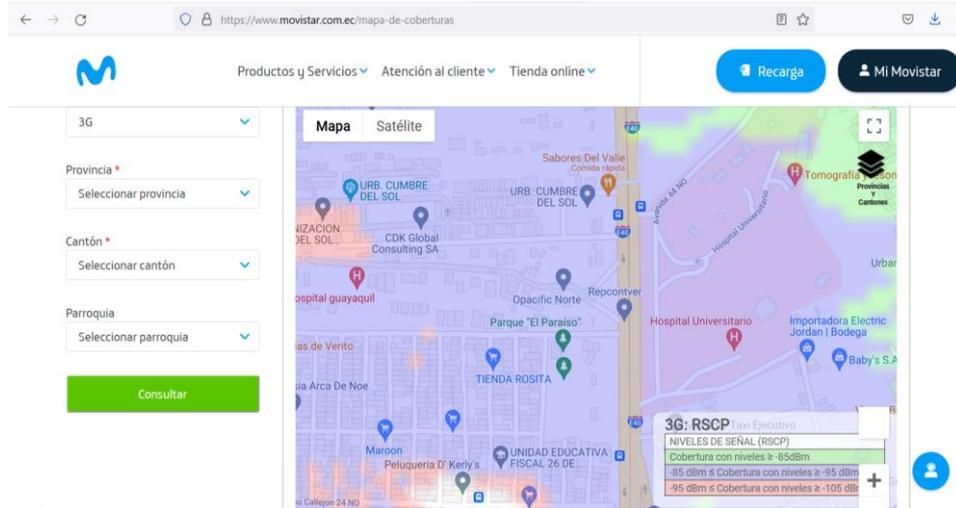


**Figura 9.20:** Sistema de telecomunicaciones  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

- En la página web de Movistar, se puede revisar en el mapa de cobertura de las tecnologías 2G, 3G y 4G, evidenciando que el sector donde está ubicada la empresa

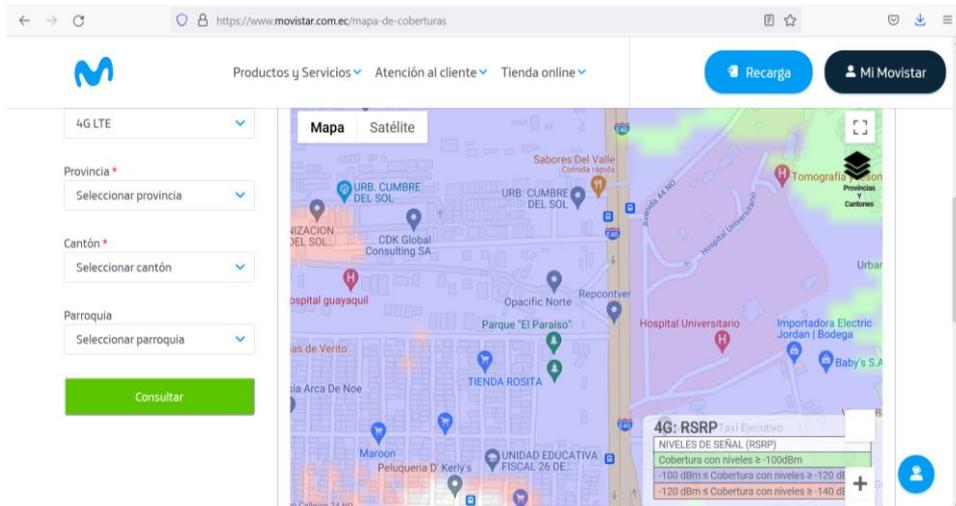
mencionada tiene niveles muy bajos de señal celular para las tecnologías de 3G y 4G. (Telefónica Ecuador, 2021).

**3G:**  $-85 \text{ dBm} \leq \text{Cobertura con niveles} \geq -95 \text{ dBm}$ .



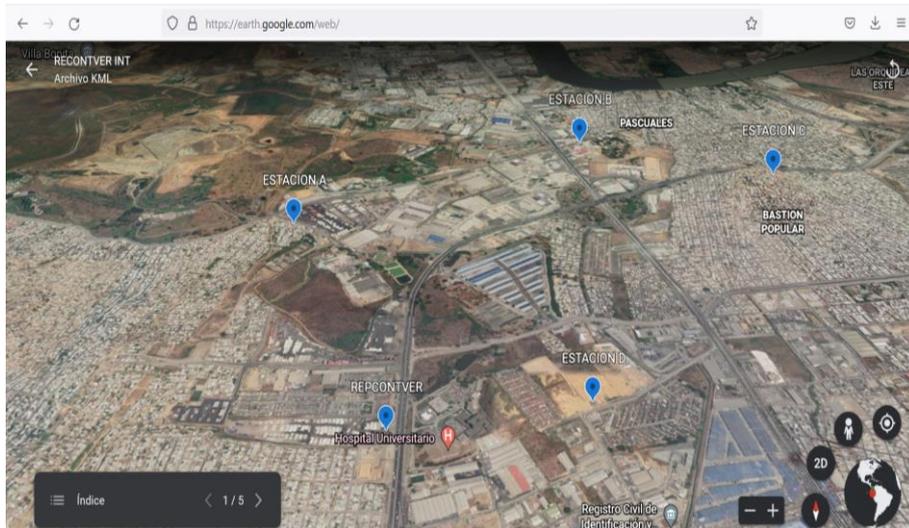
**Figura 9.21:** Cobertura de 3G en la zona  
**Fuente:** (Telefónica Ecuador, 2021)

**4G:**  $-100 \text{ dBm} \leq \text{Cobertura con niveles} \geq -120 \text{ dBm}$ .



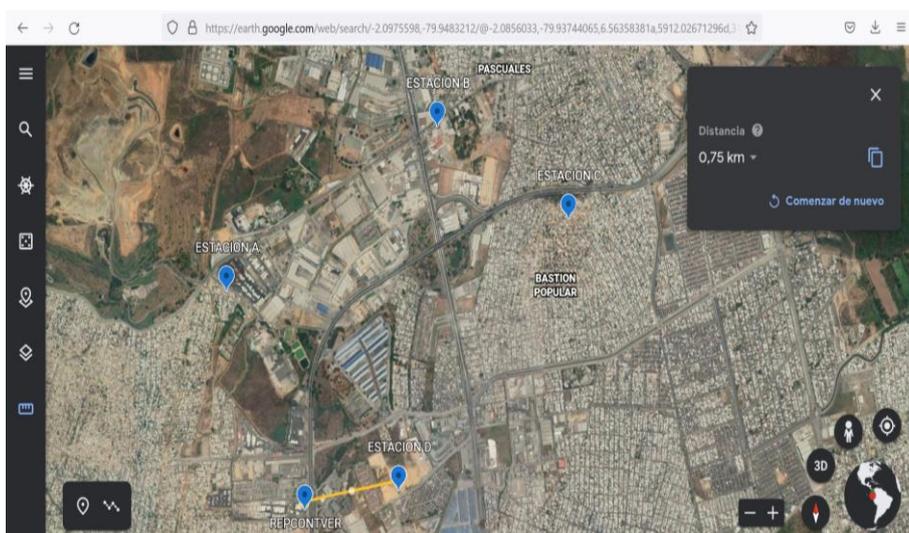
**Figura 9.22:** Cobertura de 4G en la zona  
**Fuente:** (Telefónica Ecuador, 2021)

- Movistar cuenta con 2 estaciones celulares muy cercanas a la empresa de logística, pero existe un factor muy importante a considerar el cual es el relieve topográfico de la zona. La empresa en mención se encuentra en una parte baja.



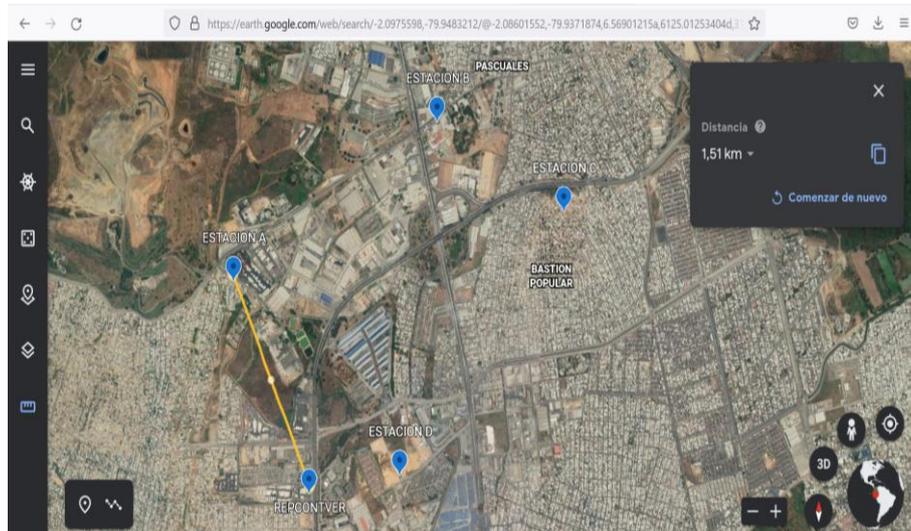
**Figura 9.23:** Perfil topográfico de la zona  
**Fuente:** (Google , 2021)

- Con la ayuda de google earth, además de ver el perfil topográfico permite medir la distancia entre 2 puntos. A pesar de que la estación D (0,73 Km) es la más próxima al punto de interferencia, no es la que registra mayor incremento de RTWP.



**Figura 9.24:** Distancia de interferencia a estación D  
**Fuente:** (Google , 2021)

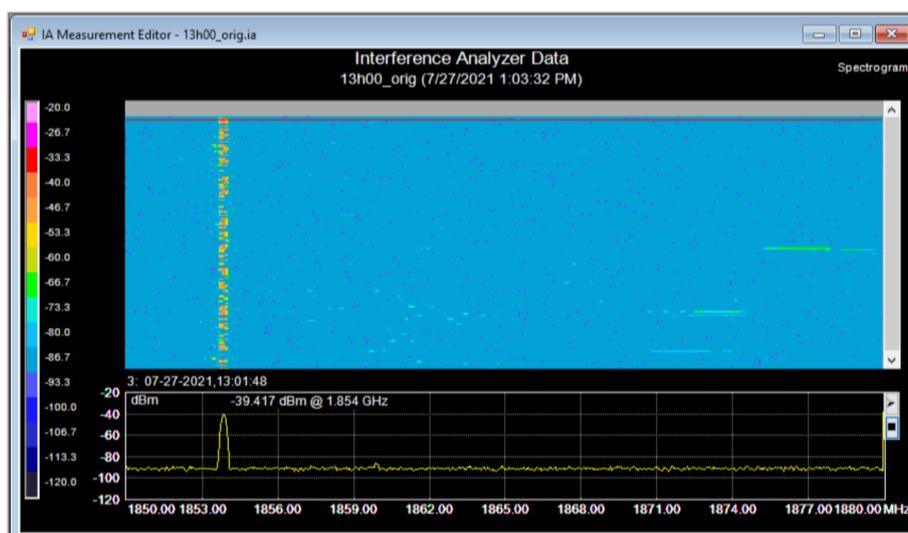
- La estación más afectada es A (1,51 Km) con el sector b, y según la distribución de las antenas sectoriales este sector b tiene un azimut de  $145^\circ$ , es decir apunta directamente a la fuente de la interferencia radioeléctrica.



**Figura 9.25:** Distancia de interferencia a estación A  
**Fuente:** (Google , 2021)

## 9.12 Identificación de origen de interferencia

- En la búsqueda minuciosa por los exteriores de la empresa en mención, se comprueba que la señal interferente proviene desde los interiores. El nivel de ruido es de -39 dBm.

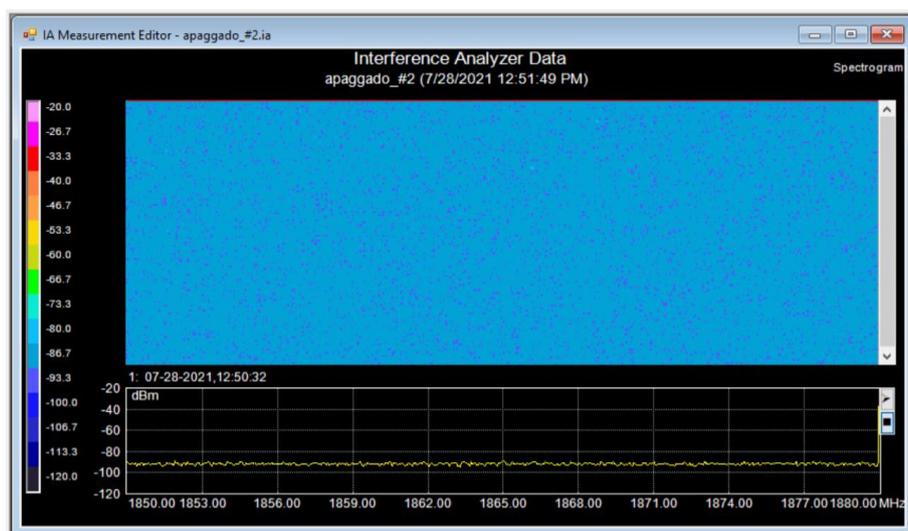


**Figura 9.26:** Señal de interferencia de la empresa de logística  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

- Se comunica esta novedad al ingeniero de Movistar encargado del trabajo. Proceden a consultar con el área encargada para solicitar permisos de ingreso a las instalaciones de la empresa, sin embargo, Movistar indica que se trata de un cliente corporativo por tal motivo se va a manejar con el departamento encargado.

### 9.13 Apagado de interferencia

- Al día siguiente día personal de Movistar procede a ingresar a la empresa y apaga los equipos del cliente corporativo, se realiza pruebas. Por motivos de restricciones, las pruebas son realizadas desde el exterior de las instalaciones, se visualiza en el analizador de espectros que las señales interferentes desaparecen y los niveles son óptimos.

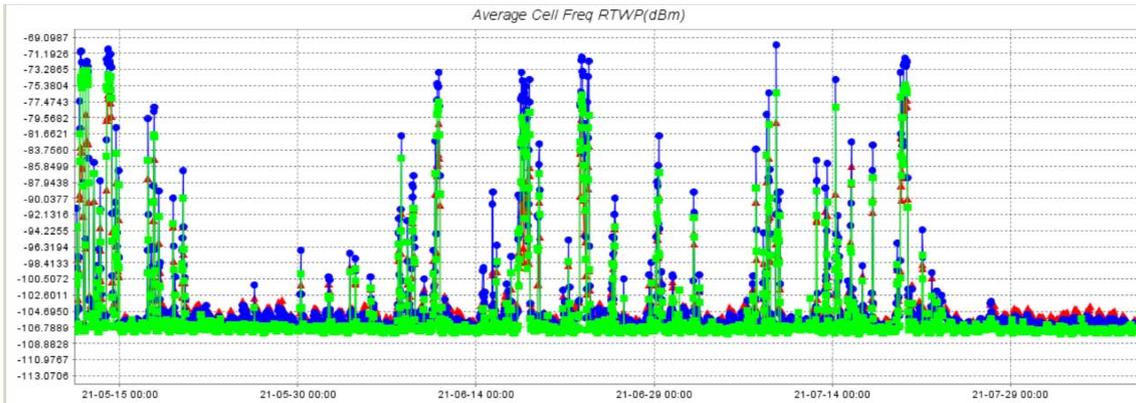


**Figura 9.27:** Apagado equipos cliente corporativo Movistar  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

### 9.14 Monitoreo de niveles de calidad

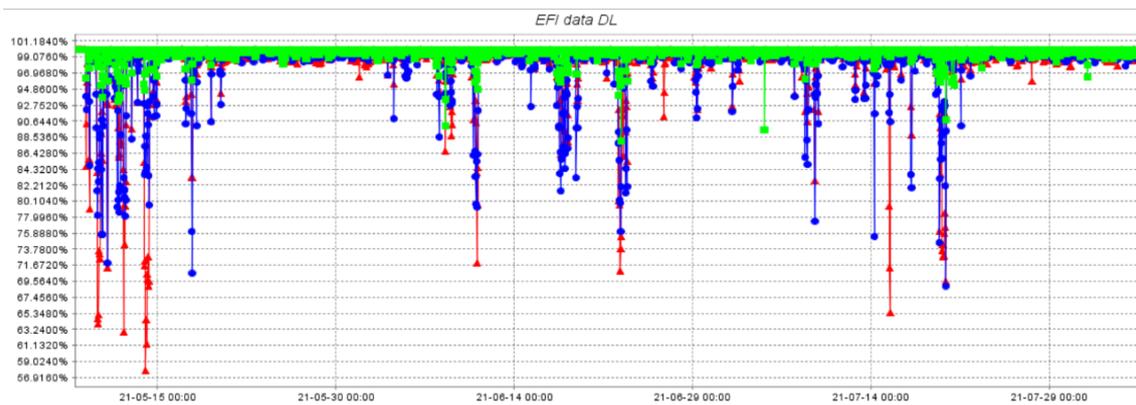
- En los próximos días el área de calidad y optimización monitorea: niveles de RTWP, eficiencia en los enlaces DL y UL, evidenciando la mejoría en los parámetros de calidad en los servicios de 3G, y 4G, respectivamente. La evaluación se realiza en la estación A que fue la más afectada.

- Niveles de RTWP portadoras 3G.



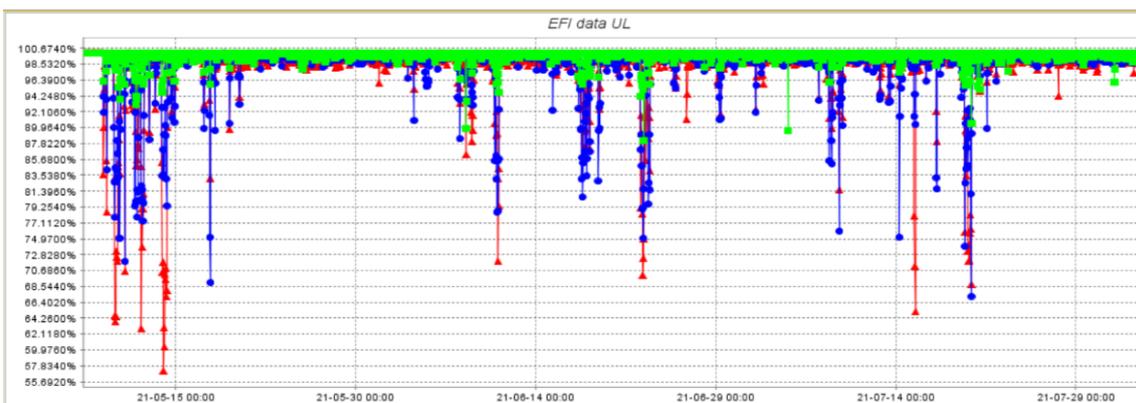
**Figura 9.28:** Visualización de RTWP estación A  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- Eficiencia en los enlaces descendente (DL).



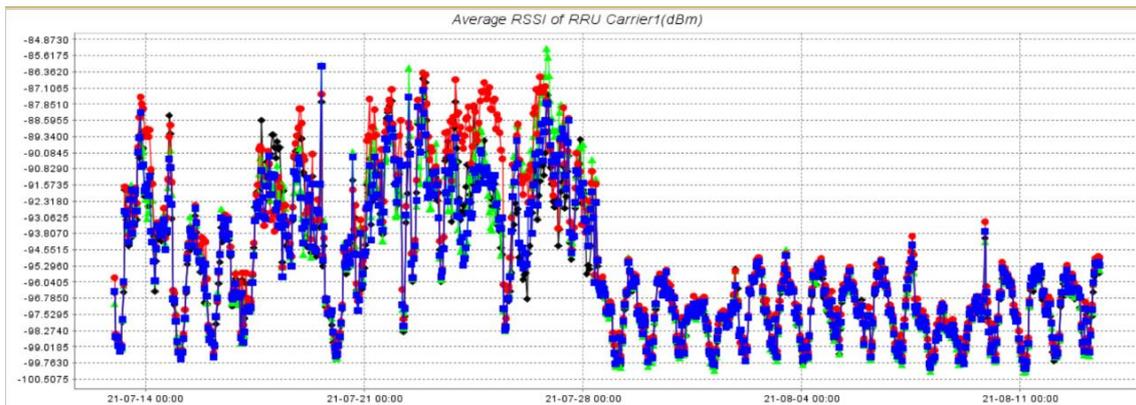
**Figura 9.29:** Eficiencia de servicio DL estación A  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- Eficiencia en los enlaces ascendente (UL).



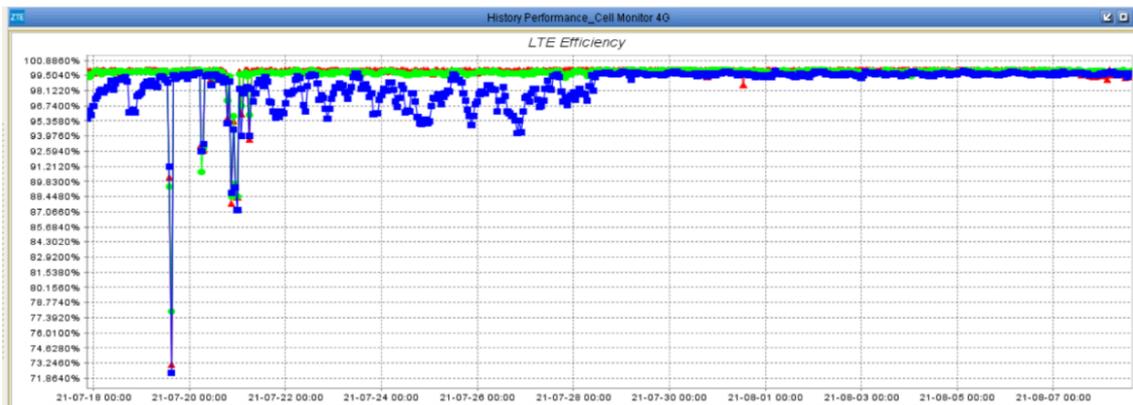
**Figura 9.30:** Eficiencia de servicio UL estación A  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- Niveles de RSSI portadora 4G.



**Figura 9.31:** Visualización de RSSI estación A  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- Eficiencia del servicio LTE.



**Figura 9.32:** Visualización de eficiencia estación A  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

## 9.15 Evaluación de resultados

- Con las acciones realizadas el área de calidad de la red, da por cerrado la incidencia que afectaba a los sistemas de UMTS y LTE en la zona industrial vía a Daule e inclusive se propagaba hasta las urbanizaciones de La Joya.

## 10. ANÁLISIS 2

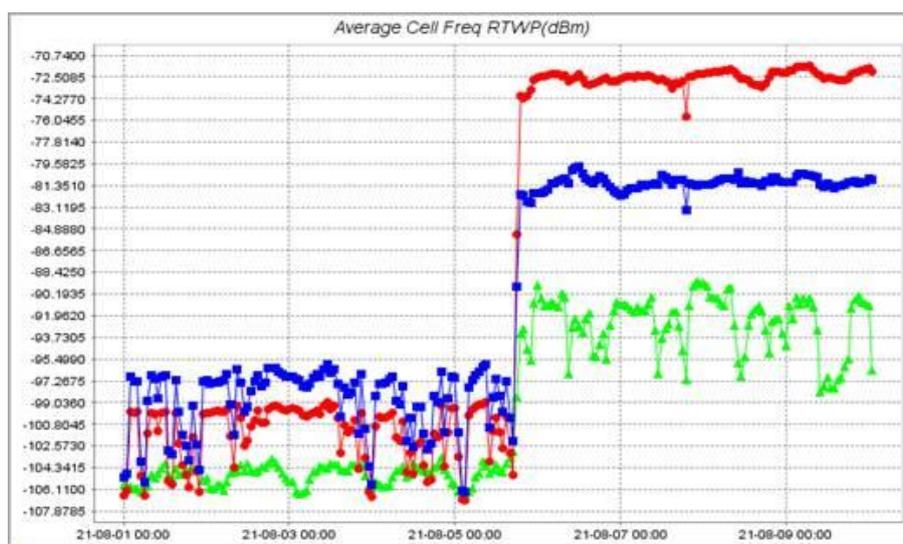
### 10.1 Interferencia radioeléctrica en 850 MHz suroeste de Guayaquil

### 10.2 Antecedentes

- En el mes de agosto el centro de operación de la red (NOC) reporta un incremento de RTWP de gran magnitud en el sector del estadio de Barcelona. Debido al fuerte impacto en la red 3G, el departamento de optimización y calidad procede a bloquear las estaciones involucradas con la finalidad que los usuarios del perímetro no tengan deficiencias en el servicio.

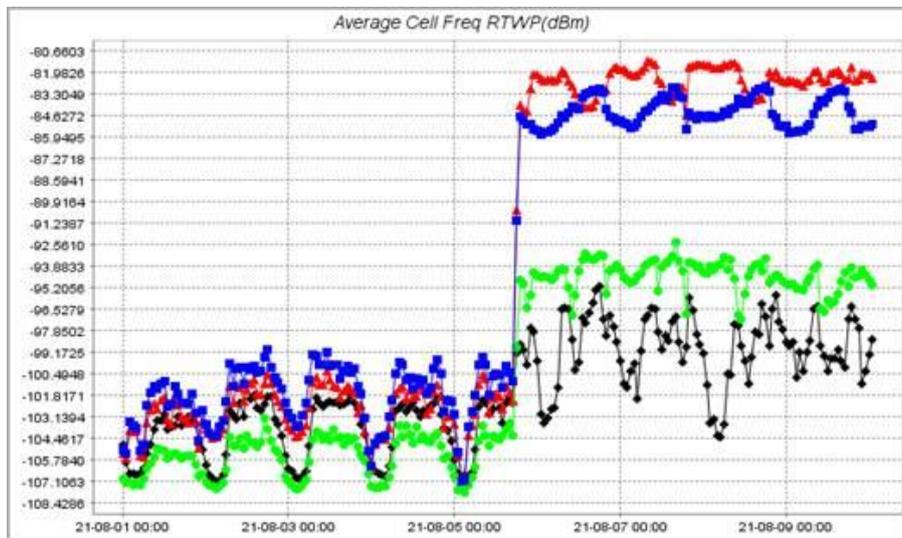
### 10.3 Análisis de niveles de RTWP en estaciones involucradas

- Se procede a evaluar valores de RTWP y se identifica la estación W con mayor incidencia, en la gráfica obtenida. Se observa el día 5 de agosto un incremento abrupto de RTWP con niveles de -71 dBm sector a (color rojo), sector b -80dBm (color azul) y sector c -90 dBm (color verde), la afectación es constante.



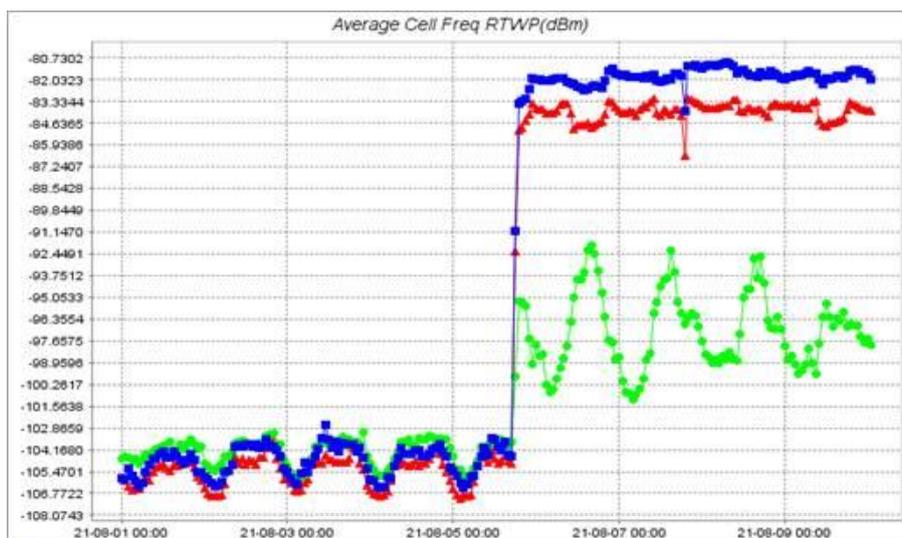
**Figura 10.1:** Niveles de RTWP estación W  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- Las estadísticas de la estación X indican un comportamiento similar, pero con menor intensidad; -81 dBm sector a (color rojo), -83 dBm sector b (color azul), sector c (color verde) y sector f (color negro).



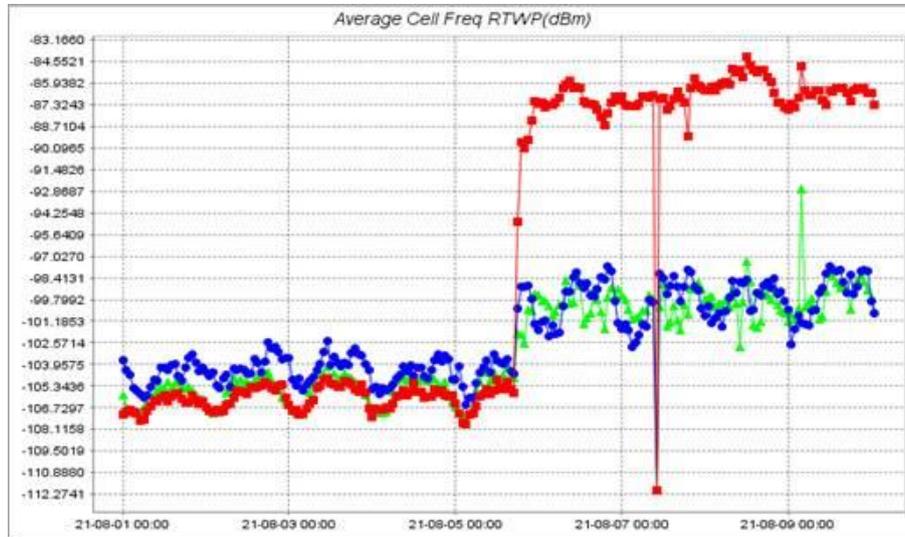
**Figura 10.2:** Niveles de RTWP estación X  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- La estación Y; -81 dBm sector b (color azul), -83 dBm sector a (color rojo) y sector c (color verde).



**Figura 10.3:** Niveles de RTWP estación Y  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- La estación Z; -85 dBm sector a (color rojo), sector b (color azul) y sector c (color verde).



**Figura 10.4:** Niveles de RTWP estación Z  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

#### 10.4 Identificación y delimitación geográfica de la degradación

- Se procede a identificar geográficamente.



**Figura 10.5:** Zona de impacto de interferencia  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

## 10.5 Coordinación de actividades

La degradación se presenta a inicios del mes de agosto, debido a la magnitud en la afectación del servicio de 3G que cubre gran parte del perímetro suroeste de la ciudad. Se procede con la gestión de permisos a las estaciones W, X, Y, para la ejecución inmediata de pruebas en los sitios afectados. El retiro de las llaves es en el mismo lugar ya descrito anteriormente.

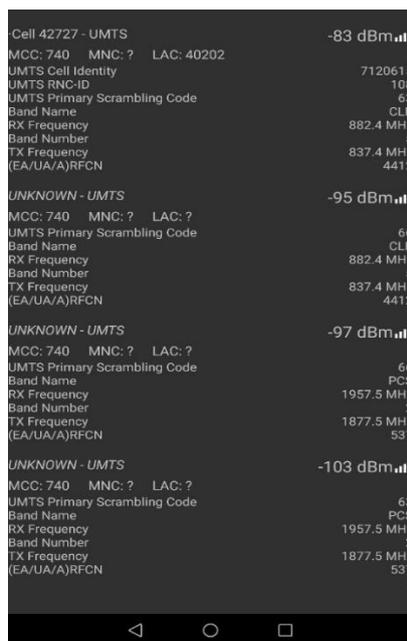
## 10.6 Ejecución de pruebas en la estación Y

- Las frecuencias portadoras a evaluar corresponden a la banda UL de 850 MHz:

UARFCN: 4412 (837.4 MHz) primera portadora en uso

UARFCN: 4436 (842.2 MHz) primera portadora sin uso

- Estos datos se los puede validar mediante las aplicaciones descargadas como son; netmonitor o cellmapper (Parizene, 2021).



**Figura 10.6:** Visualización de frecuencias de Movistar  
**Fuente:** (CellMapper Services Limited, 2021)

- Con la información recopilada se procede a realizar las pruebas en la estación Y, ubicada en la siguiente dirección:

Av. 42 SO y CJ. Pedro V. Maldonado, esquina

Coordenadas geográficas son: -2.194806, -79.927861

La infraestructura está ubicada sobre la terraza de una vivienda, no se requiere equipo de alturas, pero si es necesario el uso de equipo de protección personal (EPP).



**Figura 10.7:** Ubicación estación Y  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)

- Se procede con el desarrollo de las pruebas desde la terraza (12m) y se revisa los azimuts de cada antena sectorial:

Antena sector a azimut: 30°

Antena sector b azimut: 180°

Antena sector c azimut: 330°

## 10.7 Configuración de analizador de espectros

- El análisis radioeléctrico se realiza un barrido espectral a 360° para lo cual se empieza por el norte magnético en intervalos de 60° con la toma de muestras.

Debido a las características de la señal interferente se configura el equipo para cubrir todo el rango de frecuencias en 850 MHz de la siguiente manera:

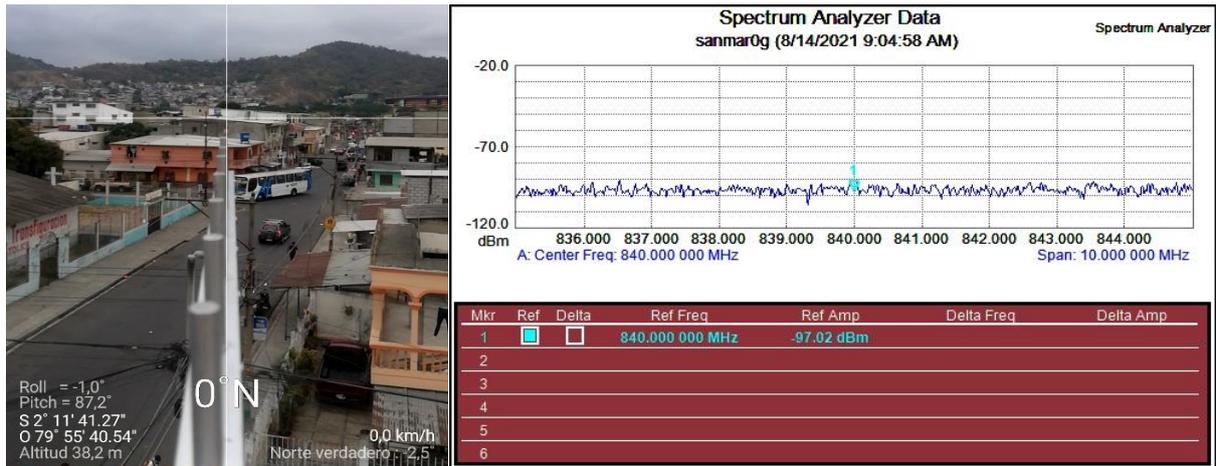
Tabla 10.1  
Configuración del analizador de espectros 850 MHz

Trace Mode	Normal	Reference Level Offset	0.00 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	100.0 KHz
VBW	30.0 KHz	Detection	Peak
Center Frequency	840.00 MHz	Start Frequency	835.00 MHz
Stop Frequency	845.00 MHz	Frequency Span	10.000 MHz
Reference Level	-20.000 dBm	Scale	10.0 dBm/div

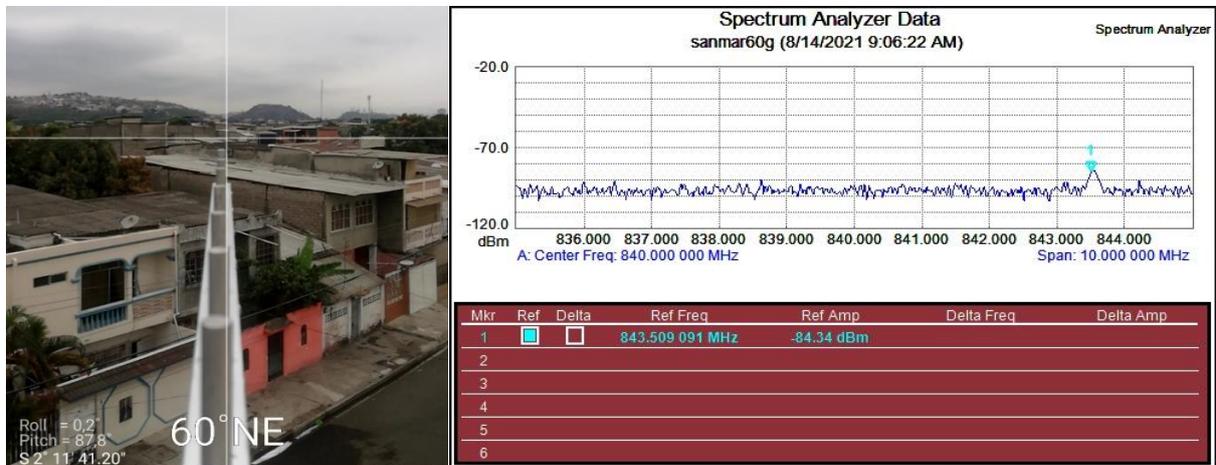
Fuente: (Anritsu, 2021)

## 10.8 Análisis espectral

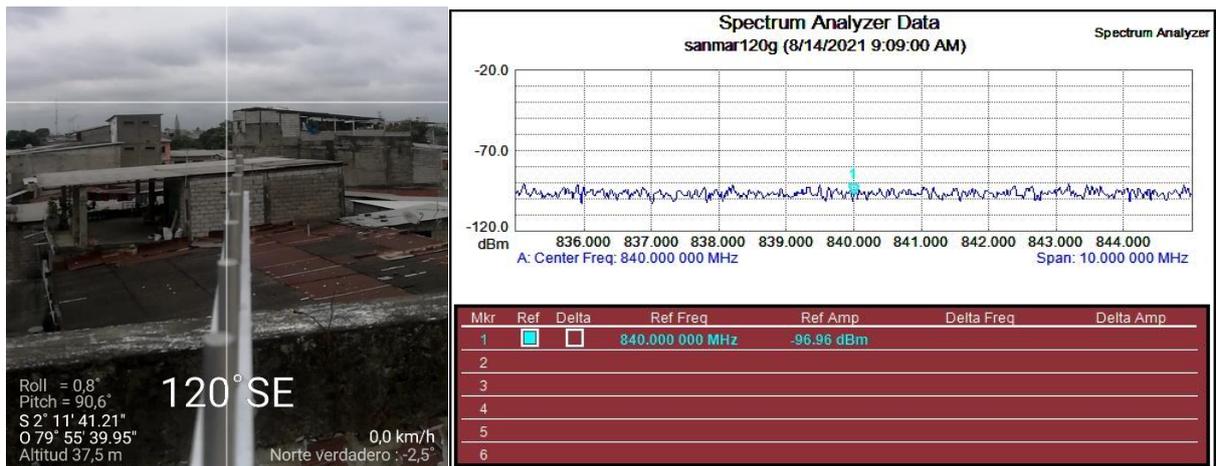
- A continuación, el detalle del barrido espectral desde 0° con intervalos de 60°



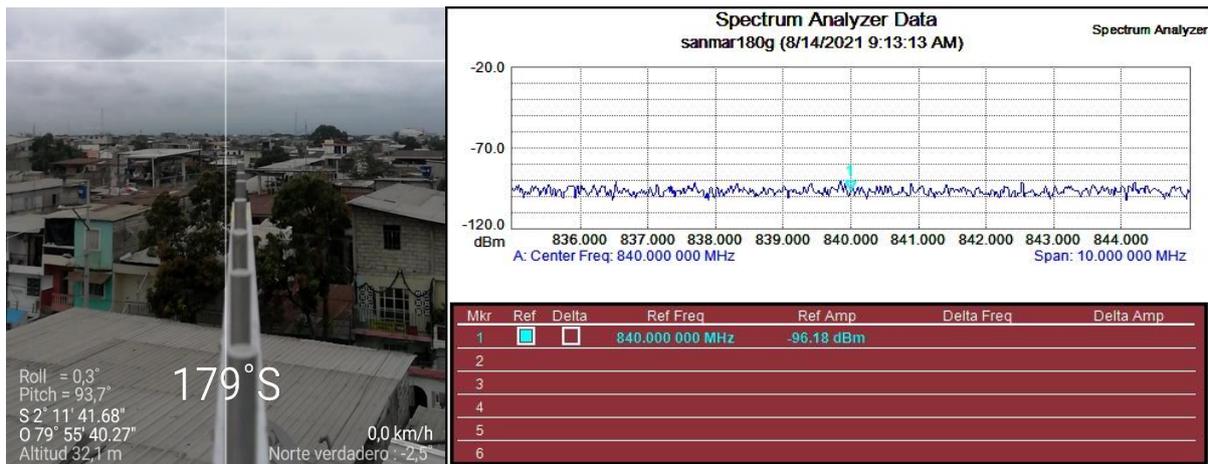
**Figura 10.8:** Barrido espectral a 0 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



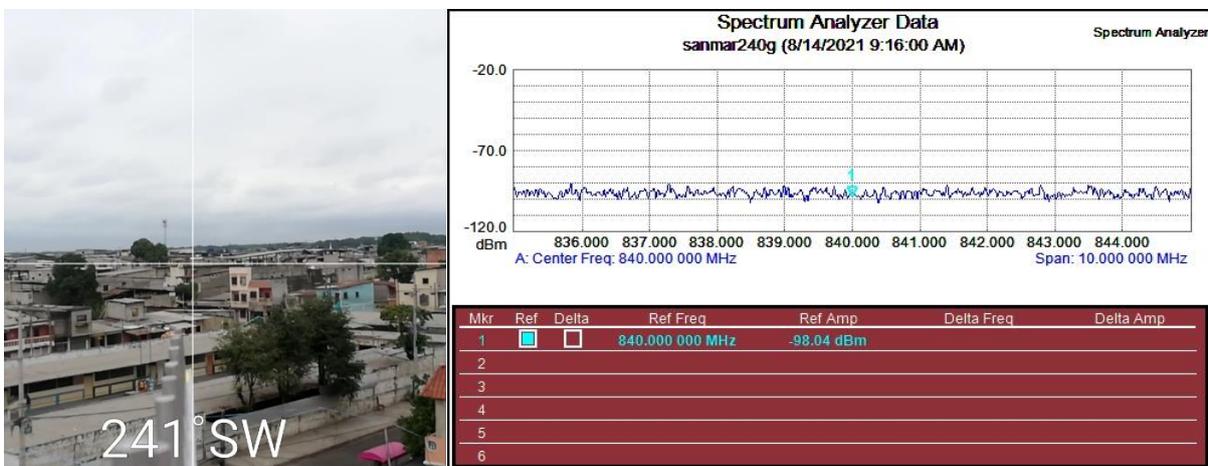
**Figura 10.9:** Barrido espectral a 60 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



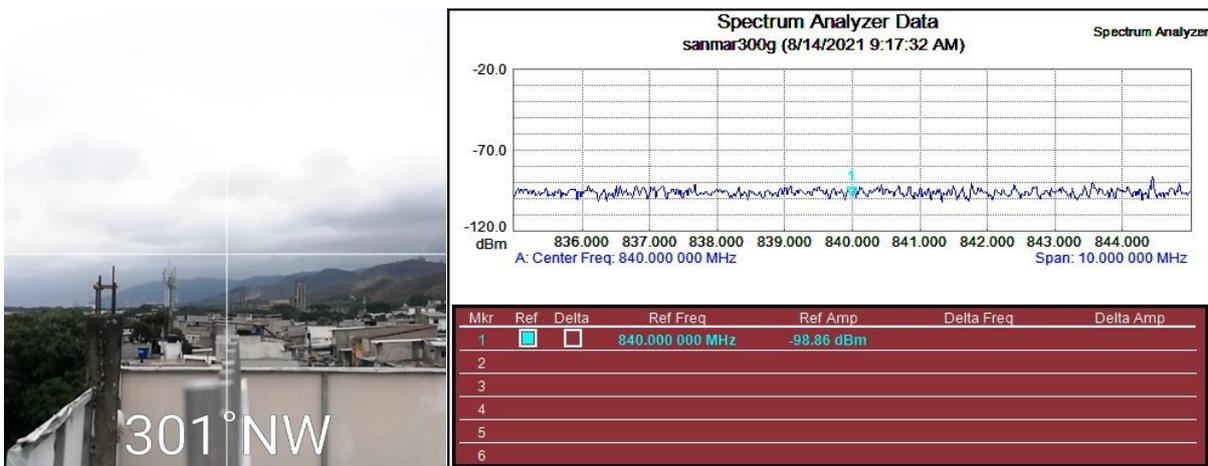
**Figura 10.10:** Barrido espectral a 120 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



**Figura 10.11:** Barrido espectral a 180 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



**Figura 10.12:** Barrido espectral a 240 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)



**Figura 10.13:** Barrido espectral a 300 grados  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)

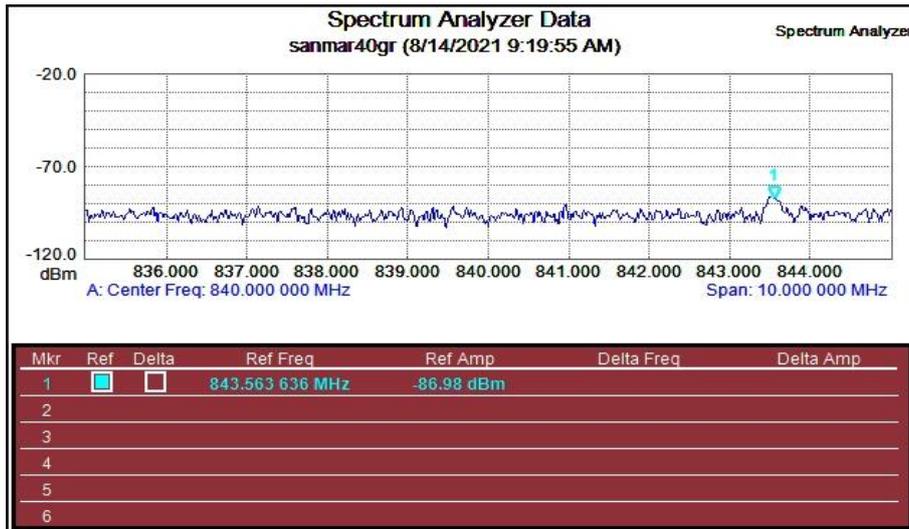
## 10.9 Visualización de la señal interferente

- Durante el barrido espectral se puede observar que la señal tiene un azimut de  $40^\circ$  aproximadamente con una  $f_1$ : 843.50 MHz, dicha señal es constante y se presenta en el segmento de la frecuencia portadora UARFCN: 4432.

En este caso es importante mencionar que la frecuencia portadora UARFCN: 4432 no está operativa por lo que no se puede observar dicho comportamiento en las estadísticas de RTWP.



**Figura 10.14:** Azimut de señal interferente  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

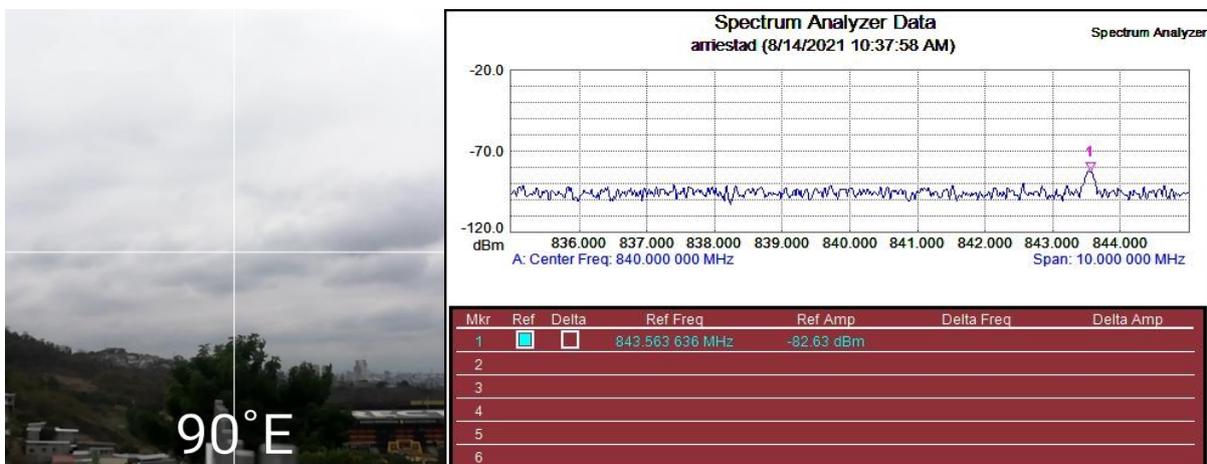


**Figura 10.15:** Visualización de señal interferente.  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)

- Estas observaciones se notifican al departamento de operación y mantenimiento de Movistar especialmente la señal encontrada no se presenta en la frecuencia portadora UARFCN: 4412, tomando como referencia el caso anterior no se descarta que la señal interferente se propague aleatoriamente en la banda UL de 850 MHz.

### 10.10 Ejecución de pruebas desde punto adyacente

- Se realiza las mediciones desde un punto elevado, considerando la referencia de azimut desde la estación Y, se observa la misma señal con niveles de potencia superiores.



**Figura 10.16:** Visualización de señal interferente  
**Fuente:** (Estación Movistar, 2021)

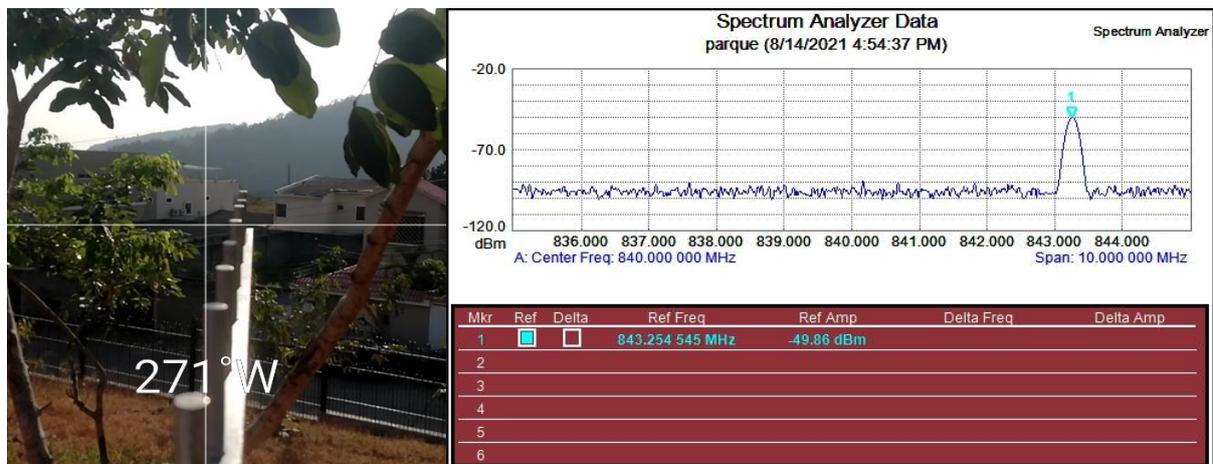
- Las coordenadas geográficas son: -2.1851823,-79.9299215.



**Figura 10.17:** Azimut de señal interferente  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

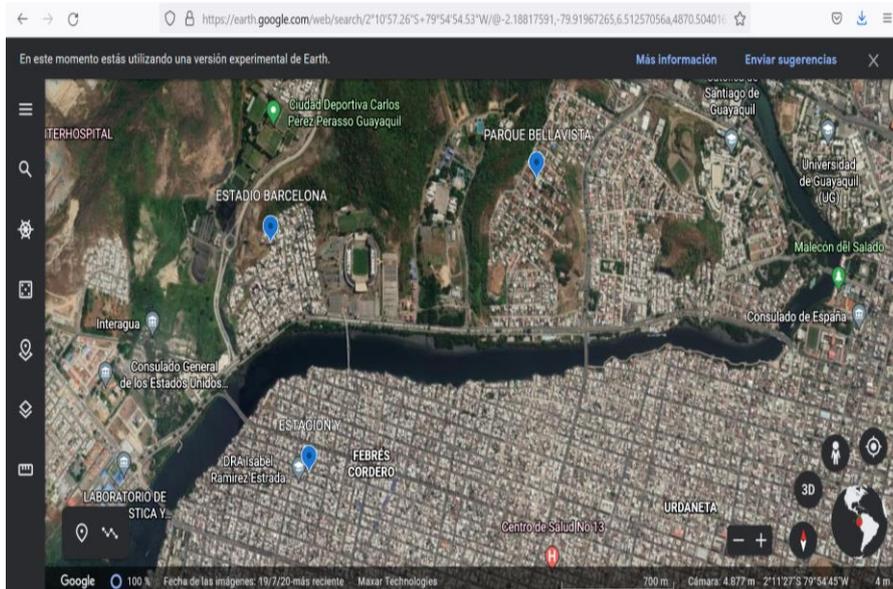
### 10.11 Pruebas perímetro delimitado

- Una vez identificado el sector se procede a realizar pruebas por el perímetro delimitado, al tratarse de una zona residencial se debe realizar la búsqueda minuciosa. Desde el parque mirador Bellavista Alta, se observa un incremento de la señal.



**Figura 10.18:** Pruebas desde parque Bellavista Alta  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

- Las coordenadas geográficas son: -2.182572, -79.915147 y la dirección de la interferencia concuerda con los puntos de referencia tomados anteriormente.



**Figura 10.19:** Puntos de pruebas realizadas  
**Fuente:** (Google , 2021)

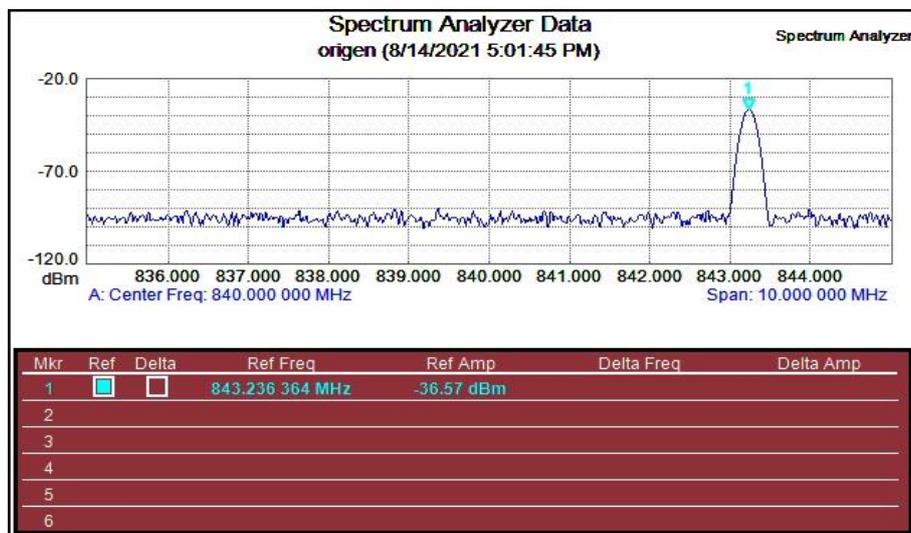
## 10.12 Identificación de interferencia

- En el punto de referencia se observa una antena en la parte superior de una vivienda, la dirección es la siguiente: calle Ing. Jorge Perrone Galarza diagonal al parque de la ciudadela Bellavista Alta.



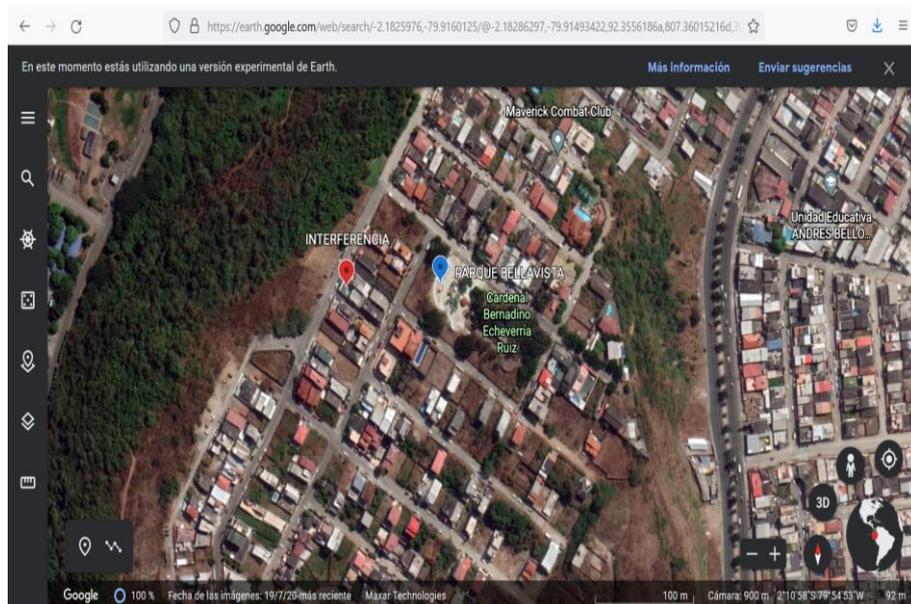
**Figura 10.20:** Origen de la interferencia  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

- Visualización de la señal interferente. El piso de ruido es de -36.57 dBm.



**Figura 10.21:** Visualización de señal de interferencia  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

- Las coordenadas geográficas son: -2.1825976,-79.9160125.

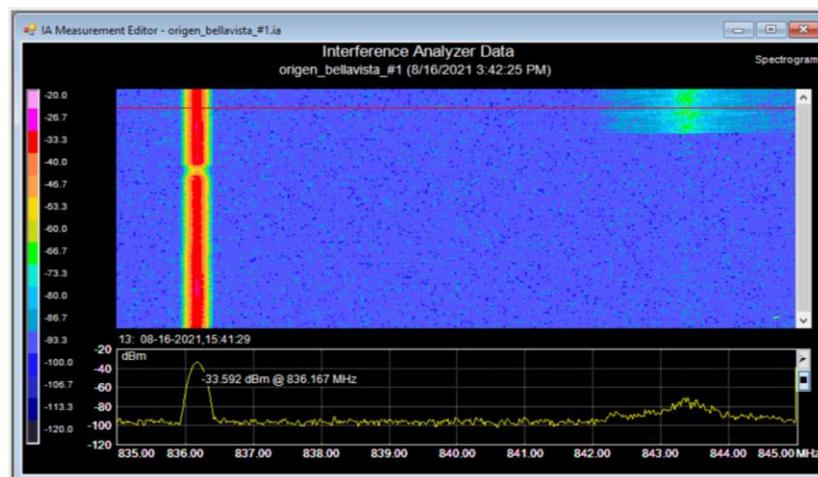


**Figura 10.22:** Ubicación geográfica de interferencia  
**Fuente:** (Google , 2021)

- Se informa la novedad al ingeniero de Movistar encargado del trabajo para lo cual se coordina para los próximos días acudir al sitio y realizar pruebas.

### 10.13 Apagado de interferencia

- En los días posteriores se acude al lugar identificado, en compañía del ingeniero de Movistar y se valida el origen de la señal radioeléctrica proviene del lugar identificado. En esta ocasión se observa la señal presente sobre la frecuencia portadora UARFCN: 4412 lo cual es corroborado mediante las estadísticas de RTWP, tomados en línea.
- Visualización de la señal interferente. El piso de ruido es de -35.59 dBm.



**Figura 10.23:** Visualización de señal de interferencia  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

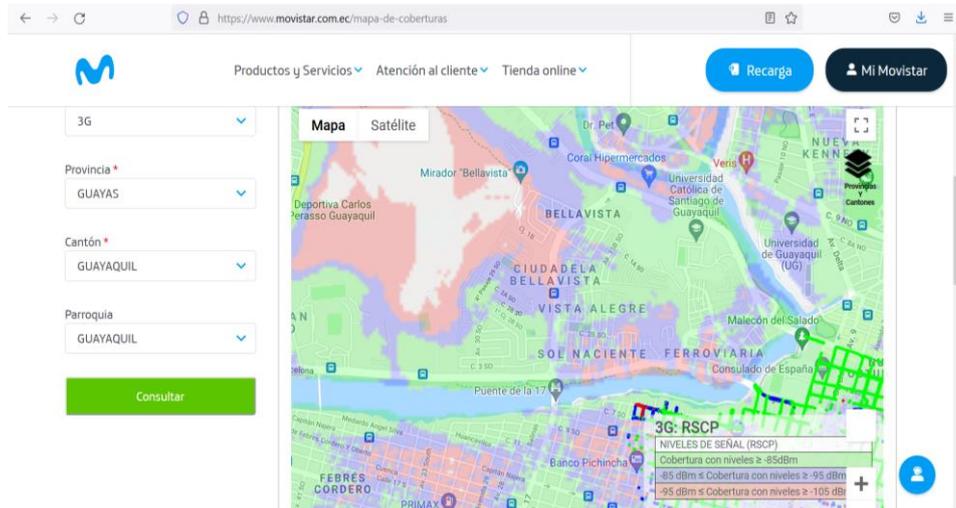


**Figura 10.24:** Pruebas de interferencia en origen  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

- El dueño de la vivienda indica que no tiene cobertura móvil y ha decidido instalar un amplificador de señal celular, comprado en internet.

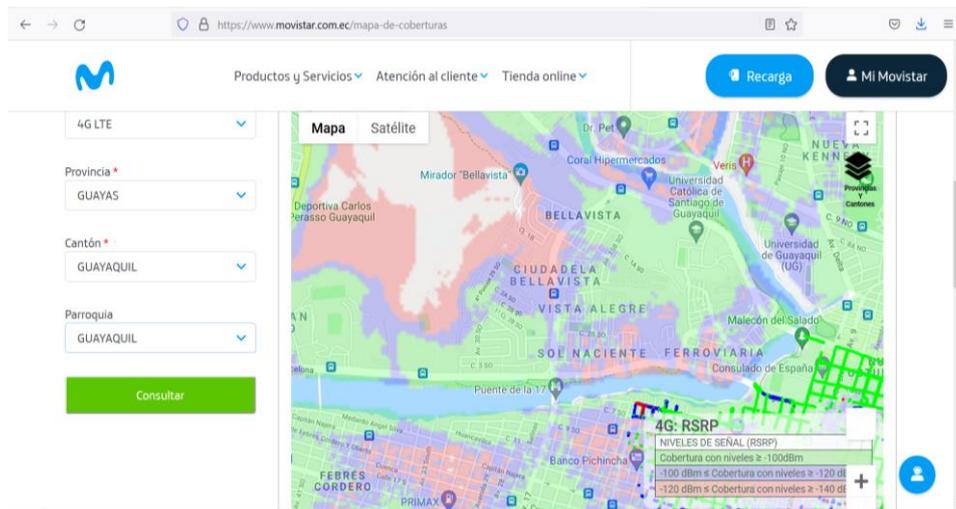
Mediante el mapa de cobertura de Movistar se observa que la señal de 3G es limitada y 4G no existe (Telefónica Ecuador, 2021). A continuación, el detalle:

**3G:**  $95 \text{ dBm} \leq \text{Cobertura con niveles} \geq -105 \text{ dBm}$ .



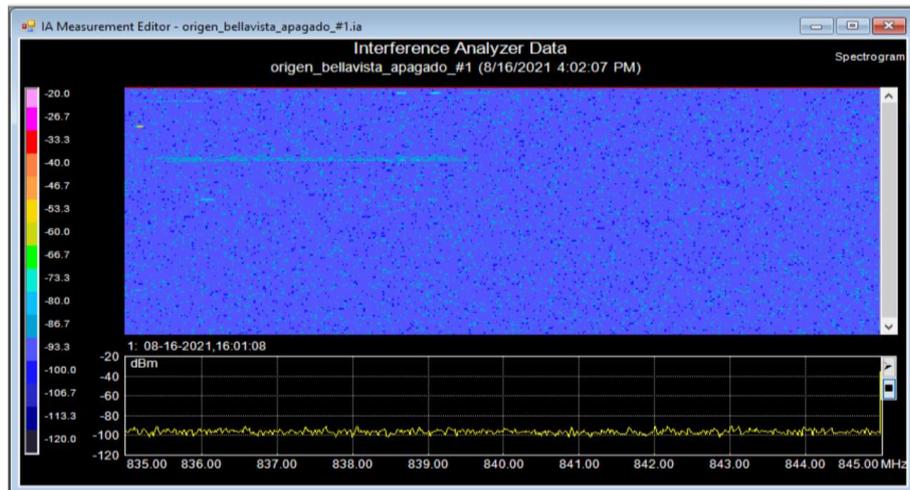
**Figura 10.25:** Cobertura de 3G en la zona  
**Fuente:** (Telefónica Ecuador, 2021)

**4G:**  $-120 \text{ dBm} \leq \text{Cobertura con niveles} \geq -140 \text{ dBm}$ .



**Figura 10.26:** Cobertura de 4G en la zona  
**Fuente:** (Telefónica Ecuador, 2021)

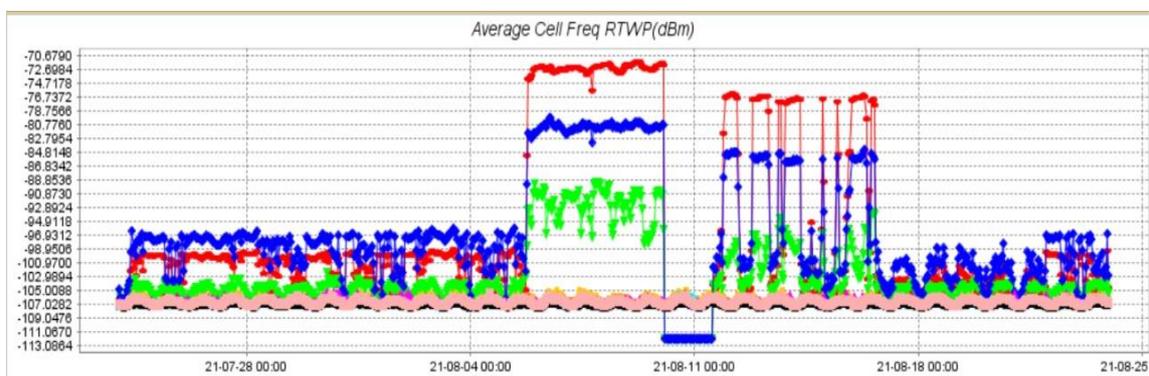
- Consciente del problema suscitado, el dueño de la vivienda accede a apagar el equipo. Inmediatamente las señales interferentes desaparecen y las estadísticas de RTWP retornan a los valores normales.



**Figura 10.27:** Apagado de equipo repetidor  
**Fuente:** (Movistar, 2021)

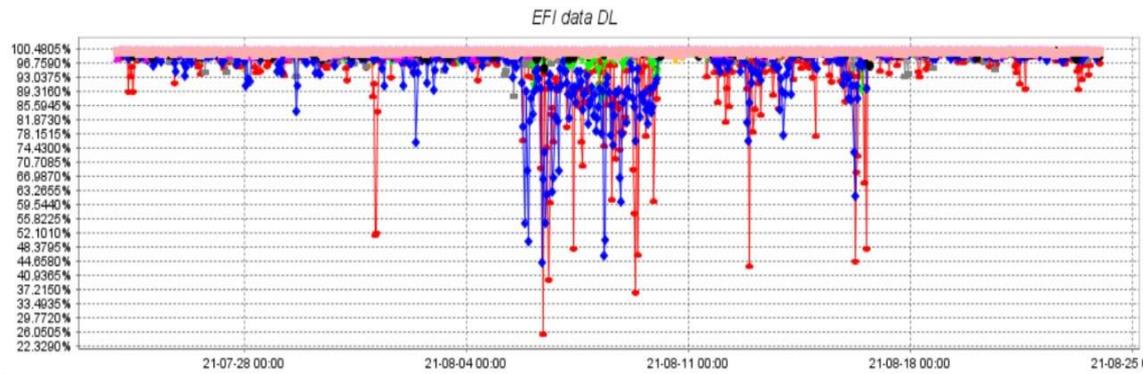
## 10.14 Monitoreo de niveles de calidad

- En los próximos días el área de calidad y optimización monitorea; niveles de RTWP, eficiencia en los enlaces DL y UL, evidenciando la mejoría en los parámetros de calidad en los servicios de 3G. La evaluación se realiza en la estación W que fue la más afectada.
- Niveles de RTWP portadora 3G.



**Figura 10.28:** Visualización de RTWP estación W  
**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

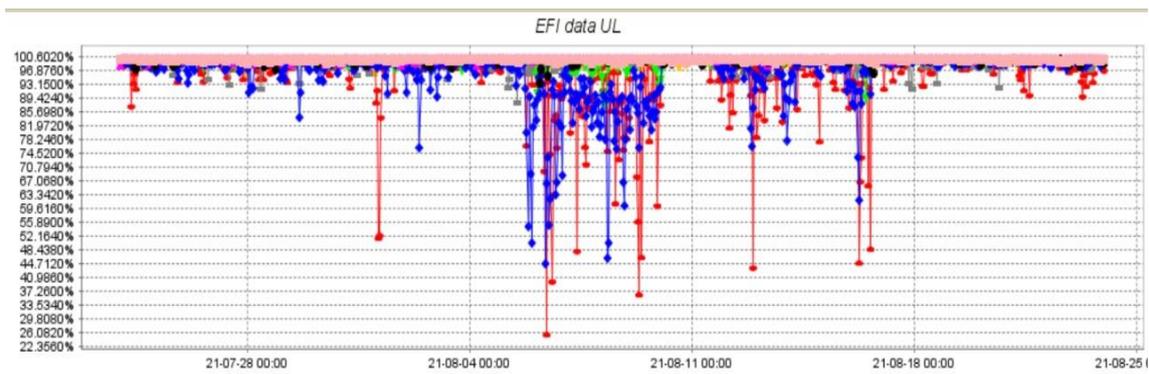
- Eficiencia en el enlace descendente (DL).



**Figura 10.29:** Eficiencia de servicio DL estación W

**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

- Eficiencia en el enlace ascendente (UL).



**Figura 10.30:** Eficiencia de servicio UL estación W

**Fuente:** (Netnumen Movistar, 2021)

## 10.15 Evaluación de resultados

- Con las acciones realizadas el departamento de calidad de la red, da por cerrado esta incidencia que afectaba a la tecnología UMTS en la zona suroeste de Guayaquil principalmente la avenida y estadio Barcelona.

## 11. ANEXOS

### 11.1 Ficha técnica de analizador de espectros

Technical Data Sheet

Anritsu

# A High Performance – Handheld Base Station Analyzer

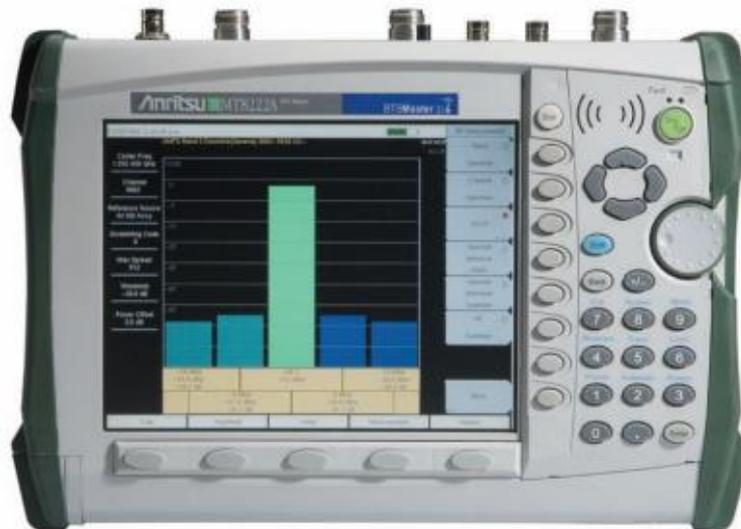
MT8222A  
BTS Master™

#### Introduction

High performance handheld base station analyzer with a complete set of measurement tools, spectrum analyzer, cable and antenna analysis, power meter, Bit Error Rate Tester for communication backhaul, supports multiple modulation formats GSM/GPRS/EDGE, W-CDMA/HSDPA, CDMA/EVDO, WiMAX 802.16d/802.16e, TD-SCDMA, LTE and GPS.

#### High Performance Highlights

- Spectrum Analyzer 100 kHz to 7.1 GHz
- 2 port Cable & Antenna Analyzer 10 MHz to 4 or 6 GHz
- High Accuracy Power Meter  $\pm 0.16$  dB
- 4 kg (9.0 lbs)
- Bit Error Rate Tester E1, T1 & T3
- Interference Analyzer
- Channel scanner
- GPS receiver option
- 2 and 2.5G modulation options GSM/GPRS/EDGE, IS-95
- PIM Analyzer
- 3G Modulation options W-CDMA/HSDPA, 1xrtt/EVDO and TD-SCDMA
- 3.5G modulation options LTE, 802.16d and 802.16e
- 2.5 – 3 hour battery life



The Anritsu MT8222A is the most advanced ultra-portable base station analyzer on the market, featuring unparalleled performance at a modest price.

**Figura 11.1:** Ficha técnica analizador de espectros  
**Fuente:** (Anritsu, 2021)

## 11.2 Ficha técnica de antena yagui.



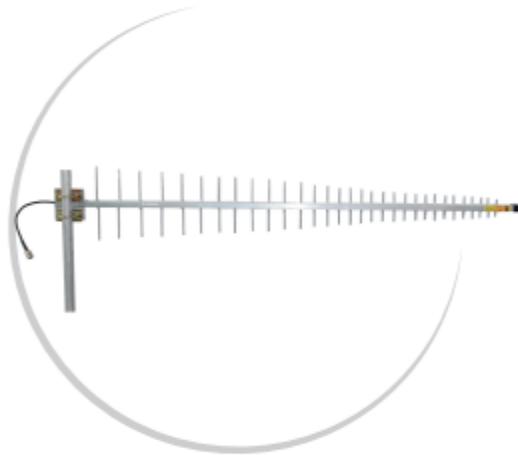
REFERENCIA AC-ALPM7027-62

### DESCRIPCIÓN

Antena Logaritmica Periodica cuatribanda 4G.

### APLICACIÓN

Antena direcciva para uso de telecomunicaciones en telefonía celular 4G.



Elementos	62
Ganancia	15 dBi
Frecuencia de trabajo	700 a 2700 MHz
Front to Back	> 26 dB
Impedancia	50 Ohms
Angulo	$50 \pm 2^\circ$
R.O.E.	< 1.6 : 1
Conector	Tipo N hembra
Mastil de instalación	(Opcional) se solicita por separado

Antena diseñada para recibir señales desde los 700 Mhz hasta los 2700 Mhz.  
 Antena de Alta Ganancia ideal para instalaciones en telefonía Celular 4G sean fijas o teléfonos móviles en lugares donde hay poca señal de telefonía celular, por ejemplo, dentro de una casa, sótano, Oficinas, zona rural, entre otras condiciones. Es Compatible con todos los operadores.

### MEDIDAS

ALTO	ANCHO	LARGO	PESO	EMPAQUE	GARANTÍA
7.5 cm	19.5 cm	117 cm	888 g	125 - 23 - 10 cm	1 año

Figura 11.2: Antena yagui

Fuente: (Marped Group Telecomunicaciones , 2021)