



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES ELECTROMÁGNÉTICAS DE ONDAS WIFI Y
SU EFECTO EN LA CIUDAD DE QUITO.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniera en Redes y
Telecomunicaciones.

Profesor Guía

MSc. Marcelo Ricardo Filian Narváez.

Autora

Diana Carolina Yunga Yunga.

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA.

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Marcelo Ricardo Filian Narvárez.

Magister en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones.

CC: 060288863-8

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Diego Fabián Paredes Páliz.

Master in Optical Communications and Photonic Technologies.

CC: 0603014143

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Diana Carolina Yunga Yunga.

CC: 172009911-6

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi querido Dios por cuidarme, darme la fortaleza y sabiduría necesaria a lo largo de este caminar.

A mis padres por su amor incondicional y paciencia infinita.

A mi tutor el Ingeniero Marcelo Filian por su apoyo y orientación y a la ARCOTEL por su ayuda para el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres Lauro y Ramona por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, y sobre todo por ser ejemplos de amor y esfuerzo constante.

A mi familia por su motivación y cariño.

RESUMEN

Dado que cada día más personas se encuentran alarmadas respecto a las emisiones electromagnéticas provocadas por equipos con componentes radiantes como celulares, antenas, ruteadores, entre otros, se realiza este proyecto de titulación, que pretende ayudar a debatir mitos sobre las emisiones del tipo no ionizantes.

El presente proyecto de titulación busca realizar mediciones de emisión electromagnética en dispositivos WiFi para así llegar a establecer si cumplen o no con las recomendaciones de la UIT y para el caso del Ecuador con el "Reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico", y con ello establecer técnicamente si llegarían a tener alguna incidencia perjudicial en la salud de la ciudadanía.

Por consiguiente, el capítulo 1 se presenta conceptos generales y se realiza una revisión documental sobre los estudios técnicos realizados con respecto a las emisiones no ionizantes, además de los límites máximos de exposición.

En el capítulo 2 y 3 se explica los métodos utilizados para la adquisición de datos, así como el proceso de toma de muestras y los resultados obtenidos de las mediciones en ambientes RNI.

Posterior a ello, mediante el capítulo 4 se muestra el análisis realizado a los datos obtenidos de los diferentes lugares de medición mediante estadísticas y comparaciones, para con ello concluir que las emisiones no ionizantes generadas por dispositivos que trabajan en la banda WiFi no provocan ninguna afectación a la salud de los ciudadanos.

ABSTRACT

As more and more people are alarmed about electromagnetic emissions caused by equipment with radiant components such as cell phones, antennas, routers, some others, this titration project is aimed at helping to debate myths about non-ionizing emissions.

This titling project looks for to realize measurements of electromagnetic emission in WiFi devices to arrive to establish if they comply or not with the recommendations of the ITU and in the case of Ecuador with the " Reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico ", and with that to establish technically if they would have some detrimental effect on the health of the citizenship.

Therefore, chapter 1 presents general concepts and a documentary review is carried out on the technical studies carried out about non-ionizing emissions, in addition to the maximum exposure limits.

Chapter 2 and 3 explains the methods used for data acquisition, as well as the sampling process and the results obtained from RNI measurements and environments.

Subsequently, Chapter 4 shows the analysis performed on the data obtained from the different places of measurement through statistics and comparisons, to conclude that the non-ionizing emissions generated by devices working in the WiFi band do not cause any affectation to the health of citizens.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1. CAPÍTULO I. Marco Teórico..... | 2 |
| 1.1 Campo electromagnético..... | 2 |
| 1.1.1 Campo Eléctrico..... | 3 |
| 1.1.2 Campo Magnético..... | 4 |
| 1.2 Espectro Electromagnético..... | 5 |
| 1.3 Espectro Radioeléctrico..... | 6 |
| 1.4 Emisiones Electromagnéticas..... | 6 |
| 1.4.1 Emisiones Ionizantes..... | 7 |
| 1.4.2 Emisiones no Ionizantes..... | 7 |
| 1.5 Aplicaciones del espectro radioeléctrico..... | 7 |
| 1.6 Dosimetría..... | 8 |
| 1.6.1 Tasa de Absorción Específica (SAR)..... | 9 |
| 1.6.2 Calculo del SAR..... | 10 |
| 1.6.3 Efectos Térmicos..... | 12 |
| 1.6.3.1 Valores de SAR característicos de equipos WiFi..... | 13 |
| 1.7 Equipos de medición para emisión electromagnética..... | 13 |
| 1.7.1 Características de las sondas utilizadas..... | 16 |
| 1.7.2 Características de los Equipos para mediciones de RNI..... | 18 |
| 1.8 Mediciones..... | 19 |
| 1.9 Organismos de Regulación y Control de las Telecomunicaciones..... | 21 |
| 1.9.1 Organismos Internacionales..... | 22 |
| 1.9.1.1 Organización Mundial de la Salud (OMS)..... | 22 |
| 1.9.1.2 La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)..... | 23 |
| 1.9.1.3 Comisión Internacional de Protección contra la Emisión No ionizante (ICNIRP)..... | 26 |
| 1.9.2 Organismos Nacionales..... | 27 |
| 1.9.2.1 MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN (MINTEL)..... | 27 |
| 1.9.2.2 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES (MINTEL)..... | 28 |
| 1.10 Estándar 802.11..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 1.11 Estándar 802.11. | 30 |
| 1.12 Elementos de una red WiFi..... | 32 |
| 1.12.1 Estación (STA). | 32 |
| 1.12.2 Punto de acceso (AP)..... | 33 |
| 1.13 Topologías de Red..... | 33 |
| 1.13.1 Topología Ad-hoc. | 34 |
| 1.13.2 Topología Infraestructura. | 35 |
| 2. CAPÍTULO II. Metodología para la toma de muestras. | 36 |
| 2.1 Plan de medición de RNI..... | 36 |
| 2.1.1 Formulario 1: Mediciones en sitio con APs a varias distancias. ... | 39 |
| 2.1.2 Formulario2: medido en sitio donde existe mayor concentración de APs. | 40 |
| 2.2 Descripción de los lugares de medición..... | 41 |
| 2.3 Proceso de Medición..... | 44 |
| 2.3.1 Características y aplicaciones del medidor Narda SRM-3600..... | 45 |
| 2.3.1.1 Partes del equipo | 46 |
| 2.3.1.2 Configuración del equipo..... | 47 |
| 2.3.2 Características analizador de espectros ANRITSU MS2724B. | 48 |
| 2.3.2.1 Partes del equipo. | 49 |
| 2.3.2.2 Configuración del equipo ANRITSU MS2724B. | 49 |
| 2.3.3 Características de medidor de temperatura..... | 50 |
| 2.3.4 Software utilizado. | 51 |
| 2.3.4.1 Software NARDA 3006 | 51 |
| 2.3.4.2 Software WiFi analyzer. | 52 |
| 2.4 Equipos utilizados en la medición de RNI y características técnicas. | 53 |
| 3. CAPÍTULO III. Estadísticas..... | 57 |
| 3.1 Mediciones Laboratorio ARCOTEL..... | 58 |
| 3.1.1 Descripción..... | 58 |
| 3.1.1.1 Ocupación del espectro en la Banda de WiFi con los equipos apagados Laboratorio ARCOTEL. | 59 |
| 3.1.2 Medición realizada con 1 equipo WiFi | 60 |
| 3.1.3 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 1 equipo..... | 64 |
| 3.1.3.1 Gráfica de Ocupación del Espectro..... | 64 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.1.4 | Medición realizada con 2 equipos WiFi. | 66 |
| 3.1.4.1 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 2 equipos. | 70 |
| 3.1.4.2 | Gráfica de Ocupación del Espectros con 2 equipos..... | 71 |
| 3.1.5 | Medicion realizada con 3 equipos WiFi. | 72 |
| 3.1.5.1 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 3 equipos. | 76 |
| 3.1.5.2 | Gráfica de Ocupación del Espectro..... | 77 |
| 3.1.6 | Medicion realizada con 4 equipos WiFi. | 77 |
| 3.1.6.1 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 4 equipos. | 82 |
| 3.1.6.2 | Gráfica de Ocupación del Espectro..... | 83 |
| 3.2 | Mediciones Universidad de las Américas..... | 84 |
| 3.2.1 | Descripción..... | 84 |
| 3.2.1.1 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con varios equipos UDLA. | 87 |
| 3.2.1.2 | Gráfica de Ocupación del Espectro..... | 88 |
| 3.3 | Mediciones Quicentro Sur..... | 89 |
| 3.3.1.1 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi Quicentro Sur..... | 92 |
| 3.3.1.2 | Gráfica de Ocupación del Espectro Quicentro Sur..... | 93 |
| 3.4 | Mediciones Centro Comercial Ñaquito (CCI) | 94 |
| 3.4.1 | Descripción..... | 94 |
| 3.4.1.1 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi..... | 98 |
| 3.4.1.2 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi Centro Comercial Ñaquito..... | 98 |
| 3.5 | Mediciones Hogar Sur..... | 100 |
| 3.5.1.1 | Ocupación del espectro en la Banda de WiFi con los equipos apagados en Hogar Sur. | 100 |
| 3.5.2 | Medicion realizada con 5 equipos WiFi | 102 |
| 3.5.2.1 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 5 equipos. .. | 105 |
| 3.5.2.2 | Gráfica de Ocupación del Espectro..... | 107 |
| 3.5.3 | Medición realizada con 1 equipo WiFi Tp-link. | 108 |
| 3.5.3.1 | Gráfica de Ocupación del Espectro Hogar Sur. | 111 |
| 3.6 | Mediciones Hogar Norte | 113 |
| 3.6.1.1 | Ocupación del espectro en la Banda de WiFi con los equipos apagados en Hogar Norte..... | 114 |
| 3.6.2 | Medición realizada con 5 equipos WiFi, | 115 |
| 3.6.2.1 | Gráfica de Ocupación del Espectro..... | 118 |
| 3.6.2.2 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 5 equipos. .. | 119 |

| | | |
|---------|--|------------|
| 3.6.3 | Medición realizada con 1 equipo WiFi. | 120 |
| 3.6.3.1 | Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 1 equipos. .. | 123 |
| 3.6.3.2 | Gráfica de Ocupación del Espectro..... | 124 |
| 4. | CAPÍTULO IV. Análisis de Resultados..... | 125 |
| 4.1 | Análisis de las mediciones Laboratorio – ARCOTEL..... | 125 |
| 4.2 | Análisis de mediciones en sitios con gran concentración de redes. | 127 |
| 4.3 | Análisis de mediciones en hogares..... | 129 |
| 4.4 | Análisis de los resultados obtenidos de las mediciones entre los distintos ambientes..... | 131 |
| 4.5 | Análisis de pisos de ruido en los ambientes de estudio RNI. | 132 |
| 4.6 | Artículos publicados en Redes Sociales sobre los peligros del WiFi..... | 135 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 144 |
| 5.1 | Conclusiones..... | 144 |
| 5.2 | Recomendaciones..... | 147 |
| | REFERENCIAS | 148 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Campo electromagnético | 3 |
| Figura 2. Líneas Campo Eléctrico..... | 4 |
| Figura 3. Campo Magnético | 5 |
| Figura 4. Espectro Electromagnético | 6 |
| Figura 5. Mapa Termográfico sobre el cuerpo humano..... | 12 |
| Figura 6. Equipos de medición para campo eléctrico y magnético..... | 17 |
| Figura 7. Medidor de Emisión Selectiva Narda SRM-360. | 18 |
| Figura 8. Analizador de espectros..... | 19 |
| Figura 9. Capas del modelo OSI ocupadas por el estándar 802.11 | 30 |
| Figura 10. Terminal Inalámbrico..... | 33 |
| Figura 11. Punto de Acceso | 33 |
| Figura 12. Topología Ad-hoc..... | 34 |
| Figura 13. Topología Infraestructura | 35 |
| Figura 14. Mapa Geográfico 3D. Ubicación lugares de medición – Quito. | 37 |
| Figura 15. Mapa 2D Ubicación lugares de medición –Quito. | 38 |
| Figura 16. Mapa Geográfico 3D Laboratorio ARCOTEL – San Juan de Calderón- Quito. | 41 |
| Figura 17. Mapa Geográfico 3D Quicentro Sur – Quito..... | 42 |
| Figura 18. Mapa Geográfico 3D – Centro Comercial Iñaquito – Quito. | 42 |
| Figura 19. Mapa Geográfico 3D Universidad de la Américas campus Granados- Quito. | 43 |
| Figura 20. Mapa geográfico 3D Hogar Sur – Guajalo –Quito..... | 44 |
| Figura 21. Mapa geográfico 3D Hogar Norte- Atucucho –Quito. | 44 |
| Figura 22. Medidor de Emisión Selectiva Narda SRM-3600. | 45 |
| Figura 23. Partes Principales de Narda SRM-3600..... | 46 |
| Figura 24. Analizador de espectros Anritsu MS2724B..... | 48 |
| Figura 25. Partes Analizador de Espectros Anritsu MS2724B. | 49 |
| Figura 26. Termómetro digital | 51 |
| Figura 27. Software Narda | 52 |
| Figura 28. Medición con software WiFi Analyzer..... | 52 |
| Figura 29. Modem Huawei HG532 | 53 |

| | |
|--|----|
| Figura 30. Tp-link TL-WR740N..... | 54 |
| Figura 31. Adaptador SL3504N..... | 55 |
| Figura 32. Repetidor Wifi..... | 56 |
| Figura 33. Estándar ICNIRP | 57 |
| Figura 34. Laboratorio ARCOTEL - San Juan de Calderón – Quito..... | 58 |
| Figura 35. Medición del espectro de señal en la banda de 2.4 GHz con los equipos apagados – Analizador de espectros Anritsu MS2724B - San Juan de Calderón – Quito. | 59 |
| Figura 36. Ocupación del Canal en la Banda WiFi –Equipos apagados – Software WiFi Analyzer San Juan de Calderón-Quito..... | 59 |
| Figura 37. Equipo Huawei Hg532s – Opera en la banda WiFi – San Juan de Calderón – Quito. | 61 |
| Figura 38. Medición a 1 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 61 |
| Figura 39. Medición a 5m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S. – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 62 |
| Figura 40. Medición a 10 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S. – Equipo Narda SRM3600-- San Juan de Calderón – Quito. | 62 |
| Figura 41. Medición a 15 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S. – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 63 |
| Figura 42. Medición a 20 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S. – Equipo Narda SRM3600- San Juan de Calderón – Quito. | 63 |
| Figura 43. Ocupación del Canal en la Banda WiFi – Equipo HG532S – Software WiFi Analyzer San Juan de Calderón-Quito..... | 64 |
| Figura 44. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 1 equipo – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B – San Juan de Calderón – Quito | 65 |
| Figura 45. Equipos de Medición Router Inalámbrico Tp-link y Modem Huawei Hg532 - Opera en la banda WiFi – San Juan de Calderón – Quito. | 67 |

| | |
|---|----|
| Figura 46. Medición a 1 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 67 |
| Figura 47. Medición a 5 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 68 |
| Figura 48. Medición a 10m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 68 |
| Figura 49. Medición a 15 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link– Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 69 |
| Figura 50. Medición a 20 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 69 |
| Figura 51. Ocupación del Canal en la Banda WiFi – Equipo HG532S y Tp-Link – Software WiFi Analyzer - San Juan de Calderón-Quito. | 70 |
| Figura 52. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 2 equipos – Analizador de espectros Anritsu MS2724B -San Juan de Calderón – Quito | 71 |
| Figura 53. Equipos de medición Router Inalámbrico Tp-link, Modem Huawei Hg532 y Adaptador SL3504N operando en la banda WiFi – San Juan de Calderón –Quito..... | 73 |
| Figura 54. Medición a 1m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link y Adaptador SL3504N- Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 73 |
| Figura 55. Medición a 5m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link y Adaptador SL3504N- Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 74 |
| Figura 56. Medición a 15 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link y Adaptador SL3504N - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 75 |

| | |
|--|----|
| Figura 57. Medición a 20 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link y Adaptador SL3504N- Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 75 |
| Figura 58. Ocupación del Canal en la Banda WiFi – Equipos HG532S, Tp-Link, adaptador SL3504N – Software WiFi Analyzer - San Juan de Calderón-Quito. | 76 |
| Figura 59. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 3 equipos – Analizador de espectros Anritsu MS2724B -San Juan de Calderón-Quito. | 77 |
| Figura 60. Medición con 4 equipo – Modem Huawei HG532S, Tp-link TL-WR740N, Adaptador SL3504N y Modem Huawei HG532 - San Juan de Calderón- Quito. | 79 |
| Figura 61. Medición a 1m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532 - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 79 |
| Figura 62. Medición a 5 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532 - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 80 |
| Figura 63. Medición a 10 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532- Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 80 |
| Figura 64. Medición a 15 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532 - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito. | 81 |
| Figura 65. Medición a 20 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532 - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito | 81 |

| | |
|--|----|
| Figura 66. Ocupación del Canal en la Banda WiFi – 4 Equipos HG532S, Tp-Link, adaptador SL3504N Software WiFi Analyzer – San Juan de Calderón-Quito. | 82 |
| Figura 67. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 4 equipos – Analizador de espectros Anritsu MS2724B -San Juan de Calderón-Quito. | 83 |
| Figura 68. Universidad de las Américas- Campus Granados -Quito | 84 |
| Figura 69. Medición Biblioteca UDLA - Campus Granados..... | 86 |
| Figura 70. Medición promedio de RNI — Equipo Narda SRM3600 – Universidad de las Américas – Quito..... | 86 |
| <i>Figura 71.</i> Gráficas de ocupación del espectro medidas en varios días – Software WiFi Analyzer – Universidad de las Américas-Quito. | 87 |
| Figura 72. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B - Universidad de las Américas. | 88 |
| Figura 73. Quicentro Sur Quito..... | 89 |
| Figura 74. Patio de Comidas Quicentro Sur – Quito. | 89 |
| Figura 75. Medición Patio de Comidas Quicentro Sur- Quito | 91 |
| Figura 76. Medición promedio de RNI — Equipo Narda SRM3600 – Universidad de las Américas – Quito..... | 91 |
| <i>Figura 77.</i> Gráficas de ocupación del espectro medidas en varios días – Software WiFi Analyzer – Quicentro Sur - Quito..... | 92 |
| Figura 78. Medición del Espectro de señal en la Banda WiFi – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B - Quicentro Sur –Quito. | 93 |
| Figura 79. Alrededores Centro- Comercial Iñaquito. | 94 |
| Figura 80. Afueras Centro Comercial Iñaquito | 94 |
| Figura 81. Medición Centro Comercial CCI – Quito. | 96 |
| Figura 82. Medición Av. Amazonas y Naciones Unidas – Quito..... | 96 |
| Figura 83. Medición Av. Amazonas y calle Japón – Quito. | 97 |
| Figura 84, Medición promedio de RNI — Equipo Narda SRM3600 – Centro Comercial Iñaquito – Quito | 97 |

| | |
|---|-----|
| Figura 85. Medición del Espectro de señal en la Banda WiFi – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B - Centro Comercial Iñaquito – Quito..... | 98 |
| Figura 86. Gráficas de ocupación del espectro medidas en varios días – Software WiFi Analyzer – Quicentro Sur - Quito..... | 99 |
| Figura 87. Hogar Sur – Guajalo –Quito | 100 |
| Figura 88. Medición Electromagnética del ambiente sin ningún dispositivo interno encendido - Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur - Guajalo - Quito. | 101 |
| Figura 89. Medición del espectro de señal con los equipos apagados – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Sur – Guajalo – Quito..... | 101 |
| Figura 90. Medición con 5 equipos Hogar Sur -Quito..... | 103 |
| Figura 91. Medición a 5 m de los 5 equipos emisores, 2 Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link y adaptador – Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Quito..... | 103 |
| Figura 92. Medición a 10 m de los 5 equipos emisores, 2 Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link y adaptador – Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Quito..... | 104 |
| Figura 93. Medición a 15 m de los 5 equipos emisores, 2 Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link y adaptador – Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Quito..... | 104 |
| Figura 94. Medición a 20 m de los 5 equipos emisores, 2 Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link y adaptador – Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Quito..... | 105 |
| Figura 95. Ocupación del Canal en la banda WiFi – equipos apagados – Hogar Sur – Guajalo - Quito | 106 |
| Figura 96. Ocupación del Canal en la banda WiFi – 5 equipos – Hogar Sur – Guajalo - Quito – Software WiFi Analyzer | 106 |
| Figura 97. Medición del espectro de señal con 5 equipos – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Sur – Guajalo – Quito. | 107 |
| Figura 98. Medición 1 equipo Tp-Link - Hogar Sur – Guajalo - Quito..... | 109 |

| | |
|---|-----|
| Figura 99. Medición a 5 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Tp-Link - Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Guajalo - Quito. | 109 |
| Figura 100. Medición a 10 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Tp - Link Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Guajalo- Quito..... | 110 |
| Figura 101. Medición a 15 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Tp-Link - Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Guajalo - Quito | 110 |
| Figura 102. Medición a 20 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Tp-Link Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Guajalo - Quito | 111 |
| Figura 103. Ocupación del Canal en la banda WiFi – 1 equipo – Hogar Sur - Software WiFi Analyzer. | 112 |
| Figura 104. Medición del espectro de señal con 1 equipo – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Sur – Guajalo – Quito. | 112 |
| Figura 105. Hogar Norte – Atucucho – Quito | 113 |
| Figura 106. Vista hacia los exteriores desde el hogar norte – Atucucho- Quito..... | 113 |
| Figura 107. Medición del espectro de señal con equipos apagados – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Norte – Quito. | 114 |
| Figura 108. Medición con 5 equipos – Hogar Norte- Quito..... | 116 |
| Figura 109. Medición a 5 m de los 5 equipos emisores Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito | 116 |
| Figura 110. Medición a 10 m de los 5 equipos emisores Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito | 117 |
| Figura 111. Medición a 15 m de los 5 equipos emisores Modem Inalámbrico – Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito..... | 117 |
| Figura 112. Medición a 20 m de los 5 equipos emisores Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito | 118 |
| Figura 113. Medición del espectro de señal con 5 equipos – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Norte – Atucucho – Quito.... | 119 |
| Figura 114. Ocupación del Canal en la banda WiFi – 5 equipos – Hogar Norte..... | 119 |
| Figura 115. Medición Equipo para medición sala – Hogar Norte -Quito..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| Figura 116. Medición a 5 m del equipo emisor Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito..... | 121 |
| Figura 117. Medición a 10 m del equipo emisor Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito | 122 |
| Figura 118. Medición a 15 m del equipo emisor Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito | 122 |
| Figura 119. Medición a 20 m del equipo emisor Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito | 123 |
| Figura 120. Ocupación del Canal en la banda WiFi – 1 equipos – Hogar Norte..... | 124 |
| Figura 121. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 1 equipos – Hogar Norte..... | 124 |
| Figura 122. Comparación emisiones RNI a diferentes distancias ----- Laboratorio Arcotel | 126 |
| Figura 123. Comparación porcentual entre el valor máximo medido y el valor límite establecido por la recomendación K.52. | 126 |
| Figura 124. Comparación sitios de mayor concentración de redes..... | 128 |
| Figura 125. Comparación mediciones Hogar Sur..... | 129 |
| Figura 126. Comparación mediciones Hogar Norte. | 130 |
| Figura 127. Comparación de mediciones entre el Hogar Norte y Sur. | 130 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. División bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico. | 8 |
| Tabla 2. Límites Máximos de Exposición por estación radioeléctrica fija. | 9 |
| Tabla 3. Restricciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta 10 GHz. | 10 |
| Tabla 4. Valores de Sar. | 13 |
| Tabla 5. Lugares de Medición. | 36 |
| Tabla 6. Formulario para estudio técnico de Emisiones RNI de equipos WiFi. | 39 |
| Tabla 7. Formulario 2 para estudio técnico de Emisiones RNI de ondas WiFi en sitios de mayor concentración. | 40 |
| Tabla 8. Características de Antenas disponibles para Narda SRM-3600. | 46 |
| Tabla 9. Descripción de partes de NARDA SRM-3600. | 47 |
| Tabla 10. Características técnicas Modem Hg532. | 53 |
| Tabla 11. Especificaciones Técnicas. | 54 |
| Tabla 12 Características Adaptador WiFi. | 55 |
| Tabla 13. Formulario de mediciones de RNI – Equipo Hg532s - San Juan de Calderón - Quito. | 60 |
| Tabla 14. Formulario de mediciones de RNI – 2 Equipos (Hg532s y Tp-link) - San Juan de Calderón. | 66 |
| Tabla 15. Formulario de mediciones RNI – 3 Equipos (Hg532s, Tp-link, Adaptador) - San Juan de Calderón. | 72 |
| Tabla 16. Formulario de mediciones RNI – 4 Equipos (2 Hg532s, Tp-link y adaptador SL350N) - San Juan de Calderón- Quito. | 78 |
| Tabla 17. Formulario de mediciones RNI – Universidad de las Américas. | 85 |
| Tabla 18. Formulario de mediciones RNI – Quicentro Sur. | 90 |
| Tabla 19. Formulario de mediciones RNI – Centro Comercial Iñaquito. | 95 |
| Tabla 20. Formulario de mediciones RNI – 4 Equipos - Hogar Sur - Guajalo- Quito. | 102 |
| Tabla 21. Mediciones Laboratorio-ARCOTEL. | 125 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 22. Valores promedios máximos de emisión en lugares con alta concentración de redes. | 127 |
| Tabla 23. Valores promedio de emisiones no ionizantes en los ambientes de medición RNI. | 132 |
| Tabla 24. Piso de ruido medido Laboratorio Arcotel con diferente número de equipos. | 133 |
| Tabla 25. Pisos de ruido medido en los lugares de mayor concentración de señales WiFi. | 133 |
| Tabla 26. Piso de ruido medido Hogar Sur. | 134 |
| Tabla 27. Piso de ruido medido Hogar Norte. | 134 |

INTRODUCCIÓN.

Las redes de telecomunicaciones han ido evolucionando significativamente a lo largo del último siglo, tecnologías como WiFi se han convertido en una de las herramientas principales para las personas, sobre todo porque permite la movilidad sin importar el lugar y la hora.

Temas relacionados con la afectación de las emisiones no ionizantes en la salud humana, han sido tratados mediante artículos posteados en redes sociales, blogs y videos, buscando alarmar a la población, sin embargo, ninguno de ellos nombra las investigaciones realizadas por los Organismos de control Nacionales e Internacionales, por lo que a través de este proyecto de titulación se expondrán las diferentes teorías.

El paulatino avance de la tecnología ha significado para muchas empresas acoplarse a las nuevas tecnologías y por ende a las nuevas formas de dar a sus clientes un servicio de calidad. Este tipo de cambio tecnológico hace que cada vez más personas se sientan inseguras con las emisiones electromagnéticas generadas por equipos terminales para fines de este proyecto con equipos que trabajan en la banda WiFi (2401 MHz-2473 MHz), es por ello que se hace necesario tener un documento en el que conste un análisis técnico y los fundamentos que determinen cuales son los efectos de las radiaciones emitidas por equipos terminales que usan tecnología Wifi en la ciudad de Quito. Al no tener estadísticas de las emisiones electromagnéticas emitidas por dispositivos que trabajan en la banda de 2.4 GHz (WiFi) se genera este proyecto de titulación cuya finalidad es realizar mediciones de emisión electromagnética en dispositivos WiFi para así llegar a establecer si cumplen o no con las recomendaciones de la UIT y para el caso del Ecuador con el "Reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico".

1. CAPÍTULO I. Marco Teórico.

1.1 Campo electromagnético.

Los campos Electromagnéticos son una combinación de ondas eléctricas y magnéticas las cuales se propagan a la velocidad de la luz ($3 * 10^8 m/s$) tal y como se muestra en la figura 1, donde se puede apreciar como el campo eléctrico y magnético contribuyen entre sí para formar el campo electromagnético. Entre mayor sea la frecuencia mayor será la energía transportada por la onda, (Fustel, Vásquez Garcias, & Onaindia Olalde, Noviembre 2011).

Sin saber los Campos Electromagnéticos han estado siempre presentes en la naturaleza y todos los seres humanos estamos expuesto a estos campos sin notarlo. Existen tres formas de generación de los campos electromagnéticos los cuales se describen a continuación:

- Campos electromagnéticos estáticos: dentro de los cuales se encuentran el campo magnético terrestre y los eléctricos que se origina por la fricción.
- Campos electromagnéticos inductivos: conformados por los campos generados por los transformadores, motores entre otros.
- Campos electromagnéticos radiados: conformados por todos los sistemas de telecomunicaciones: celulares, WiFi, televisión, etc.

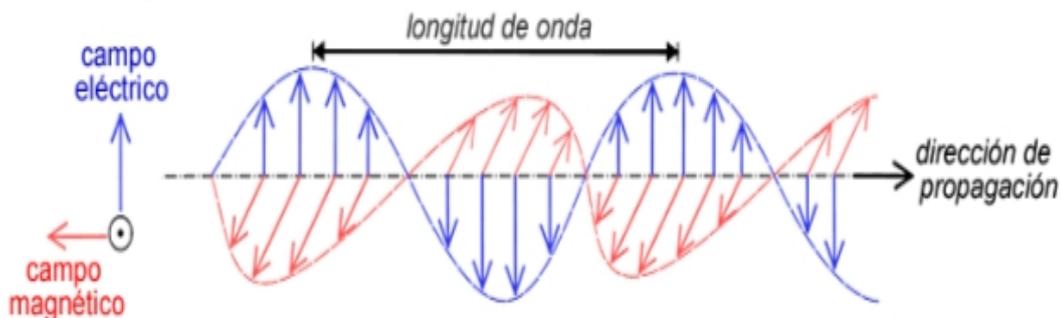


Figura 1. Campo electromagnético
Tomado de (Radiansa, sf).

1.1.1 Campo Eléctrico.

Se define como campo eléctrico la fuerza eléctrica que se ejerce por unidad de carga y que está definida por la ley de Coulomb.

La ley de Coulomb señala que la fuerza F (newton, N) con que dos cargas eléctricas Q y q (culombio, C) se atraen o repelen es proporcional al producto de las mismas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r (metro, m) que las separa.

Fórmula:

$$F = K \frac{Qq}{r^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

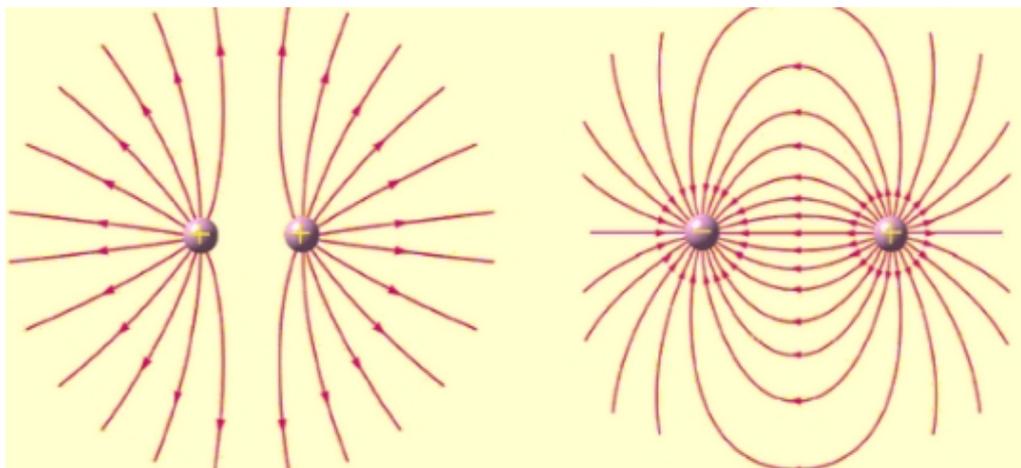
Dónde:

F : es la fuerza eléctrica de atracción o repulsión medida en Newton (N).

Q y q : son los valores de las dos cargas puntuales medidos en Culombios (C).

r : es el valor de la distancia que las separa en metros (m).

K : es una constante que depende del medio en el que se encuentren las cargas con un valor igual a $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.



*Figura 2. Líneas Campo Eléctrico.
Tomado de (Erenovable, 2014)*

1.1.2 Campo Magnético

El magnetismo es una de las características del electromagnetismo y forma parte de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Las fuerzas magnéticas se producen debido al movimiento de partículas cargadas, como por ejemplo electrones.

La definición más conocida sobre el magnetismo dice que es la “fuerza de atracción o repulsión que actúa entre los materiales magnéticos tales como el hierro, la magnetita, etc.” Sin embargo, se podría decir que todo elemento tiene efectos ligeros del magnetismo. Los campos magnéticos se producen por corrientes eléctricas, que pueden ser macroscópicas o microscópicas.

En el Sistema Internacional de Medidas se especifica que tesla (T) es la unidad de medida para campo magnético. Un tesla se define como el campo magnético que ejerce una fuerza de 1 N (newton) sobre una carga de 1 C (culombio) que se mueve a velocidad de 1 m/s dentro del campo y perpendicularmente a las líneas de campo.

Fórmula.

$$F = q \times B \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

F: es la fuerza magnética,

V: es la velocidad y

B: el campo magnético, también llamado inducción magnética y densidad de flujo magnético.

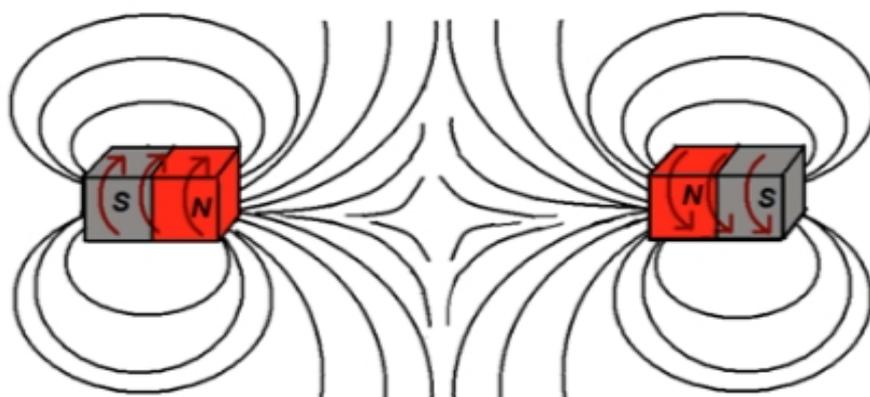


Figura 3. Campo Magnético

Tomado de (Textos Científicos, 2015)

1.2 Espectro Electromagnético.

Es el conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz y las cuales van desde las ondas de mayor longitud hasta las de menor longitud. (EcuRed, 2016)

Estas ondas electromagnéticas están compuestas por los rayos gamma, rayos x, emisión ultravioleta, luz visible, emisión infrarroja y ondas radioeléctricas tal y como se muestra en la figura 4. (GreenFacts).

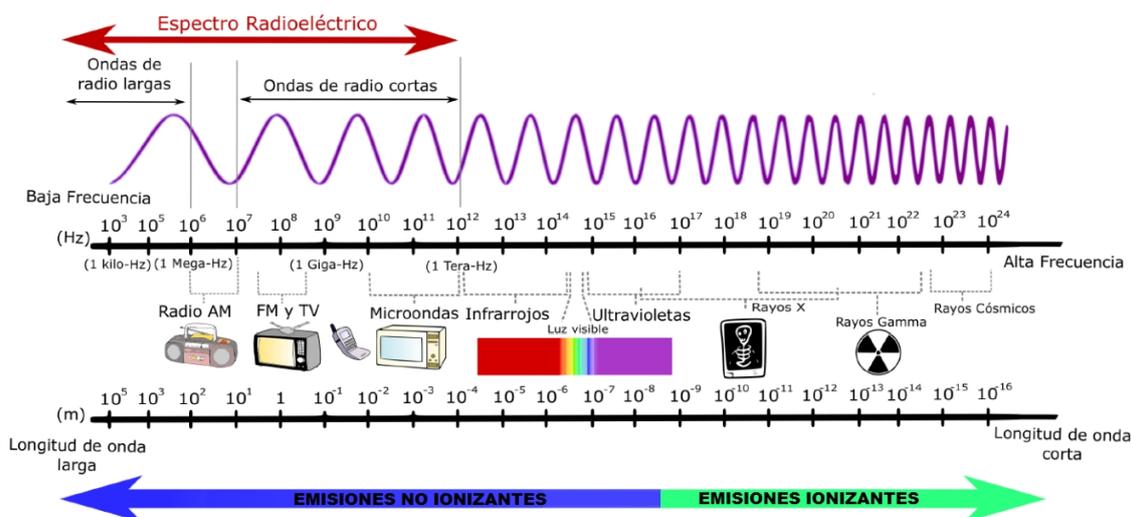


Figura 4. Espectro Electromagnético

Adaptado de (Esopouy, 2016)

1.3 Espectro Radioeléctrico.

La Ley Orgánica de telecomunicaciones del Ecuador en su artículo número 6 (2015) define al espectro radioeléctrico como:

“Conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, entre otros. Su utilización responderá a los principios y disposiciones constitucionales.”

1.4 Emisiones Electromagnéticas.

Las emisiones electromagnéticas son un proceso en cual se transmite energía a través de ondas ya sea en un medio material o en el vacío, también se puede decir que es la combinación entre los campos eléctrico y magnético encargados de transportar energía de un punto a otro.

1.4.1 Emisiones Ionizantes.

Las emisiones ionizantes son aquellas cuya característica es que son capaces de separar electrones de los átomos y moléculas provocando que estos se conviertan en “radioactivos”.

Las emisiones ionizantes son consideradas peligrosas por lo que se hace necesario se establezcan medidas de protección para aquellas personas expuestas a este tipo de emisiones. (Gonzáles Springberg & Rabin Lema, 2011)

1.4.2 Emisiones no ionizantes.

Emisión no Ionizante *“Se entenderá como la emisión generada por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico que no es capaz de impartir directamente energía a una molécula o incluso a un átomo, de modo que pueda remover electrones o romper enlaces químicos.” (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015, art.6)*

Este tipo de ondas electromagnéticas tienen frecuencias que se extienden desde 0 Hz hasta aproximadamente $3 \times 10^1 H$, frecuencia en la cual la energía del fotón iguala a $2 \times 10^{-1} J$ ó $12.4 e$ y se hace comparable a la energía de enlace de los electrones con los átomos, por lo que antes de esa frecuencia, las ondas electromagnéticas no tienen la suficiente energía como para romper los enlaces atómicos. (telecomunicaciones)

1.5 Aplicaciones del espectro radioeléctrico.

Según lo indicado en el folleto de la Comisión de Estudio del UIT-R (2010) las radiocomunicaciones se han hecho indispensables para aquellos servicios públicos considerados como esenciales, tales como los sistemas de navegación por satélite, transporte inteligente, el sistema mundial de

determinación de posición, el control medioambiental (cambio climático), sistemas de radiocomunicaciones de emergencia, radioaficionados, internet de las cosas e incluso la investigación en el espacio lejano. Para las bandas de frecuencias de ondas métricas y dosimétricas, la intensidad de campo eléctrico “*se toma en cuenta los efectos del terreno en los alrededores del transmisor, del receptor y la naturaleza refractiva de la atmósfera, considerando los obstáculos locales que rodean al receptor.*”

Este tipo de ondas es utilizado para servicios de radiodifusión, móvil terrestre, móvil marítimo y algunos servicios fijos (por ejemplo, los que utilizan los sistemas punto a multipunto), servicios móviles y de radiodifusión, especialmente en la gama 1 GHz a 3 GHz.

Tabla 1.

División bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico.

| Número de la banda | Denominación | Gama de frecuencias | Longitud de onda | Aplicaciones |
|--------------------|--------------|---------------------|------------------|---|
| 3 | ULF | 300-3000Hz | 1000-100km | |
| 4 | VLF | 3-30kHz | 100-10km | Enlaces de radio a gran distancia |
| 5 | LF | 30-300kHz | 10-1km | Navegación área y marítima. |
| 6 | MF | 300-3000kHz | 1km | Radiodifusión |
| 7 | HF | 3-30 MHz | 100-10m | Comunicaciones de todo tipo a media y larga distancia |
| 8 | VHF | 30-300MHz | 10-1m | Enlaces a corta distancia, televisión, frecuencia modulada. |
| 9 | UHF | 300-3000MHz | 1m-100mm | Enlaces de radio, WiFi |
| 10 | SHF | 3-30GHz | 100-10mm | Radar, enlaces de radio. |
| 11 | EHF | 30-300GHz | 10-1mm | |
| 12 | | 300-3000 GHz | <1mm | |

Tomado de (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2000)

1.6 Dosimetría.

La dosimetría es uno de los elementos más importantes, puesto que define el nivel de dosis que puede recibir un agente, producto o para este estudio una

persona en un tiempo determinado. Con los Campos Electromagnéticos no es tan simple saber la dosis, ya que esta se describe como la interacción entre el campo eléctrico y magnético.

1.6.1 Tasa de Absorción Específica (SAR)

El SAR es la cantidad de energía de emisiones producidas por la radiofrecuencia (RF) y que es absorbida por los tejidos del cuerpo humano, al ocupar dispositivos que trabajan en frecuencia correspondientes al espectro radioeléctrico, tales como teléfonos móviles, ruteadores, módems, equipos para WiFi, etc. Sus unidades son vatios por kilogramo (W/kg), es decir, cantidad de vatios de energía que absorbe el cuerpo humano por cada kilogramo de masa corporal.

Tabla 2.

Límites Máximos de Exposición por estación radioeléctrica fija.

| Tipo de exposición | Rango de Frecuencias | Intensidad de campo eléctrico. E(V/m) | Intensidad de campo magnético. H(A/m) | Densidad de potencia de onda plana equivalente, S(W/m ²) |
|--------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Ocupacional | 3-65 kHz | 610 | 24,4 | - |
| | 0,065-1MHz | 610 | 1,6/f | - |
| | 1-10 MHz | 610/f | 1,6/f | - |
| | 10-400 MHz | 61 | 0,16 | 10 |
| | 400-2000MHz | $3 f^{1/2}$ | $0,008f^{1/2}$ | f/40 |
| | 2-300 GHz | 137 | 0,36 | 50 |
| Poblacional | 3-150 kHz | 87 | 5 | - |
| | 0,15-1 MHz | 87 | 0,73/f | - |
| | 1-10 MHz | $87/ f^{1/2}$ | 0,73 /f | - |
| | 10-400 MHz | 28 | 0,073 | 2 |
| | 400-2000MHz | $1,375f^{1/2}$ | $0,0037f^{1/2}$ | f/200 |
| | 2-300 GHz | 61 | 0,16 | 10 |

Tomado de (ARCOTEL, 2005)

Tabla 3.

Restricciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta 10 GHz.

| Características de la exposición | Rango de Frecuencias | Densidad de Corriente para cabeza y tronco (m)(RMS) | SAR promedio en todo el cuerpo | SAR localizado cabeza y tronco | SAR localizado (extremidades) |
|---|----------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Exposición Ocupacional | hasta 1Hz | 40 | - | - | - |
| | 1-4 Hz | 40/f | - | - | - |
| | 4 Hz-1 kHz | 10 | - | - | - |
| | 1-100 kHz | F/100 | - | - | - |
| | 100 kHz-10MHz | F/100 | 0,4 | 10 | 20 |
| | 10 MHz-10 GHz | - | 0,4 | 10 | 20 |
| Exposición al público en general | hasta 1Hz | 8 | - | - | - |
| | 1-4 Hz | 8/f | - | - | - |
| | 4 Hz-1 kHz | 2 | - | - | - |
| | 1-100 kHz | F/500 | - | - | - |
| | 100 kHz-10MHz | F/500 | 0,08 | 2 | 4 |
| | 10 MHz-10 GHz | - | 0,08 | 2 | 4 |

Tomado de (ICNIRP, 2010)

Nota. f es la frecuencia.

1.6.2 Cálculo del SAR.

El valor de SAR dependerá de: la forma de la parte del cuerpo expuesta al campo, ubicación de la misma y la geometría de la fuente de radiofrecuencia. La tasa SAR puede calcularse a partir del campo eléctrico medido dentro del tejido, y responde a la siguiente ecuación:

Formula:

$$S. = \sigma \frac{|E|^2}{\rho} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

ρ : es la densidad de masa (kg/m³),

σ : es la conductividad efectiva del tejido (S/m)

E: es la magnitud del campo eléctrico (V/m).

SAR está expresada en unidades de vatios por kilogramo (W/kg). La intensidad de campo eléctrico en el espacio libre a una distancia de una antena transmisora, está dada por:

Formulario:

$$E[V/m] = \frac{\sqrt{3 G_t P_t}}{d} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

D: es la distancia entre el punto donde medimos y la antena transmisora,

G_t : es la ganancia de la antena transmisora respecto a una antena isotrópica,

P_t : es la potencia radiada de la antena transmisora.

Sobre los tejidos biológicos, la SAR es proporcional al cuadrado de la intensidad del campo eléctrico y está dada por la siguiente ecuación:

Formulario:

$$S = (E_L)^2 \frac{\sigma}{\rho} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde

E_L : es el valor RMS del campo eléctrico en el organismo en el punto de interés expresado en V/m,

σ : es la conductividad efectiva en Siemens/m

ρ : es la densidad de la masa local en kg/m³.

1.6.3 Efectos Térmicos.

Cuanta más intensidad de corriente existe, mayor es el aumento de temperatura y por lo tanto el efecto térmico. La corriente eléctrica calienta el tejido, dando el calentamiento en función de:

- La resistencia específica del tejido.
- La intensidad de la corriente
- El tiempo de acción de la energía eléctrica.

Los efectos térmicos se producen a menos de 1 W/Kg, sin embargo, no se ha determinado los efectos que tienen a ciertos umbrales de temperatura. Los niveles bajos de emisiones suelen provocar incrementos pequeños de temperatura en la parte expuesta a dicha emisión; pero este aumento es nivelado por los centros termorreguladores que conforman el cuerpo humano, todo esto sucede sin que el individuo lo note tal y como se muestra en la figura 5, donde se puede observar que el sistema nervioso central es el que absorbe mayor cantidad de calor en comparación con el resto del cuerpo humano.



*Figura 5. Mapa Termográfico sobre el cuerpo humano
Tomado de (Febles, 2015)*

1.6.3.1 Valores de SAR característicos de equipos WiFi.

Tabla 4.
Valores de Sar.

| Nombre Equipo | Frecuencia (MHz) | Sar (W/kg) |
|--------------------------------|------------------|------------|
| Modelo A1395 IPAD MAC | 2400 | 0.69 |
| Laptop | 2400 | 0.50 |
| Teléfono Inalámbrico Panasonic | 2400 | 0.10 |
| Monitor Bebe | 2400 | 0.07 |
| Access Point | 2400 | 0.50 |

Tomado de (Service, 2015)

1.7 Equipos de medición para emisión electromagnética.

Los equipos de medición para emisiones electromagnéticas son aquellos que se encargan de medir la cantidad de emisión electromagnética generada por equipos en este caso por dispositivos que trabajan en la frecuencia de 2.4 GHz, este tipo de mediciones involucran ciertos parámetros definidos por el reglamento de Radiaciones no Ionizantes del Ecuador, y los cuales se describen a continuación:

Área controlada: Es el área o lugar en el que la exposición a las emisiones de RNI por uso de frecuencias de Espectro Radioeléctrico podrán exceder los límites de exposición poblacional.

Densidad de potencia: Potencia por unidad de superficie normal a la dirección de propagación de la onda electromagnética, en Watts por metro cuadrado (W/m^2). Para una onda plana la densidad de potencia está relacionada con el campo eléctrico, el campo magnético y la impedancia del espacio libre, de acuerdo a la siguiente ecuación:

Fórmula:

$$S = \frac{E^2}{Z} = H^2 Z \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

S: densidad de potencia (W/m^2).

E: campo eléctrico (V/m)

H: Campo Magnético(A/m)

Za: Impedancia del espacio libre (377 ohm)

Dispositivos personales de baja potencia: Se refiere a todo dispositivo radiante utilizado en proximidad inmediata al cuerpo humano.

Exposición ocupacional: Se aplica a situaciones en las que las personas que están expuestas como consecuencia de su trabajo han sido advertidas del potencial de exposición a emisiones RNI y pueden ejercer control sobre la misma. La exposición ocupacional también se aplica cuando la exposición es de naturaleza transitoria, resultado del paso ocasional por un lugar en el que los límites de exposición puedan ser superiores a los límites establecidos, para la población en general, ya que la persona expuesta ha sido advertida del potencial de exposición y puede controlar ésta, abandonando la zona adoptando las debidas seguridades.

Exposición poblacional: Se define como la exposición poblacional a los niveles de emisiones de emisión no ionizantes que se aplican a la población o público en general cuando las personas expuestas no puedan ejercer control sobre dicha exposición.

Emisión: Es la emisión producida por una única fuente de radiofrecuencia de una estación radioeléctrica fija.

Fuente radiante: Cualquier antena o arreglo de antenas transmisoras.

Inmisión: Es la emisión resultante del aporte de varias fuentes radioeléctricas fijas cuyos campos electromagnéticos estén presentes en un punto.

Intensidad de campo eléctrico: Fuerza por unidad de carga que experimenta una partícula cargada dentro de un campo eléctrico expresada en (V/m).

Intensidad de campo magnético: Magnitud vectorial axial que, junto con la inducción magnética, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio expresada en (A/m).

Límites máximos de exposición: Valores máximos de las intensidades de campo eléctrico y magnético, o la densidad de potencia asociada con estos campos, a los cuales una persona puede estar expuesta.

Medidor de banda ancha: Instrumento isotrópico para medir campos electromagnéticos, el cual ofrece una lectura de la variable electromagnética considerando el efecto combinado de todas las componentes de frecuencia que se encuentran dentro de su ancho de banda especificado.

Medidor de banda angosta: Instrumento selectivo en frecuencia o sintonizable, el cual permite conocer la magnitud de la variable electromagnética medida (intensidad de campo eléctrico, magnético o densidad de potencia), debida a una componente de frecuencia, o a una banda muy estrecha de frecuencias.

Nivel de emisión: Valor promedio de la intensidad de campo eléctrico o magnético en la zona de acceso a una estación radioeléctrica fija, la cual opera a una frecuencia específica.

Nivel de exposición porcentual: Valor ponderado de campo eléctrico o magnético, producto del aporte de energía de múltiples fuentes de radiofrecuencia, en cada una de las posibles zonas de acceso. Este valor es obtenido directamente con un medidor de banda ancha que disponga de la función para hacer la ponderación del campo electromagnético medido según los límites de exposición para los cuales el instrumento esté calibrado.

Sonda isotrópica: Sonda empleada en medición de niveles de intensidad de campo, la cual tiene un patrón de emisión que es fundamentalmente constante en todas las direcciones con una respuesta en frecuencia de banda ancha.

Zona de acceso: Lugar por donde se accede a una estación fija radiante.

Zona ocupacional: Lugar donde el campo electromagnético sobrepasa los límites de exposición poblacional.

Zona de Rebasamiento: Lugar donde el campo electromagnético sobrepasa los límites de exposición ocupacional, y por tanto debe restringirse el acceso a los operarios y al público en general.

1.7.1 Características de las sondas utilizadas

Para las mediciones de emisiones electromagnéticas se utilizan equipos medidores provisionados de sondas isotrópicas (3 ejes). Estas sondas isotrópicas son consideradas como antenas con la diferencia que una sonda debe estar diseñada de tal forma que no interfiera con los campos electromagnéticos evitando reflexiones o acoplamientos indeseados, es por ello que cuentan con sensores que permiten obtener mediciones precisas y fiables.

Al utilizar una sonda isotrópica la medición se facilita puesto el valor del campo eléctrico medido será tomado con un solo sensor dado que él mismo está compuesto por tres ejes ortogonales (dipolos) que permiten realizar una medición espacial.

Existen dos tipos de sensores:

- Sensores con termo acopladores. Estos sensores son ideales para niveles grandes de exposición electromagnética, es importante mencionar que son dispositivos sensibles a la temperatura, por lo que es

recomendable tomar en cuenta las variaciones de temperatura en los lugares de las mediciones y calibrar bien el equipo.

- Sensores con diodos. Se caracterizan por obtener los niveles de campo electromagnético mediante la rectificación de las señales de alta frecuencia. Son más sensibles por lo que pueden saturarse si detectan grandes niveles de emisiones electromagnéticas, estos sensores pueden ser tanto eléctricos como magnéticos, algunos incluso pueden presentar el valor de la densidad de potencia a través de los campos medidos.

Como podemos apreciar en la Figura 6. Existen varios equipos que permitirán realizar las mediciones del campo electromagnético. Los equipos miden tanto el componente magnético (nanotesla) como el componente eléctrico (voltios por metro) de los campos electromagnéticos de baja frecuencia.



Figura 6. Equipos de medición para campo eléctrico y magnético.

Tomado de (Narda-STTS, sf)

En el mercado existen varias marcas de equipos de medición tales como: Narda, Spert científico, PCE-170, PCE-172, Spectran entre otros.

1.7.2 Características de los Equipos para mediciones de RNI

- **SRM-3600 Medidor Selectivo de Emisión (Selective Radiation Meter).**

Este equipo es un medidor de emisión selectiva es decir se selecciona un rango definido de frecuencia en el que interesa determinar los niveles de emisión y trabaja dentro de un rango de frecuencia de 9KHz a 6GHz. Este equipo emplea una combinación analógica digital y procesamiento de señales. Además, cuenta con un GPS diferencial (DGPS) interno que ofrece una mayor precisión de posicionamiento.



Figura 7. Medidor de Emisión Selectiva Narda SRM-360.

Tomado de (Narda-STS , sf)

El equipo posee una antena triaxial que permite mediciones isotrópicas rápida y simple con una determinación automática de las tres componentes espaciales del campo medido, su rango de frecuencia de trabajo es de 27 MHz a 3GHz.

- **Analizador de espectros.**

El analizador de espectros es una herramienta capaz de representar las componentes espectrales de una determinada señal a partir de su transformada de Fourier.

Esta representación en el dominio de la frecuencia permite visualizar parámetros de la señal que difícilmente podrían ser descubiertos trabajando en el dominio del tiempo con ayuda de un osciloscopio.



*Figura 8. Analizador de espectros
Tomado de (Directindustry, 2016)*

1.8 Mediciones.

En base a lo que indica el Reglamento de Radiaciones no Ionizantes en el artículo 10, se da a conocer el procedimiento a seguir para la medición de radiaciones no ionizantes:

- Previo a la medición se llevará a cabo el levantamiento visual del lugar, donde será la instalación de sistema o equipo irradiante, y se tomarán fotografías panorámicas que permitirán saber más del entorno.
- Las mediciones se deberán realizar en los puntos accesibles al público y donde sea prácticamente realizable.
- Para evitar los acoplamientos capacitivos, los puntos de medición deben estar a una distancia no menor a 20 cm de cualquier objeto.

- Se deberá calcular el punto de frontera entre los campos cercano y lejano para fines de la medición.

“En el campo lejano el campo eléctrico E o el campo magnético H.

En el campo cercano el campo eléctrico E y el campo magnético H.”

Según el artículo 6. Del reglamento de radiaciones no ionizantes del Ecuador, *“para niveles de exposición simultanea por efecto de múltiples fuentes el cálculo de exposición porcentual, aun cuando los niveles de emisión de las distintas estaciones radioeléctricas fijas en una determinada zona de acceso, cumplan de manera individual con los límites señalados en la tabla 2, se debe verificar que el nivel de exposición porcentual para campo eléctrico o magnético sea menor a la unidad o menor al cien por ciento (100 %). El cumplimiento de los límites de exposición se evaluará utilizando las ecuaciones dadas en la Recomendación UIT-T K.52”* y detallas a continuación:

Frecuencias entre 100 kHz y 300GHz

- **Para campo eléctrico:**

$$\sum_{i=1}^{1M} k \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1M}^3 G \left(\frac{E_i}{E_{1,i}}\right)^2 \leq 1 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

E_i : Intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i (usando un medidor de banda angosta).

$E_{1,i}$: Es el límite de referencia de intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i de acuerdo a la tabla 2 de presente documento.

c: Es $610/f$ V/m (f en MHz) para exposición ocupacional y $87/f^{1/2}$ V/m para exposición poblacional.

- **Para campo magnético:**

$$\sum_{i=1}^{1M} k \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{i>1M}^3 G \left(\frac{H_j}{H_{1,j}}\right)^2 \leq 1 \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde:

H_j : Es la intensidad de campo magnético a la frecuencia j (usando un medidor de banda angosta).

$H_{1,j}$: Es el límite de referencia de intensidad de campo magnético a la frecuencia j de acuerdo a la tabla 2 de presente documento.

d: Es $1.6/f$ A/m (f en MHz) para la exposición ocupacional y $0.73/f$ para la exposición poblacional.

“En caso de que un concesionario requiera la instalación y operación de estaciones radioeléctricas fijas o emplazar sus antenas transmisoras sobre una misma infraestructura de soporte, dentro o en las cercanías de una zona de acceso, estará condicionada a que el nivel de exposición porcentual en dicha zona, sea menor o igual a la unidad y que los Límites Máximos de Exposición por estación radioeléctrica fija cumplan con los límites” (ARCOTEL, 2005) dados en la tabla 2.

1.9 Organismos de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

Estos organismos son los encargados de vigilar, controlar y establecer normas y reglamentos que permitan y que garanticen calidad en los servicios de telecomunicaciones sin afectar a la población.

1.9.1 Organismos Internacionales.

1.9.1.1 Organización Mundial de la Salud (OMS)

La organización Mundial de la Salud (OMS) es la entidad encargada de dirigir y coordinar la acción sanitaria en el sistema de las naciones unidas, entre sus principales funciones está el planificar las investigaciones en salud, prestar apoyo técnico a los países, establecer normas y políticas que mitiguen las tendencias sanitarias.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) mantiene el Proyecto Internacional CEM “Internacional EMF PROYECT” ubicado en la Sede de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en Ginebra (Suiza), ya que es la única Organización de las Naciones Unidas que tiene un mandato claro de investigar los efectos perjudiciales para la salud de la exposición de las personas a radiaciones no ionizantes.

La organización mundial de la salud indica en su página web los resultados arrojados de este proyecto sobre las estaciones base y las tecnologías inalámbricas incluido WiFi.

Recomendaciones

“Los niveles de exposición a RF de las estaciones de base y las redes inalámbricas son tan bajos que los aumentos de temperatura son insignificantes y no afectan a la salud de las personas. La potencia de los campos de RF alcanza su grado máximo en el origen y disminuye rápidamente con la distancia. Una serie de estudios recientes ha puesto de manifiesto que la exposición a RF de las estaciones de base y tecnologías inalámbricas en lugares de acceso público (incluidos hospitales y escuelas) suele ser miles de veces inferior a los límites establecidos por las normas internacionales.”

“Aunque la mayoría de las tecnologías de radio utilizaban señales analógicas, las telecomunicaciones inalámbricas modernas usan señales digitales. Los detallados estudios realizados hasta el momento no han revelado ningún peligro específico derivado de las diferentes modulaciones de RF.

En esos estudios no se han encontrado pruebas de que la exposición a RF de los transmisores aumente el riesgo de cáncer. Del mismo modo, los estudios a largo plazo en animales tampoco han detectado un aumento del riesgo de cáncer por exposición a campos de RF, incluso en niveles muy superiores a los que producen las estaciones de base y las redes inalámbricas.”

1.9.1.2 La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Organismo perteneciente a la Organización de Naciones Unidas (ONU) que se especializa en la regularización de las telecomunicaciones tanto a nivel internacional como entre las distintas administraciones y empresas operadora, tiene su sede en la ciudad de Ginebra, Suiza.

“La UIT es la organización intergubernamental más antigua del mundo desde 1865, fecha de la invención de los primeros sistemas telegráficos. Se creó para controlar la interconexión internacional de estos sistemas de telecomunicación pioneros (...)” (Peña, 2014)

La UIT como tal ha hecho posible el desarrollo de diversos sistemas tales como: teléfono, radio, comunicaciones por satélite, televisión, etc. “La organización se convirtió en un organismo especializado de la ONU en 1947.”

Dentro de las funciones del organismo de control UIT se encuentra lo siguiente: desarrollar estándares que faciliten la interconexión de las infraestructuras de comunicación nacionales con las internacionales formado una red global, y así potenciar el intercambio de la información mediante las diferencias tecnologías desarrolladas a lo largo de la era.

Integrar las nuevas tecnologías en la red de telecomunicaciones mundial, y así fomentar el desarrollo de nuevas aplicaciones tales como internet, correo, y servicios multimedia.

“Gestionar la repartición del espectro de frecuencias radioeléctricas y de las órbitas de los satélites, recursos naturales limitados utilizados por una amplia gama de equipos incluidos los teléfonos móviles, las radios y televisiones, los sistemas de comunicación por satélite, los sistemas de seguridad por navegación aérea y marítima, así como por los sistemas informáticos sin cable.” (UIT-R, 2010)

Recomendaciones

UIT-T K.52

Es un documento donde se da las recomendaciones para facilitar el cumplimiento por las instalaciones de telecomunicación y los límites de seguridad cuando existe exposición de las personas a campos electromagnéticos en el rango de frecuencia de 9 KHz a 300GHz.

Esta recomendación muestra un método de cálculo y procedimientos de evaluación de las instalaciones de telecomunicaciones indicando lo siguiente:

“Cuando se trata de una fuente segura que produce campos que cumplen los límites de exposición a pocos centímetros de la fuente, la EIRP (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) es menor a 2W y cuando las fuentes producen un CEM que sobrepasa los límites de exposición, y la zona de rebasamiento no es accesible a personas comunes, solo el personal como los empleados de mantenimiento podrá verse afectados.” (Telecomunicaciones U. I., 2000)

UIT-T K61

“Esta Recomendación ayuda a los operadores de telecomunicaciones a verificar el cumplimiento de las normas de exposición de las personas establecidas por las autoridades locales o nacionales. Esta Recomendación proporciona orientaciones sobre los métodos de medición que pueden utilizarse para realizar una evaluación de dicho cumplimiento. También proporciona directrices sobre la selección de métodos numéricos adecuados para predecir la exposición de las personas en varias situaciones”

UIT-T K70

En la Recomendación UIT-T K.70 se definen técnicas que los operadores de telecomunicaciones pueden utilizar para evaluar la relación de exposición acumulada (total) cerca de estaciones transmisoras e identificar la principal fuente de emisión. Contiene orientación sobre métodos de mitigación que permiten reducir el nivel de emisión para cumplir esos límites de exposición. También contiene orientación sobre procedimientos necesarios en el entorno (in situ) en el cual, en la mayoría de los casos, se produce una exposición simultánea a múltiples frecuencias de numerosas fuentes diferentes. Las fuentes de emisión pueden pertenecer a muchos operadores y representar servicios de radiocomunicaciones diferentes (por ejemplo, sistemas celulares, sistemas de radioenlaces, radiodifusión, elevadores radioeléctricos, acceso inalámbrico) (Recomendación UIT-T K70, 2007)

UIT-T K.83

La Recomendación UIT-T K.83 muestra las indicaciones sobre como efectuar las mediciones a largo plazo y poder controlar las emisiones de campos electromagnéticos en zonas consideradas de interés público, con la intención de exponer que estos campos están bajo control y dentro de los límites previstos.

El reglamento de RNI del Ecuador indica: “Que *la Unión Internacional de Telecomunicaciones expidió la Recomendación UIT-T K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de Exposición de las Personas a los campos electromagnéticos, para facilitar el cumplimiento por las instalaciones de telecomunicaciones de los límites de seguridad cuando existe exposición de las personas a campos electromagnéticos (CEM)*” recomendación en la que se basa el reglamento de radiaciones no ionizantes del Ecuador y explicadas a lo largo del marco teórico.

1.9.1.3 Comisión Internacional de Protección contra la Emisión No Ionizante (ICNIRP).

La ICNIRP es una delegación científica independiente fundada por la Asociación Internacional de Protección contra la Emisión (IRPA) para impulsar la protección contra las emisiones no ionizantes (RNI). Provee estudios científicos y recomendaciones sobre protección contra la exposición a RNI, elabora normas y límites internacionales de exposición a RNI.

La ICNIRP es la organización no gubernamental oficialmente reconocida por la OMS y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para asuntos relativos a RNI.

Recomendaciones

ICNIRP en las recomendaciones que da para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos dice que los estudios realizados a voluntarios realizados por Chatterjee y col. (1986) demostraron que, “*conforme la frecuencia aumenta de aproximadamente 100 kHz hasta 10 MHz, el efecto dominante de la exposición a un campo electromagnético de alta intensidad cambia del estímulo del nervio y del músculo a la calefacción.*”

La sensación de calor ha sido señalada por voluntarios que experimentaban una corriente de alta frecuencia de cerca de 100-200 mA a través de una extremidad. El valor del SAR resultante es poco probable que produzca un incremento localizado de la temperatura de más de 1 °C en las extremidades (Chatterjee y col. 1986; Chen y Gandhi 1988; Hoque y Gandhi 1988).

“La evidencia experimental disponible indica que la exposición a CEM de seres humanos en reposo por aproximadamente 30 minutos produciendo un SAR en todo el cuerpo entre de 1 y 4W/kg resulta en un aumento de la temperatura del cuerpo de menos de 1°C que no afectaría a la salud.”

1.9.2 Organismos Nacionales

1.9.2.1 MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN (MINTEL).

“El Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información fue creado mediante Decreto Ejecutivo N° 8, firmado por el Presidente de la República, Econ. Rafael Correa Delgado, el 13 de agosto de 2009.

A octubre del 2016 la Ministra de Telecomunicaciones es la Ingeniera Alexandra Álava Freire. La creación del Ministerio de Telecomunicaciones responde a la necesidad de coordinar acciones de apoyo y asesoría para garantizar el acceso igualitario a los servicios que tienen que ver con el área de telecomunicación, para de esta forma asegurar el avance hacia la Sociedad de la Información y así el buen vivir de la población ecuatoriana.” (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2016)

“Es facultad del Estado Central, a través del Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información y de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, en el ámbito de sus

respectivas competencias, el establecer las políticas, requisitos, normas y condiciones para el despliegue de infraestructura alámbrica e inalámbrica de telecomunicaciones a nivel nacional.” (Telecomunicaciones, 2010)

1.9.2.2 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES (MINTEL).

“La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) está adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

Es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes.” (ARCOTEL, 2016) Corresponde a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones:

Corresponde a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones cumplir con las siguientes competencias referidas al espectro electromagnético:

- “Emitir las regulaciones, normas técnicas, planes técnicos y demás actos que sean necesarios en el ejercicio de sus competencias, para que las provisiones de los servicios de telecomunicaciones cumplan con lo dispuesto en la Constitución de la República y los objetivos y principios previstos en esta Ley, de conformidad con las políticas que dicte el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.
- Elaborar, aprobar, modificar y actualizar el Plan Nacional de Frecuencias.
- Elaborar las propuestas de valoración económica para la asignación y uso, aprovechamiento y/o explotación del espectro radioeléctrico, tarifas

por uso de frecuencias y derechos por otorgamiento y renovación de títulos habilitantes.

- Ejercer el control técnico de los medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes, tales como los de audio y video por suscripción.
- Controlar y monitorear el uso del espectro radioeléctrico.
- Inspeccionar y fiscalizar la instalación, establecimiento y explotación de redes de telecomunicaciones y los sistemas de los medios de comunicación social que usen el espectro radioeléctrico, así como las redes de audio y vídeo por suscripción.”

Considerando que las emisiones de campos electromagnéticos (CEM) constituyen una de las exposiciones ambientales más comunes y que a su vez generan gran interés en la ciudadanía, se considera indispensable que los Organismos competentes proporcionen fuentes oficiales de información a través de un contacto directo con los interesados

“ARCOTEL garantiza el estricto cumplimiento de los niveles de exposición a radiaciones emitidas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico para servicios de telecomunicaciones, a través de mediciones con equipamiento especializado, personal técnico calificado y observando a cabalidad los procedimientos de medición recomendados a nivel internacional. Además, efectúa charlas dirigidas a la ciudadanía donde se proporciona información oficial respecto a este tema que es de interés público.” (ARCOTEL, 2016)

1.10 Estándar 802.11.

La normativa IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) es un estándar internacional que se encarga de definir las características de una red LAN inalámbrica que significa "Fidelidad inalámbrica", cuya abreviatura correcta es WiFi nombre certificado por la WiFi Alliance, la cual garantiza la compatibilidad entre aquellos dispositivos que utilizan el estándar 802.11.

Actualmente WiFi permite el uso de distintos y modernos dispositivos tales como laptops, computadores de escritorio, Tablet, celulares entre otros equipos de altas velocidades tanto de conexión como de procesamiento, en ambientes abiertos y cerrados con varios metros de distancia. El estándar IEEE 802, se centra en las dos capas inferiores del modelo OSI: capa física y capa de enlace de datos, tal y como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Capas del modelo OSI ocupadas por el estándar 802.11

Tomado de (Albertolsa, 2010)

En el estándar 802.11, la capa física se divide en dos subcapas: PMD y PLCP. La Subcapa PMD (Physical Medium Dependant) se encarga de la modulación y de la aplicación de técnicas del espectro ensanchado de la señal. La subcapa PLCP (Physical Layer Convergent Procedure) se encarga de las tramas que provienen de la capa MAC para su envío a través del medio radio, añadiéndoles un preámbulo y una cabecera.

1.11 Estándar 802.11.

Los estándares son desarrollados por organismos reconocidos internacionalmente, tal es el caso de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y la ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Una vez desarrollados se convierten en la base de los fabricantes para desarrollar sus productos.

A lo largo del tiempo, se desarrollaron varias implementaciones del estándar IEEE 802.11.

- 802.11: es la primera especificación lanzada al mercado en el año 1997, funcionaba en la banda 2,4 GHz con velocidades de hasta 2Mbps. Sin embargo, al lanzarse las LAN alámbricas cuya velocidad era de 10Mbps quedaron las redes inalámbricas rezagadas.
- IEEE 802.11a: especificación que funciona en la banda de 5GHz, con velocidades de hasta 54 Mbps, sin embargo, presenta desventajas como poseer una cobertura menor, no penetrar las estructuras de los edificios, además de que los dispositivos que funcionan con esta especificación no son compatibles con los estándares 802.11b y 802.11g.
- IEEE 802.11b: este estándar es puesto en el mercado en el año 1999, funciona en la banda de frecuencia de 2,4 GHz y ofrece velocidades de hasta 11 Mbps. Al ver las desventajas del estándar 802.11a, el estándar 802.11b es comercializado por tener mayor alcance y penetrar mejor las estructuras.
- IEEE 802.11g: lanzado en 2003, funciona en la banda de frecuencia de 2,4 GHz y ofrece velocidades de hasta 54 Mbps. Este estándar se caracteriza por funcionar en el mismo rango que 802.11b, con el ancho de banda de 802.11a sin embargo, la desventaja es que al admitir un usuario el ancho de banda se reduce.
- IEEE 802.11n: lanzado en 2009, funciona en las bandas de frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz, conocido como “dispositivo de doble banda”. Presenta velocidades que van desde 150 Mbps hasta 600 Mbps, con un alcance de hasta 70 m. Para lograr grandes velocidades, los Access Point y los dispositivos inalámbricos necesitan varias antenas con tecnología de múltiple entrada y múltiple salida (MIMO). Este estándar es compatible con los anteriores y cuando se adapta a un entorno mixto se reducen las velocidades de transmisión.

- IEEE 802.11ac: lanzado en 2013, funciona en la banda de frecuencia de 5 GHz y proporciona velocidades de datos que van desde 450 Mbps hasta 1,3 Gbps. Este estándar introduce directamente la tecnología MIMO para mejorar el rendimiento en las comunicaciones. Dicha tecnología ahora puede soportar hasta 8 antenas. Al igual que en el estándar anterior es compatible con el estándar a/b pero al aumentar los dispositivos conectados baja las velocidades de los datos.
- IEEE 802.11ad: conocido como “WiGig”, utiliza una solución de WiFi de triple banda con 2,4 GHz, 5 GHz y 60 GHz, y ofrece velocidades teóricas de hasta 7 Gbps. Se caracteriza por ser compatible con los estándares anteriores, si funciona en la banda de 60GHz no puede atravesar las estructuras por lo que automáticamente cambia de banda y al aumentar los dispositivos conectados la velocidad también se reduce.

1.12 Elementos de una red WiFi.

Según se define en el estándar 802.11 de acuerdo a IEEE una red WiFi está conformada por 2 componentes en su arquitectura uno de ellos la estación (STA) y el punto de acceso.

1.12.1 Estación (STA).

Es un dispositivo terminal Inalámbrico, cuya característica principal es que permite el acceso y utilizar los recursos dados por las redes inalámbricas que trabajan en 2.4 GHz, ejemplos: PDAs, laptops, teléfonos móviles, entre otro siempre que sean compatibles con el estándar 802.11 mostrado en la figura 10.



Figura 10. Terminal Inalámbrico
Tomado de (Solutec, 2016)

1.12.2 Punto de acceso (AP)

Un punto de acceso se encarga de conectar lógicamente a las estaciones con un sistema distribuido, también puede conectar lógicamente estaciones inalámbricas como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Punto de Acceso
Tomado de (Datateca, 2014)

1.13 Topologías de Red.

El estándar 802.11 define 2 tipos de topologías Ad-hoc e infraestructura.

1.13.1 Topología Ad-hoc.

AD HOC se refiere a algo improvisado, una red móvil ad hoc es una red formada sin ninguna administración central o no hay un nodo central, sino que consta de nodos móviles que usan una interface inalámbrica para enviar paquetes de datos. Los ordenadores están en igualdad de condiciones.

Los dispositivos descubren otros dispositivos cercanos o en el rango para formar una red. Los dispositivos pueden buscar nodos que están fuera del área de alcance conectándose con otros que estén conectados a la red y estén a su alcance. Las conexiones son posibles por múltiples nodos distribuidos tal y como se aprecia en la figura 12.

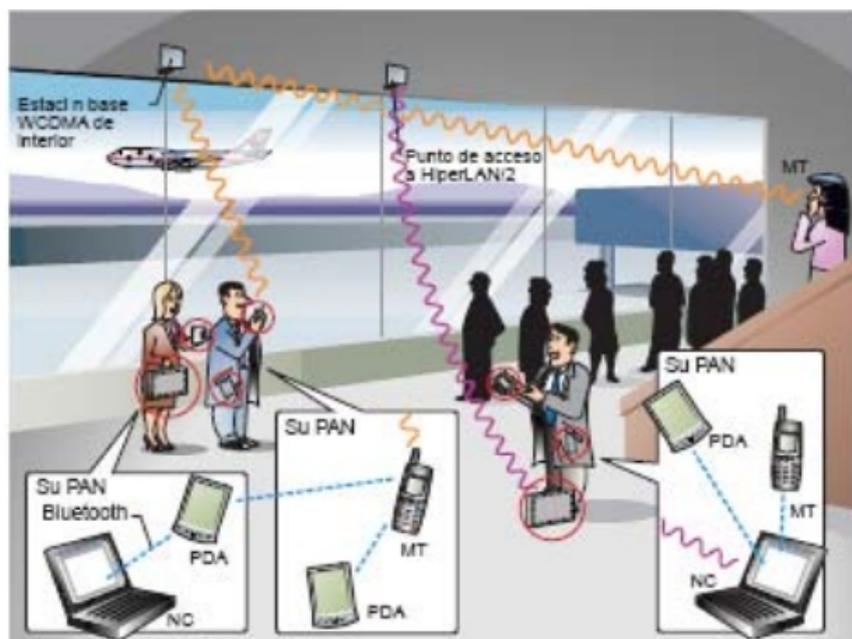


Figura 12. Topología Ad-hoc

Tomado de (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2016)

1.13.2 Topología Infraestructura.

Contrario al modo ad hoc donde no hay un elemento central, en el modo de infraestructura hay un elemento de “coordinación”: un punto de acceso o estación base como se aprecia en la figura 13.

Si el punto de acceso se conecta a una red Ethernet cableada, los clientes inalámbricos pueden acceder a la red fija a través del punto de acceso. Para interconectar muchos puntos de acceso y clientes inalámbricos, todos deben configurarse con el mismo SSID.

Para asegurar que se maximice la capacidad total de la red, no se deberá configurar el mismo canal en todos los puntos de acceso que se encuentren en la misma área física. Los clientes automáticamente descubrirán los canales gracias a sus equipos Wifi de manera que no se requiere que ellos conozcan de antemano el número de canal.

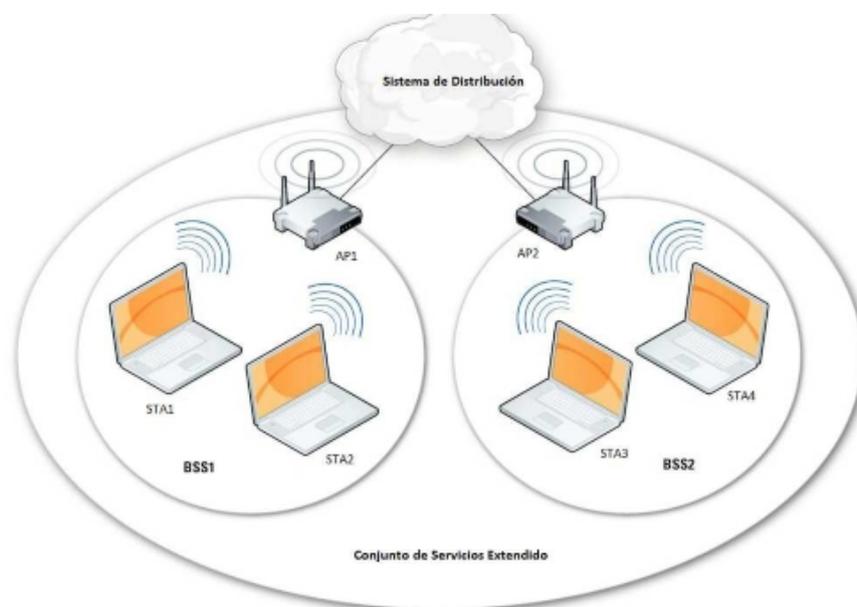


Figura 13. Topología Infraestructura

Tomado de ((Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2016)

2. CAPÍTULO II. Metodología para la toma de muestras.

Para la toma de muestras de las emisiones no ionizante en la frecuencia de 2.4GHz (WiFi), se establece un plan de medición que permitirá documentar el proceso de toma de muestras, a la vez se determina los equipos de medición a utilizar tales como el medidor de emisiones no ionizantes Narda SRM-3600 y un analizador de espectros ANRITSU MS2724B, finalmente se especifica el tipo de equipos que serán sometidos a mediciones de emisiones no ionizantes tales como: ruteadores, módems inalámbricos (Access Point), adaptadores de red, repetidores, etc.

2.1 Plan de medición de RNI

Dado que el objetivo principal de este proyecto es analizar las mediciones de emisión electromagnética en dispositivos WiFi y llegar a establecer si cumplen o no con las recomendaciones de la UIT, se establece un plan de medición, quedando los siguientes lugares:

Tabla 5.
Lugares de Medición.

| ítem | Sitio | Ubicación | Coordenadas. |
|------|--------------------------------|---|---|
| 1 | Laboratorio ARCOTEL | Quito – Calderón y San Juan de Calderón | Latitud: 0°02'32.48" S Longitud: 78°25'41.87" W - Altura: 2853 |
| 2 | Centro Comercial Iñaquito | Quito – Av. Amazonas y Naciones Unidas | Latitud: 0°07'44.0" S Longitud: 78°30'45" W - Altura: 2853 |
| 3 | Centro Comercial Quicentro Sur | Quito – Av. Morán Valverde y Tnte. Hugo Ortiz | Latitud: 0°17'07.0" S Longitud: 78°25'41.87" W - Altura: 2853 |
| 4 | Universidad de las Américas | Quito – Sede Granados y Av. Granados y Colimes | Latitud: 0°10'05.66" S Longitud: 78°32'35" W - Altura: 2853 |
| 5 | Hogar 1 - Norte | Quito – Atucucho Manuel de Jesús Álvarez y Ángel Araujo | Latitud: 0°07'44.0" S Longitud: 78°30'45" W - Altura: 3000 |
| 6 | Hogar 2 - Sur | Quito – Simón Bolívar y F5 | Latitud: 0°18'13.0" S Longitud: 78°32'00" W - Altura: 2853 |

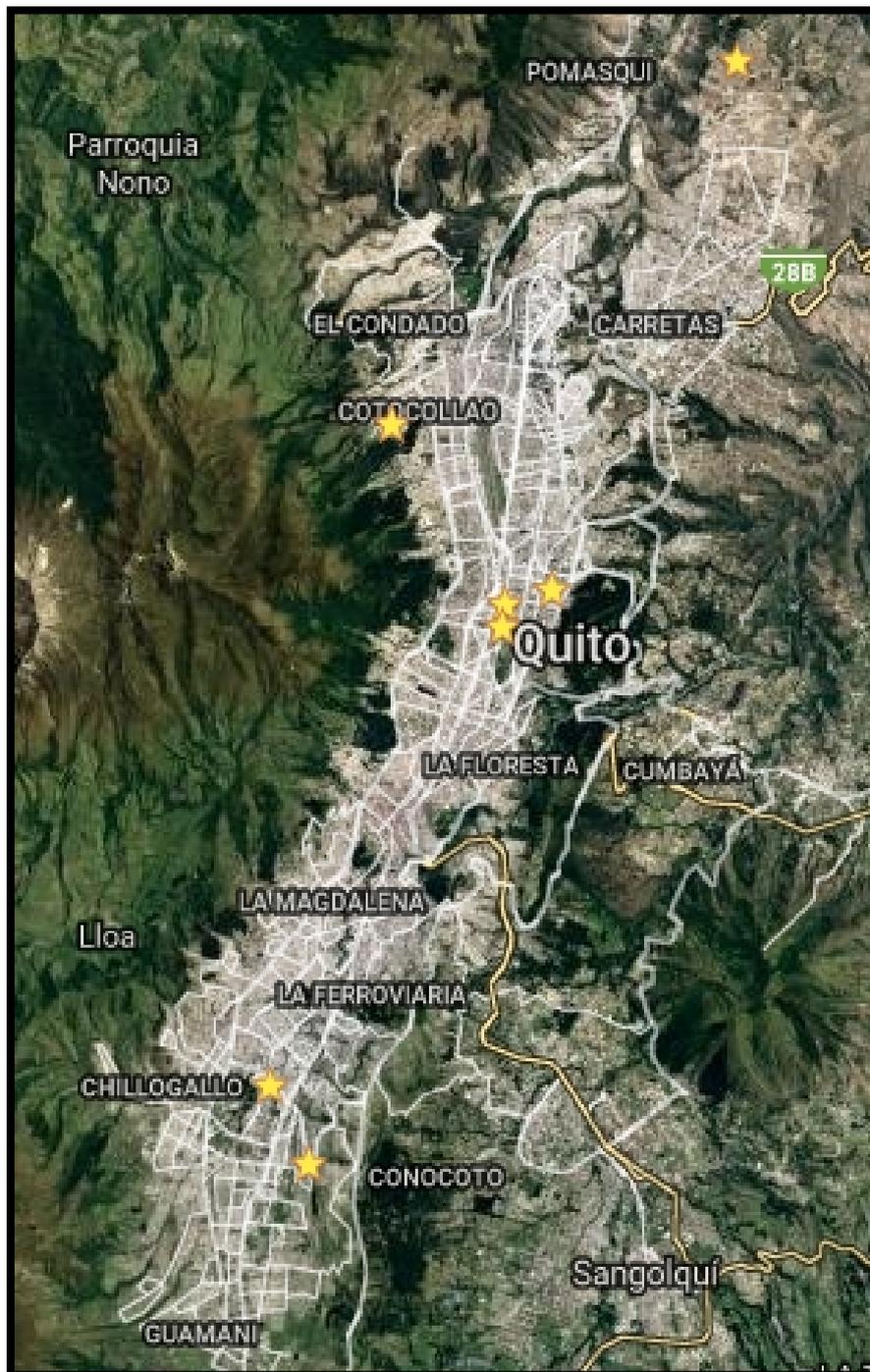


Figura 14. Mapa Geográfico 3D. Ubicación lugares de medición – Quito.
Tomado de (Google Earth, 2016)

En la figura 14 se puede apreciar marcados con un símbolo en forma de una estrella los lugares donde se realizaron las mediciones en la ciudad de Quito.



Figura 15. Mapa 2D Ubicación lugares de medición –Quito.

Tomado de (Google Earth, 2016)

Una vez acordados los puntos en los que se realizaran las mediciones, se determina que estas deben ser tomadas a diferentes distancias del equipo emisor, a la vez se deberá realizar la medición añadiendo uno a uno los equipos y en el análisis se pueda analizar los resultados, finalmente se elabora la tabla 6 para registro de las mediciones con APs a varias distancias y la tabla 7 para mediciones en sitios donde existe mayor concentración de APs lo cual se verificará mediante el software WiFi Analyzer.

2.1.1 Formulario 1: Mediciones en sitio con APs a varias distancias.

Tabla 6.

Formulario para estudio técnico de Emisiones RNI de equipos WiFi.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|-----------------------------|
| Fecha: | | | | | |
| Lugar: | | | | | |
| Ubicación del sitio: | | | | | |
| Provincia | Ciudad/Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| | | | | | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (° C) | | | | | |
| Límite de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | | Slim OCUPACIONAL (W/m ²) | | Slim POBLACIONAL(W/m ²) | |
| Banda Inicial:2401 MHz | | 50 | | 10 | |
| Banda Final:2473 MHz | | | | | |
| Características de los dispositivos a medir | | | | | |
| Número de Dispositivos | | Nombre de los dispositivos | | Características | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Rango Frecuencia de operación. | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m ²) | Temperatura ambiental (° C) |
| | 2,4 GHz | | | | |
| | 2,4 GHz | | | | |
| | 2,4 GHz | | | | |
| | 2,4 GHz | | | | |
| | 2,4 GHz | | | | |
| FOTOS: | | | | | |

2.1.2 Formulario2: medido en sitio donde existe mayor concentración de APs.

Tabla 7.

Formulario 2 para estudio técnico de Emisiones RNI de ondas WiFi en sitios de mayor concentración.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--|----------------------------|
| Fecha: | | | | | | |
| Lugar: | | | | | | |
| Ubicación del sitio: | | | | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | | |
| | | | | | | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (° C) | | | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | Slim OCUPACIONAL (W/m ²) | | Slim POBLACIONAL(W/m ²) | | | |
| Banda Inicial: 2401 MHz Banda Final: 2473 MHz | 50 | | 10 | | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | | |
| Mediciones | | | | | | |
| Sitio de medición | N° de medición | Rango Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m ²) | Temperatura ambiental (°C) |
| | | 2401 MHz-2473 MHz | | | | |
| FOTOS: | | | | | | |

2.2 Descripción de los lugares de medición

- Laboratorio ARCOTEL-CALDERÓN.

Laboratorio de la ARCOTEL ubicado en San Juan de Calderón, Distrito Metropolitano de Quito, lugar que simulará el efecto de la malla de Faraday dado que no tiene ninguna influencia de señales WiFi, representando un ambiente ideal para empezar con las mediciones y poder ir añadiendo poco a poco equipos y determinar la influencia de cada uno en las mediciones.



Figura 16. Mapa Geográfico 3D Laboratorio ARCOTEL – San Juan de Calderón- Quito.

Tomado de (Google Earth, 2016)

- Centros Comerciales

Se realizarán las mediciones en el Centro Comercial Quicentro Sur y en el Centro Comercial Ñaquito por la gran concentración de personas que acuden a estos lugares y más importante aún es que existe una gran cantidad de señales WiFi que permitirán tomar mediciones y muestras características del comportamiento de las emisiones de RNI en la banda WiFi.



Figura 17. Mapa Geográfico 3D Quicentro Sur – Quito.
Tomado de (Google Earth,2016).

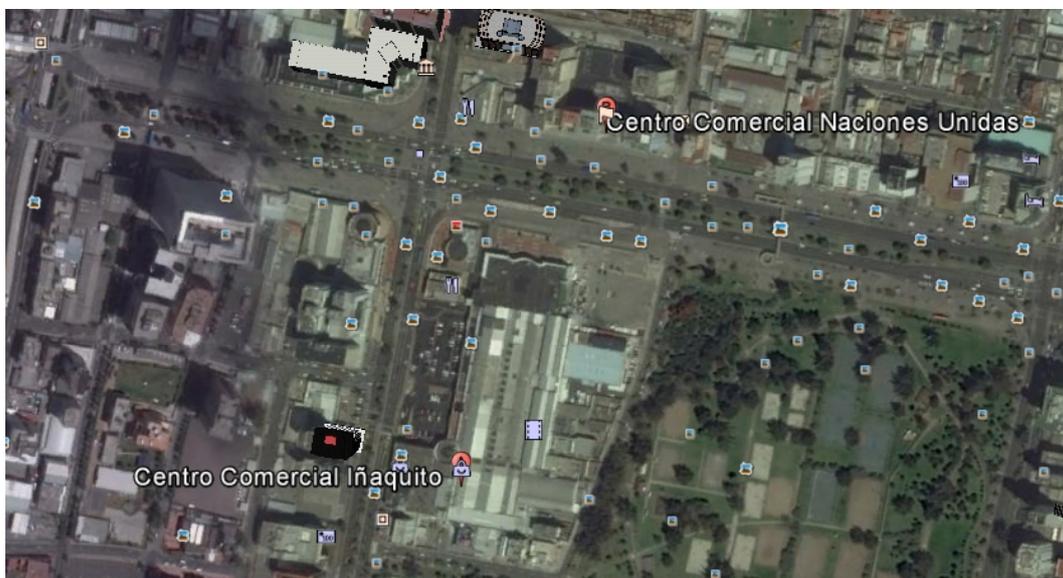


Figura 18. Mapa Geográfico 3D – Centro Comercial Iñaquito – Quito.
Tomado de (Google Earth,2016)

- Universidad de la Américas

Se considera es importante un sitio Universitario, en este caso la Universidad de las Américas, donde al igual que en el anterior escenario existen varios Access Point ubicados alrededor de campus, y a los cuales los estudiantes están constantemente conectados. Se realizarán mediciones en el Campus Granados.

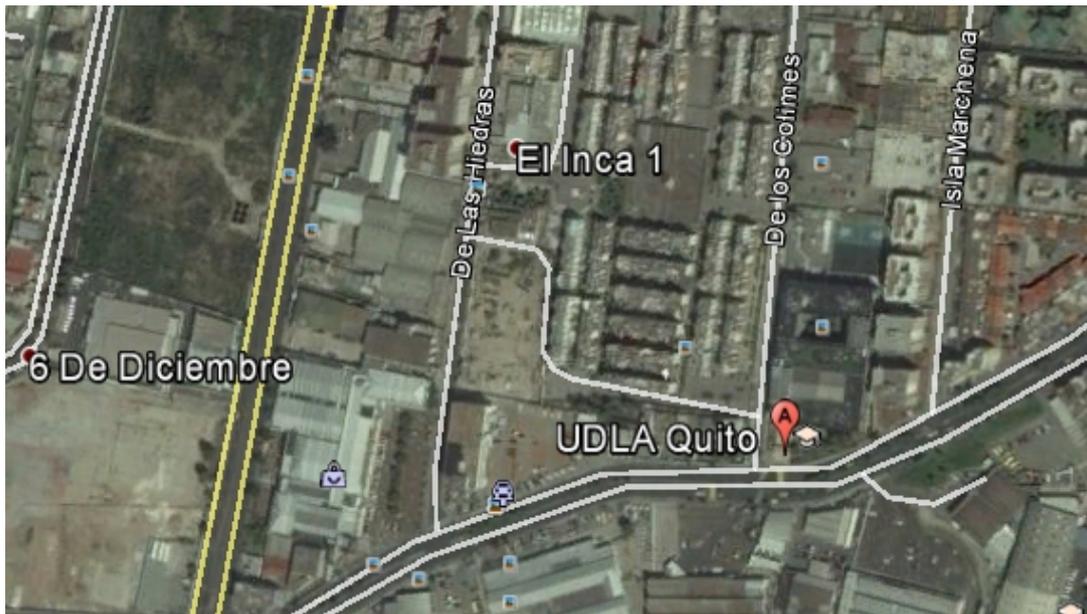


Figura 19. Mapa Geográfico 3D Universidad de la Américas campus Granados- Quito.
Tomado de (Google Earth, 2016)

- Hogares.

Usualmente las personas se preocupan por los efectos que puede tener ciertos equipos WiFi con que tienen constante interacción y comúnmente se encuentran en un domicilio, se obtendrá datos de los niveles de exposición electromagnética a los cuales las personas se encuentran expuestos diariamente, los hogares se encuentran ubicados dentro de la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito.



Figura 20. Mapa geográfico 3D Hogar Sur – Guajalo –Quito.
Tomado de (Google Earth,2016)



Figura 21. Mapa geográfico 3D Hogar Norte- Atucucho –Quito.
Tomado de (Google Earth, 2016).

2.3 Proceso de Medición.

Para realizar las mediciones se empleará el medidor de emisiones electromagnéticas Narda SRM-3600 y un analizador de espectros Anritsu MS2724B con los cuales se medirá las emisiones electromagnéticas producidas por los equipos obtenidos para la medición como módems inalámbricos, adaptadores y repetidor de señal WiFi, y la ocupación del espectro electromagnético respectivamente.

Adicional se realiza la toma de capturas de las señales detectadas y sus características con el software WiFi Analyzer. Se realizará mediciones de las variaciones de temperatura por el uso de los equipos emisores de RNI.

2.3.1 Características y aplicaciones del medidor Narda SRM-3600.

Este es un dispositivo medidor de campos electromagnéticos que utiliza un sistema de medición selectivo, es decir que se puede seleccionar un rango de frecuencias y medir los niveles de emisión electromagnética. El equipo Narda SRM-600 trabaja en el rango de frecuencia de 9KHz a 6GHz.

El medidor de campos SRM-3600, se encarga de medir los niveles de intensidad de campo eléctrico y magnético utilizando un procesamiento analógico digital, adicional a esto incluye un DGPS (GPS diferencial) interno el cual permite una mayor precisión de posicionamiento.

El equipo Narda SRM-3600 incluye una antena triaxial la cual permite realizar mediciones isotrópicas con una determinación automática en las tres componentes espaciales del campo medido, es capaz de medir tanto en el espacio libre como en lugares de difícil acceso.



*Figura 22. Medidor de Emisión Selectiva Narda SRM-3600.
Tomado de Manual equipo Narda SRM-3600*

Cada antena Narda se conecta a la unidad básica de procesamiento mediante un conector multipin transfiriendo los parámetros de la antena (tipo, número de serie, fecha de calibración, factores de la antena) de modo que el equipo SRM-3600 pueda reconocer y utilizar dichos datos. Según el manual de Narda se disponen de las antenas mostradas en la tabla 8. Para las mediciones se utilizó la antena triaxial Narda 3501/03 con un rango de operación desde 27MHz hasta 3GHz.

Tabla 8.

Características de Antenas disponibles para Narda SRM-3600

| Tipo | Número de orden |
|---|-----------------|
| Tres ejes, campo eléctrico, 27MHz-3GHz | 3501/03 |
| Tres ejes, campo eléctrico, 420MHz-6GHz | 3502/01 |
| Tres ejes, campo magnético, 9kHz-250MHz | 3581/02 |
| un solo eje, campo eléctrico, 27MHz-3GHz | 3531/01 |
| un solo eje, campo eléctrico, 9kHz-300MHz | 3531/04 |
| un solo eje, campo magnético, 9kHz-300MHz | 3551/02 |

Tomado de Manual equipo Narda SRM-3600.

Nota: El número de orden se muestra en la pantalla de la unidad básica con lo cual se identificará el tipo de antena,

2.3.1.1 Partes del equipo



Figura 23. Partes Principales de Narda SRM-3600

Tomado de Manual equipo Narda SRM-3600

Tabla 9.

Descripción de partes de NARDA SRM-3600.

| No | Elemento |
|----|-----------------------------------|
| 1 | Panel LCD |
| 2 | Receptor GPS |
| 3 | Teclas de programación Verticales |
| 4 | Micrófono |
| 5 | Teclado y Control Rotativo |
| 6 | Visualización de Estado |
| 7 | Indicador de Cargo |
| 8 | On/Off |
| 9 | Teclado programable Horizontal |

Tomado de Manual Equipo Narda

2.3.1.2 Configuración del equipo.

Al encender el equipo Narda SRM 3600 y esperar que se carguen las configuraciones, se podrá visualizar la imagen del espectro radioeléctrico, donde se deberá seleccionar el tipo de resultado a través del teclado de programación vertical, a la vez escogemos la unidad en la que se desea obtener las mediciones (V/m, A/m o W/m²).

Con el teclado de programación vertical se debe seleccionar el rango de medida poniéndolo en el valor más alto y así evitar que el equipo se dañe, posteriormente ajustamos a un valor que permita obtener una mejor visualización de la medida.

Luego de ello procedemos a esperar un tiempo determinado de alrededor de 6 min para guardar los resultados, capturando las pantallas de las medidas realizadas.

2.3.2 Características analizador de espectros ANRITSU MS2724B.

Otro de los equipos de medición que se empleará en la toma de medición de ocupación del espectro electromagnético es el analizador de espectros ANRITSU MS2724B mostrado en la figura 24 cuya característica principal es que permite mostrar y analizar una señal y sus componentes en el dominio de frecuencia, una de sus ventajas principales es que está diseñado mediante circuitos de banda angosta los cuales reducen significativamente el ruido presente en el ambiente, obteniendo una mayor sensibilidad. Otra ventaja es el rango de frecuencias de trabajo llegando a frecuencias de 50 kHz a 100 GHz. (Henze, 2016). El equipo que se utilizará en mediciones tiene un rango de medición desde 100kHz hasta 18GHz.



Figura 24. Analizador de espectros Anritsu MS2724B.

Tomado de (Anritsu, 2016)

2.3.2.1 Partes del equipo.

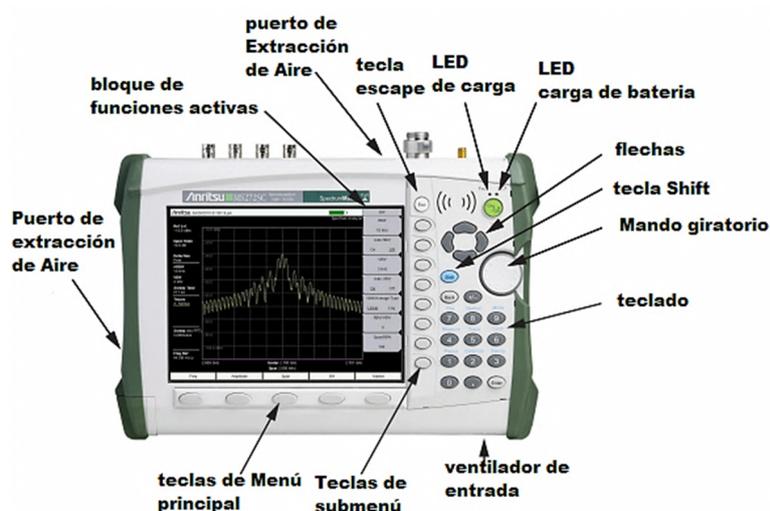


Figura 25. Partes Analizador de Espectros Anritsu MS2724B.

Tomado de (Anritsu, 2016)

2.3.2.2 Configuración del equipo ANRITSU MS2724B.

El analizador de espectros Anritsu MS2724B cuenta con un software “Anritsu Master Software Tools” el cual sirve para descargar los archivos de las mediciones almacenadas por el analizador.

El analizador de espectros Anritsu puede operar durante 2.5 horas con batería completamente cargada. Para las mediciones de las señales generadas por equipos WiFi se deben seguir los siguientes pasos:

Encender el equipo pulsando el botón On/Off en el panel frontal.

Presionar la tecla Shift y luego la tecla Mode para acceder a las funciones del Menú “Mode Selector”, luego a través de las teclas de dirección o del mando rotatorio se deberá seleccionar el modo “Spectrum Analyzer” y se pulsa la tecla.

Mediante la tecla de menú principal aparecerá el submenú “Freq” en la parte derecha de la pantalla.

Una vez realizado los pasos se debe presionar la tecla del submenú que corresponde a Start Freq y escribir el valor correspondiente a la frecuencia de inicio, de igual manera para configurar la frecuencia de operación final en la tecla del submenú Stop Freq, se escribe el valor y se selecciona las unidades. Luego presionar la tecla Span en la parte derecha de la pantalla. Es importante mencionar que en submenú “amplitude” seleccionamos el nivel de atenuación presionando la tecla Atte Lvl, que para este caso se programa en 6dB, para asegurar que el equipo de medición no se sature y provoque el daño del mismo.

2.3.3 Características de medidor de temperatura.

También se utilizará un termómetro digital mostrado en la figura 26, el cual permitirá saber el si la temperatura incrementa al aumentar más dispositivos que emitan emisiones electromagnéticas de tipo no ionizante, las características de este equipo se describen a continuación:

Especificaciones:

Se alimenta mediante una fuente de alimentación de 5V, su rango de frecuencia va desde -50°C a 70°C , además tiene una precisión de 0.1°C ideal para este proyecto puesto se necesita que detecte las mínimas variaciones de temperatura y finalmente las dimensiones son: Aprox. $48 * 28 * 17\text{mm}$.



Figura 26. Termómetro digital

2.3.4 Software utilizado.

2.3.4.1 Software NARDA 3006

Este programa se puede instalar en cualquier ordenador personal que ejecuta los siguientes sistemas operativos de 32 bits y 64 bits: Microsoft Windows 2000 SP4, Windows XP SP2, Windows Vista o Windows 7.

Es necesaria una versión de firmware SRM-3006 de al menos V1.1.1 o superior. Debe iniciar la sesión como administrador para instalar el programa.

La instalación se inicia ejecutando el archivo SETUP.EXE que se encuentra en el CD de herramientas SRM-3006 o en el archivo Zip descargado. El asistente le guía a través de todo el proceso, incluyendo la instalación de Microsoft .NET Framework 2.0, los archivos de programa, y el controlador USB. Mostrado en la figura 27.

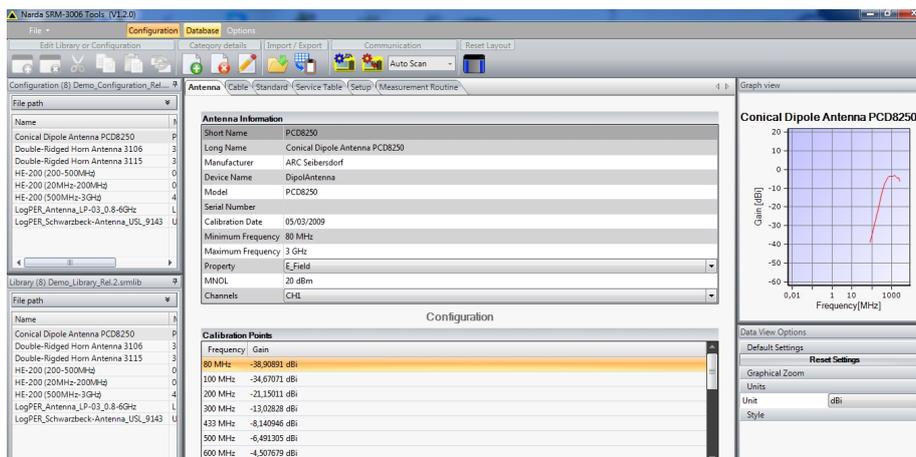


Figura 27. Software Narda

2.3.4.2 Software WiFi analyzer.

Es una aplicación de software que permite analizar las redes WiFi que están alrededor de un sitio determinado. Podremos verificar la calidad de la señal y la saturación de la red, ver una gráfica con la calidad de la señal de todas las redes WiFi cercanas. De esta forma saber rápidamente cual red podría tener mejor desempeño, por otro lado, encontraremos un medidor que nos indicará la saturación de cada red de forma individual.

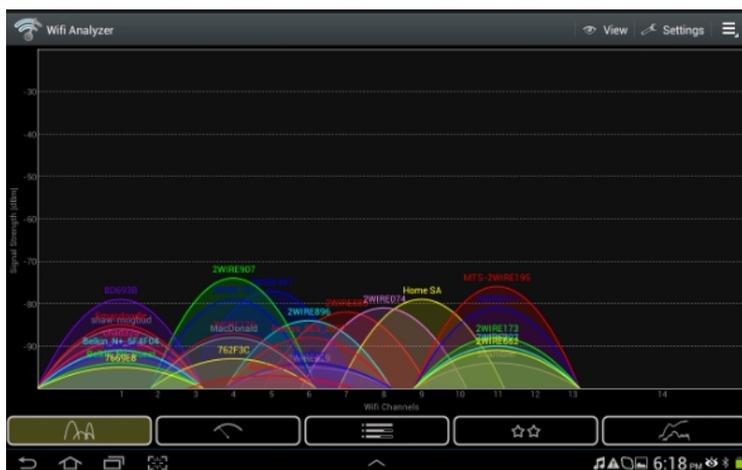


Figura 28. Medición con software WiFi Analyzer

2.4 Equipos utilizados en la medición de RNI y características técnicas.

Para realizar las mediciones de emisión electromagnética se necesita equipos que trabajen en la frecuencia de 2.4 GHz, para ello se utilizara dos modem Huawei Hg532, un router Tp-link, un adaptador USB Wireless-N, y repetidor WiFi cuyas características se detallan a continuación:

- **Modems Huawei Hg532.**

Un modem es un dispositivo que realiza la conversión de una señal analógica a digital y viceversa, utilizado para la transferencia de información entre varios equipos mediante cable o de forma inalámbrica, el equipo Hg532 de Huawei cumple con lo detallado anteriormente, siendo la parte inalámbrica la que interesa para las mediciones puesto que es una fuente de emisión.



Figura 29. Modem Huawei HG532

Características.

Tabla 10.

Características técnicas Modem Hg532

| | |
|---|--|
| Temperatura ambiental para la operación | De 0° C a 40° C (de 32° F a 104° F) |
| Humedad de ambiente | Del 5% al 95%, sin condensación |
| Peso | Alrededor de 245 g |
| Estándares | Estándares ADSL, Estándar ADSL2, Estándar ADSL2+, Estándar WLAN. |
| Fuente de alimentación | 12 VCC, 1 A |
| Consumo de potencia | <12 W |

Tomado de (Docplayer, 2013)

- **Router Tplink TL-WR740N**

Este equipo es compatible con estándares IEEE 802.11b / g / n trabajando a una frecuencia de 2.4GHz, se lo ha tomado en cuenta para las mediciones puesto que es un equipo de fácil acceso utilizado por los proveedores de servicio de internet y comúnmente se encuentra en el mercado para aquellas personas que desean administrar la red interna por lo tanto se considera un equipo que también emite emisiones electromagnéticas.



Figura 30. Tp-link TL-WR740N

Características.

Tabla 11.

Especificaciones Técnicas.

| CARACTERÍSTICAS INALÁMBRICAS | |
|-------------------------------------|--|
| Frecuencia | 2.4-2.4835GHz |
| Velocidad | 11n: Hasta 150Mbps(dinámica) 11g: Hasta 54Mbps(dinámica) 11b: Hasta 11Mbps(dinámica) |
| Estándares Inalámbricos | IEEE 802.11n*, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b |
| Potencia de transmisión | 20dBm-30dBm |
| Seguridad | 64/128/152-bit WEP / WPA / WPA2, WPA-PSK / WPA2-PSK |
| Antenas | Fija Omnidireccional de 5dBi |

Tomado de (Manual Tp-link, 2016)

- Adaptador SL-D002 /SL3504N

Dispositivo portátil encargado de enviar y recibir la información sin necesidad de cables, este adaptador se conecta en el puerto USB de la computadora convirtiendo en una tarjeta de red inalámbrica que capta las señales WiFi, pero a la vez también tiene la posibilidad de configurarlo como red Ad-hoc permitiendo que otros equipos se conecten.



Figura 31. Adaptador SL3504N

Tomado de (Dx.com, 2015)

Tabla 12.

Características Adaptador WiFi

| | |
|------------------------|---|
| Modelo | SL-3504N |
| Normas | IEEE802.11 b/g/n |
| Velocidad | 300 Mbps |
| Características | Rango de frecuencia: 2.4 ~ 2.435GHz; Canal: 13; Soporta protocolo de red: CSMA / CA Sensibilidad: 54: -68dBm a 10% PER a 11m: -85dBm al 8%; a 6m: -88dBm a 10% PER a 1m: -90dBm al 8;256K: -105dBm al 8%; Dual ganancia de la antena 5dBi; |

Tomado de (Dx.com, 2015)

- Repetidor Wifi

Un repetidor es un amplificador de señal WiFi el cual es usualmente utilizado para extender una señal y pueda llegar a otros dispositivos que trabajen en la

banda de WiFi, debe asegurarse de instalarlo en una zona donde reciba algo de señal inalámbrica, pero cerca de la zona a amplificar. En este caso, por la salida Ethernet puede conectar equipos por cable para acceder directamente a



Figura 32. Repetidor Wifi

Internet.

Tabla 13.

Características Adaptador WiFi.

| | |
|--------------------------------|--|
| Modelo | Seguridad WiFi: WPA2, WPA y WEP (128/64) |
| Potencia de transmisión | 20dBm-30dBm |
| Normas | IEEE 802.11 b/g/n |
| Velocidad | 300 Mbps |
| Características | Incluye soporte Repetidor y Modo AP. protección alta (WPA2) |

Tomado de (Repetidor Wifi, 2015)

3. CAPÍTULO III. Estadísticas.

En el siguiente capítulo se presentan las estadísticas y datos obtenidos de algunos dispositivos que trabajan en la banda de frecuencia de 2.4 GHz en ambientes naturales de exposición de RNI mediante los formularios presentados en el capítulo 2 y comparado con el estándar de la ICNIRP (ICNIRP 1998) presentado en la figura 33.

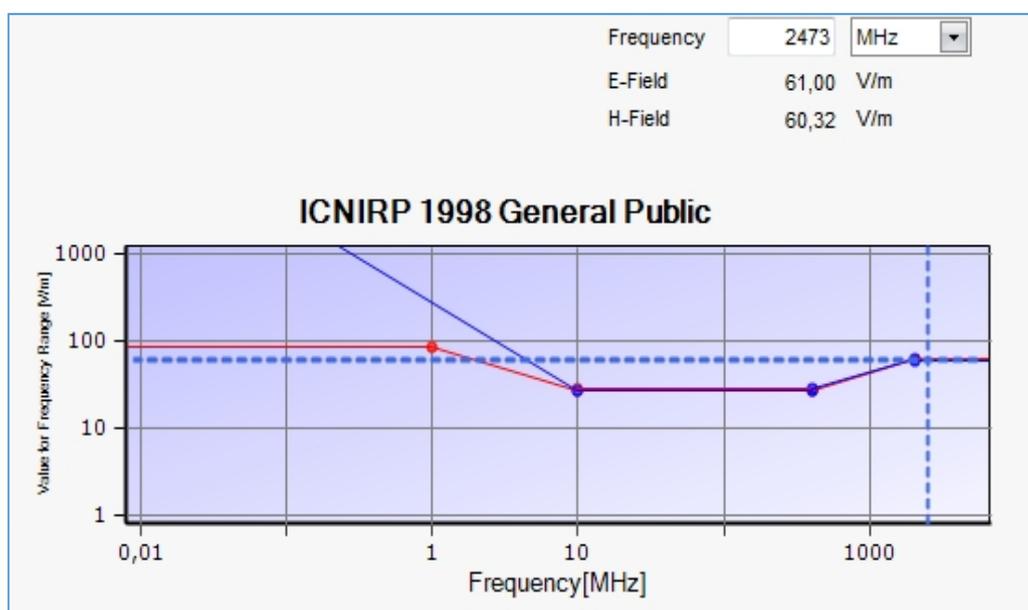


Figura 33. Estándar ICNIRP
Tomado de Narda SRM 3006 Tools

De manera general en cada tabla (Formulario 1 y 2 de mediciones RNI) se presentan los resultados obtenidos con los equipos WiFi, luego de ello se presentan las mediciones resultantes obtenidas con el equipo NARDA SRM-3600 a diferentes distancias. Finalmente, se presenta la ocupación del canal en la banda WiFi 2.4 GHz, mediante el software WiFi Analyzer y analizador de espectros respectivamente.

3.1 Mediciones Laboratorio ARCOTEL.

3.1.1 Descripción.

En el Laboratorio de la ARCOTEL ubicado en San Juan de Calderón (Figura 34), Distrito Metropolitano de Quito, se realizan las primeras mediciones de Emisión Electromagnética, este ambiente es considerado como ideal puesto no se detectan señales WiFi cercanas tal y como se muestra en la figura 35 y 36.

Para realizar estas mediciones se cuenta con 4 equipos que trabajan en la banda WiFi, los cuales se irán añadiendo uno a uno a diferentes distancias y así determinar la influencia de ellos en la medición y consecutivamente realizar el análisis en el capítulo 4. Las estadísticas que se lograron son a partir de las mediciones realizadas luego de generar señales WiFi con cada uno de los equipos, todo esto ha sido registrado en los formularios desarrollados en el capítulo 2, y aplicado para cada medición en este capítulo.



Figura 34. Laboratorio ARCOTEL - San Juan de Calderón – Quito.

3.1.1.1 Ocupación del espectro en la Banda de WiFi con los equipos apagados Laboratorio ARCOTEL.

Utilizando el analizador de espectros Anritsu MS2427B (figura 35) y el Software WiFi Analyzer (figura 36) se monitorea la ocupación de la banda WiFi (2401 MHz- hasta 2473 MHz) y se puede observar que no existen señales WiFi cercanas ocupando el espectro electromagnético.

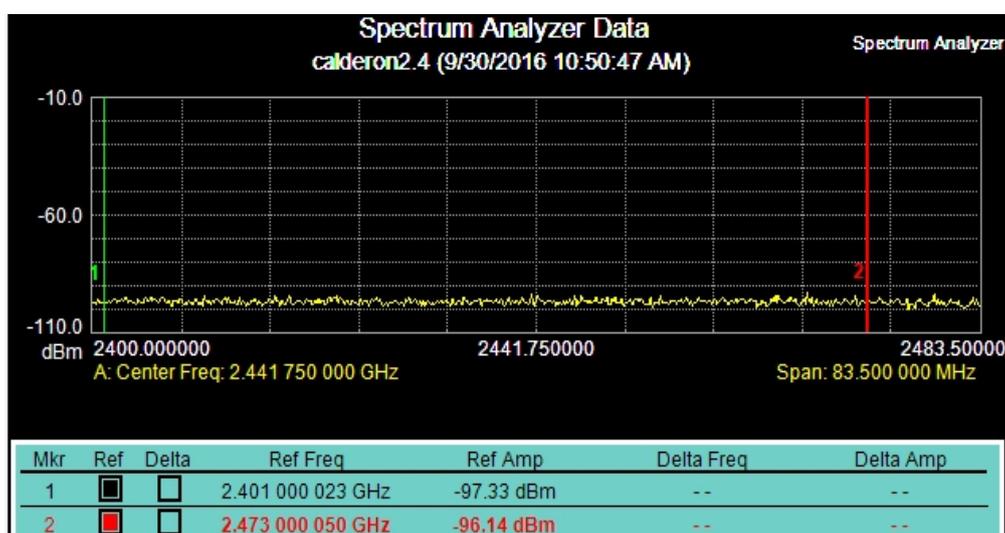


Figura 35. Medición del espectro de señal en la banda de 2.4 GHz con los equipos apagados – Analizador de espectros Anritsu MS2724B - San Juan de Calderón – Quito.



Figura 36. Ocupación del Canal en la Banda WiFi –Equipos apagados – Software WiFi Analyzer San Juan de Calderón-Quito

3.1.2 Medición realizada con 1 equipo WiFi

Tabla 14.

Formulario de mediciones de RNI – Equipo Hg532s - San Juan de Calderón - Quito.

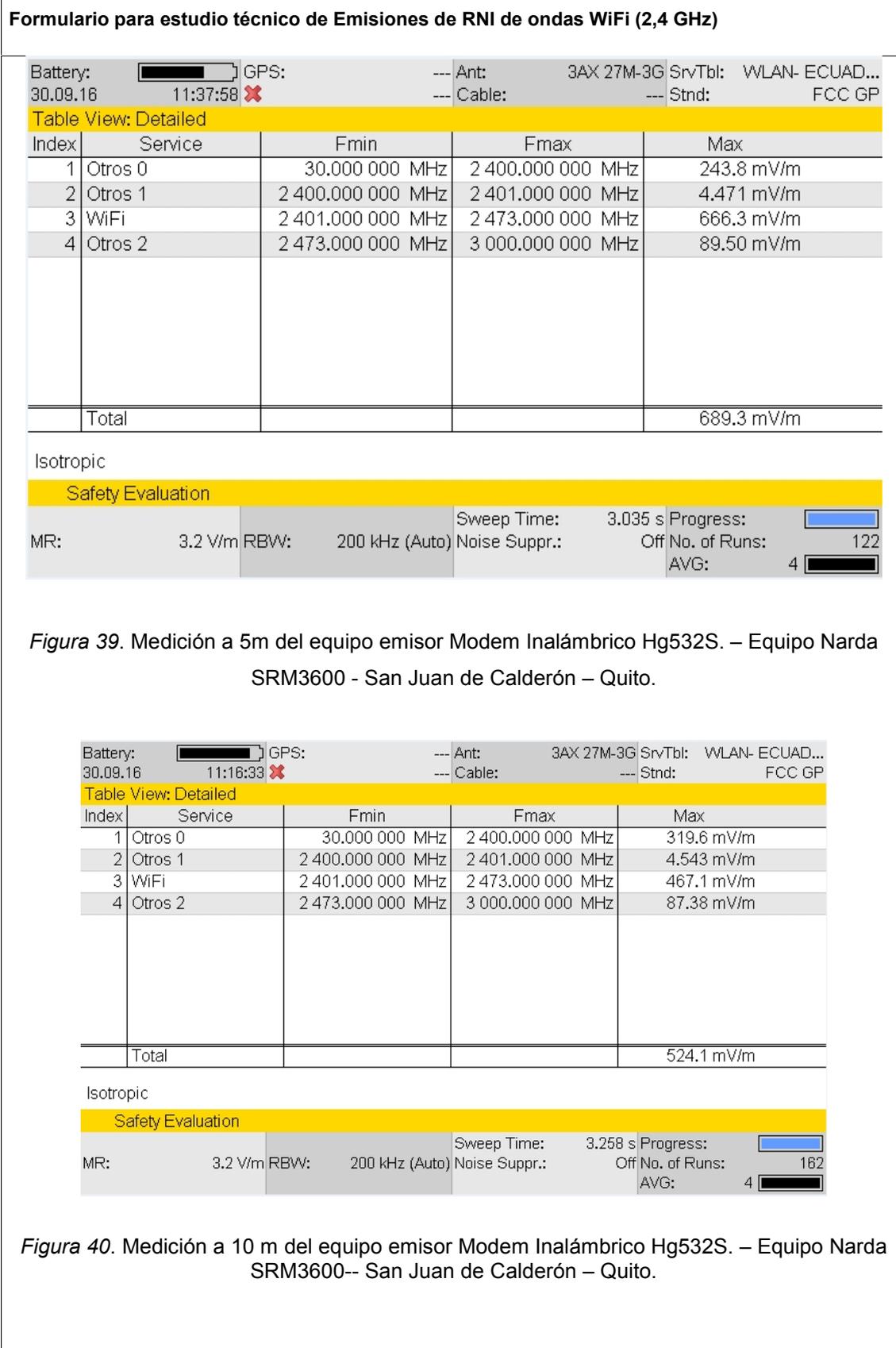
| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|---|---|-------------------------------|--|---|------------------------------------|
| Fecha: | 29 de septiembre 2016 | | | | |
| Lugar: | Laboratorio ARCOTEL | | | | |
| Ubicación del sitio: | San Juan de Calderón | | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| Pichincha | Quito | San Juan de Calderón | 0°02'32.48" S | 78°25'41.87" W | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| Medidor de CEM | NARDA | SRM-3600 | G-0016 | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (° C) | 21 | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | |
| Banda Inicial:2401 MHz Banda Final:2473 MHz | 50 | | 10 | | |
| Características de los dispositivos a medir | | | | | |
| Número de Dispositivos | Nombre de los dispositivos | | Características | | |
| 1 | Modem Huawei HG532S | | Potencia 12 W | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: Equipo Hg532s | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Rango Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H(A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (° C) |
| 1 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.8953 | 0.23748 | 0.002126 | 21.1° |
| 5 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.6663 | 0.17586 | 0.001166 | 21.1 |
| 10 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.4671 | 0.12389 | 0.000578 | 21.1 |
| 15 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.330 | 0.08753 | 0.0002889 | 21.1 |
| 20 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.300 | 0.07957 | 0.0002387 | 21.0 |

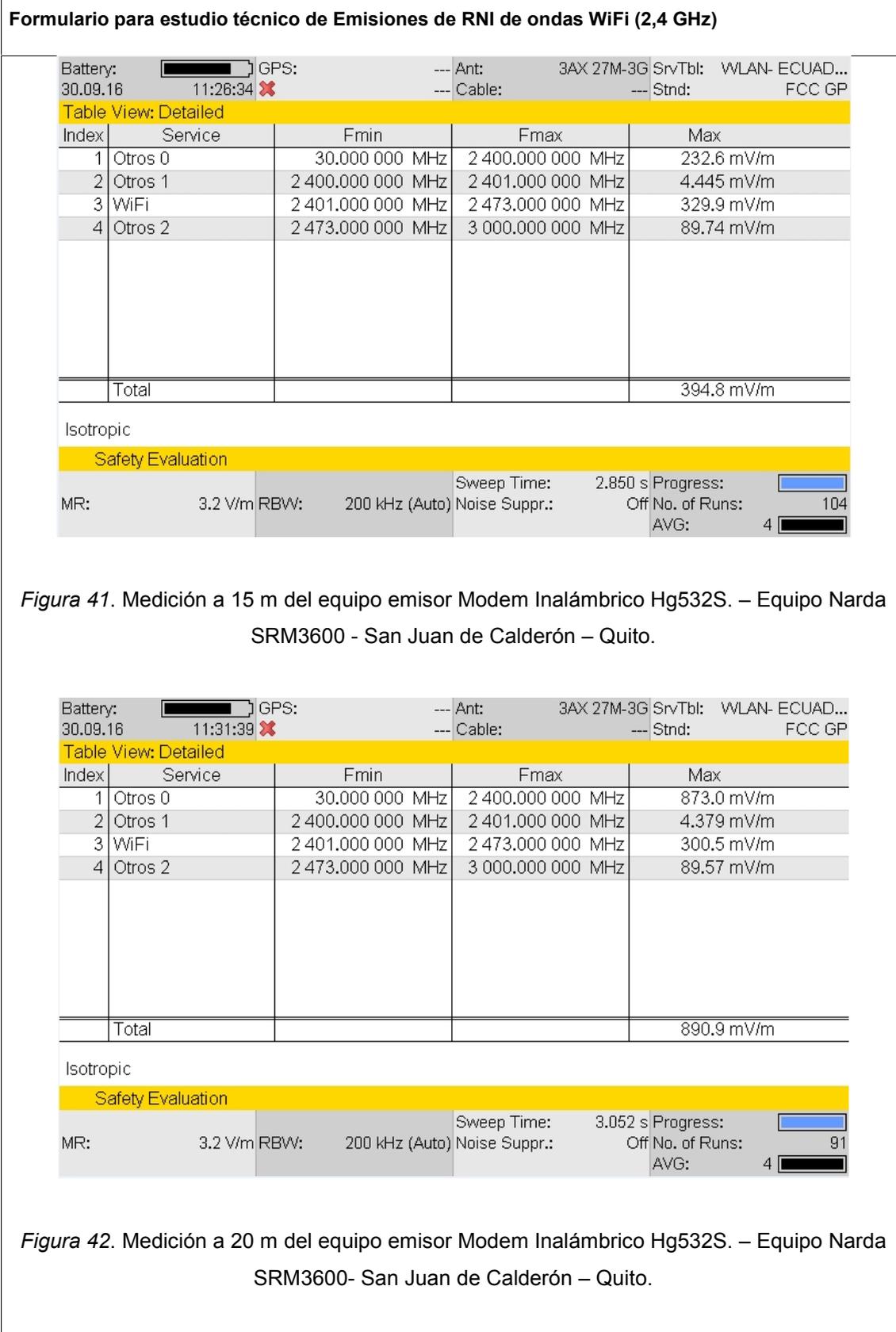
Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)
FOTOS


Figura 37. Equipo Huawei Hg532s – Opera en la banda WiFi – San Juan de Calderón – Quito.

| Battery: | | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|----------------|
| 30.09.18 | 11:05:52 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 696.3 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.513 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 895.3 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 86.37 mV/m | | | |
| Total | | | | 942.1 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.827 s | Progress: | |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 143 |
| | | | | AVG: | 4 | | |

Figura 38. Medición a 1 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.





3.1.3 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 1 equipo.

Utilizando la aplicación software WiFi Analyzer, se monitorea la ocupación de la Banda WiFi y se puede observar (Figura 43) que la banda está ocupada por el canal 8 (2437MHz – 2457MHz) en toda la banda WiFi (2401 MHz – hasta 2473 MHz) con una potencia de -55dBm aproximadamente.

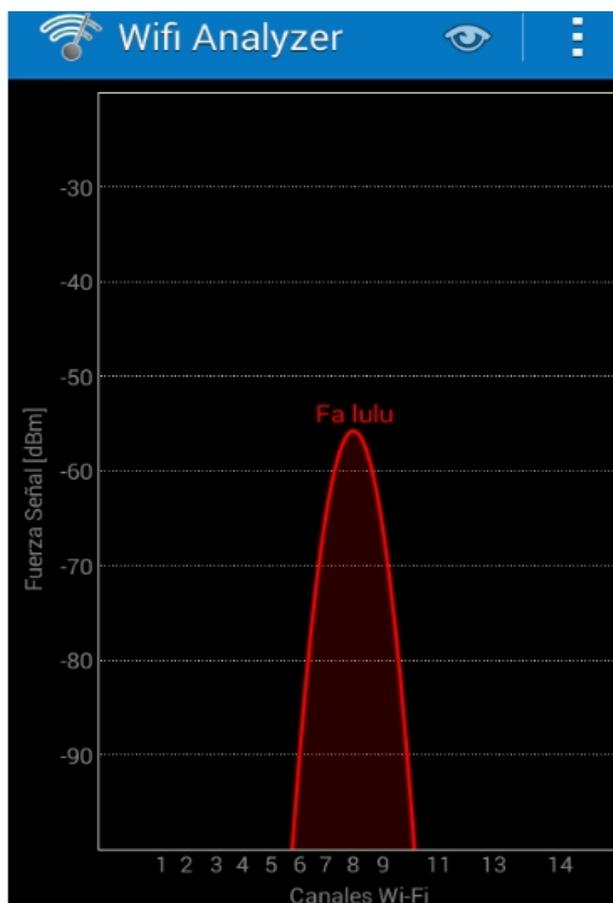


Figura 43. Ocupación del Canal en la Banda WiFi – Equipo HG532S – Software WiFi Analyzer
San Juan de Calderón-Quito.

3.1.3.1 Gráfica de Ocupación del Espectro.

Utilizando el analizador de espectros ANRITSU MS2724B se monitorea la ocupación de la Banda WiFi (2401 MHz – hasta 2473 MHz) y se puede

observar (figura 44) que existe una señal detectada entre 2437MHz y 2457MHz (Correspondiente al canal 8 de la Banda WiFi).

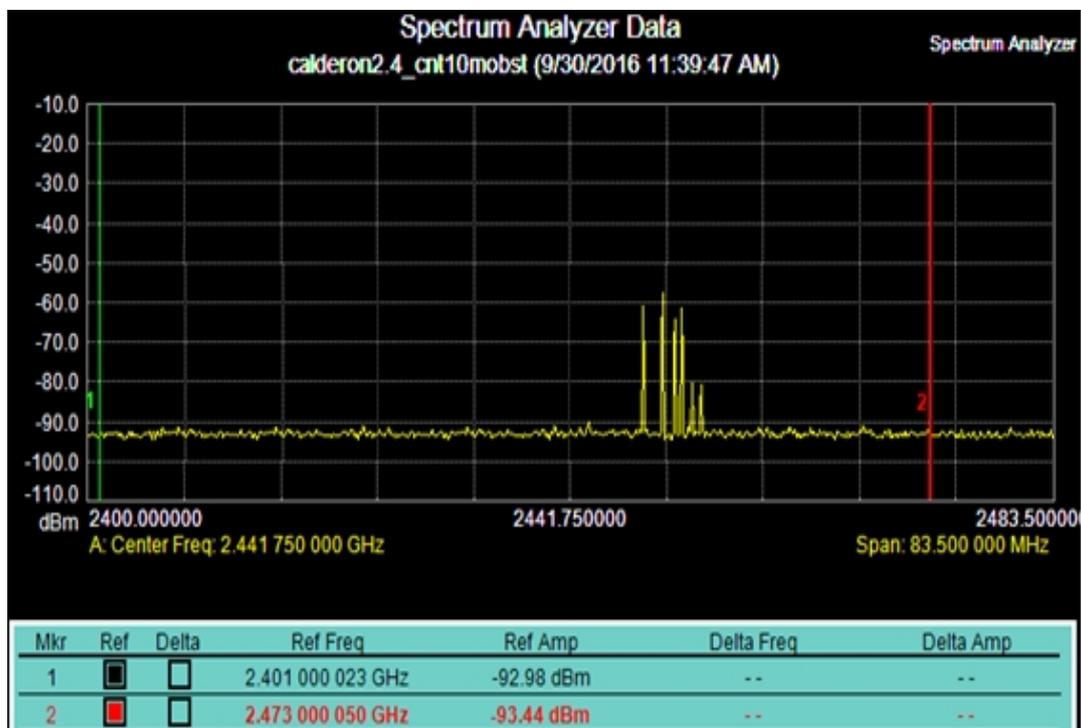


Figura 44. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 1 equipo – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B – San Juan de Calderón – Quito

Al comparar la figura 44 y 43 correspondiente al analizador de espectros Anritsu MS2724B y al Software WiFi Analyzer respectivamente se determina que las dos coinciden en la ocupación de un solo canal del espectro y que además no existen señales WiFi cercanas. El piso de ruido del espectro radioeléctrico detectado en el sector es de -95 dBm.

3.1.4 Medición realizada con 2 equipos WiFi.

Tabla 15.

Formulario de mediciones de RNI – 2 Equipos (Hg532s y Tp-link) - San Juan de Calderón.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Fecha: | 29 de septiembre 2016 | | | | |
| Lugar: | Laboratorio ARCOTEL | | | | |
| Ubicación del sitio: | San Juan de Calderón | | | | |
| Provincia | Ciudad/Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| Pichincha | Quito | San Juan de Calderón | 0°02'32.48" S | 78°25'41.87" W | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (°C) | 20° C | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | |
| Banda Inicial:2401 MHz Banda Final:2473 MHz | | 50 | 10 | | |
| Características de los dispositivos a medir | | | | | |
| Número de Dispositivos | | Nombre de los dispositivos | Características | | |
| 2 | | Modem Huawei HG532S | Potencia 12 W | | |
| | | Tp-link TL-WR740N | 20dBm-30dBm | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: Modem Inalámbrico WiFi Hg532S + Router Tp-link TL-WR740N | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiente (°C) |
| 1 | 2401 MHz- 2473 MHz | 2.589 | 0.6867 | 0.0178 | 20.4 |
| 5 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.2294 | 0.00061 | 0.000139 | 20.1 |
| 10 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.3168 | 0.00084 | 0.000266 | 20.0 |
| 15 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.4061 | 0.00107 | 0.000437 | 20.0 |
| 20 | 2401MHz- 2473 MHz | 0.5634 | 0.00149 | 0.000842 | 20.1 |

FOTOS:



Figura 45. Equipos de Medición Router Inalámbrico Tp-link y Modem Huawei Hg532 - Opera en la banda WiFi – San Juan de Calderón – Quito.

| Battery: | | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|----------------|
| 30.09.16 | 11:55:22 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 175,5 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.176 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 2.589 V/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 90.64 mV/m | | | |
| Total | | | | 2.596 V/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.825 s | Progress: | |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 89 |
| | | | | AVG: | 4 | | |

Figura 46. Medición a 1 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

Battery: 30.09.16 12:00:49 GPS: --- Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WLAN- ECUAD...
 --- Cable: --- Stnd: FCC GP

Table View: Detailed

| Index | Service | Fmin | Fmax | Max |
|-------|---------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 694.1 mV/m |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.489 mV/m |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 229.4 mV/m |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 91.48 mV/m |
| Total | | | | 701.8 mV/m |

Isotropic

Safety Evaluation

MR: 3.2 V/m RBW: 200 kHz (Auto) Sweep Time: 2.778 s Progress: Off No. of Runs: 77
 Noise Suppr.: AVG: 4

Figura 47. Medición a 5 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

Battery: 30.09.16 12:04:39 GPS: --- Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WLAN- ECUAD...
 --- Cable: --- Stnd: FCC GP

Table View: Detailed

| Index | Service | Fmin | Fmax | Max |
|-------|---------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 214.7 mV/m |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.246 mV/m |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 316.8 mV/m |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 91.06 mV/m |
| Total | | | | 391.7 mV/m |

Isotropic

Safety Evaluation

MR: 3.2 V/m RBW: 200 kHz (Auto) Sweep Time: 2.778 s Progress: Off No. of Runs: 40
 Noise Suppr.: AVG: 4

Figura 48. Medición a 10m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

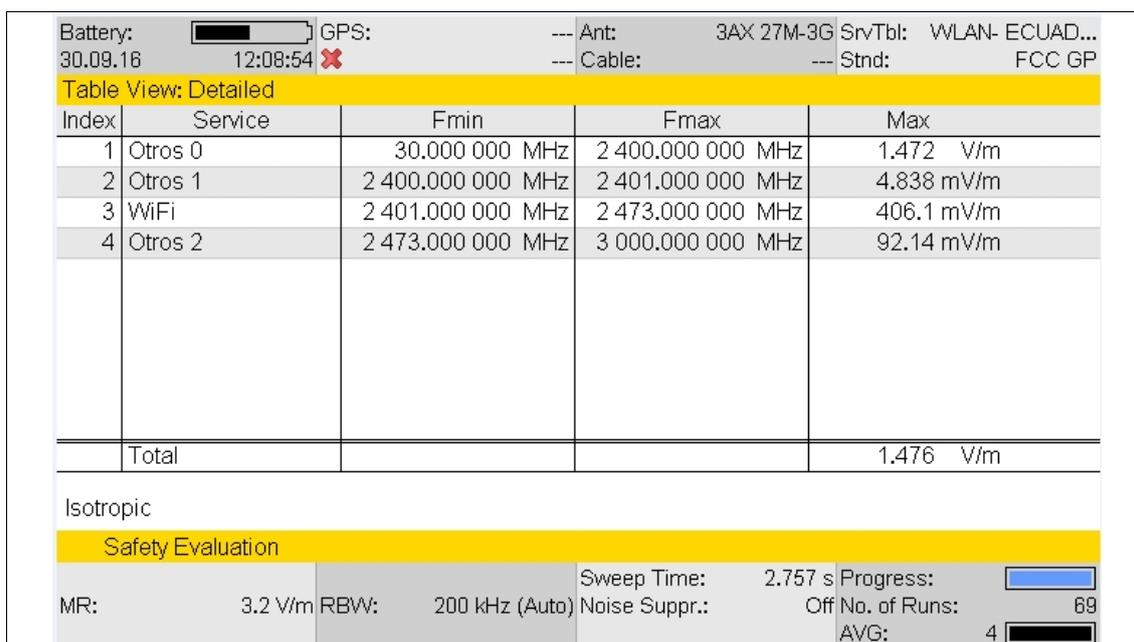


Figura 49. Medición a 15 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link– Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

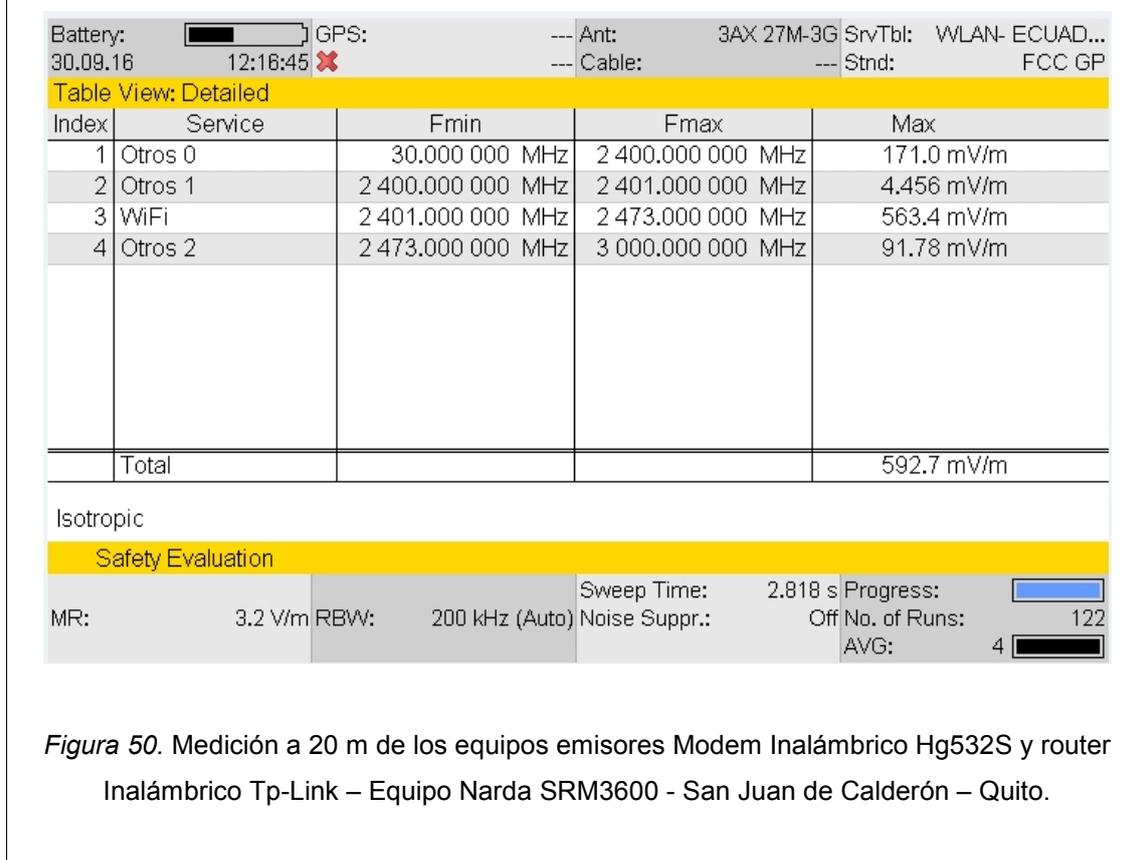


Figura 50. Medición a 20 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link – Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

3.1.4.1 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 2 equipos.

Utilizando la aplicación software WiFi Analyzer, se monitorea la ocupación de la Banda WiFi y se puede observar (Figura 51) que la banda está ocupada por el canal 8 (2437MHz – 2457MHz) y canal 2 (2407MHz - 2427MHz) en toda la banda WiFi (2401MHz – hasta 2473MHz) con una potencia de -55dBm para la señal “Fa lulú” y de -75 dBm para la señal “Equipo1”.

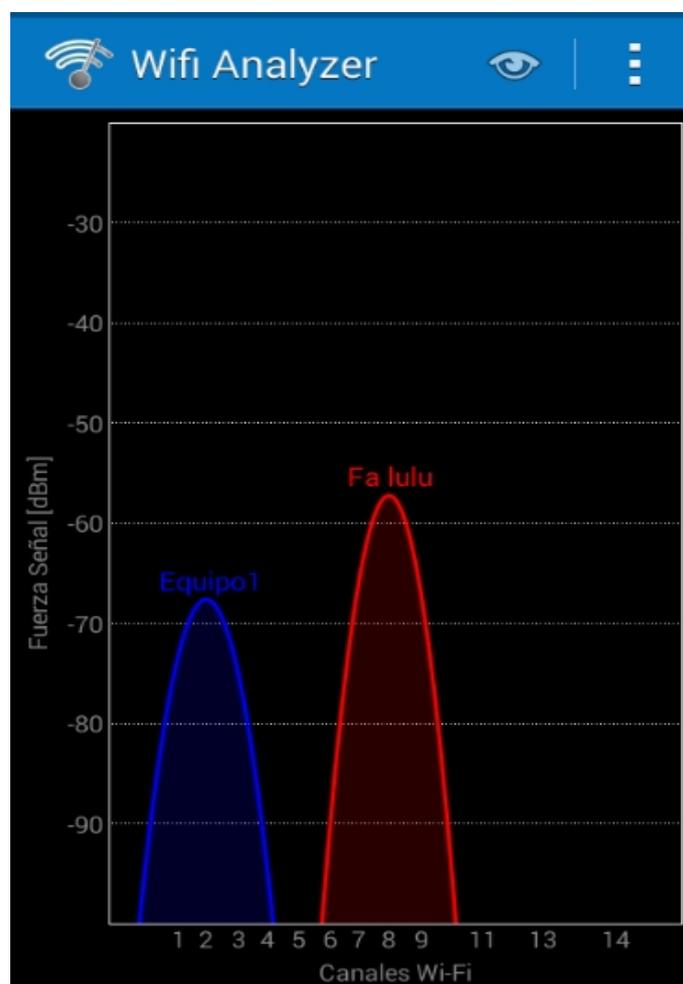


Figura 51. Ocupación del Canal en la Banda WiFi – Equipo HG532S y Tp-Link – Software WiFi Analyzer - San Juan de Calderón-Quito.

3.1.4.2 Gráfica de Ocupación del Espectros con 2 equipos.

Utilizando el analizador de espectros ANRITSU MS2724B se monitorea la ocupación de la Banda WiFi (2401 MHz – hasta 2473 MHz) y se puede observar (figura 52) que existen dos señales detectadas, la primera en la banda de 2407MHz - 2427MHz (Correspondiente al canal 2 de la Banda WiFi) y la segunda señal entre 2437MHz y 2457MHz (Correspondiente al canal 8 de la Banda WiFi).

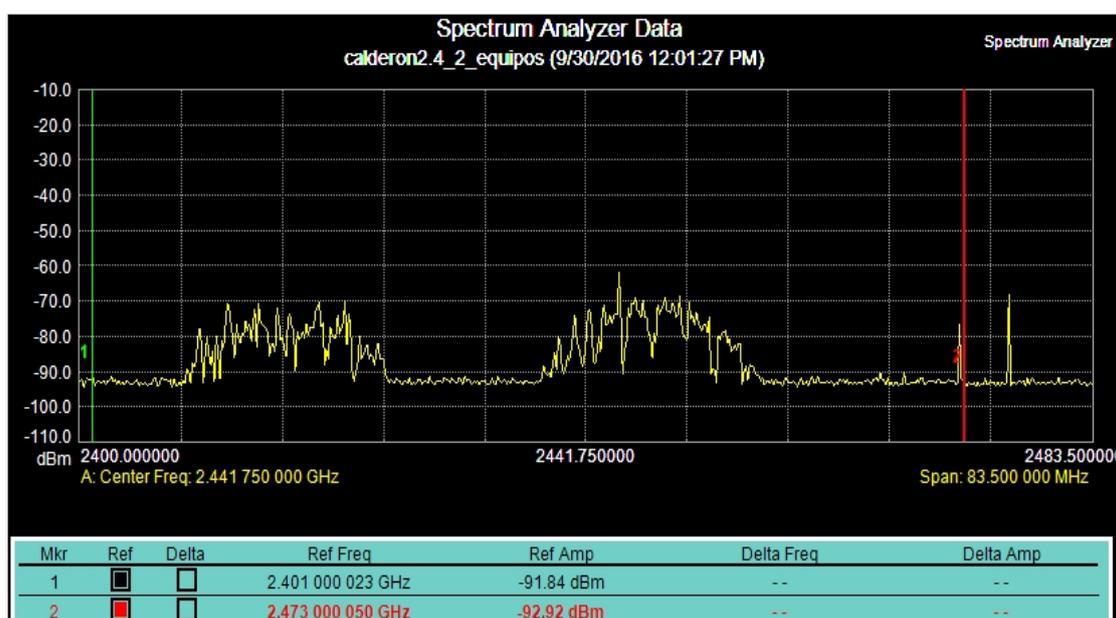


Figura 52. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 2 equipos – Analizador de espectros Anritsu MS2724B -San Juan de Calderón – Quito

Al comparar la figura 51 y 52 correspondiente al analizador de espectros Anritsu MS2724B y al Software WiFi Analyzer respectivamente se determina que las dos coinciden en la ocupación de dos canales del espectro y que además no existen señales WiFi cercanas. El piso de ruido del espectro radioeléctrico detectado en el sector es de -92 dBm.

3.1.5 Medicion realizada con 3 equipos WiFi.

Tabla 16.

Formulario de mediciones RNI – 3 Equipos (Hg532s, Tp-link, Adaptador) - San Juan de Calderón.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|---|---|-------------------------------|--|---|----------------------------------|
| Fecha: | | 29 de septiembre 2016 | | | |
| Lugar: | | Laboratorio ARCOTEL | | | |
| Ubicación del sitio: | | San Juan de Calderón | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| Pichincha | Quito | San Juan de Calderón | 0°02'32.48" S | 78°25'41.87" W | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | |
| Temperatura Inicial Ambiental | 21° C | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | |
| Banda Inicial:2401 MHz Banda Final:2473 MHz | 50 | | 10 | | |
| Características de los dispositivos a medir | | | | | |
| Número de Dispositivos | Nombre de los dispositivos | | Características | | |
| 3 | Modem Huawei HG532S | | Potencia 12 W | | |
| | Tp-link TL-WR740N | | 20dBm-30dBm | | |
| | Adaptador SL3504N | | 54dBm-68dBm | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: Hg532s, Tp-link, Adaptador. | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Frecuencia de operación (MHz) | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiente (°C) |
| 1 | 2401 MHz- 2473 MHz | 1.036 | 0.2748 | 0.00285 | 21.3 |
| 5 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.316 | 0.0838 | 0.00026 | 21.1 |
| 10 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.809 | 0.2145 | 0.00173 | 21.1 |
| 15 | 2401 MHz- 2473 MHz | 1.270 | 0.3368 | 0.00427 | 21.1 |
| 20 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.310 | 0.0822 | 0.00026 | 21.1 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)


Figura 53. Equipos de medición Router Inalámbrico Tp-link, Modem Huawei Hg532 y Adaptador SL3504N operando en la banda WiFi – San Juan de Calderón –Quito.

Battery: 30.09.18 12:48:26 GPS: --- Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WLAN- ECUAD... --- Cable: --- Stnd: FCC GP

Table View: Detailed

| Index | Service | Fmin | Fmax | Max |
|-------|---------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 833.8 mV/m |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.383 mV/m |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 1.036 V/m |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 92.70 mV/m |
| Total | | | | 1.051 V/m |

Isotropic

Safety Evaluation

MR: 3.2 V/m RBW: 200 kHz (Auto) Sweep Time: 2.775 s Progress: Noise Suppr.: Off No. of Runs: 102 AVG: 4

Figura 54. Medición a 1m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link y Adaptador SL3504N- Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

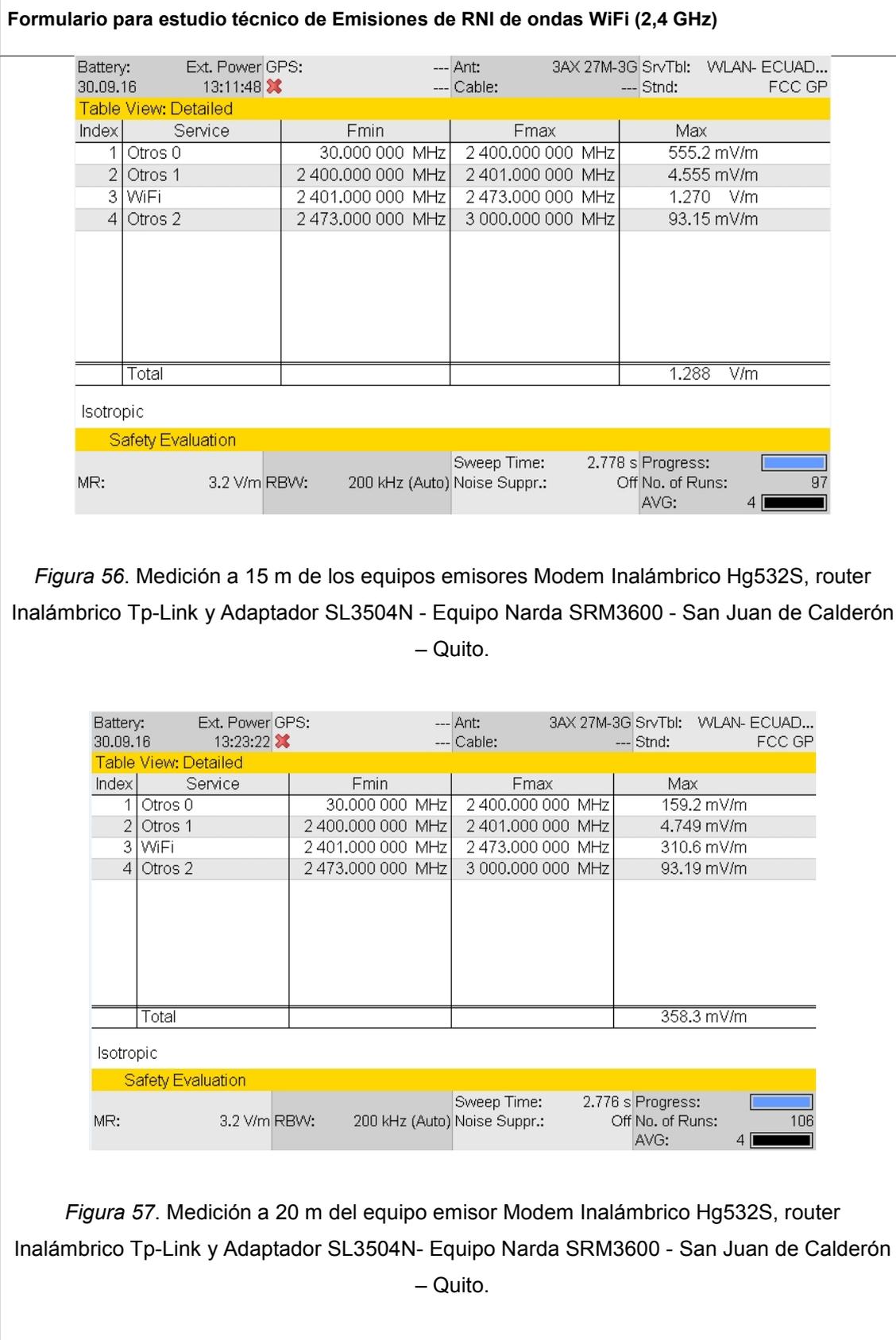
Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| Battery: | Ext. Power | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|------------|-------------------|-------------------|---------------|------------|---|---|
| 30.09.18 | 12:56:43 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 327.9 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.551 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 316.3 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 92.97 mV/m | | | |
| Total | | | | 463.7 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.776 s | Progress: |  |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 121 |
| | | | | AVG: | 4 |  | |

Figura 55. Medición a 5m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link y Adaptador SL3504N- Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

| Battery: |  | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|---|-------------------|-------------------|---------------|------------|---|---|
| 30.09.18 | 13:05:46 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 323.7 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.813 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 809.6 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 93.31 mV/m | | | |
| Total | | | | 840.4 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.781 s | Progress: |  |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 132 |
| | | | | AVG: | 4 |  | |

Figura 54. Medición a 10 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link y Adaptador SL3504N - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.



3.1.5.1 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 3 equipos.

Utilizando la aplicación software WiFi Analyzer, se monitorea la ocupación de la Banda WiFi y se puede observar (Figura 58) que la banda está ocupada por 3 señales WiFi, 2 en el canal 8 (2437MHz – 2457MHz) y 1 en el canal 2 (2407MHz - 2427MHz) en toda la banda WiFi (2401MHz – hasta 2473MHz) con una potencia de -75dBm para la señal “Fa lulu”, de -72 dBm para la señal “Equipo1” y de -35 dBm para la señal “prueba 1”.

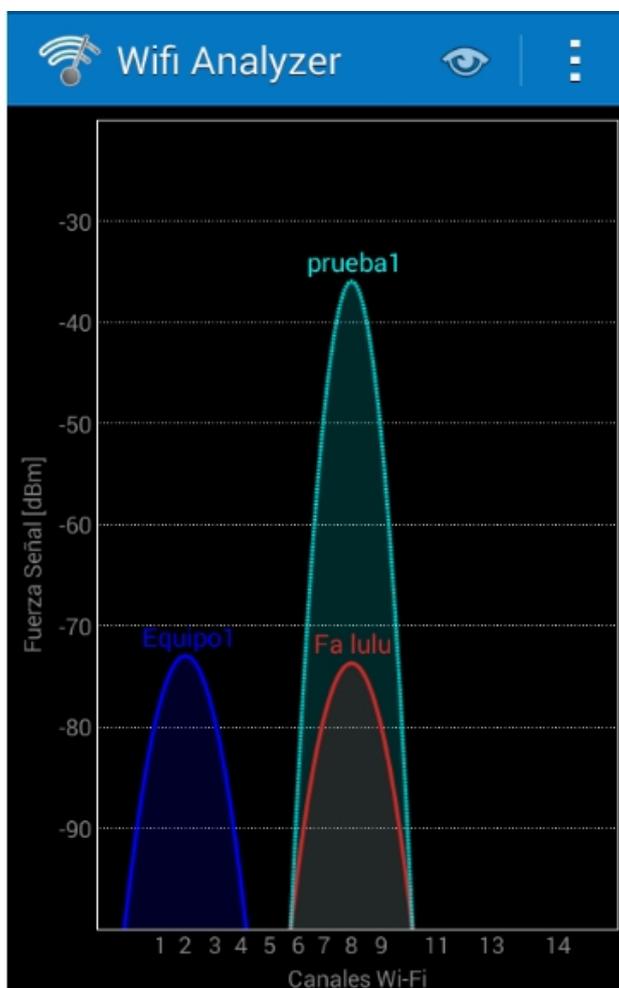


Figura 58. Ocupación del Canal en la Banda WiFi – Equipos HG532S, Tp-Link, adaptador SL3504N – Software WiFi Analyzer - San Juan de Calderón-Quito.

3.1.5.2 Gráfica de Ocupación del Espectro.

Utilizando el analizador de espectros ANRITSU MS2724B se monitorea la ocupación de la Banda WiFi (2401 MHz – hasta 2473 MHz) y se puede observar (figura 59) que existen señales WiFi detectadas, entre las frecuencias 2408 MHz a 2425 MHz y 2438 MHz a 2458 MHz en toda la banda WiFi (2401MHz – hasta 2473MHz) (Señales correspondientes a los canales 2 y 8 de la Banda WiFi para América)

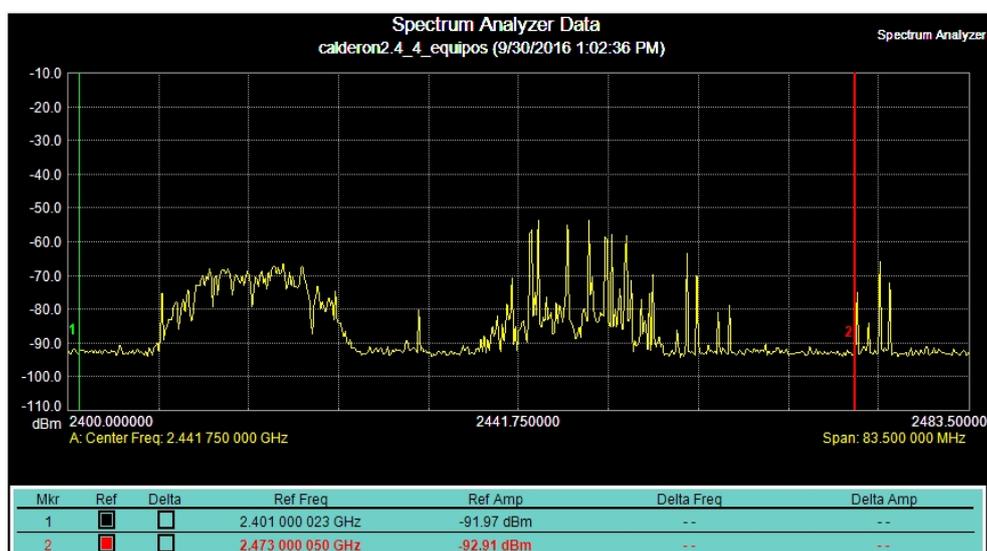


Figura 59. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 3 equipos – Analizador de espectros Anritsu MS2724B -San Juan de Calderón-Quito.

Al observar las figuras 58 y 59 correspondiente a la ocupación del canal utilizando el Software WiFi Analyzer y el analizador de espectros Anritsu MS2724B podemos notar que éstas coinciden en cuanto a la ocupación de espectro. El piso de ruido del espectro radioeléctrico detectado en la Banda WiFi es de -92 dBm.

3.1.6 Medicion realizada con 4 equipos WiFi.

Tabla 17.

Formulario de mediciones RNI – 4 Equipos (2 Hg532s, Tp-link y adaptador SL350N) - San Juan de Calderón- Quito

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|---|-----------------------------------|
| Fecha: | 29 de septiembre 2016 | | | | |
| Lugar: | Laboratorio ARCOTEL | | | | |
| Ubicación del sitio: | San Juan de Calderón | | | | |
| Provincia | Ciudad/Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| Pichincha | Quito | San Juan de Calderón | 0°02'32.48" S | 78°25'41.87" W | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (° C) | 21 | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | |
| Banda Inicial:2401 MHz Banda Final:2473 | | 50 | 10 | | |
| Características de los dispositivos a medir | | | | | |
| Número de Dispositivos | | Nombre de los dispositivos | Características | | |
| 4 | | Modem Huawei HG532S | Potencia 12 W | | |
| | | Tp-link TL-WR740N | 20dBm-30dBm | | |
| | | Adaptador SL3504N | 54dBm-68dBm | | |
| | | Modem Huawei HG532 | Potencia 12 W | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (°C) |
| 1 | 2401 MHz- 2473 MHz | 1.320 | 0.3501 | 0.0046 | 21.4 |
| 5 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.917 | 0.2432 | 0.0022 | 21.1 |
| 10 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.556 | 0.1475 | 0.0008 | 21.2 |
| 15 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.796 | 0.2111 | 0.0016 | 21.1 |
| 20 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.912 | 0.2419 | 0.0022 | 21.1 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)


Figura 60. Medición con 4 equipo – Modem Huawei HG532S, Tp-link TL-WR740N, Adaptador SL3504N y Modem Huawei HG532 - San Juan de Calderón- Quito.

| Battery: | Ext. Power | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbt: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|------------|-------------------|-------------------|---------------|------------------|---------|----------------|
| 30.08.16 | 13:32:09 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 378.2 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.778 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 1.320 V/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 118.4 mV/m | | | |
| Total | | | | 1.377 V/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Noise Suppr.: | Sweep Time: | 2.773 s | Progress: |
| | | | | | Off No. of Runs: | 50 | AVG: |
| | | | | | | 4 | |

Figura 61. Medición a 1m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532 - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| Battery: | Ext. Power | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|------------|-------------------|-------------------|---------------|------------|---|---|
| 30.09.18 | 13:37:18 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 354.0 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.527 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 917.0 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 98.16 mV/m | | | |
| Total | | | | 973.0 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.825 s | Progress: |  |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 68 |
| | | | | AVG: | 4 |  | |

Figura 62. Medición a 5 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532 - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

| Battery: |  | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|---|-------------------|-------------------|---------------|------------|---|---|
| 30.09.18 | 13:40:11 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 206.8 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.559 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 556.3 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 92.74 mV/m | | | |
| Total | | | | 598.3 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.753 s | Progress: |  |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 37 |
| | | | | AVG: | 4 |  | |

Figura 63. Medición a 10 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532- Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| Battery: | Ext. Power | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbt: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|------------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|---|
| 30.09.18 | 13:44:11 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 221.4 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.123 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 795.9 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 92.92 mV/m | | | |
| Total | | | | 827.8 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.775 s | Progress: |  |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 57 |
| | | | | AVG: | | 4 |  |

Figura 64. Medición a 15 m de los equipos emisores Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532 - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito.

| Battery: | Ext. Power | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbt: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|------------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|---|
| 30.09.18 | 13:48:46 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 210.3 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.616 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 912.4 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 93.08 mV/m | | | |
| Total | | | | 930.8 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.808 s | Progress: |  |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 60 |
| | | | | AVG: | | 4 |  |

Figura 65. Medición a 20 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Hg532S, router Inalámbrico Tp-Link, Adaptador SL3504N y segundo Modem Inalámbrico Hg532 - Equipo Narda SRM3600 - San Juan de Calderón – Quito

3.1.6.1 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 4 equipos.

Utilizando la aplicación software WiFi Analyzer, se monitorea la ocupación de la Banda WiFi y se puede observar (Figura 66) que la banda está ocupada por 4 señales WiFi, 2 en el canal 8 (2437MHz – 2457MHz) y 1 en el canal 2 (2407MHz - 2427MHz) y 1 en el canal 11 (2452MHz – 2472MHz) en toda la banda WiFi (2401MHz – hasta 2473MHz) con una potencia de -85 dBm para la señal “Fa lulú”, de -90 dBm para la señal “Equipo1”, de -55 dBm para la señal prueba 1 y de -92 dBm para la señal “Equipo 2”.

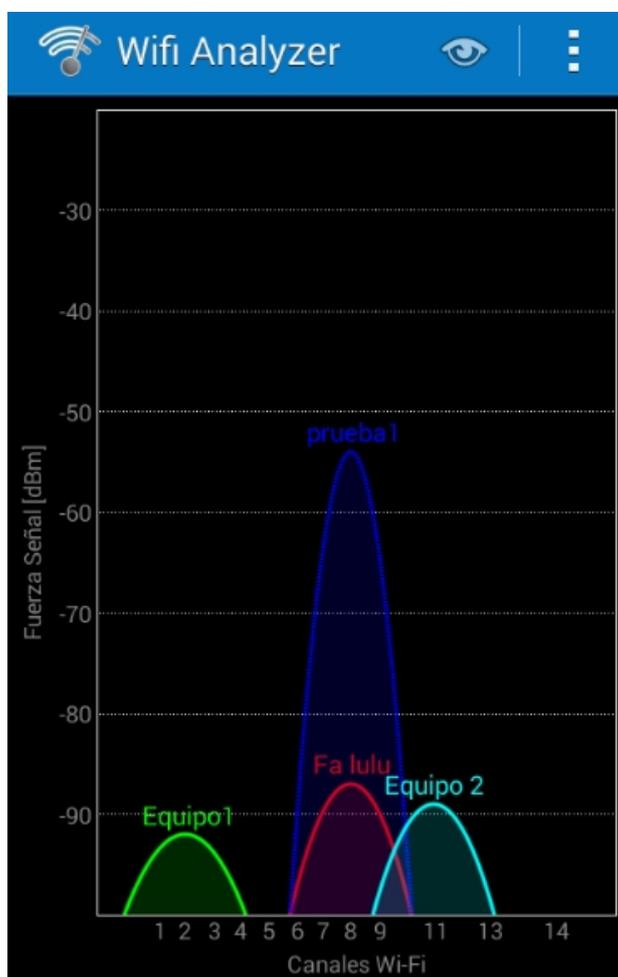


Figura 66. Ocupación del Canal en la Banda WiFi – 4 Equipos HG532S, Tp-Link, adaptador SL3504N Software WiFi Analyzer – San Juan de Calderón-Quito.

3.1.6.2 Gráfica de Ocupación del Espectro.

Utilizando el analizador de espectros ANRITSU MS2724B se monitorea la ocupación de la Banda WiFi (2401 MHz – hasta 2473 MHz) y se puede observar (figura 67) que existen señales WiFi detectadas, entre las frecuencias 2408 MHz a 2425 MHz, 2438 MHz a 2458 MHz y 2458 MHz a 2468 MHz en toda la banda WiFi (2401MHz – hasta 2473MHz).

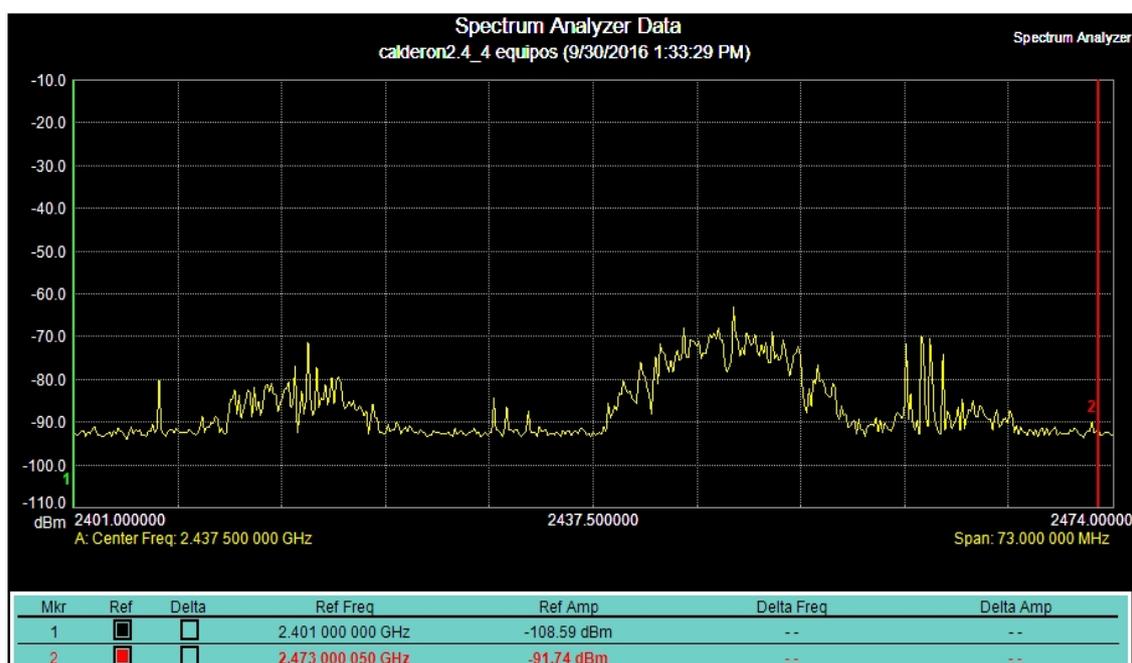


Figura 67. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 4 equipos – Analizador de espectros Anritsu MS2724B -San Juan de Calderón-Quito.

Si observamos la captura de pantalla de la ocupación de canales con la aplicación software analyzer y las obtenidas con el analizador de espectro ANRITSU MS2724B podemos observar que la ocupación del espectro coincide. El piso de ruido del espectro radioeléctrico detectado en la Banda WiFi es de -92 dBm.

3.2 Mediciones Universidad de las Américas.

3.2.1 Descripción.

En la Universidad de las Américas sede los granados (Figura 68), Distrito Metropolitano de Quito, se realizó la medición de Emisión Electromagnética, este ambiente es interesante puesto tiene una gran concurrencia de estudiantes que constantemente están conectados a las redes WiFi que dispone la universidad.

Al desconocer la ubicación exacta de los Access Point que dispone la Universidad en el campus Granados sobretodo en la Biblioteca Central, se realizan varias mediciones permitiendo determinar el lugar de mayor concentración de señales WiFi, dentro del formulario se presentan las mediciones de RNI realizadas señalando el promedio de ellas y mostrada en la figura 69 cuya medición fue realizada con el equipo NARDA SRM 3600.



Figura 68. Universidad de las Américas- Campus Granados -Quito

Tabla 18.

Formulario de mediciones RNI – Universidad de las Américas.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Fecha: | 13 de octubre del 2016 | | | | | |
| Lugar: | Universidad de las Américas. | | | | | |
| Ubicación del sitio: | Sede Granados - Av. Granados y Colimes | | | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | | |
| Pichincha | Quito | Av. Granados y Colimes | 0°10'05.66" S | 78°28'22.61" W | | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (° C) | 21 | | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | | |
| Banda Inicial: 2401 MHz Banda Final: 2473 MHz | 50 | | 10 | | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | | |
| Sitio de medición | N° de medición | Rango Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (°C) |
| Biblioteca Central | 1 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1392 | 0.03692 | 5.139 E -05 | 21 |
| Biblioteca Central | 2 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1591 | 0.04220 | 6.7143E-05 | 21 |
| Biblioteca Central | 3 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1692 | 0.04488 | 7.5938E-05 | 21 |
| Biblioteca Central | 4 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1298 | 0.03443 | 4.469E-05 | 21 |
| Biblioteca Central | 5 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1391 | 0.03689 | 5.1323E-05 | 21 |
| Biblioteca Central | 6 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1052 | 0.02790 | 2.9356E-05 | 21 |
| Biblioteca Central | 7 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1801 | 0.04772 | 8.6037E-05 | 21 |
| Biblioteca Central | 8 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1392 | 0.03692 | 5.1397E-05 | 21 |
| Biblioteca Central | 9 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.0990 | 0.02626 | 2.5997E-05 | 21 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| | | | | | | |
|--------------------|----|--------------------|--------|---------|------------|----|
| Biblioteca Central | 10 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.1324 | 0.03512 | 4.6498E-05 | 21 |
|--------------------|----|--------------------|--------|---------|------------|----|

FOTOS:



Figura 69. Medición Biblioteca UDLA - Campus Granados.

Battery: GPS: --- Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WLAN- ECUAD...
 13.10.18 09:37:59 --- Cable: --- Stnd: FCC GP

Table View: Detailed

| Index | Service | Fmin | Fmax | Max |
|-------|---------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 637.3 mV/m |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.204 mV/m |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 139.2 mV/m |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 87.56 mV/m |
| Total | | | | 644.0 mV/m |

Isotropic

Safety Evaluation

MR: 3.2 V/m RBW: 200 kHz (Auto) Sweep Time: 2.770 s Progress:
 Noise Suppr.: Off No. of Runs: 124
 AVG: 4

Figura 70. Medición promedio de RNI -- Equipo Narda SRM3600 -- Universidad de las Américas -- Quito

3.2.1.1 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con varios equipos UDLA.

Se toman muestras en varios días de horas clase (8h00 – 20h00) de la ocupación del canal en la banda WiFi mediante el Software WiFi Analyzer.

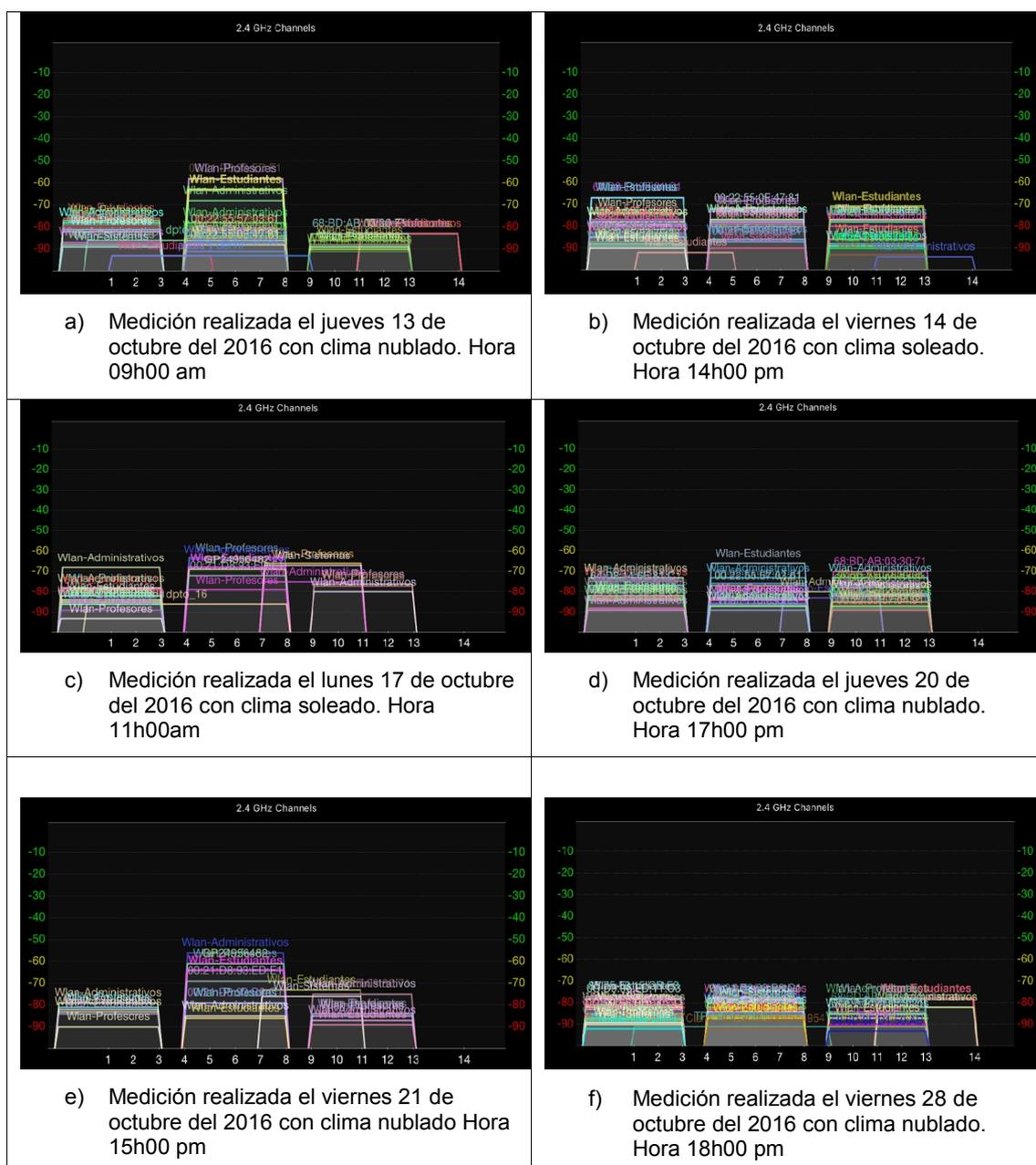


Figura 71. Gráficas de ocupación del espectro medidas en varios días – Software WiFi Analyzer – Universidad de las Américas-Quito.

3.2.1.2 Gráfica de Ocupación del Espectro.

Se puede observar en la figura 72 que el espectro electromagnético está ocupado en de toda la banda WiFi (2401 MHz – 2473MHz) con una potencia promedio de -50 dBm aproximadamente. El piso de ruido detectado en este sitio es de -80 dBm.

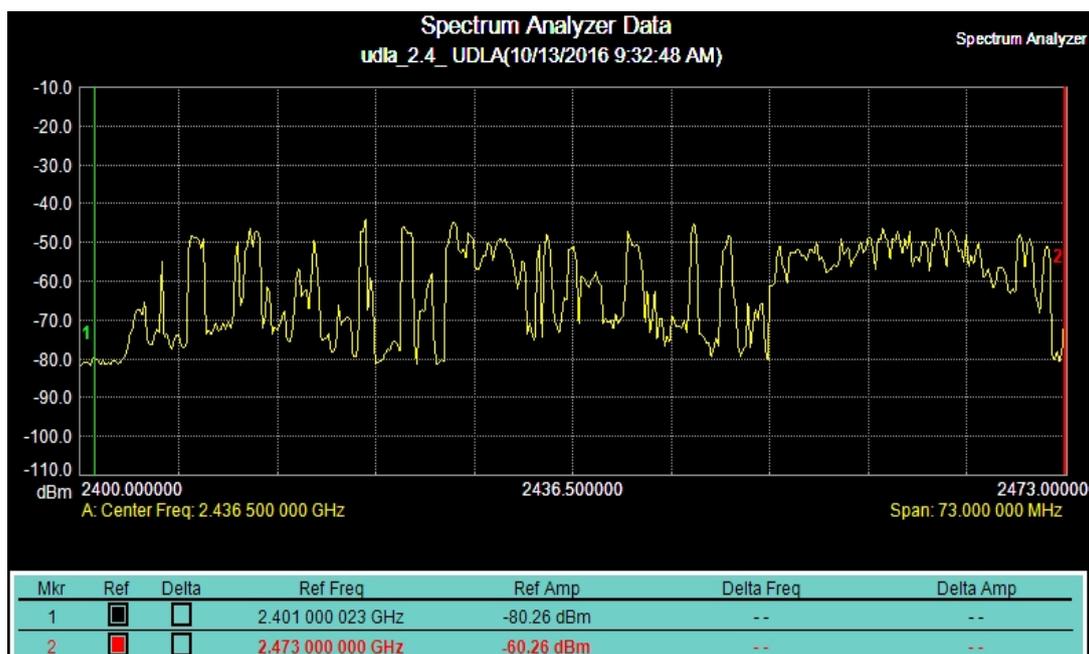


Figura 72. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B - Universidad de las Américas.

Si observamos las capturas de pantalla de la ocupación de canales tomadas con la aplicación software analyzer en distintos días de clase y la obtenida con el analizador de espectro ANRITSU MS2724B podemos observar que la ocupación del espectro coincide.

3.3 Mediciones Quicentro Sur.

En el centro comercial Quicentro Sur ubicado en Guajalo (Figura 73 y 74), Distrito Metropolitano de Quito, se realiza una verificación del comportamiento de las señales WiFi durante varios días de la semana llegando a determinar que el lugar donde se concentra la mayor cantidad de señales WiFi es en el patio de comidas del centro comercial, todo esto se realizó mediante el Software WiFi Analyzer y a la vez realizando las mediciones de RNI con el equipo NARDA 3600 para luego de ello determinar el promedio de la emisiones y poder presentarlo en una captura de pantalla dentro informe. (Tabla 19).



Figura 73. Quicentro Sur Quito



Figura 74. Patio de Comidas Quicentro Sur – Quito.

Tabla 19.

Formulario de mediciones RNI – Quicentro Sur.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | | |
|---|--|---------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Fecha: | 13 de octubre del 2016 | | | | | |
| Lugar: | Quicentro Sur | | | | | |
| Ubicación del sitio: | Av. Morán Valverde y Tnte. Hugo Ortiz. | | | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | | |
| Pichincha | Quito | Av. Morán Valverde y Tnte. Hugo Ortiz | 0°17'07.0" S | 78°32'35" W | | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (° C) | 17 | | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | |
| Banda Inicial: 2401 MHz Banda Final: 2473 MHz | | 50 | | 10 | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | | |
| Sitio de medición (m) | N° de medición | Rango Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (°C) |
| Patio de Comidas | 1 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.516 | 0.1369 | 0.00071 | 17.0 |
| Patio de Comidas | 2 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.523 | 0.1387 | 0.00072 | 17.0 |
| Patio de Comidas | 3 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.487 | 0.1291 | 0.00063 | 17.0 |
| Patio de Comidas | 4 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.550 | 0.1459 | 0.00080 | 17.0 |
| Patio de Comidas | 5 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.500 | 0.1326 | 0.00066 | 17.0 |
| Patio de Comidas | 6 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.516 | 0.1369 | 0.00071 | 17.0 |
| Patio de Comidas | 7 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.465 | 0.1233 | 0.00057 | 17.0 |
| Patio de Comidas | 8 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.542 | 0.1434 | 0.00078 | 17.0 |
| Patio de Comidas | 9 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.523 | 0.1387 | 0.00073 | 17.0 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| | | | | | | |
|------------------|----|-------------------|-------|--------|---------|------|
| Patio de Comidas | 10 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.538 | 0.1427 | 0.00077 | 17.0 |
|------------------|----|-------------------|-------|--------|---------|------|

FOTOS:


Figura 75. Medición Patio de Comidas Quicentro Sur- Quito

| Battery: 13.10.18 | GPS: 10:40:00 | Ant: 3AX 27M-3G | SrvTbl: WLAN- ECUAD... | |
|----------------------|---------------|---------------------|------------------------|------------------|
| | | Cable: | Std: FCC GP | |
| Table View: Detailed | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 1.046 V/m |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 5.158 mV/m |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 516.2 mV/m |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 85.64 mV/m |
| Total | | | | 1.081 V/m |
| Isotropic | | | | |
| Safety Evaluation | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: 200 kHz (Auto) | Sweep Time: 2.814 s | Progress: |
| | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: 179 |
| | | | AVG: 4 | |

Figura 76. Medición promedio de RNI — Equipo Narda SRM3600 – Universidad de las Américas – Quito

3.3.1.1 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi Quicentro Sur.

Se toman muestras en varios días del mes (10h00 – 20h00) de la ocupación del canal en la banda WiFi mediante el Software WiFi Analyzer.

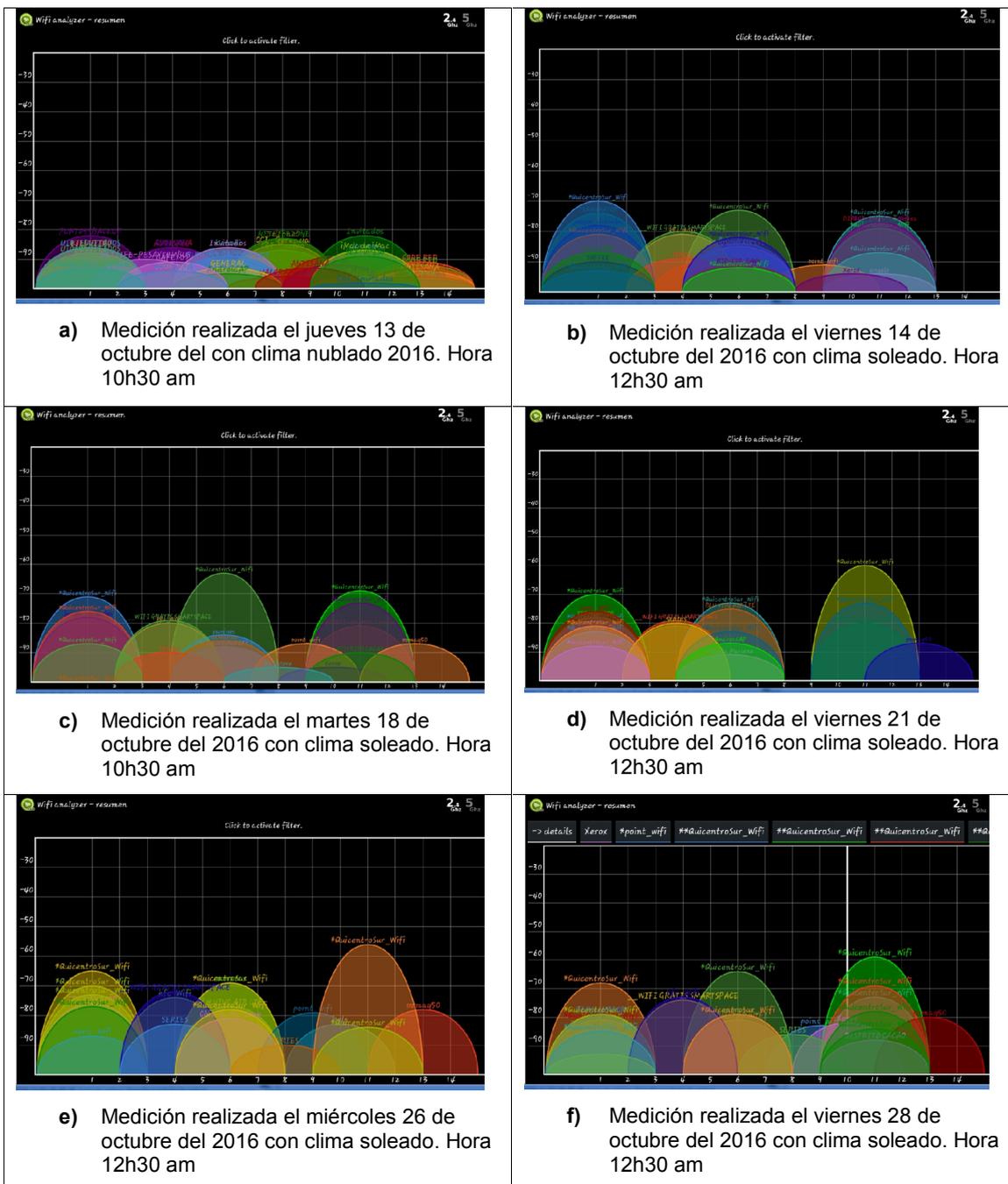


Figura 77. Gráficas de ocupación del espectro medidas en varios días – Software WiFi Analyzer – Quicentro Sur - Quito.

3.3.1.2 Gráfica de Ocupación del Espectro Quicentro Sur.

Se puede observar en la figura 78 que el espectro electromagnético está ocupado en de toda la banda WiFi (2401 MHz – 2473MHz) con una potencia promedio de -50 dBm aproximadamente. El piso de ruido detectado en el sector es de -78 dBm.

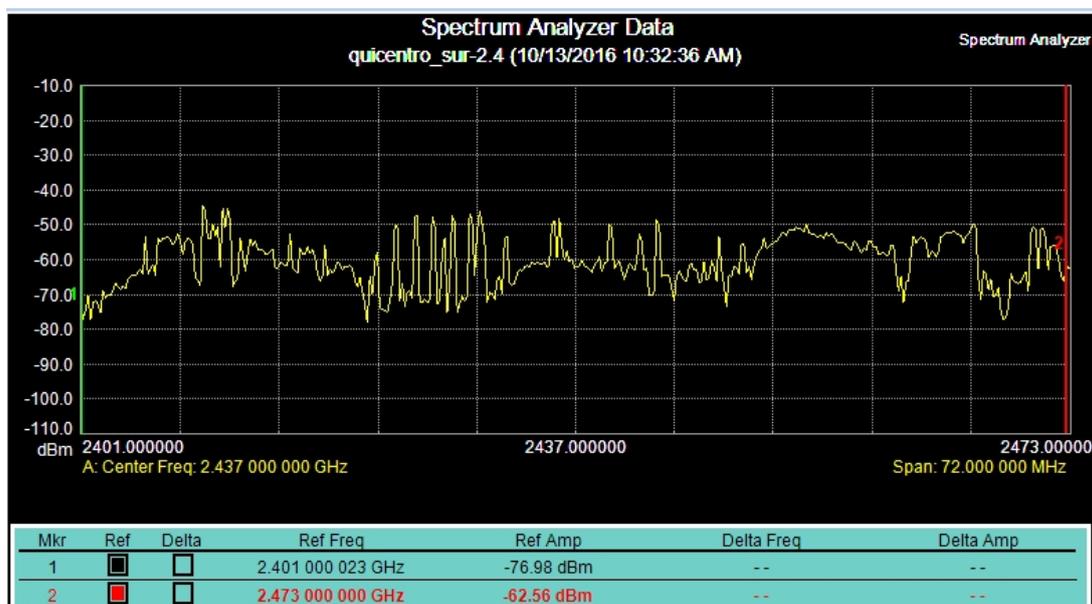


Figura 78. Medición del Espectro de señal en la Banda WiFi – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B - Quicentro Sur –Quito.

Al observar las capturas de pantalla de la ocupación de canales tomadas con la aplicación software analyzer en diferentes días y la obtenida con el analizador de espectro ANRITSU MS2724B podemos observar que la ocupación del espectro coincide.

3.4 Mediciones Centro Comercial Iñaquito (CCI)

3.4.1 Descripción.

En el Centro Comercial Iñaquito (CCI) ubicado en el sector Iñaquito (Figura 79 y 80), Distrito Metropolitano de Quito, se realizan las mediciones de Emisión Electromagnética a las afueras del lugar puesto es una zona estratégica que concentra varias señales WiFi debido a estar rodeada por varias oficinas, este ambiente es considerado como zona comercial donde varias personas circulan diariamente, dentro del formulario se presentan las mediciones de RNI realizadas señalando el promedio de ellas y mostrada en la figura 84 cuya medición fue realizada con el equipos NARDA SRM 3600.



Figura 79. Alrededores Centro- Comercial Iñaquito.



Figura 80. Afueras Centro Comercial Iñaquito

Tabla 20.

Formulario de mediciones RNI – Centro Comercial Iñaquito.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
| Fecha: | 13 de octubre del 2016 | | | | | |
| Lugar: | Centro Comercial Iñaquito | | | | | |
| Ubicación del sitio: | Av. Amazonas y Naciones Unidas. | | | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | | |
| Pichincha | Quito | Manuel de Jesús Álvarez y Ángel Araujo. | 0°07'44.0" S | 78°30'45" W | | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (°C) | 16 | | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | | Slim OCUPACIONAL (W/m ²) | | Slim POBLACIONAL (W/m ²) | | |
| Banda Inicial:2401 MHz | | 50 | | 10 | | |
| Banda Final:2473 MHz | | | | | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | | |
| Sitio de medición (m) | N° de medición | Rango Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (°C) |
| Acceso al CCI por Av. Amazonas | 1 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.593 | 0.1573 | 0.0009 | 16.0 |
| Acceso al CCI por Av. Amazonas | 2 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.550 | 0.1459 | 0.0008 | 16.0 |
| Acceso al CCI por Av. Amazonas | 3 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.605 | 0.1604 | 0.0009 | 16.0 |
| Acceso al CCI por Av. Amazonas | 4 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.622 | 0.1649 | 0.0010 | 16.0 |
| Acceso al CCI por Av. Amazonas | 5 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.585 | 0.1552 | 0.0009 | 16.0 |
| Acceso al CCI por Av. Amazonas | 6 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.557 | 0.1477 | 0.00082 | 16.0 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| | | | | | | |
|--------------------------------|----|-------------------|-------|--------|--------|------|
| Acceso al CCI por Av. NNU | 7 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.618 | 0.1639 | 0.0010 | 16.0 |
| Acceso al CCI por Av. NNU | 8 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.616 | 0.1634 | 0.0010 | 16.0 |
| Acceso al CCI por Av. NNU | 9 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.591 | 0.1567 | 0.0009 | 16.0 |
| Acceso al CCI por Av. Amazonas | 10 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.593 | 0.1573 | 0.0009 | 16.0 |

FOTOS:



Figura 81. Medición Centro Comercial CCI – Quito.



Figura 82. Medición Av. Amazonas y Naciones Unidas – Quito.

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)



Figura 83. Medición Av. Amazonas y calle Japón – Quito.

Battery: 13.10.16 15:47:18 GPS: --- Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WLAN- ECUAD... --- Cable: --- Stnd: FCC GP

Table View: Detailed

| Index | Service | Fmin | Fmax | Max |
|-------|---------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 1.253 V/m |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 3.876 mV/m |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 593.0 mV/m |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 87.21 mV/m |
| Total | | | | 1.256 V/m |

Isotropic

Safety Evaluation

MR: 3.2 V/m RBW: 200 kHz (Auto) Sweep Time: 2.779 s Progress: Noise Suppr.: Off No. of Runs: 99 AVG: 4

Figura 84, Medición promedio de RNI — Equipo Narda SRM3600 – Centro Comercial Iñaquito – Quito

3.4.1.1 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi.

Se puede observar en la figura 85 que el espectro electromagnético está ocupado en de toda la banda WiFi (2401 MHz – 2473MHz) con una potencia promedio de -47 dBm aproximadamente. El piso de ruido medido en el sector es de -77 dBm.

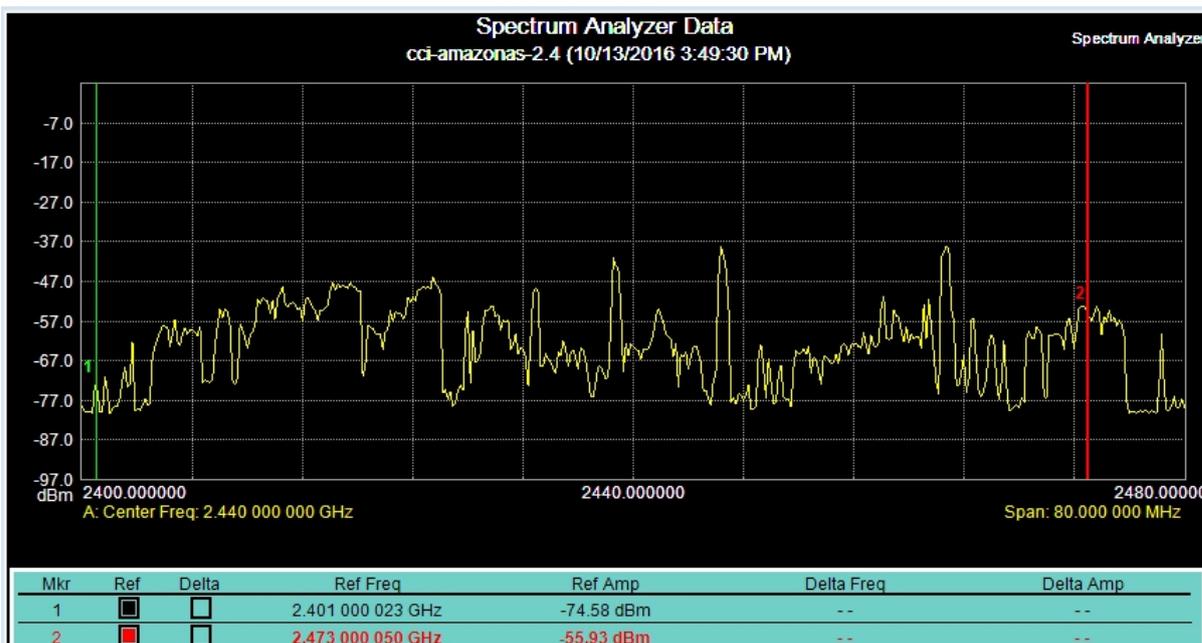


Figura 85. Medición del Espectro de señal en la Banda WiFi – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B - Centro Comercial Iñaquito –Quito

3.4.1.2 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi Centro Comercial Iñaquito.

Se toman muestras de varios días (10h00 – 18h00) de la ocupación del canal en la banda WiFi mediante el Software WiFi Analyzer.

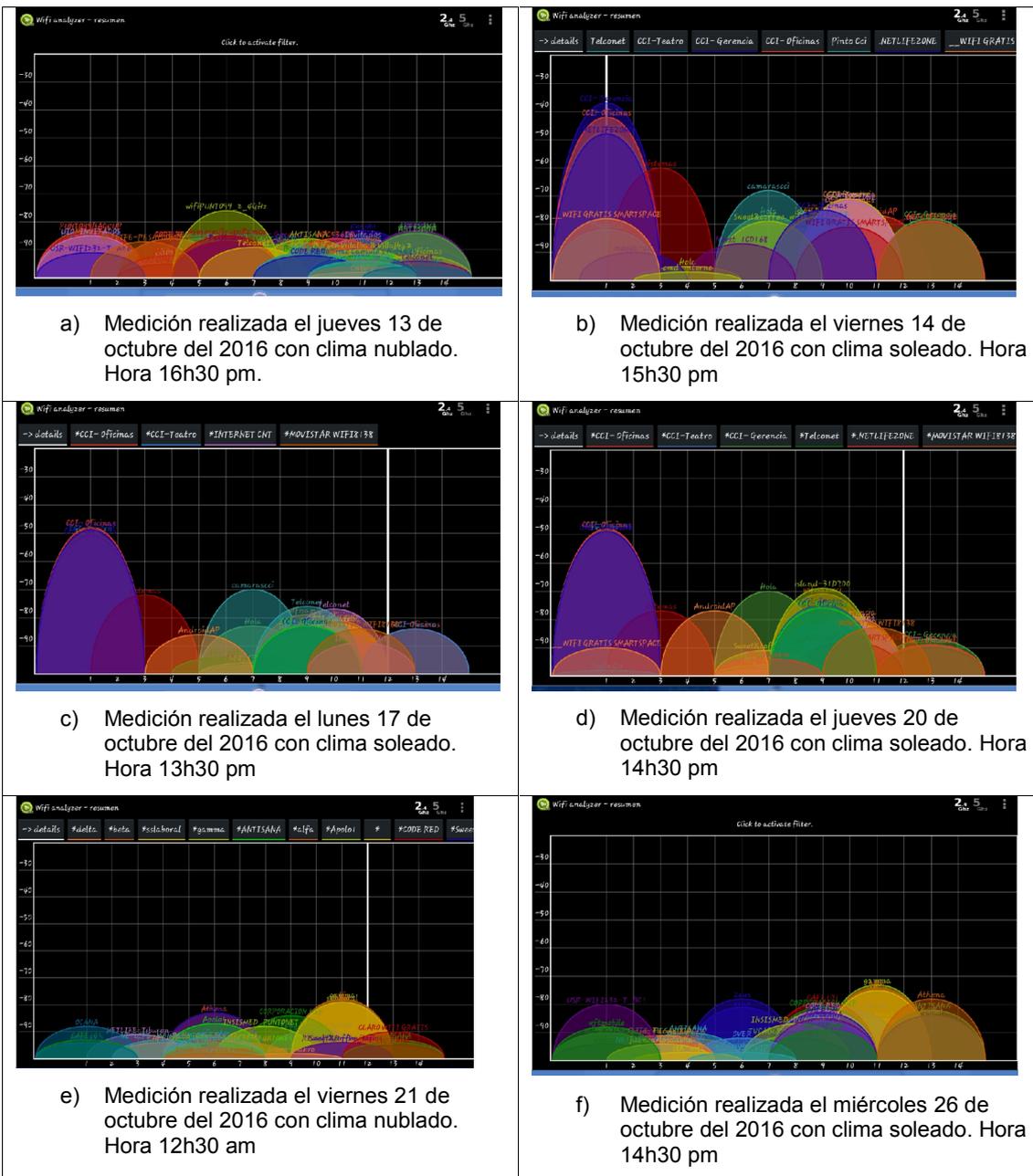


Figura 86. Gráficas de ocupación del espectro medidas en varios días – Software WiFi Analyzer – Quicentro Sur - Quito.

3.5 Mediciones Hogar Sur.

En el hogar Sur ubicado en Guajalo (Figura 87), Distrito Metropolitano de Quito, se realizan mediciones de Emisión Electromagnética, este ambiente es el más cercano a las personas puesto que diariamente están conectados equipos WiFi que emiten emisiones electromagnéticas hacia los miembros de la familia.

Para las estadísticas primero medimos las señales alrededor del domicilio mostrado en la figura 89, donde se muestra que a pesar de no estar encendido ningún equipo dentro del domicilio existen señales WiFi con poca potencia que emiten emisiones como lo mostrado en la figura 88 y 89.



Figura 87. Hogar Sur – Guajalo –Quito

3.5.1.1 Ocupación del espectro en la Banda de WiFi con los equipos apagados en Hogar Sur.

Para determinar si existe emisión electromagnética de otras señales alrededor del domicilio se procedió a medir la ocupación del espectro mediante el analizador de espectros ANRITSU MS2724B, observando de que en el hogar Sur a pesar de estar los equipos apagados existen señales WiFi alrededor (figura 89) que también influirán en las mediciones. El piso de ruido detectado en los exteriores del hogar es de -80 dBm.

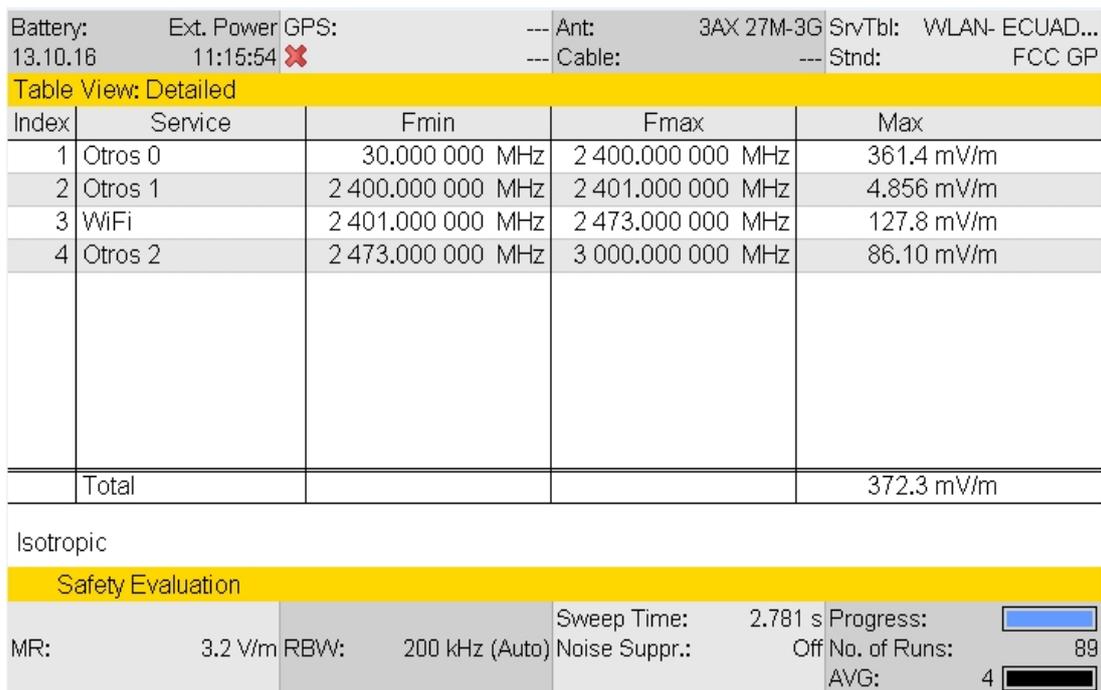


Figura 88. Medición Electromagnética del ambiente sin ningún dispositivo interno encendido - Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur - Guajalo - Quito.

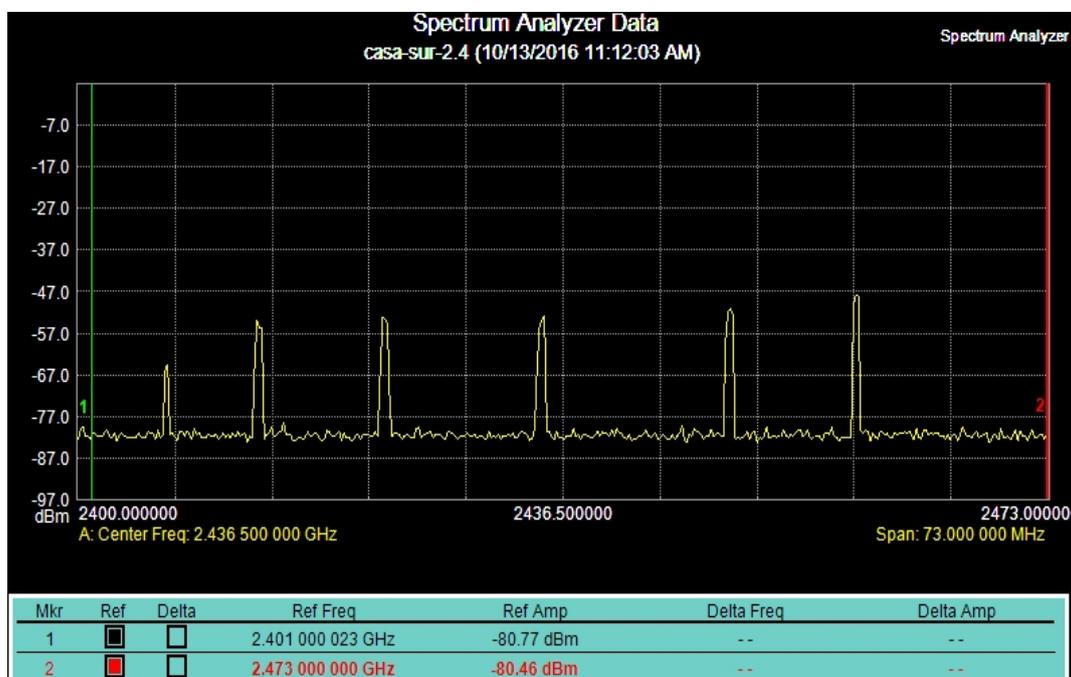


Figura 89. Medición del espectro de señal con los equipos apagados – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Sur – Guajalo – Quito.

3.5.2 Medicion realizada con 5 equipos WiFi

Tabla 21.

Formulario de mediciones RNI – 5 Equipos - Hogar Sur - Guajalo- Quito

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| Fecha: | 13 de octubre del 2016 | | | | |
| Lugar: | Hogar Sur | | | | |
| Ubicación del sitio: | Av. Simón Bolívar y f5 | | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| Pichincha | Quito | Av. Simón Bolívar y F5 | 0°18'13.0" S | 78°32'00" W | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (°C) | 18 | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI). | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | | Slim POBLACIONAL (W/m²) | |
| Banda Inicial:2401 MHz Banda Final:2473 | | 50 | | 10 | |
| Características de los dispositivos a medir. | | | | | |
| Número de Dispositivos | | Nombre de los dispositivos | | Características | |
| 5 | | 2 Modem Huawei HG532S | | Potencia 12 W | |
| | | Tp-link TL-WR740N | | 20dBm-30dBm | |
| | | Repetidor WiFi | | 20dBm | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Rango Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H(A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (°C) |
| 5 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.859 | 0.2278 | 0.002000 | 18.3 |
| 10 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.051 | 0.0135 | 0.000007 | 18.2 |
| 15 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.529 | 0.1403 | 0.000740 | 18.2 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| | | | | | |
|----|-----------------------|-------|--------|----------|------|
| 20 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.035 | 0.0093 | 0.000006 | 18.0 |
|----|-----------------------|-------|--------|----------|------|

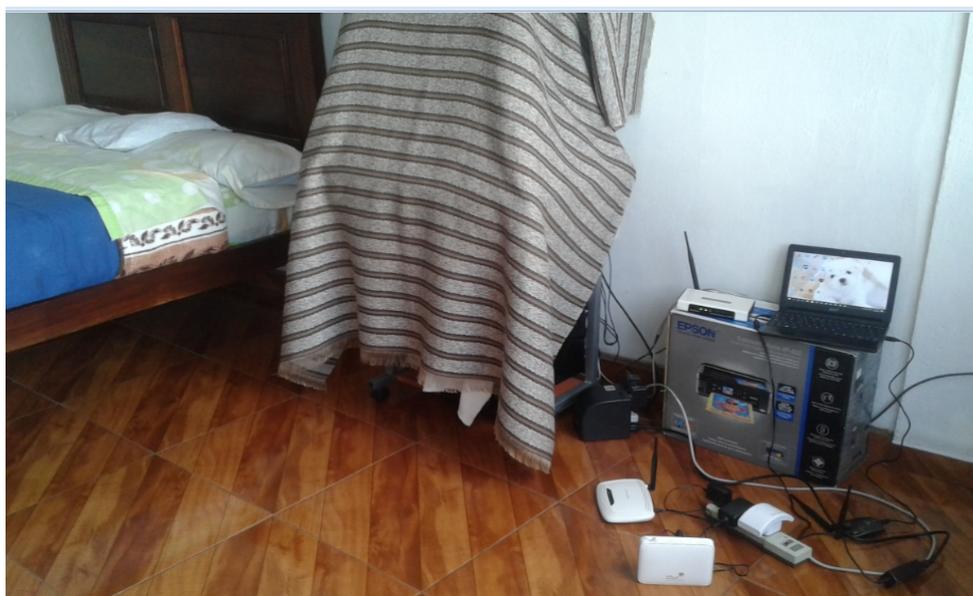


Figura 90. Medición con 5 equipos Hogar Sur -Quito

| Battery: | 13.10.16 | 11:38:19 | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbt: | WLAN- ECUAD... | |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------|---------|--------------|---------|----------------|--------|
| | | | | --- | Cable: | | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 182.2 mV/m | | | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4,531 mV/m | | | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 859.4 mV/m | | | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 88.46 mV/m | | | | | |
| Total | | | | 879.9 mV/m | | | | | |
| Isotropic | | | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.777 s | Progress: | | | |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 51 | | |
| | | | | AVG: | | 4 | | | |

Figura 91. Medición a 5 m de los 5 equipos emisores, 2 Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link y adaptador – Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Quito.

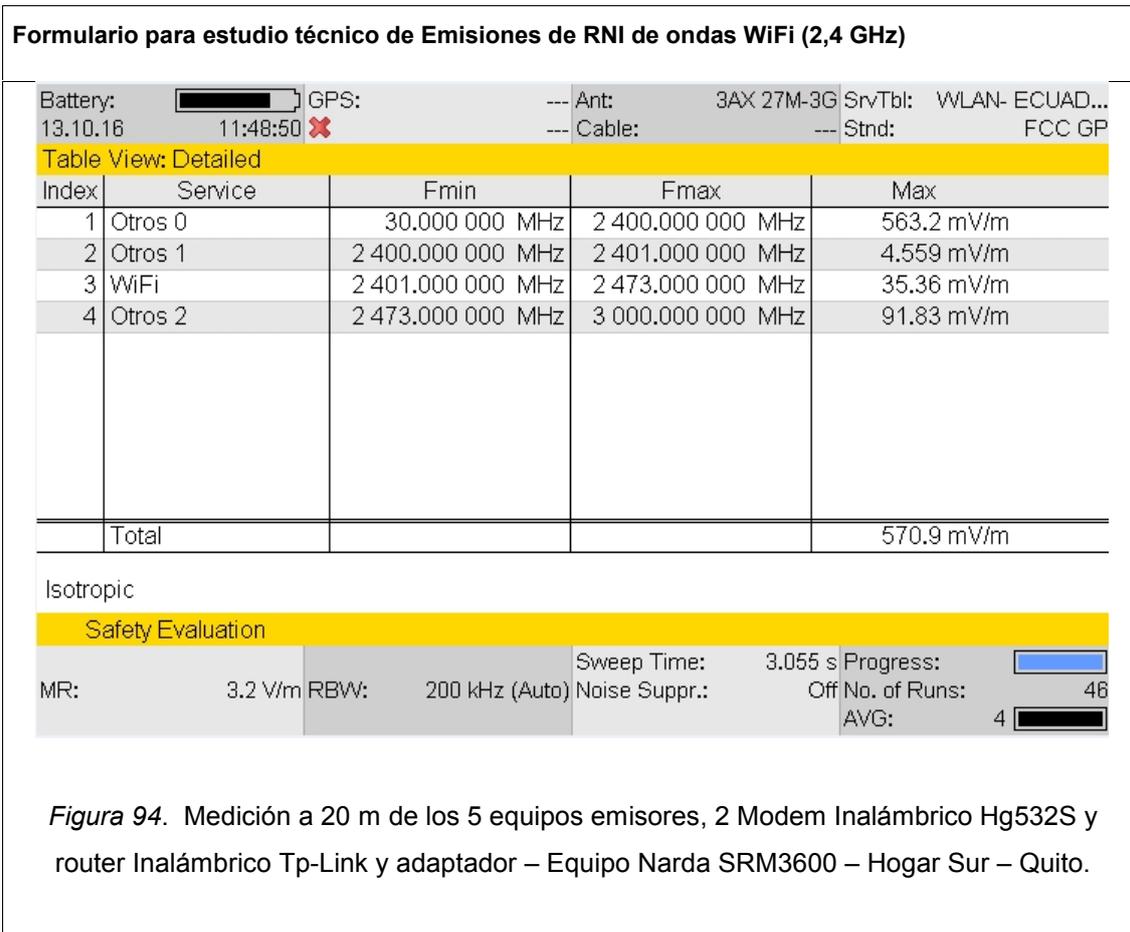
Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| Battery: | | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|----------------|
| 13.10.16 | 11:41:59 | | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 461.3 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.073 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 51.18 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 88.47 mV/m | | | |
| Total | | | | 470.2 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.775 s | Progress: | |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 54 |
| | | | | AVG: | 4 | | |

Figura 92. Medición a 10 m de los 5 equipos emisores, 2 Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link y adaptador – Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Quito.

| Battery: | | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|----------------|
| 13.10.16 | 11:45:24 | | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 278.3 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.060 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 529.0 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 89.32 mV/m | | | |
| Total | | | | 561.3 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.776 s | Progress: | |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 41 |
| | | | | AVG: | 4 | | |

Figura 93. Medición a 15 m de los 5 equipos emisores, 2 Modem Inalámbrico Hg532S y router Inalámbrico Tp-Link y adaptador – Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Quito.



3.5.2.1 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 5 equipos.

Utilizando la aplicación software WiFi Analyzer, se monitorea la ocupación de la Banda WiFi y se puede observar (Figura 95) que la banda está ocupada por señales que están alrededor del domicilio y cuya potencia esta alrededor de los -90dBm y las cuales aparecen y desaparecen constantemente, mientras que en la figura 96 se observa que la banda ya está ocupada con las señales generadas al encender los equipos y se ubican en los canales 8, 11 y 1 sin embargo aún siguen apareciendo las señales espurias.



Figura 95. Ocupación del Canal en la banda WiFi – equipos apagados – Hogar Sur – Guajalo - Quito



Figura 96. Ocupación del Canal en la banda WiFi – 5 equipos – Hogar Sur – Guajalo - Quito – Software WiFi Analyzer

3.5.2.2 Gráfica de Ocupación del Espectro

Si observamos la figura 97 podemos ver la ocupación de la banda WiFi medición generada con el analizador de espectros Anritsu Ms2724B coincide con la figura 96 generada por el Software WiFi Analyzer. El piso de ruido detectado en los interiores del hogar es de -77 dBm.

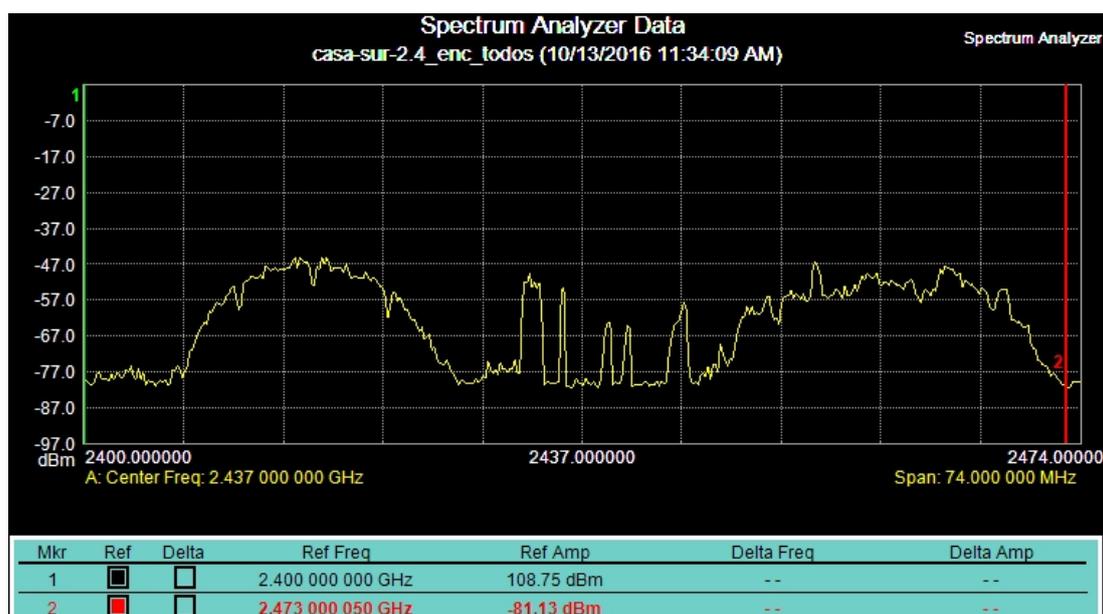


Figura 97. Medición del espectro de señal con 5 equipos – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Sur – Guajalo – Quito.

3.5.3 Medición realizada con 1 equipo WiFi Tp-link.

Tabla 20.

Formulario de mediciones RNI – Hogar Sur

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Fecha: | 13 de octubre del 2016 | | | | |
| Lugar: | Hogar Sur | | | | |
| Ubicación del sitio: | Av. Simón Bolívar y f5 | | | | |
| Provincia | Ciudad/Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| Pichincha | Quito | Av. Simón Bolívar y F5 | 0°18'13.0" S | 78°32'00" W | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (°C) | 18 | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | |
| Banda Inicial:2401 MHz Banda Final:2473 | 50 | | 10 | | |
| Características de los dispositivos a medir | | | | | |
| Número de Dispositivos | Nombre de los dispositivos | | Características | | |
| 1 | Tp-link TL-WR740N | | 20dBm-30dBm | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H(A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (°C) |
| 5 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.884 | 0.2345 | 0.00210 | 18.1 |
| 10 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.065 | 0.0172 | 0.00001 | 18.1 |
| 15 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.562 | 0.1490 | 0.00083 | 18.1 |
| 20 | 2401 MHz-2473 MHz | 1.374 | 0.3645 | 0.00501 | 18.0 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)
FOTOS


Figura 98. Medición 1 equipo Tp-Link - Hogar Sur – Guajalo - Quito

| Battery: | | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|----------------|
| 13.10.18 | 11:58:50 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 210.2 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.217 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 883.8 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 89.95 mV/m | | | |
| Total | | | | 907.6 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 3.053 s | Progress: | |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 30 |
| | | | | AVG: | 4 | | |

Figura 99. Medición a 5 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Tp-Link - Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Guajalo - Quito.

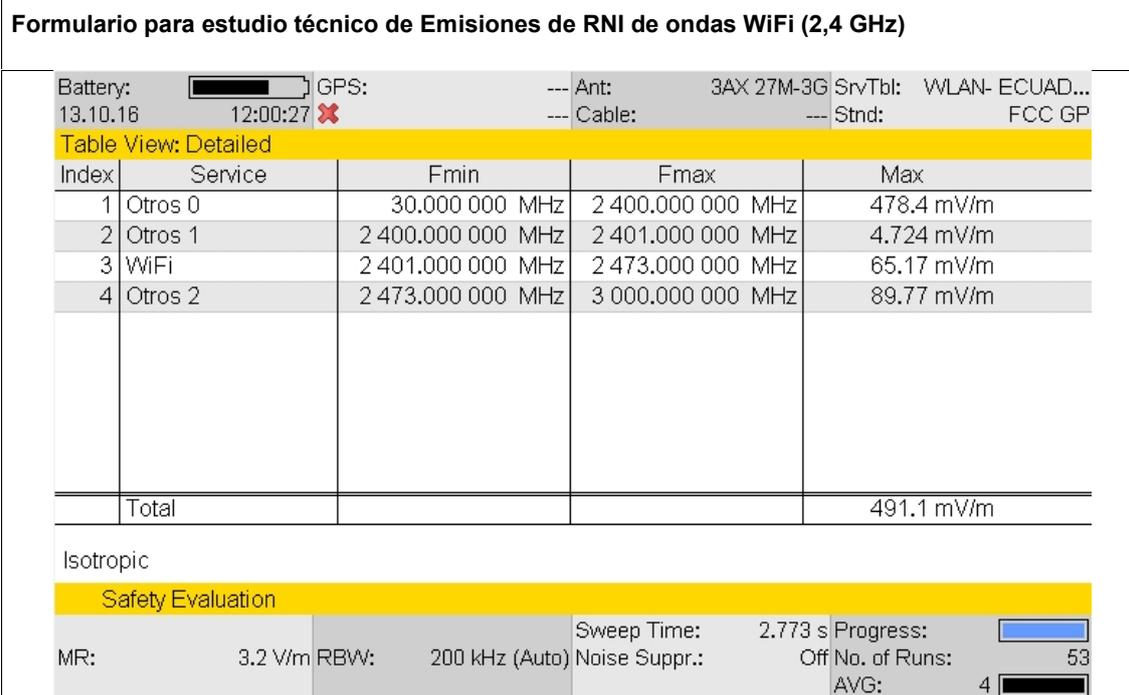


Figura 100. Medición a 10 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Tp - Link Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Guajalo- Quito.

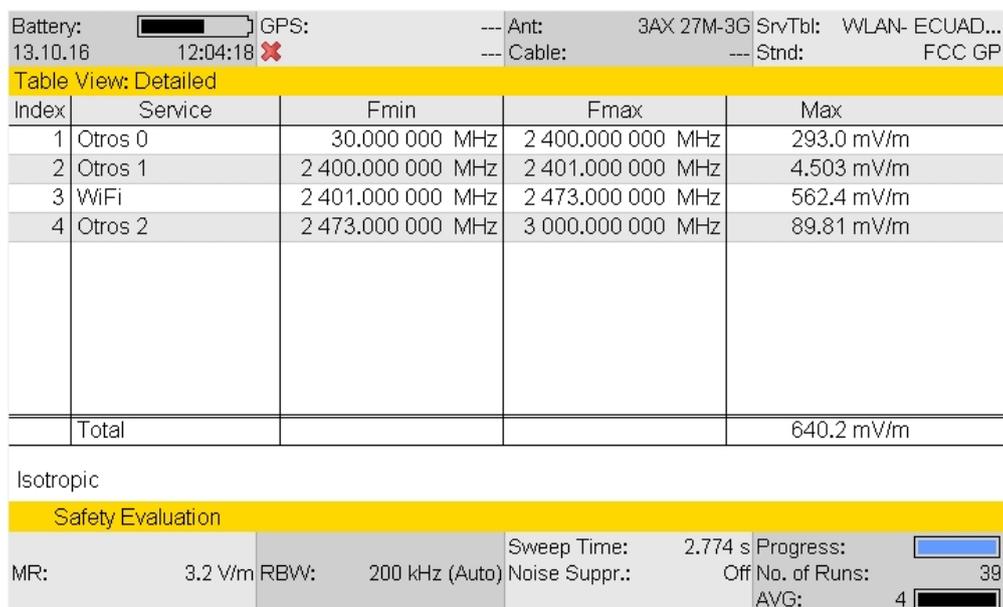
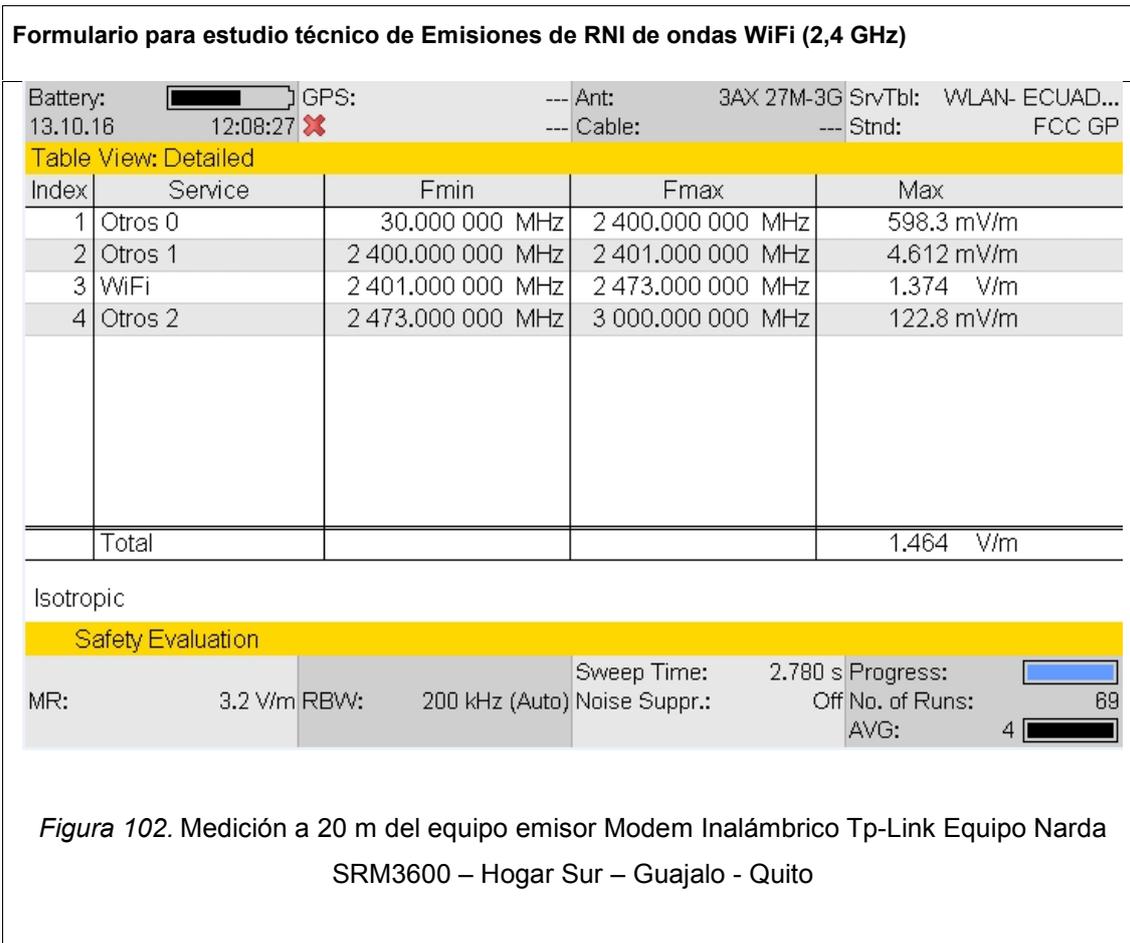


Figura 101. Medición a 15 m del equipo emisor Modem Inalámbrico Tp-Link - Equipo Narda SRM3600 – Hogar Sur – Guajalo - Quito



3.5.3.1 Gráfica de Ocupación del Espectro Hogar Sur.

En las figuras 103 y 104 podemos apreciar a ocupación del espectro con un solo equipos las dos graficas coinciden en cuanto a la ocupación, pero también podemos apreciar que existen señales espurias, que también se verán reflejadas en las mediciones de RNI. El piso de ruido detectado en los interiores del hogar es de -80 dBm.



Figura 103. Ocupación del Canal en la banda WiFi – 1 equipo – Hogar Sur - Software WiFi Analyzer.

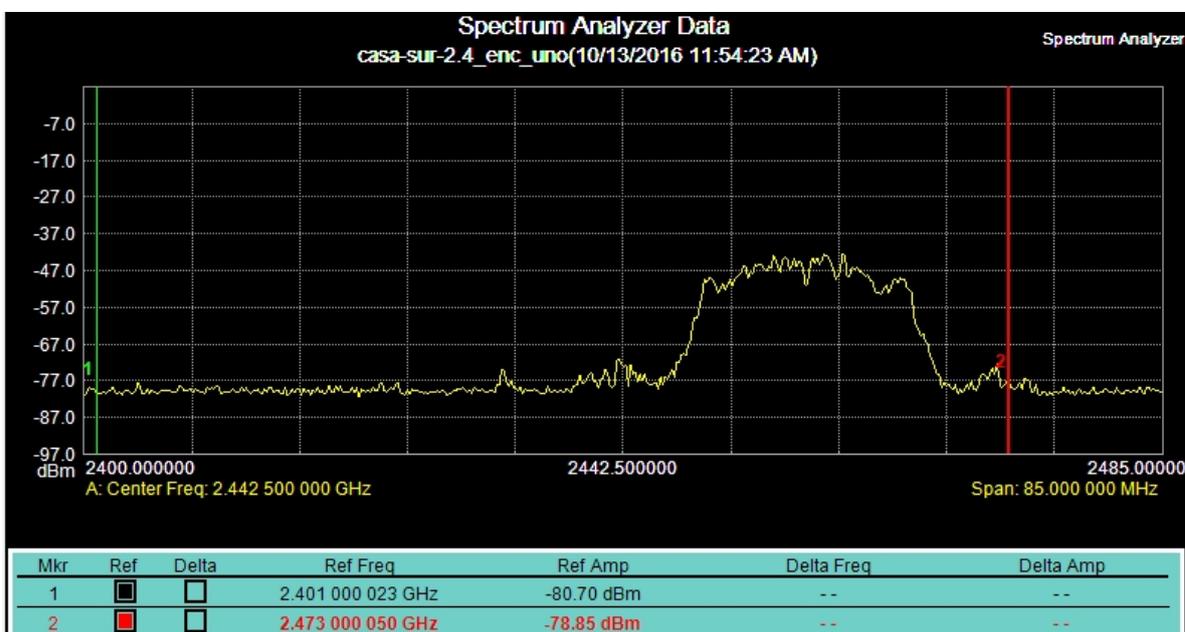


Figura 104. Medición del espectro de señal con 1 equipo – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Sur – Guajalo – Quito.

3.6 Mediciones Hogar Norte

En el hogar Norte ubicado al norte de la ciudad barrio Atucuho (Figura 105 y 106), Distrito Metropolitano de Quito, se realizan mediciones de Emisión Electromagnética, este ambiente permite conocer el nivel de emisión electromagnética al que diariamente las personas están expuestas. De igual forma primero se mide las emisiones que hay alrededor del lugar mostrado en la figura 107.



Figura 105. Hogar Norte – Atucucho – Quito



Figura 106. Vista hacia los exteriores desde el hogar norte – Atucucho- Quito.

3.6.1.1 Ocupación del espectro en la Banda de WiFi con los equipos apagados en Hogar Norte.

Para determinar si existe emisión electromagnética de otras señales alrededor del domicilio, se procedió a medir la ocupación del espectro mediante el analizador de espectros ANRITSU MS2724B mostrado en la figura 107, observando que a pesar de estar los equipos apagados existe señales WiFi alrededor que también influirán en las mediciones. El piso de ruido detectado en los exteriores del hogar es de -80 dBm.

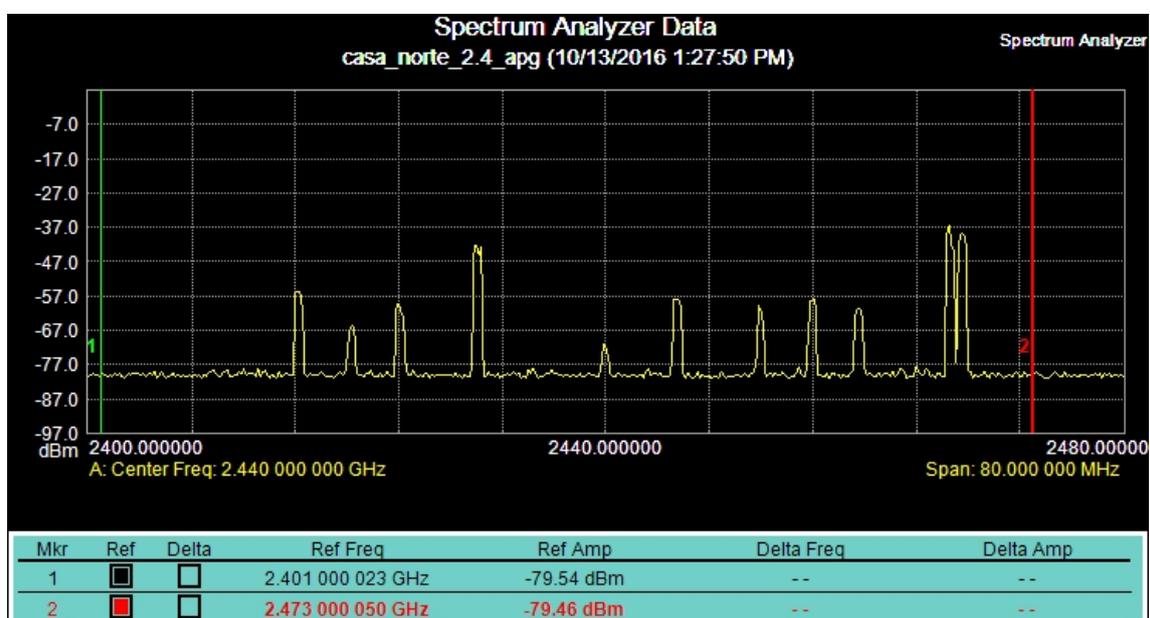


Figura 107. Medición del espectro de señal con equipos apagados – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Norte – Quito.

3.6.2 Medición realizada con 5 equipos WiFi,

Tabla 21.

Formulario de mediciones RNI – Hogar Norte con 5 Equipos.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|---|--|---|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Fecha: | 13 de octubre del 2016 | | | | |
| Lugar: | Hogar Norte | | | | |
| Ubicación del sitio: | Atucucho Manuel de Jesús Álvarez y Ángel Araujo. | | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| Pichincha | Quito | Manuel de Jesús Álvarez y Ángel Araujo. | 0°07'44.0" S | 78°30'45" W | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (°C) | 16 | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | |
| Banda Inicial:2401 MHz Banda Final:2473 | 50 | | 10 | | |
| Características de los dispositivos a medir | | | | | |
| Número de Dispositivos | Nombre de los dispositivos | | Características | | |
| 5 | 2 Modem Huawei HG532S | | Potencia 12 W | | |
| | Modem TP-Link | | 20dBm-30dBm | | |
| | Adaptador WiFi | | 20dBm | | |
| | Repetidor WiFi | | 20dBm | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Rango Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (°C) |
| 5 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.314 | 0.0833 | 0.00026 | 16.2 |
| 10 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.146 | 0.0387 | 0.00006 | 16.2 |
| 15 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.566 | 0.1501 | 0.00085 | 16 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| | | | | | |
|----|-----------------------|-------|--------|---------|----|
| 20 | 2401 MHz- 2473 MHz | 0.679 | 0.1801 | 0.00122 | 16 |
|----|-----------------------|-------|--------|---------|----|

FOTOS:


Figura 108. Medición con 5 equipos – Hogar Norte- Quito

| Battery: | Ext. Power | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|------------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|---|
| 13.10.18 | 13:39:31 | ✘ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 259.8 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.235 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 313.7 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 95.97 mV/m | | | |
| Total | | | | 407.8 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.780 s | Progress: | <div style="width: 100%; height: 10px; background-color: blue;"></div> |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 67 |
| | | | | AVG: | 4 | | <div style="width: 100%; height: 10px; background-color: black;"></div> |

Figura 109. Medición a 5 m de los 5 equipos emisores Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito

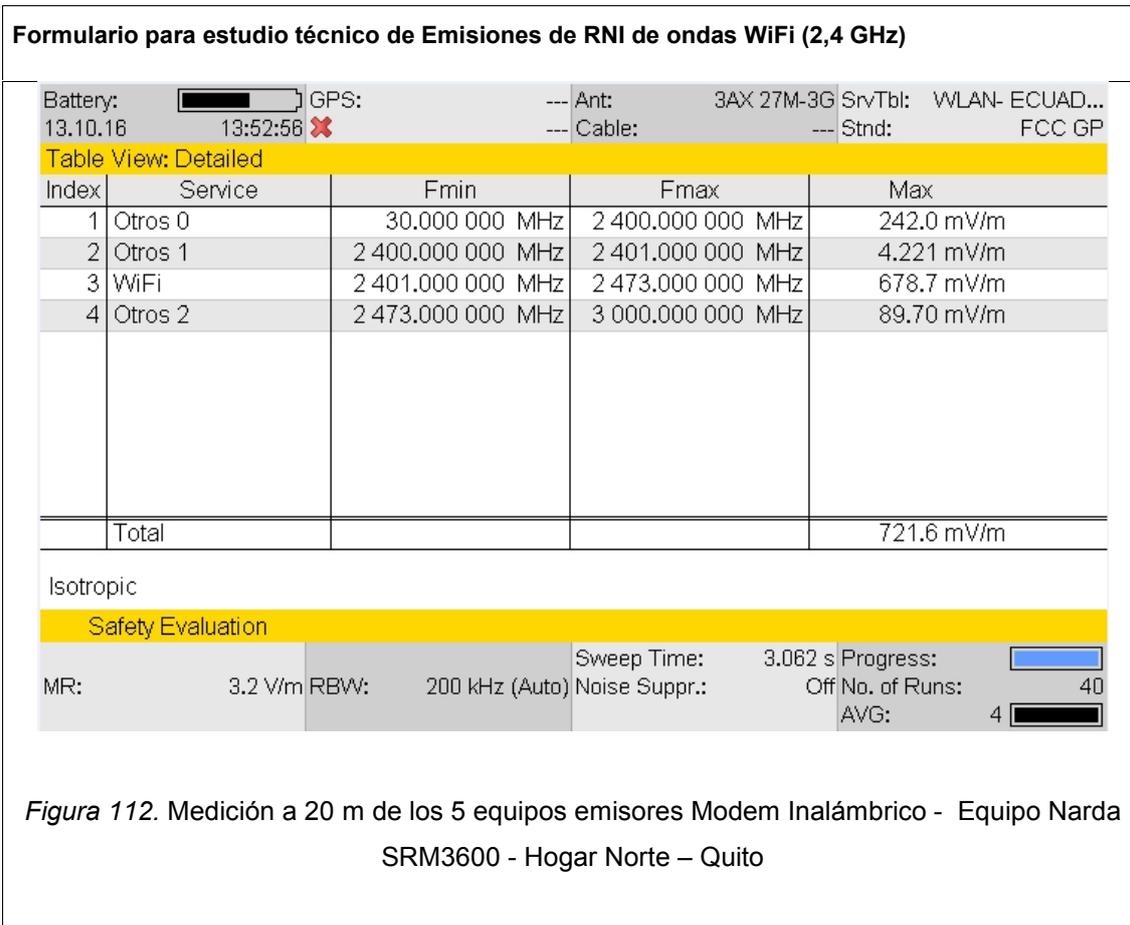
Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

| Battery: | | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|----------------|
| 13.10.16 | 13:43:13 | | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 254.1 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 3.951 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 145.8 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 89.06 mV/m | | | |
| Total | | | | 290.3 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 3.059 s | Progress: | |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 46 |
| | | | | AVG: | 4 | | |

Figura 110. Medición a 10 m de los 5 equipos emisores Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito

| Battery: | | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|----------------|
| 13.10.16 | 13:49:36 | | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GP |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 291.8 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.379 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 565.5 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 89.80 mV/m | | | |
| Total | | | | 621.2 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.782 s | Progress: | |
| | | | | Noise Suppr.: | Off | No. of Runs: | 68 |
| | | | | AVG: | 4 | | |

Figura 111. Medición a 15 m de los 5 equipos emisores Modem Inalámbrico – Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito



3.6.2.1 Gráfica de Ocupación del Espectro

Si observamos la figura 113 podemos ver la ocupación de la banda WiFi medición generada con el analizador de espectros Anritsu MS2724B y que esta coincide con la figura 114 generada por el Software WiFi Analyzer. El piso de ruido detectado en los interiores del hogar es de -80 dBm.

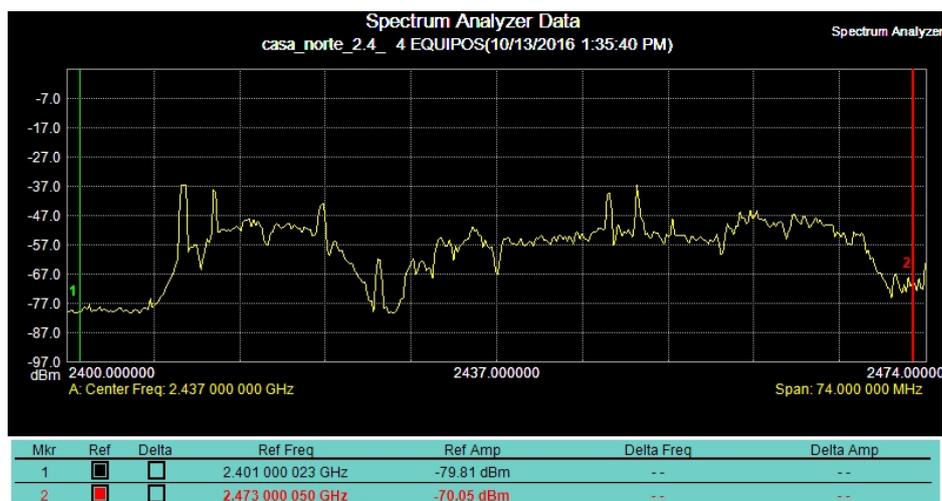


Figura 113. Medición del espectro de señal con 5 equipos – Analizador de Espectros Anritsu MS2724B- Hogar Norte – Atucucho – Quito.

3.6.2.2 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 5 equipos.

Se puede apreciar que la banda está ocupada por 5 señales generadas por los equipos emisores que trabajan en la banda WiFi.

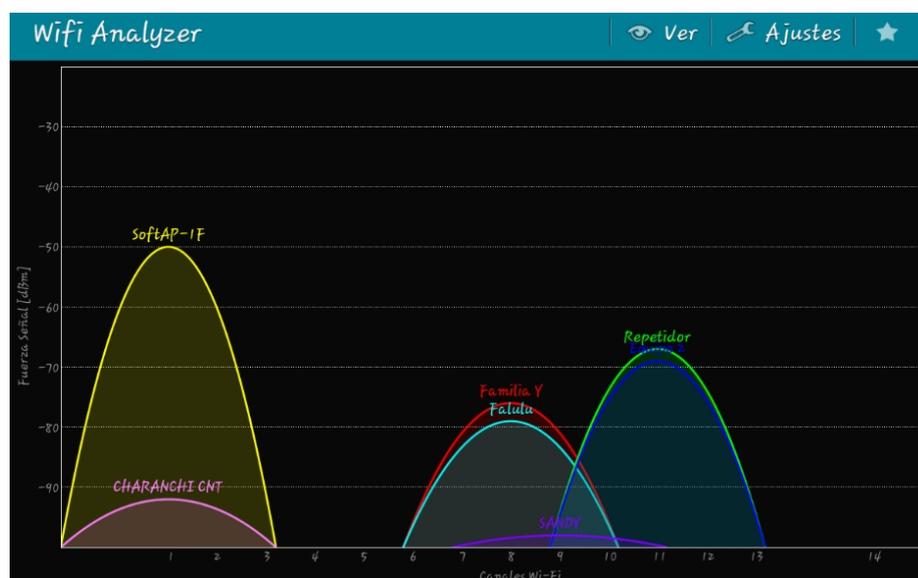


Figura 114. Ocupación del Canal en la banda WiFi – 5 equipos – Hogar Norte

3.6.3 Medición realizada con 1 equipo WiFi.

Tabla 22.

Formulario de mediciones RNI – Hogar Norte con 1 Equipo.

| Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz) | | | | | |
|---|--|---|--|---|-----------------------------------|
| Fecha: | 13 de octubre del 2016 | | | | |
| Lugar: | Hogar Norte | | | | |
| Ubicación del sitio: | Atucucho Manuel de Jesús Álvarez y Ángel Araujo. | | | | |
| Provincia | Ciudad/ Cantón | Localidad | LATITUD | LONGITUD | |
| Pichincha | Quito | Manuel de Jesús Álvarez y Ángel Araujo. | 0°07'44.0" S | 78°30'45" W | |
| Equipo de medición utilizado | Marca | Modelo | Serie | | |
| Medidor de CEM | NARDA | 3600 | G-0016 | | |
| Analizador de espectros | ANRITSU | MS2724B | 1020051 | | |
| Temperatura Inicial Ambiental (°C) | 16 | | | | |
| Límites de exposición de EEM a considerar (referente al reglamento de RNI) | | | | | |
| Banda de frecuencia WiFi | | Slim OCUPACIONAL (W/m²) | Slim POBLACIONAL(W/m²) | | |
| Banda Inicial:2401 MHz Banda Final:2473 | | 50 | 10 | | |
| Características de los dispositivos a medir | | | | | |
| Número de Dispositivos | | Nombre de los dispositivos | Características | | |
| 1 | | Modem Huawei HG532S | Potencia 12 W | | |
| Tabla de Valores Medidos para la Emisión. | | | | | |
| Equipos WiFi: | | | | | |
| Distancia al punto de medición (m) | Rango Frecuencia de operación | Campo Eléctrico E(V/m) | Campo Magnético H (A/m) | Densidad de Potencia (W/m²) | Temperatura ambiental (°C) |
| 5 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.754 | 0.2000 | 0.0015 | 16.2 |
| 10 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.864 | 0.2292 | 0.0019 | 16.3 |
| 15 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.578 | 0.1533 | 0.0088 | 16 |
| 20 | 2401 MHz-2473 MHz | 0.833 | 0.2209 | 0.0018 | 16 |

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)


Figura 115. Medición Equipo para medición sala – Hogar Norte -Quito

| Battery: | | GPS: | --- | Ant: | 3AX 27M-3G | SrvTbl: | WLAN- ECUAD... |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|------------------|------------|-----------|----------------|
| 13.10.18 | 14:00:57 | ✗ | --- | Cable: | --- | Std: | FCC GF |
| Table View: Detailed | | | | | | | |
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max | | | |
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 230.9 mV/m | | | |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.117 mV/m | | | |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 753.6 mV/m | | | |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 89.71 mV/m | | | |
| Total | | | | 786.8 mV/m | | | |
| Isotropic | | | | | | | |
| Safety Evaluation | | | | | | | |
| MR: | 3.2 V/m | RBW: | 200 kHz (Auto) | Sweep Time: | 2.779 s | Progress: | |
| | | | Noise Suppr.: | Off No. of Runs: | 62 | AVG: | 4 |

Figura 116. Medición a 5 m del equipo emisor Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito

Formulario para estudio técnico de Emisiones de RNI de ondas WiFi (2,4 GHz)

Battery:  GPS: --- Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WLAN- ECUAD...
 13.10.18 14:03:24 ✘ --- Cable: --- Stnd: FCC GP

Table View: Detailed

| Index | Service | Fmin | Fmax | Max |
|-------|---------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 352.7 mV/m |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 4.296 mV/m |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 864.3 mV/m |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 89.81 mV/m |
| Total | | | | 894.0 mV/m |

Isotropic

Safety Evaluation

MR: 3.2 V/m RBW: 200 kHz (Auto) Sweep Time: 3.061 s Progress: 
 Noise Suppr.: Off No. of Runs: 30
 AVG: 4 

Figura 117. Medición a 10 m del equipo emisor Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito

Battery:  GPS: --- Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WLAN- ECUAD...
 13.10.18 14:58:27 ✘ --- Cable: --- Stnd: FCC GP

Table View: Detailed

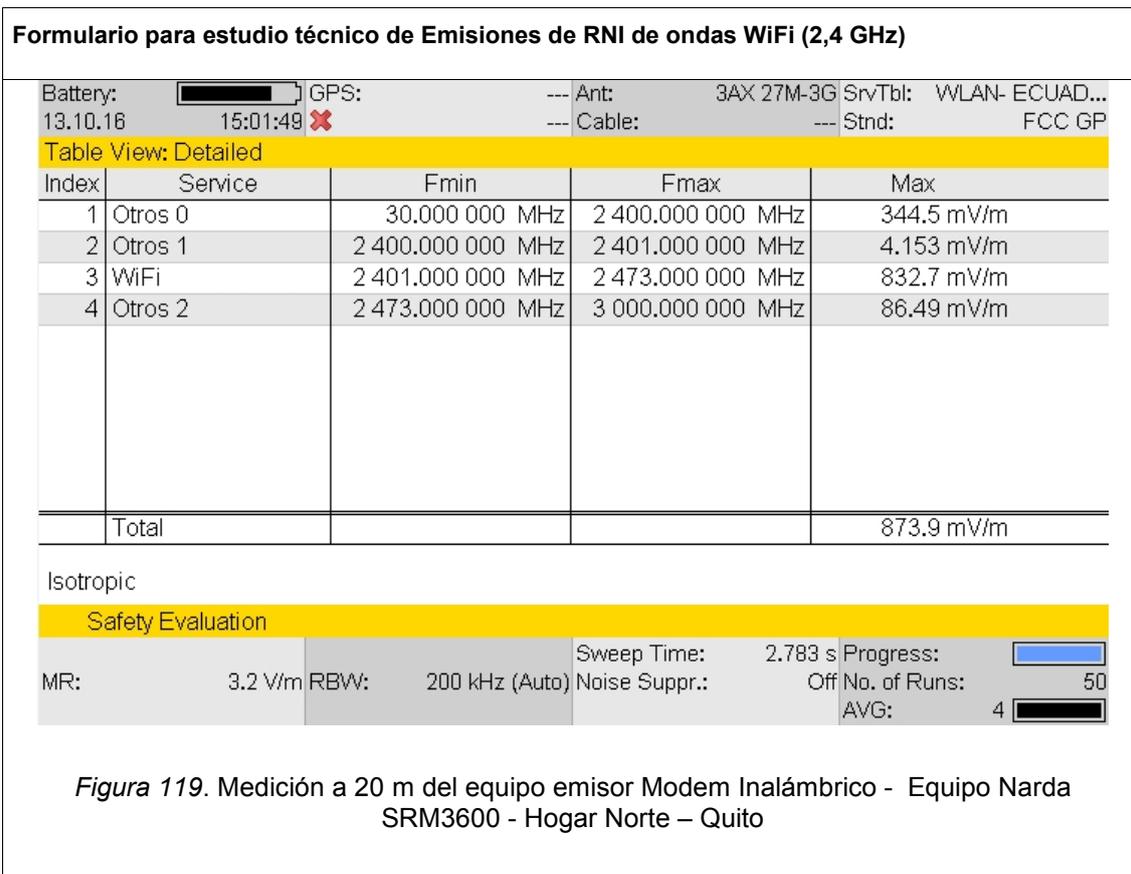
| Index | Service | Fmin | Fmax | Max |
|-------|---------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | Otros 0 | 30.000 000 MHz | 2 400.000 000 MHz | 273.7 mV/m |
| 2 | Otros 1 | 2 400.000 000 MHz | 2 401.000 000 MHz | 3.871 mV/m |
| 3 | WiFi | 2 401.000 000 MHz | 2 473.000 000 MHz | 578.2 mV/m |
| 4 | Otros 2 | 2 473.000 000 MHz | 3 000.000 000 MHz | 86.10 mV/m |
| Total | | | | 641.0 mV/m |

Isotropic

Safety Evaluation

MR: 3.2 V/m RBW: 200 kHz (Auto) Sweep Time: 3.035 s Progress: 
 Noise Suppr.: Off No. of Runs: 48
 AVG: 4 

Figura 118. Medición a 15 m del equipo emisor Modem Inalámbrico - Equipo Narda SRM3600 - Hogar Norte – Quito



3.6.3.1 Ocupación del Canal en la Banda de WiFi con 1 equipos.

Utilizando la aplicación software WiFi Analyzer, se monitorea la ocupación de la Banda WiFi y se puede observar (Figura 120) que la banda está ocupada por el canal 8 (2437MHz – 2457MHz) en toda la banda WiFi (2401 MHz – hasta 2473 MHz) con una potencia de -55dB aproximadamente pero también se detectan señales espurias en el canal 1 (2402MHz – 2422MHz) con una potencia -98 dBm y canal 11 (2452MHz – 2472MHz) con una potencia -98 dBm.



Figura 120. Ocupación del Canal en la banda WiFi – 1 equipos – Hogar Norte

3.6.3.2 Gráfica de Ocupación del Espectro

Utilizando el analizador de espectros ANRITSU MS2724B se monitorea la ocupación de la Banda WiFi (2401 MHz – hasta 2473 MHz) y se puede observar (figura 121) que existe una señal detectada, la primera en la banda de 2437MHz y 2457MHz (Correspondiente al canal 8 de la Banda WiFi). El piso de ruido del espectro radioeléctrico detectado en el sector es de - 80 dBm.

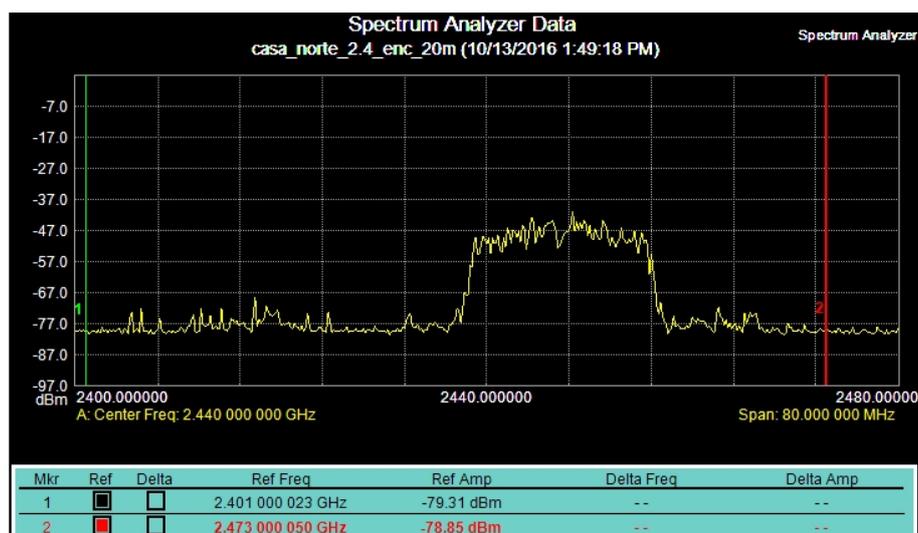


Figura 121. Medición de Espectro de señal en la Banda WiFi 1 equipos – Hogar Norte.

4. CAPÍTULO IV. Análisis de Resultados.

En el siguiente capítulo se realiza el análisis de los datos obtenidos y presentados en la Capítulo 3, correspondiente a las mediciones realizadas a algunos dispositivos que trabajan en la banda de frecuencia de 2.4 GHz (WiFi) en diferentes ambientes de exposición de RNI.

4.1 Análisis de las mediciones Laboratorio – ARCOTEL.

En el Laboratorio ARCOTEL ubicado en San Juan de Calderón se simuló un ambiente ideal sin interferencias de otras señales WiFi, logrando así obtener los valores dados en la tabla 22 y comparados en la figura 122.

Si analizamos la figura 122, en la cual se comparan los valores de densidad de potencia obtenidos al ir añadiendo equipos que trabajan en la banda de frecuencia de 2.4 GHz y a varias distancias del punto medición, se determina que la emisión máxima detectada sucede al estar más cerca del equipo emisor, sin embargo, si comparamos el valor máximo de emisión electromagnética obtenido con el valor límite máximo de emisión establecido por la UIT y por el Reglamento de radiaciones no ionizantes del Ecuador se determina que la densidad de potencia llegó al 0.17% del límite establecido tal y como lo muestra la figura 123.

Tabla 22.

Mediciones Laboratorio-ARCOTEL

| Número de equipos | Densidad de Potencia a diferentes distancias (W/m ²) | | | | |
|-------------------|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1m | 5m | 10 m | 15m | 20m |
| 1 equipo | 0,00213 | 0,00117 | 0,00058 | 0,00029 | 0,00024 |
| 2 equipos | 0,01780 | 0,00014 | 0,00027 | 0,00044 | 0,00084 |
| 3 equipos | 0,00285 | 0,00027 | 0,00173 | 0,00427 | 0,00026 |
| 4 equipos | 0,00460 | 0,00223 | 0,00080 | 0,00160 | 0,00221 |

Nota: Se marca en color amarillo el valor máximo de emisión.

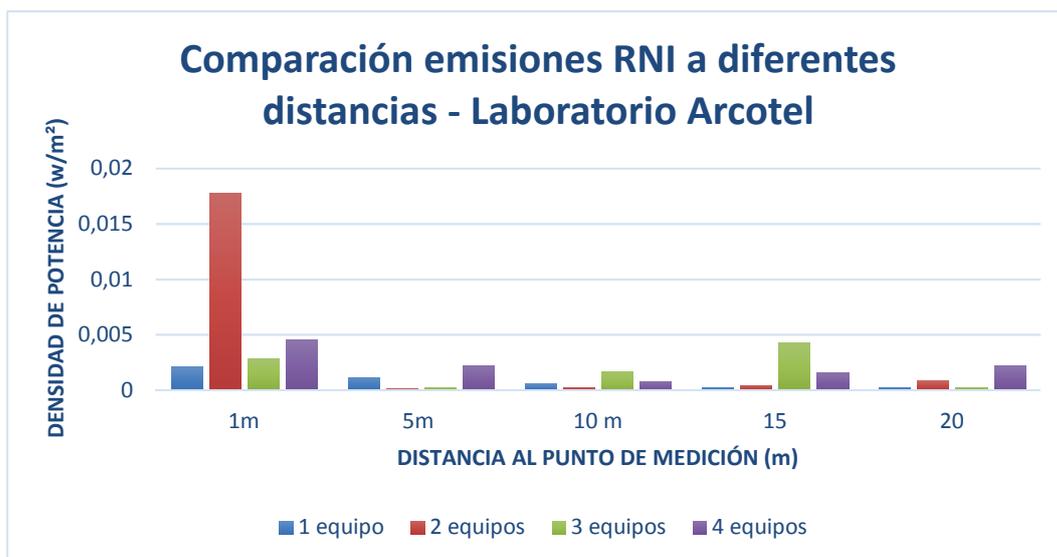


Figura 122. Comparación emisiones RNI a diferentes distancias - Laboratorio Arcotel

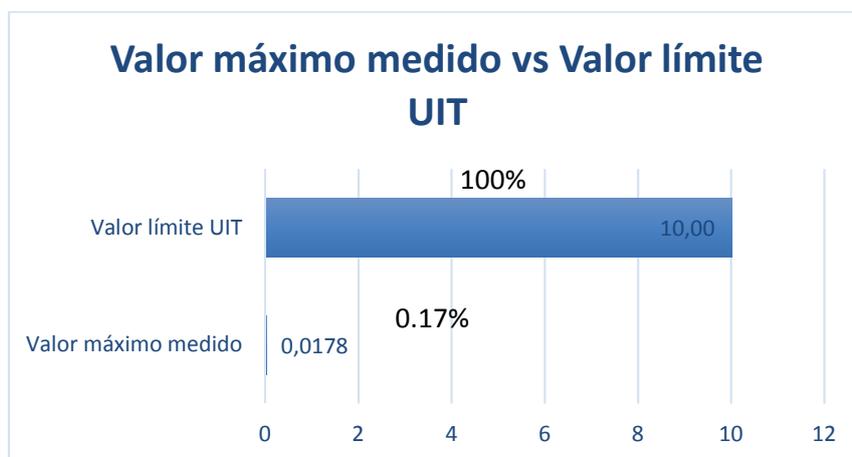


Figura 123. Comparación porcentual entre el valor máximo medido y el valor límite establecido por la recomendación K.52.

El piso de ruido detectado en este sitio donde no hay influencia de emisiones electromagnéticas es de -95 dBm. Otros valores que se consideran en el análisis de las mediciones, de los formularios del capítulo 3, es la temperatura en el sitio de experimentación, la temperatura después de que los equipos son conectados, aumenta en décimas su valor, concluyendo que las emisiones de

los equipos en la banda de 2.4GHz producen un incremento muy bajo de temperatura que según la teoría establecida en el capítulo 1, es compensada por los centros termorreguladores del cuerpo humano.

4.2 Análisis de mediciones en sitios con gran concentración de redes.

Sitios como universidades y centros comerciales concentran una gran afluencia de personas por ende son zonas donde tecnologías como WiFi, deben estar presentes para dar diversos servicios a los usuarios.

Para analizar qué tipo de comportamiento tienen las emisiones a las que están expuestas las personas en este tipo de ambientes, primero debemos fijarnos en la figura 124 y en la tabla 23, donde se comparan las mediciones obtenidas.

Tabla 23.

Valores promedios máximos de emisión en lugares con alta concentración de redes.

| Sitios | Valores medidos | | Valores límite de exposición según la UIT | |
|--------|--|---|--|---|
| | densidad de potencia máximos (W/m ²) | densidad de campo eléctrico máximos (V/m) | densidad de potencia máximos (W/m ²) | densidad de campo eléctrico máximos (V/m) |
| UDLA | 0.00005 | 0.139 | 10 | 62 |
| CCI | 0.00090 | 0.593 | 10 | 62 |
| QSUR | 0.00071 | 0.516 | 10 | 62 |

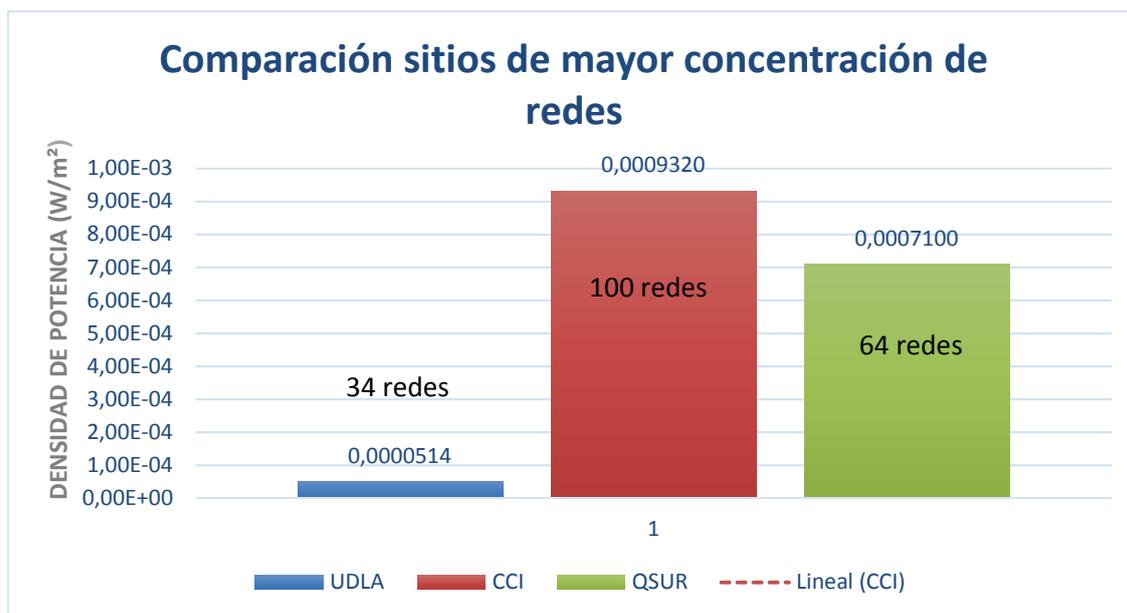


Figura 124. Comparación sitios de mayor concentración de redes

Se puede observar en la figura 124 que los valores máximos obtenidos de densidad de potencia en sitios de mayor concentración de redes se encuentran dentro de los límites recomendados por los organismos de control de las telecomunicaciones. Además, se puede ver claramente que el máximo valor de densidad de potencia se midió en el Centro Comercial Ñaquito con un valor promedio igual a 0.593 V/m^2 , sin que esto tenga que ver con el número de redes detectadas, puesto que si fuera el caso en el Quicentro Sur al haber detectado más redes el valor de la densidad debía aumentar, sin embargo, ésta es menor. Cabe recalcar que estos valores dependen de muchos factores como la potencia de los equipos, el ambiente y la cercanía de los elementos radiantes respecto a la ubicación de la gente. Pero el propósito de esta tesis es evaluar el nivel de emisiones no ionizantes al que está expuesta la ciudadanía en ambientes comunes como las universidades y centros comerciales.

Tomando en cuenta lo anteriormente dicho se concluye que en ambientes de alta concentración de redes las emisiones detectadas no superan ni el 1% del valor límite de emisión electromagnética.

4.3 Análisis de mediciones en hogares.

Para el análisis de las emisiones no ionizantes en hogares de la ciudad de Quito se tomó muestras de dos casas, una ubicada en sur de ciudad (Guajalo) y la otra en el norte (Atucucho), con la idea de poder tener distintos ambientes, pero a la vez lograr compararlos entre sí.

En el hogar ubicado en el sur de la ciudad, cuyas mediciones fueron registradas en los formularios del capítulo 3, se realizan mediciones con 5 equipos para simular la máxima emisión y con 1 equipo que es el ambiente al que generalmente están expuestos los miembros del hogar.

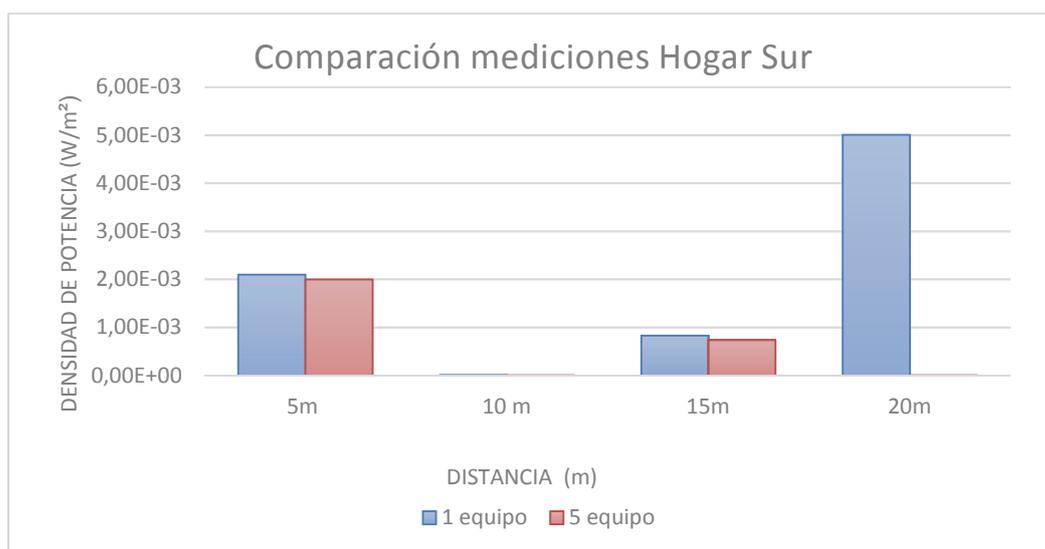


Figura 125. Comparación mediciones Hogar Sur

Como podemos ver en la figura 125 los valores en el domicilio no superan el límite máximo de emisión indicado por los organismos de control de las telecomunicaciones y una vez más podemos comprobar que el valor de la emisión no depende del número de equipos conectados.

Para el hogar ubicado en el norte de la ciudad se realizaron mediciones con 5 y con 1 equipo, también registrado en los formularios del capítulo 2 y así determinar el nivel de emisión.

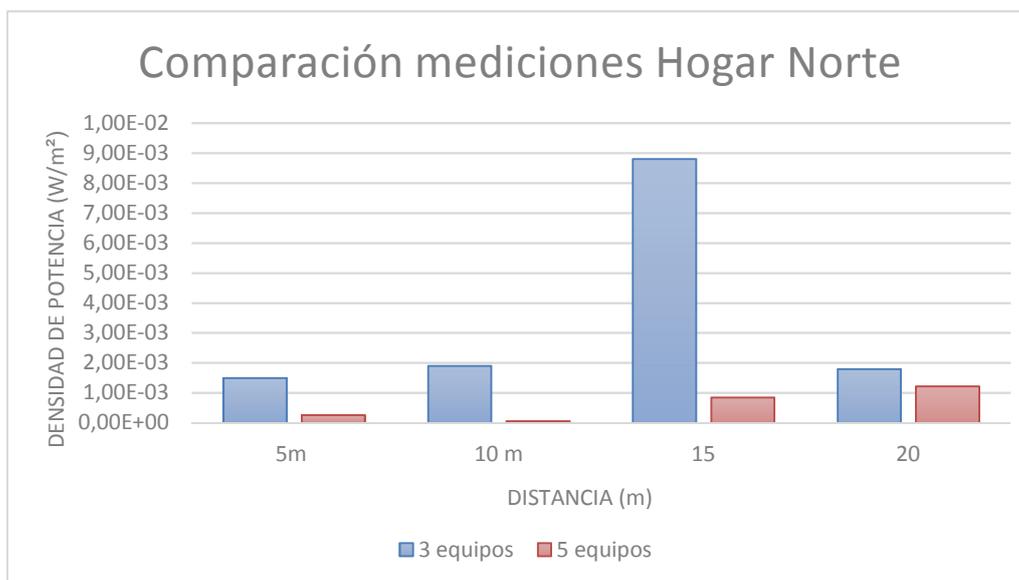


Figura 126. Comparación mediciones Hogar Norte.

En la figura 126 podemos apreciar que los valores no sobrepasan el máximo límite permitido de densidad de potencia (W/m^2).

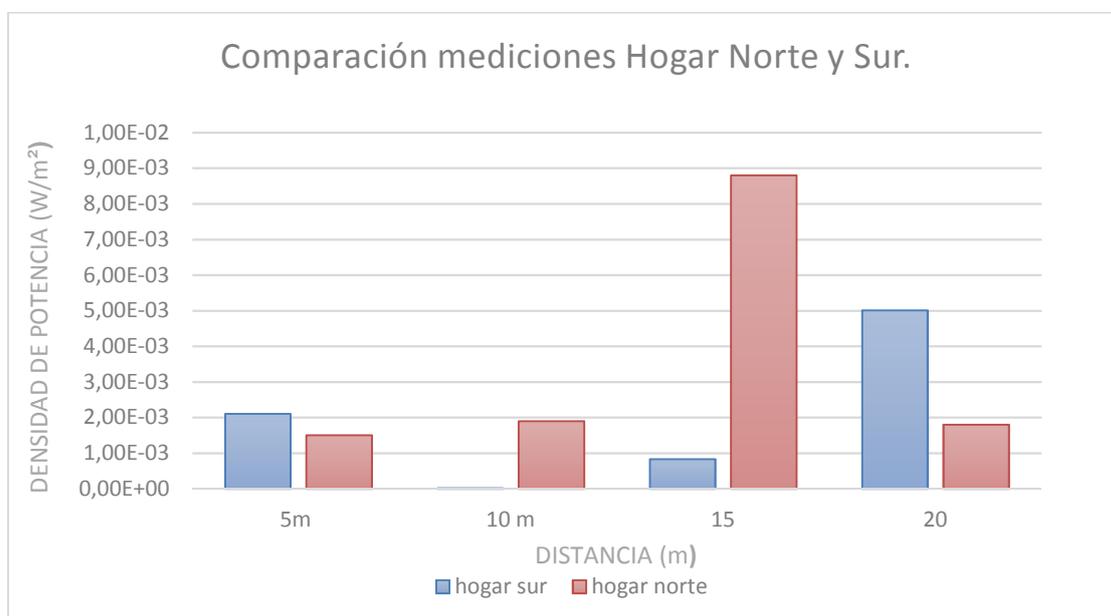


Figura 127. Comparación de mediciones entre el Hogar Norte y Sur.

En la figura 127 comparamos los valores máximos de densidad de potencia obtenidos en los hogares donde se puede ver que el comportamiento de las

emisiones no ionizantes es distinto en los dos ambientes, pero aun así no supera el valor límite de emisión electromagnética.

Se debe considerar que en las dos casas se midió el nivel de emisiones no ionizantes con los equipos apagados determinando que existe un nivel muy bajo en el ambiente provocado por las señales WiFi de los equipos vecinos (en el orden de los mW/m^2).

Es importante mencionar que en cada una de las mediciones realizadas en los hogares se comprobó la variación de la temperatura llegando a la conclusión que esta varía en décimas de grados centígrados y está por debajo del valor límite de variación establecido por la ICNRIP.

4.4 Análisis de los resultados obtenidos de las mediciones entre los distintos ambientes.

Al comparar todos los ambientes medidos se puede determinar que en el Laboratorio ARCOTEL se detectó y se midió una mayor emisión electromagnética, no implica que afecte a la salud puesto que está muy por debajo de límite poblacional 61 (V/m) (10 W/m^2) establecido por lo organismos de control con un valor máximo medido de densidad de potencia igual a 2.589 (V/m) (0.0178 W/m^2), contrarrestando la falsa teoría de que la ciudadanía está expuesta a grandes cantidades de emisiones electromagnéticas del tipo no ionizantes.

Si comparamos los valores promedio medidos en cada uno de los ambientes electromagnéticos dado en la tabla 24, se puede apreciar que ninguno de los valores de densidad de potencia excede el límite permitido de 61 (V/m) (10 W/m^2), además de que los valores obtenidos en lugares de iguales características son parecidos tal y como se aprecia entre los centros comerciales y los hogares.

Tabla 24.

Valores promedio de emisiones no ionizantes en los ambientes de medición RNI.

| Lugar | Promedio Campo Eléctrico E(V/m) | Promedio Densidad de Potencia (W/m ²) |
|---------------|---------------------------------|---|
| ARCOTEL | 1.0261 | 0.00279 |
| UDLA | 0.139 | 0.00005 |
| CCI | 0.593 | 0.00090 |
| QUICENTRO SUR | 0.516 | 0.00071 |
| HOGAR SUR | 0.721 | 0.00137 |
| HOGAR NORTE | 0.757 | 0.00152 |

4.5 Análisis de pisos de ruido en los ambientes de estudio RNI.

Cada ambiente tiene sus propias características electromagnéticas en relación al lugar donde se encuentran, y los dispositivos electrónicos que lo conforman. A partir de ello podemos verificar que existe un piso de ruido en cada ambiente electromagnético que depende de factores externos como ruido cósmico, termino, atmosférico y otras señales no deseadas provocadas por el ser humano.

Tomando en consideración el piso de ruido del ambiente ideal (Laboratorio ARCOTEL) de -95dBm como una potencia sin influencia de emisiones electromagnéticas y de referencia para los demás ambientes a analizar, se puede determinar los niveles de ruido que generan los equipos WiFi, mismos que son presentados en la tabla 25.

Tabla 25.

Piso de ruido medido Laboratorio Arcotel con diferente número de equipos.

| Número de equipos | Piso de ruido (dBm) | Diferencia con el piso de ruido de referencia (-95 dBm) medido en dBm |
|-------------------|---------------------|---|
| 1 | -95 | 0 |
| 2 | -92 | 2,5 |
| 3 | -92 | 2,5 |
| 4 | -92 | 2,5 |

Al analizar los resultados de la tabla 25, se verifica que al encender 1 equipo el piso de ruido es de -95 dBm, por lo tanto, no influye en la medición ya que es igual al de referencia, pero al encender más equipos WiFi la diferencia aumenta en 2,5 dBm y se mantiene continuo a pesar del número de equipos encendidos.

Tabla 26.

Pisos de ruido medido en los lugares de mayor concentración de señales WiFi.

| Ambiente | Piso de ruido (dBm) | Diferencia con el piso de ruido de referencia (-95 dBm) |
|---------------|---------------------|---|
| Universidad | -80 | 14,5 |
| Quicentro Sur | -78 | 16.5 |
| CCI | -80 | 14.5 |

En los lugares de mayor concentración de emisiones WiFi (UDLA, CCI y Quicentro Sur) se determina que hay una mayor diferencia en el nivel del piso de ruido comparado al de referencia tal y como se muestra en la tabla 26 donde el piso de ruido esta entre -78 y -80 dBm, medida que aumenta debido al ambiente puesto que tanto la Universidad como los Centros Comerciales están expuestos a múltiples señales en sus alrededores.

Como se puede observar en la tabla 26, los valores de piso de ruido en los 3 ambientes RNI de concentración de emisiones WiFi tienden a ser los mismos a pesar de estar ubicados en diferentes puntos geográficos.

Tabla 27. Piso de ruido medido Hogar Sur.

| Hogar Sur | Piso de ruido (dBm) | Diferencia con el piso de ruido de referencia (-95 dBm) |
|---------------------|---------------------|---|
| Sin prender equipos | -80 | 14,5 |
| 5 equipos | -77 | 17.5 |
| 1 equipo | -80 | 14,5 |

Tabla 28. Piso de ruido medido Hogar Norte.

| Hogar Norte | Piso de ruido (dBm) | Diferencia con el piso de ruido de referencia (-95 dBm) |
|---------------------|---------------------|---|
| Sin prender equipos | -80 | 14,5 |
| 5 equipos | -80 | 14,5 |
| 1 equipo | -80 | 14,5 |

En los hogares tanto Sur y Norte los valores son similares a los lugares de mayor concentración como lo mostrado en la tabla 27 y 28, estén o no conectados los equipos emisores de señales WiFi llegando a tener un piso de ruido igual a -80dBm.

A través de las mediciones se verifica que el ruido generado por los equipos WiFi es notorio en ambientes ideales, y no es perceptible en cualquier tipo de ambiente común ubicado dentro de la ciudad, independiente del número de influencia de las emisiones de equipos WiFi, ya que en los diferentes puntos geográficos de la zona urbana, de Norte a Sur, hay un piso de ruido de -80dBm como valor estándar, lo que se podría generalizar que el piso de ruido electromagnético promedio en la ciudad de Quito es de -80 dBm.

4.6 Artículos publicados en Redes Sociales sobre los peligros del WiFi.

En las redes Sociales circulan varios artículos en donde indican que las emisiones no ionizantes provocadas por equipos WiFi son peligrosas para la salud, por lo que se considera relevante analizar el contenido de por los menos 4 de ellos cuyos títulos son: “¿Dejas prendido el router wi-fi por las noches?”, “¡Cuidado!, tener el Wi Fi encendido todo el tiempo puede hacerte daño”, “¿Te duermes con el celular al lado de la cama? Tienes que saber esto y deja de hacerlo ya... ¡WOW! Jamás me lo hubiera imaginado” y “Qué es la radiación electromagnética y como nos afecta” en donde se publica lo siguiente:

Artículo 1: “¿Dejas prendido el router wi-fi por las noches?” (Tomado de: <http://www.teleamazonas.com>)

“¿Qué es lo último que haces al dormir? Seguro despedirte de tus amigos por Whatsapp o el Messenger de Facebook. Todos lo hacemos. Nos quedamos hasta muy tarde conversando sobre el trabajo, estudios o con cualquier tema.

El internet llegó a nuestras vidas para quedarse, y hoy es casi imposible imaginar nuestra existencia sin estar conectado a las redes sociales, el correo electrónico, YouTube, y un aliado clave es el WiFi. Si tienes una computadora en casa, seguro tienes internet inalámbrico y lo dejas todo el día encendido. ¿Sabías que, por las noches, este dispositivo podría perjudicar tu salud? Veamos lo qué nos dice la ciencia.

Según una publicación de la Bioinitiative, que reúne casi 2 mil investigaciones internacionales, coinciden en que la sobre exposición de las radiaciones electromagnéticas guarda relación con ciertos tumores. Los expertos empiezan a llamar a estas tecnologías como ‘enemigos silenciosos’. La primera prueba de su existencia son los efectos negativos que presentan las personas que trabajan constantemente con este tipo de dispositivos: episodios continuos de cefaleas, hiperactividad y mala calidad de sueño, son señales de lo perjudicial que es la tecnología wi-fi para nuestra salud.

Consejos para reducir el impacto negativo del wi-fi:

- Apaga el router durante la noche o cuando nadie esté utilizando la conectividad.

- *Si el dispositivo se encuentra ubicado en la cocina o el dormitorio, trata de trasladarlo lo antes posible a otro lugar menos frecuentado.*
- *Utiliza los dispositivos móviles y computadoras solo en determinado tiempo. Asimismo, evita tenerlos en tu habitación.*
- *Los más afectados son los niños, por lo que son más susceptibles. Ante esto, países como Inglaterra, Francia y Suecia han empezado a retirar el wi-fi de las escuelas y buscan sistemas que permitan disfrutar de internet a través de conexiones eléctricas.” (Tomado de <http://www.teleamazonas.com/2016/10/dejas-prendido-el-router-wi-fi-por-las-noches>)*

Artículo 2: “¡Cuidado!, tener el Wi Fi encendido todo el tiempo puede hacerte daño” (tomado de <http://www.sdpronoticias.com/estilo-de-vida>)

“Un estudio ha comenzado a alertar a la población sobre el hecho de que usar este tipo de conexión todo el tiempo daña tu salud.

¿Qué tanto te la pasas conectado al Wi Fi? Muchos aplicamos estar todo el tiempo con este tipo de conexión, debido a que ahorramos datos en el celular o simplemente es más eficiente utilizar el móvil de ésta manera debido a la velocidad para navegar. Sin embargo, un estudio reciente en España, ha revelado que el estar conectado de esta manera todo el tiempo, puede causar graves daños en la salud.

Según el diario Clarín, la Organización para la Defensa de la Salud, la Fundación Vivo Sano y la Fundación para la Salud Geoambiental lanzaron en el país vasco una campaña nacional para retirar el WiFi de las escuelas, debido a los posibles daños que pudiera causar a los niños. Uno pensará, ¿Es por salud o porque se distraen demasiado en sus redes sociales?

La razón va más allá de eso, según el abogado ambientalista Agustín Bocos, “El WiFi emite radiaciones electromagnéticas a una potencia muy elevada; las consecuencias son nocivas para todos, pero en especial para los niños, más vulnerables porque están en pleno desarrollo”.

Ojo, esto no quiere decir que solamente en España sea dañino el Wi Fi; países como Inglaterra, Francia y Suecia han tomado la iniciativa de retirar el WiFi de escuelas, museos, bibliotecas y otros lugares públicos; debido a que según, ésta tecnología no ha sido investigada a fondo por instituciones y organismos de sanidad, así que nadie puede estar seguro de los daños que provoca esta emisión y con qué potencia.

Al Wi Fi se le han adjudicado daños como hiperactividad, las cefaleas y el insomnio infantil, son padecimientos relacionados con las ondas emitidas por el Wi-Fi, por lo cual se aconseja apagar en la noche esta tecnología en el hogar, además de que la OMS (Organización Mundial de la Salud) ha clasificado oficialmente este tipo de radiaciones como cancerígenas.”

Artículo 3. ¿Te duermes con el celular al lado de la cama? Tienes que saber esto y deja de hacerlo ya... ¡WOW! Jamás me lo hubiera imaginado. (Tomado de <http://portalnatural.net/>).

“Los teléfonos celulares han sido milagrosos para la sociedad ya que nos han acercado a todas las personas y amigos de una forma que anteriormente solo se lograba mediante cartas y correos tangibles, por lo que la tecnología de verdad que nos ha sido de bastante utilidad en más de un sentido.

No solo por los contactos con las demás personas, es que los teléfonos celulares también tienen gran conectividad en más de un sentido, ya que también tienen acceso a internet, cámaras, grabadoras, entre otras, lo que realmente es algo increíble.

Pero como todo equipo electrónico, este tiene sus pequeños detalles que debemos saber y cuidar, muchos piensan directamente en la vista debido a las pantallas, pero hay otras cosas, te las vamos a contar el día de hoy. El peligro de los teléfonos celulares

Los celulares de hoy en día emiten radiación, lo que nos causa que tengamos distintas reacciones en nuestro cuerpo, como lo son por ejemplo la falta de sueño, el estrés, dolores de cabeza, entre otros.

Solo son algunos de los ejemplos, pero para que no tengas problemas con la radiación solo debes seguir algunos pasos sencillos y consejos.

Si hablas por teléfono intenta mantener conversaciones algo cortas. Si no utilizas tu teléfono, mantenlo en modo vuelo. Mientras cae la llamada utiliza el altavoz, no lo mantengas pegado en tu oreja. Los teléfonos emiten mucha radiación cuando transfieren información, entonces trata de no tenerlo cerca en las noches. Si tu señal es más débil, debes tener cuidado porque ahí es donde más emite radiaciones. Nunca dejes el teléfono en tu cama al lado. Nunca cubras la antena de tu teléfono. Cambia de lado lo más que puedas mientras estás hablando por teléfono. No le dejes el teléfono mucho tiempo a tus niños, ellos son mucho más sensibles a la radiación y a cualquier clase de problemas similares, por los que pueden ser más afectados. Es importante resaltar que esta lista son sugerencia netamente para la radiación, pero recuerda que también hay otros riesgos como lo son la daño de visión debido a las pantallas de celulares a la luz oscura entre otros problemas.

Los teléfonos no son malos pero lo importante es mantener estas recomendaciones y así no tener problemas y mantener el contacto con tus seres queridos y familiares. Te vamos a dar unos consejos para que puedas cuidar de tu salud mientras usas estos equipos.”

Artículo 4. Qué es la radiación electromagnética y como nos afecta. (Tomado de <http://www.grandesmedios.com/la-radiacion-electromagnetica-nos-afecta/>)

“Radiación electromagnética. Actualmente todos los aparatos que usamos en nuestra vida cotidiana emiten radiación electromagnética, sin embargo, te estarás preguntando qué daños podrían causar en tu computadora o tu celular, por poner un ejemplo. La definición que da la Real Academia Española para radiación electromagnética es: Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio y no necesitan de un medio material para propagarse. La radiación está formada por campos eléctricos y magnéticos y se mide en hercios, simplificado en Hz. A la forma de propagarse se le denomina onda electromagnética u onda herciana y tiene diferentes nombres dependiendo de su intervalo de frecuencia, por ejemplo, las que van de 30 a 3.000 Peta Hz se les denomina rayos X y las que van de 300 Giga Hz a 30 KHz Ondas Radio.

Aplicaciones de las ondas electromagnéticas.

Ondas Radio

Se pueden ocupar con efecto terapéutico y como desinfectante, ya que destruye las bacterias desde adentro. Aunque su principal uso es en la comunicación.

Microondas. Una de las ondas con más usos. El más conocido es en los hornos, pero también pueden ser usada en la telecomunicación, para los radares y hace poco para la armamentística, al desarrollar un arma paralizante.

Infrarrojo

Este tipo de onda está muy presente en nuestra vida diaria en las fibras ópticas, los mandos a distancia y los lectores de barras, también se usa en sistemas de seguridad, estudios oceánicos, medicina, entre otros.

Rayos X

Tal vez sea la onda con más usos ya que se usa en campos de la investigación científica, la industria y la medicina. Algunos de los usos son: Radiografías, en el desarrollo de la mecánica cuántica, identificación de gemas falsas, detección de mercancías de contrabando en las aduanas, etc.

Ultravioleta

Entre sus usos podemos encontrar camas solares, detección de sangre en la caza o en una escena del crimen, reproductores de CD y para combatir la falsificación de documentos oficiales y billetes.

Rayos Gamma

El Sol es una fuente natural de este tipo de radiación. Algunos usos están en la esterilización de equipos médicos, tratamiento de ciertos tipos de cáncer y para preservar la comida.

Daños que pueden causar

Las ondas radio están estrechamente relacionadas con algunos tipos de cáncer como leucemias o tumores cerebrales. Los microondas causan alteraciones en el sistema digestivo, desarrollo de células cancerígenas, disminución de la producción hormonal, cataratas, entre otras.

Por otro lado, los rayos infrarrojos pueden oxidarnos, causar envejecimiento prematuro y modificar el ADN, así como quemaduras en la piel. Los rayos ultravioletas tienen efectos crónicos en los ojos, piel y sistema inmune, hasta ahora sus efectos eran ignorados gracias a que la capa de ozono detenía la mayoría de las emisiones.

Para finalizar, los efectos de los rayos gamma y los rayos x se ven en el daño del ADN y puede producir cáncer.

Si bien algunos efectos pueden ser muy malos solo se manifiestan cuando estás en constante exposición, así que no te preocupes, solo no debes acercarte mucho a ellos.”

Análisis de los Artículos.

En el artículo 1 se hace referencia a un informe presentado por un grupo de investigadores cuyo nombre es Bioinitiative, en el cual se menciona que las emisiones electromagnéticas no ionizantes pueden producir efectos en la salud como cáncer, tumores, falta de sueño, etc., sin embargo, es importante mencionar que dicho informe ha sido considerado como no válido por los organismos de control internacionales tales como la OMS y la ICNIRP, además de que instituciones encargadas de vigilar los efectos de la emisiones electromagnética de diversos países como España, Alemania, Francia, Suecia y Reino Unido han determinado que en el informe presentado por Bioinitiative carece de objetividad puesto se emite la opinión personal de cada investigador y no se fundamenta en evidencias científicas y verídicas tal y como menciona el informe “Bioinitiative reportó 2012-2013” presentado por el Comité científico asesor en radiofrecuencia y salud en junio del 2013.

También es importante mencionar que el sueño se ve interrumpido no por las emisiones electromagnéticas si no por otros factores tales como la luminosidad y el ruido provocado por los dispositivos que se conectan a la red WiFi, debido a que existen 5 etapas del sueño detalladas a continuación:

Etapa 1: el sueño tiende a ser liviano y sucede durante los primeros 5 min, en este tipo de sueño el individuo puede despertarse fácilmente puesto aun su cerebro recepta señales externas.

Etapa 2, 3 y 4: el sueño va haciéndose más profundo paulatinamente y es difícil que le individuo pueda despertar.

Etapa 5 "REM": Es aquella etapa en la que el individuo sueña y comienza luego de 90 minutos de haberse puesto a dormir, esta etapa es muy importante para el individuo ya que estimula la actividad cerebral.

El inconveniente con las etapas de sueño es que cualquiera de ellas puede verse interrumpida al tener un estímulo fuerte ocasionado por el medio que las rodea como por ejemplo la luminosidad de los dispositivos como laptop, teléfonos entre otros que hacen que el cerebro piense que es de día y no cumpla con su ciclo normal de descanso.

Lo antes mencionado no tiene relación con la emisión de ondas electromagnéticas de tipo no ionizante cuya característica es la emisión de calor que generalmente es absorbida y disipada por la piel del cuerpo humano y controlada por los centros termorreguladores que alertan al cerebro en cambios detectados en caso de ser peligrosos.

Los consejos que se dan en el primer artículo como apagar el router por la noche no se fundamentan en las emisiones electromagnéticas que estos producen sino más bien en que las personas solemos mantenernos mucho tiempo conectados a la red haciéndonos dependientes de los contenidos de internet por ende retrasan nuestra hora de sueño.

El hecho de que se traslade el equipo ruteador de la cocina o dormitorio a otro lado de la casa no tendría sentido puesto que un domicilio está expuesto a otras señales provenientes de las casas alrededor además de que se ha

probado en este proyecto que las emisiones de los equipos WiFi son extremadamente pequeñas (orden de los nW/m²) comparadas con el límite permitido por la OMS/ICNIRP.

Con respecto al artículo 2. En la parte que hace referencia a que los equipos WiFi emiten emisiones electromagnéticas con potencias muy elevadas, se logró determinar a lo largo de este proyecto con mediciones a varios dispositivos que estos generan emisiones no ionizantes electromagnéticas muy pequeñas (orden de los nW/m²) tal y como muestran los formularios dentro del CAPITULO 3 por lo que quedaría sin fundamento las consecuencias que indican.

Otro error que comete este artículo es mencionar que la Organización Mundial de la Salud ha considerado que las emisiones electromagnéticas no ionizantes son cancerígenas cuando la realidad es que la OMS mantiene un proyecto de investigación denominado "Internacional EMF PROJECT" el cual emitió un informe avalado por la misma Organización Mundial de la Salud en el que indica que los *"Los niveles de exposición a RF de las estaciones de base y las redes inalámbricas son tan bajos que los aumentos de temperatura son insignificantes y no afectan a la salud de las personas"*, tal y como también lo indica la ICNIRP en donde *"La evidencia experimental disponible indica que la exposición a CEM de seres humanos en reposo por aproximadamente 30 minutos produciendo un SAR en todo el cuerpo entre de 1 y 4W/kg resulta en un aumento de la temperatura del cuerpo de menos de 1°C que no afectaría a la salud."*

En el ámbito nacional no ha existido un pronunciamiento por parte de SOLCA o del Ministerio de Salud Pública del Ecuador en la que se haya reportado un solo caso de problemas de cáncer a causa de exposición a las emisiones electromagnéticas de tipo no ionizante (Ondas de radio VHF, UHF, WiFi, Radio, TV, Radio bases Celulares, entre otros).

En artículo 3. Nuevamente se vuelve a inculpar a las emisiones electromagnéticas como la causa de malestares como falta de sueño, estrés, dolores de cabeza, etc. Sin embargo no existe un estudio científico reconocido por la OMS o por la ICNIRP que diga que las emisiones causen dichos efectos muy por el contrario encontramos el siguiente pronunciamiento dado por la OMS: *“Una serie de estudios recientes ha puesto de manifiesto que la exposición a RF de las estaciones base y tecnologías inalámbricas en lugares de acceso público (incluidos hospitales y escuelas) suele ser miles de veces inferior a los límites establecidos por las normas internacionales”*.

Este artículo también da una serie de recomendaciones para evitar las emisiones electromagnéticas, tales como poner al teléfono en modo vuelo, utilizar el altavoz en la llamadas, alejar el teléfono de la oreja las cuales se resumen en que hay que alejarse de la fuente emisora de la emisión electromagnética, sin embargo es importante mencionar que todos estamos expuestos a emisiones electromagnéticas en cualquiera de los ambientes que nos desenvolvamos sin que ellas excedan el límite máximo de 61V/m (10 W/m²) permitido por la UIT o por el Reglamento de emisiones no ionizantes de Ecuador independientemente de si apagamos o no nuestros equipos.

Con respecto a que los niños pueden ser afectados por las emisiones electromagnéticas se puede decir que a lo largo de este proyecto se ha comprobado que las emisiones del tipo no ionizantes en ambientes comunes presentan valores en el orden de los nanowatios que representa apenas el 0.017% del valor límite poblacional (61 V/m), por lo tanto no afectaría a la salud tal y como se indica en la recomendación dada por la OMS que dice: *“En los estudios realizados no se han encontrado pruebas de que la exposición a RF los transmisores aumente el riesgo de cáncer. Del mismo modo, los estudios a largo plazo en animales tampoco han detectado un aumento del riesgo de cáncer por exposición a campos de RF, incluso en niveles muy superiores a los que producen las estaciones de base y las redes inalámbricas”*.

En el artículo 4. Se confunde las emisiones no ionizantes con las ionizantes clasificándolas dentro del mismo grupo, y publicando que todas producen daños a la salud, sin embargo, es necesario aclarar que el espectro electromagnético se divide en emisiones no ionizantes y emisiones ionizantes de las cuales las no ionizantes son las utilizadas en las telecomunicaciones y cuya definición dice que son “emisiones que no son capaces de impartir directamente energía a un átomo, por lo tanto no tienen la suficiente energía para romper enlaces químicos “ como consecuencia no ocasionan daños a la salud, contrario a las emisiones ionizantes las cuales sin las medidas de seguridad respectivas pueden provocar que átomos y moléculas se conviertan en radioactivos y dañar la salud.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El análisis demuestra que la emisión electromagnética máxima, emitida por los equipos WiFi en un ambiente ideal se da al estar más cerca de la fuente emisora, sin embargo, esto no implica que sea perjudicial para la salud puesto que se comprobó que dichos valores no superan ni el 1 % del valor máximo permitido por la OMS y la ICNRIP. Cabe recalcar que la característica de las ondas no ionizantes es emitir calor con temperaturas que puede ser absorbidas por el cuerpo humano y no causar daño a los órganos y tejidos ya que el tamaño de la longitud de onda de las señales radioeléctricas es mucho más grande que las moléculas que componen los tejidos por tanto no se puede producir ionización (desprendimiento de electrones) que provoque daño a la salud de ser humano.

Las mediciones determinaron que la temperatura ambiental incrementa en décimas su valor al encender los dispositivos que trabajan a 2.4 GHz, pero, llega a un punto de equilibrio que no sobrepasa el grado de temperatura a pesar del número de equipos emisores encendidos, además de que dichas variaciones de temperatura son niveladas por los centros termorreguladores del cuerpo humano.

Las mediciones en ambientes de alta concentración de redes como centros comerciales y universidades determinaron que los valores están muy por debajo del valor límite de emisión permitido por la UIT es decir menores a 61(V/m) (10 W/m^2), por ende, no afectaría a la salud.

El análisis de las mediciones en los hogares determina que a pesar de la cercanía de los equipos a las personas y de que son ambientes más pequeños, los valores no llegan a ser representativos con respecto al valor límite máximo permitido establecido 61(V/m) (10 W/m^2) para equipos que operan en la banda de WiFi.

Las emisiones electromagnéticas medidas en el rango de frecuencia de WiFi (2.4 GHz), son extremadamente inferiores a los límites establecidos en la recomendación k.52 de la UIT y en el Reglamento de protección de emisiones de emisión no ionizante del Ecuador, por ende, no afectan a la salud de la ciudadanía.

En los lugares de medición dentro de la zona urbana se determina que a pesar de estar apagados los equipos emisores WiFi dentro de las instalaciones como hogares y oficinas existen señales fuera de los sitios mencionados que también producen emisiones no ionizantes, por lo tanto ningún ambiente dentro de la ciudad está libre de ellas cabe recalcar que los valores de densidad de potencia de emisión no ionizante de dichas señales son muy bajas y en el orden de los nanowatios por metro cuadrado por lo tanto tampoco afectarían a la salud.

De acuerdo a la investigación realizada de los niveles de SAR generados por los equipos WiFi se determina que estos no superan el valor límite permitido por la ICNIRP de 2 W/kg, puesto que los dispositivos WiFi presentan valores menores a 1 W/kg como es el caso de los Access Point cuyo SAR es igual a 0.50 W/kg.

El piso de ruido no se ve afectado de manera significativa al incrementar y conectar equipos WiFi, por lo que se establecería que el nivel de ruido generado por los equipos WiFi mantiene un valor promedio fijo en este caso igual a 2.5 dBm que sumaría al nivel de ruido electromagnético promedio de la ciudad de Quito que está en el orden de los -80 dBm.

Mediante este estudio se ha podido determinar que el valor de piso de ruido en la ciudad de Quito especialmente en la zona urbana, se mantiene en los -80 dBm, efecto causado por agentes externos como ruido térmico, atmosférico, cósmico y por supuesto por señales de otros sistemas, pero que están constantemente presentes en el ambiente.

En base a los resultados obtenidos en este proyecto se concluye que las emisiones electromagnéticas del tipo no ionizante no afectan a la salud de la ciudadanía, puesto que en todas las mediciones se obtuvieron valores de

densidad de potencia radioeléctrica en el orden de los nanowatios por metro cuadrado (nW/m^2) que no llegan ni al 1% del valor límite poblacional establecido en 61 (V/m) ($10 W/m^2$) por los organismos de control de las telecomunicaciones, lo que se sustenta con las recomendaciones dadas por cada uno de los organismos.

En la actualidad las telecomunicaciones se han convertido en la herramienta principal para el desarrollo de los ciudadanos en diferentes ámbitos de su vida, por lo tanto el uso del espectro radioeléctrico es ineludible para el desarrollo de más tecnologías que faciliten la vida de la población, es por ello que desde que se inventó el primer avance tecnológico las personas han estado y estarán expuestas a las emisiones electromagnéticas del tipo no ionizantes, sin que estas afecten a la salud del ser humano, tal y como se demuestra a lo largo de este proyecto y en base a las recomendaciones dadas por cada uno de los organismos de control de la telecomunicaciones.

La población puede estar segura de que los organismos de control tanto nacionales como internacionales velan por el bienestar de la ciudadanía, esto implica que constantemente se encuentran realizando estudios de las nuevas tecnologías que salen al mercado y por ende permiten la difusión de ellas al verificar que no afectan a la estabilidad de la población más aún si se trata de la salud de la ciudadanía.

El desarrollo de este proyecto se lo realiza en la zona de exposición poblacional y ocupacional puesto que las personas no pueden ejercer control sobre este tipo de ambientes, por lo tanto las mediciones y el control de las emisiones generadas por las distintas tecnologías de telecomunicaciones están a cargo de la ARCOTEL organismo nacional que garantiza se cumplan las recomendaciones dadas por la UIT, la OMS y la ICNIRP, sentadas en el Reglamento de emisiones no ionizantes del Ecuador, garantizando a la ciudadanía que estas no afecten a la salud.

Los artículos que circulan por redes sociales e internet y que hablan de los peligros del WiFi no tiene un fundamento científico que los abale, ya que simplemente se basan en posibles resultados, pero si se investigara más a

fondo se encontraría que algunos de ellos dicen mentiras que alarman a la ciudadanía.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda que la población al tener dudas sobre el funcionamiento de las emisiones electromagnéticas analicen información confiable emitida por los organismos internacionales de telecomunicaciones como la UIT o a la organización Mundial de la Salud (OMS) y para el caso del Ecuador acudan la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para que puedan evidenciar las mediciones técnicas realizadas a nivel nacional respecto al uso del espectro radioeléctrico de manera que no se dejen sorprender por publicaciones realizadas en las redes sociales que como hemos demostrado en nuestro análisis no tienen fundamento científico para realzar las publicaciones referentes a emisiones no ionizantes.

REFERENCIAS

- ARCOTEL. (2005). *Reglamento de RNI Ecuador. Resolucion 01-01 CONATEL-2005*, Recuperado el 10 de octubre de 2016 de http://www.arcotel.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/08/29_ARCOTEL-2015.pdf
- ARCOTEL. (2016). *Mision y Vision de la ARCOTEL*, Recuperado el 18 de octubre de 2016 de <http://www.arcotel.gob.ec/mision-vision-principios-y-valores/>
- ARCOTEL. (2010). *Ley Organica de Telecomunicaciones*. Recuperado el 20 de septiembre de 2016 de <http://www.arcotel.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2016/01/ley-organica-de-telecomunicaciones.pdf>
- EcuRed. (2016). *Espectro Electromagnetico*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2016 de https://www.ecured.cu/Espectro_electromagn%C3%A9tico
- Erenovable. (2014). *Campo Electrico*. Recuperado el 11 de noviembre de 2016 <http://erenovable.com/como-funciona-la-electricidad-que-es-un-campo-electrico/>
- Febles, V. M. (2015). *Efectos Radiaciones no Ionizantes en el cuerpo humano*. Recuperado el 28 de septiembre 2016 de: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjh_7HK-K_PAhXJcT4KHcaJCVsQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fopenaccess.uoc.edu%2Fwebpps%2Fo2%2Fbitstream%2F10609%2F42931%2F5%2FvfeblesTFM220615memoria.pdf&usg=AFQjCNHsy-j

Fustel, A., Vázquez Garcías, R., & Onaindia Olalde, C. (2011). *Campos Electromagnéticos y su efecto en la salud*. Recuperado el 25 de septiembre de 2016 de http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/cem_salud/es_cem/adjuntos/cem.pdf .

González Springberg, G., & Rabin Lema, C. (2011). *Para entender las radiaciones, Energía Nuclear, Medicina, Industria*. Recuperado el 19 de octubre de 2016 de http://divnuclear.fisica.edu.uy/libro/Para_entender_las_radiaciones.pdf

GreenFacts. (s.f.). *Espectro Electromagnético*. Recuperado el 13 de octubre de 2016 de <http://www.greenfacts.org/es/glosario/def/espectro-electromagnetico.htm>

Henze, A. (2016). *Analizador de espectro para Microondas* . Recuperado el 15 de octubre de 2016 de <http://www2.electron.frba.utn.edu.ar/~jceconi/Bibliografia/05%20-%20Analizador%20de%20Espectro/Analizador%20de%20espectro%20-%20UTN%202010.pdf>

ICNIRP, (2010). *Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 Ghz)*. *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection eV.*, Recuperado el 12 de noviembre de 2016 de <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>

Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (s,f). *Misión y Visión*, Recuperado el 25 de septiembre de 2016 de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/>

Peña, F. (2014). *Organismos que regulan las telecomunicaciones*. Recuperado el 29 septiembre de 2016, de <http://francisco1010.blogspot.com/2014/08/quien-regula-las-comunicaciones.html>

Service, F. p. (2015). *Wireless device*. Recuperado el 17 de octubre de 2016 de http://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/19104272/Wireless-%20devices-%20infobrochure%20EN.pdf

Telecomunicaciones, (s.f.). *Instituto Nacional de Investigación y capacitación de telecomunicaciones*. Recuperado el 25 de noviembre de 2016 <http://rni.inictel-uni.edu.pe/index.php/que-son-radiaciones-no-ionizantes>

Textos Científicos. (2015). *Magnetismo*. Recuperado el 11 de noviembre de 2016 de <http://www.textoscientificos.com/fisica/magnetismo/explicacion-magnetismo>.

UIT-R,(2010). *Comisiones de Estudio de la UIT-R*. Recuperado el 05 de noviembre de 2016 de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0A/0E/R0A0E0000010001PDFS.pdf

Union Internacional de Telecomunicaciones. (2000). *Recomendación UIT-T K.52. Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos*. Recuperado el 15 de septiembre de 2016 de <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=7427&lang=es>.

Union Internacional de Telecomunicaciones. (2007). *Recomendación UIT-T K70,. Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de*

radiocomunicaciones. UIT. Recuperado el 15 de septiembre de 2016
de <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=7427&lang=es>.

