



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN

TEMA:

“ANÁLISIS DE RENDIMIENTO EN LOS ENLACES DE RADIO DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”

AUTOR: CRISTIAN ANDRÉS RUALES HUACA

DIRECTOR: ING. CARLOS ALBERTO VÁSQUEZ AYALA Msc.

IBARRA-ECUADOR

2016



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|--|------------------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 100320478-9 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Ruales Huaca Cristian Andrés | | |
| DIRECCIÓN: | Luis Gonzalo Reina 1-177 y Río Chinchipe | | |
| EMAIL: | carualesh@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | 062611570 | TELÉFONO MÓVIL: | 0994802018 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--------------------------------|--|
| TÍTULO: | “ANÁLISIS DE RENDIMIENTO EN LOS ENLACES DE RADIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE” |
| AUTOR : | Ruales Huaca Cristian Andrés |
| FECHA: | 2016/11/07 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TITULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación |
| ASESOR /DIRECTOR: | Ing. Msc. Carlos Alberto Vásquez Ayala |

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Ruales Huaca Cristian Andrés, con cédula de identidad Nro. 1003204789, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días del mes de noviembre del 2016

EL AUTOR:



.....
Nombre: Ruales Huaca Cristian Andrés



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Cristian Andrés Ruales Huaca, con cédula de identidad Nro. 100320478-9 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: “ANÁLISIS DE RENDIMIENTO EN LOS ENLACES DE RADIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 07 días del mes de noviembre del 2016

.....
Nombre: Cristian Andrés Ruales Huaca
Cédula: 100320478-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Cristian Andrés Ruales Huaca, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'C' and 'R' followed by a long horizontal stroke.

.....
Cristian Andrés Ruales Huaca

100320478-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Tesis “ANÁLISIS DE RENDIMIENTO EN LOS ENLACES DE RADIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE” ha sido realizada en su totalidad por el señor: CRISTIAN ANDRES RUALES HUACA portador de la cédula de identidad numero: 100320478-9

.....
Ing. Carlos Vásquez. Msc.
Director de Tesis

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mi hija Anahí, por ser mi mayor fuente de inspiración y superación, quien con su amor me brinda fuerzas y motivación para superar todas las adversidades que se presentan.

A mis padres Galo y Pilar por su incomparable cariño y sus sabios consejos que fueron guiándome oportunamente para poder lograr cada uno de mis metas trazadas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por mi formación profesional y por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto dentro de sus instalaciones.

A mis hermanos Anita, Erick y Julián que con sus palabras de aliento fueron de gran motivación para no decaer y seguir en busca de este título logrado.

Un agradecimiento sincero a mis suegros José y Lucy que en un momento determinado fueron de gran ayuda incondicional y desinteresada.

Al Ing. Carlos Vásquez Msc. que, como director de esta tesis, me ha orientado, apoyado y corregido a lo largo del desarrollo de la misma, teniendo paciencia e interés a este proyecto.

Al departamento de informática, en especial al Ing. Vinicio Guerra que me brindo total acceso y colaboración para el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

| | |
|---|--------------|
| AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE | II |
| CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE | IV |
| DECLARACIÓN..... | V |
| CERTIFICACIÓN | VI |
| DEDICATORIA | VII |
| AGRADECIMIENTO..... | VIII |
| CONTENIDO | IX |
| ÍNDICE DE TABLAS | XIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XV |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | XXI |
| RESUMEN..... | XXIII |
| ABSTRACT | XXIV |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1. Antecedentes..... | 1 |
| 1.1 Problema | 1 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.2.1 Objetivo General..... | 2 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 1.3 Alcance | 3 |
| 1.4 Justificación | 4 |
| CAPÍTULO 2..... | 5 |
| 2. Marco Teórico..... | 5 |
| 2.1 Radioenlace..... | 5 |
| 2.1.1 Función de un radioenlace | 5 |
| 2.1.2 Modos de funcionamiento de un radioenlace | 6 |
| 2.1.2.1 Punto de acceso..... | 6 |
| 2.1.2.2 Estación..... | 6 |
| 2.1.2.3 Router | 6 |
| 2.1.3 Tipos de radioenlace..... | 6 |
| 2.1.3.1 Distribución de Acceso Inalámbricos (HOT SPOT)..... | 6 |
| 2.1.3.2 Enlace punto a punto..... | 7 |
| 2.1.3.3 Enlace punto – multipunto | 8 |

| | | |
|------------------------|--|-----------|
| 2.1.4 | Ventajas de un radioenlace | 8 |
| 2.1.5 | Desventajas de un radioenlace | 9 |
| 2.1.6 | Componentes de un radioenlace | 9 |
| 2.1.6.1 | Antena..... | 9 |
| 2.1.6.2 | Power Over Ethernet (POE)..... | 10 |
| 2.1.6.3 | Cable FTP (Foiled Twisted Pair) | 10 |
| 2.1.6.4 | Conector RJ-45 (Registered Jack)..... | 11 |
| 2.1.6.5 | Transmisor | 11 |
| 2.1.6.6 | Receptor | 11 |
| 2.1.6.7 | Línea de vista | 12 |
| 2.1.6.8 | Zona de Fresnel..... | 13 |
| 2.1.6.9 | Espectro radioeléctrico..... | 14 |
| 2.1.6.10 | Canal | 15 |
| 2.1.6.11 | Frecuencia..... | 15 |
| 2.1.6.12 | Radiaciones no ionizantes | 15 |
| 2.1.6.13 | Ancho de Banda..... | 16 |
| 2.1.6.14 | Ganancia | 16 |
| 2.1.7 | Orígenes de la degradación de un radioenlace | 16 |
| 2.1.7.1 | Ruido | 16 |
| 2.1.7.2 | Interferencia..... | 17 |
| 2.1.7.3 | Distorsión..... | 17 |
| 2.1.8 | Banda libre..... | 18 |
| 2.1.9 | Banda licenciada..... | 18 |
| 2.1.10 | Introducción a Wi - Fi (802.11)..... | 19 |
| 2.1.10.1 | Estándar (802.11)..... | 20 |
| 2.1.10.2 | Estándares inalámbricos..... | 22 |
| 2.1.10.3 | Estándares físicos 802.11 | 24 |
| 2.1.11 | Plan nacional de frecuencias y uso del espectro radioeléctrico | 25 |
| 2.1.11.1 | Disposiciones generales | 27 |
| 2.1.11.2 | Lineamiento EQA.50 | 27 |
| 2.1.11.3 | Lineamiento EQA.90 | 28 |
| 2.1.12 | Conceptos Fundamentales | 28 |
| 2.1.12.1 | UBIQUITI..... | 28 |
| 2.1.12.2 | Protocolo TDMA AIRMAX | 29 |
| 2.1.12.3 | MIKROTIK | 29 |
| 2.1.12.4 | Protocolo NV2 | 30 |
| 2.1.12.5 | WINBOX..... | 30 |
| CAPITULO 3..... | | 31 |
| 3. | Análisis de Infraestructura de cada Enlace de Radio..... | 31 |
| 3.1 | Descripción de la Universidad Técnica del Norte..... | 31 |
| 3.1.1 | Misión..... | 32 |
| 3.1.2 | Visión | 32 |
| 3.1.3 | Organigrama de la Universidad Técnica del Norte..... | 35 |
| 3.1.4 | Diagrama Físico de Red Universidad Técnica Del Norte | 36 |
| 3.1.5 | Diagrama Físico de los Enlaces de Radio de la Universidad Técnica Del Norte | 35 |
| 3.2 | Situación actual de los enlaces de radio de la UTN | 36 |
| 3.2.1 | Configuraciones en los enlaces de radio | 38 |
| 3.2.1.1 | Terraza UTN-Lomas de Azaya (Access Point)..... | 38 |
| 3.2.1.2 | Terraza UTN-Lomas de Azaya (Estación)..... | 43 |
| 3.2.1.3 | Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha (Access Point) | 49 |
| 3.2.1.4 | Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha (Estación) | 54 |
| 3.2.2 | Análisis de las configuraciones en los enlaces de radio..... | 59 |
| 3.2.2.1 | Equipo Ubiquiti Terraza UTN-Lomas de Azaya (Access Point) | 59 |
| 3.2.2.2 | Equipo Ubiquiti Terraza UTN-Lomas de Azaya (Estación) | 64 |
| 3.2.2.3 | Equipo Mikrotik Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl) (Access Point) | 68 |
| 3.2.2.4 | Equipo Mikrotik Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl) (Estación) | 70 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 3.3 | Análisis de interferencias en el espectro radioeléctrico en cada una de las estaciones principales | 72 |
| 3.3.1 | Software para analizar el espectro | 72 |
| 3.3.1.1 | AirView Spectrum Analyzer..... | 72 |
| 3.3.1.2 | Wireless Snooper | 73 |
| 3.3.1.3 | Cambium Spectrum Analyzer 2.5.1 | 73 |
| 3.3.2 | Análisis del canal y el espectro electromagnético | 73 |
| 3.4 | Características técnicas de los equipos utilizados en los enlaces de radio | 82 |
| 3.4.1 | Equipos Ubiquiti implementados | 82 |
| 3.4.2 | Equipo Mikrotik implementado..... | 84 |
| 3.5 | Análisis del rendimiento y consumo de los enlaces de radio | 86 |
| 3.5.1 | RFC 2455 (Metodología de evaluación comparativa para la interconexión de dispositivos de red) | 86 |
| 3.5.2 | Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO | 88 |
| 3.5.2.1 | Datos del Enlace | 88 |
| 3.5.2.2 | Cálculos del Enlace..... | 88 |
| 3.5.2.3 | Estado del Enlace..... | 89 |
| 3.5.3 | Enlace Terraza Edificio Central UTN – Granja La Pradera | 91 |
| 3.5.3.1 | Datos del Enlace | 91 |
| 3.5.3.2 | Cálculos del Enlace..... | 92 |
| 3.5.3.3 | Estado del Enlace..... | 94 |
| 3.5.4 | Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil | 97 |
| 3.5.4.1 | Datos del Enlace | 97 |
| 3.5.4.2 | Cálculos del Enlace..... | 97 |
| 3.5.4.3 | Estado del Enlace..... | 99 |
| 3.5.5 | Enlace Terraza Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital | 100 |
| 3.5.5.1 | Datos del Enlace | 100 |
| 3.5.5.2 | Cálculos del Enlace..... | 101 |
| 3.5.5.3 | Estado del Enlace..... | 102 |
| 3.5.6 | Enlace Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA | 104 |
| 3.5.6.1 | Datos del Enlace | 104 |
| 3.5.6.2 | Cálculos del Enlace..... | 104 |
| 3.5.6.3 | Estado del Enlace..... | 105 |
| 3.5.7 | Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil | 107 |
| 3.5.7.1 | Datos del Enlace | 107 |
| 3.5.7.2 | Cálculos del Enlace..... | 107 |
| 3.5.7.3 | Estado del Enlace..... | 108 |
| 3.6 | Análisis Zona Fresnel | 109 |
| 3.6.1 | Coordenadas Geográficas | 109 |
| 3.6.2 | Mapa Geográfico | 110 |
| 3.6.3 | Enlace Terraza Edificio Central UTN – Lomas de Azaya..... | 111 |
| 3.6.4 | Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera | 112 |
| 3.6.5 | Enlace Terraza Edificio CAI-FICAYA – Granja YUYUCOCHA | 114 |
| 3.6.6 | Enlace Terraza Edificio Central – Colegio Universitario | 115 |
| 3.6.7 | Enlace Terraza Edificio Central - Planta Textil | 117 |
| 3.6.8 | Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital SVP) | 118 |
| 3.6.9 | Enlace Terraza Edificio Central – Centro Infantil | 120 |

CAPÍTULO 4..... 122

| | | |
|-----------|---|------------|
| 4. | Delineación de los enlaces de radio | 122 |
| 4.1 | Introducción | 122 |
| 4.1.1 | Elección del lugar de la implementación | 122 |
| 4.1.1.1 | Áreas sensibles..... | 122 |
| 4.1.2 | Infraestructura técnica de una torre | 124 |
| 4.1.2.1 | Tipo de torres para telecomunicaciones..... | 124 |
| 4.1.2.1.1 | Torres soportadas por tirantes..... | 124 |
| 4.1.2.2 | Elementos básicos de una torre | 125 |
| 4.1.2.3 | Características generales de una torre | 126 |
| 4.1.3 | Cableado estructurado en un nodo inalámbrico..... | 128 |

| | | |
|-----------------------------------|---|------------|
| 4.1.3.1 | Gabinete de red | 129 |
| 4.1.3.2 | Cableado de datos | 130 |
| 4.1.4 | Respaldo de energía | 131 |
| 4.1.5 | Acometida eléctrica | 132 |
| 4.1.6 | Dispositivos de red | 133 |
| 4.1.7 | Elección del sistema de radioenlace | 134 |
| 4.1.8 | Elaboración del perfil para el segmento inalámbrico..... | 134 |
| 4.1.9 | Ancho de banda en un enlace de radio | 135 |
| 4.1.10 | Cálculos dentro de un radioenlace..... | 137 |
| 4.1.11 | Permiso de funcionamiento | 139 |
| 4.1.11.1 | Proceso de regularización | 139 |
| 4.1.11.2 | Elaboración de formularios..... | 140 |
| 4.1.11.3 | Tramitación..... | 141 |
| 4.1.12 | Tarifas por uso de frecuencias..... | 141 |
| 4.1.12.1 | Para el servicio fijo de enlaces punto-punto y punto- multipunto..... | 141 |
| CAPÍTULO 5..... | | 143 |
| 5. | Informe de análisis realizado | 143 |
| 5.1 | Tareas realizadas | 143 |
| 5.2 | Cambio de configuraciones..... | 144 |
| 5.2.1 | Cambio de configuraciones en los equipos marca Ubiquiti..... | 145 |
| 5.2.2 | Cambio de configuraciones en los equipos marca Mikrotik..... | 146 |
| 5.2.3 | Potencias de Asociación | 147 |
| 5.2.3.1 | Análisis Sensibilidad de Asociación | 148 |
| 5.3 | Plan de Dimensionamiento | 151 |
| 5.4 | Plan de Migración | 153 |
| 5.5 | Beneficios de la realización de los cambios..... | 155 |
| CONCLUSIONES..... | | 157 |
| RECOMENDACIONES | | 158 |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS | | 159 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 161 |
| ANEXO A..... | | 165 |
| ANEXO B..... | | 183 |
| ANEXO C..... | | 190 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Velocidad de propagación 802.11a | 21 |
| Tabla 2. Velocidad de propagación 802.11b | 22 |
| Tabla 3. Velocidad de propagación 802.11g | 22 |
| Tabla 4. Modificaciones del estándar 802.11 | 23 |
| Tabla 5. Estándares físicos 802.11 | 25 |
| Tabla 6. Distribución de enlaces de radio UTN | 36 |
| Tabla 7. Distribución de enlaces de radio UTN | 36 |
| Tabla 8. Distribución de enlaces de radio UTN | 48 |
| Tabla 9. Distribución de enlaces de radio UTN | 58 |
| Tabla 10. Diferencias de configuraciones de los Access Point en los enlaces de radio | 67 |
| Tabla 11. Diferencias de configuraciones de las Estaciones en los enlaces de radio.... | 67 |
| Tabla 12. Diferencias entre Enlaces MIKROTIK | 72 |
| Tabla 13. Equipos ubicados en la terraza del Edificio Central..... | 74 |
| Tabla 14. Equipos ubicados en la terraza del Edificio del CAI..... | 77 |
| Tabla 15. Equipos ubicados en las lomas de Azaya | 79 |
| Tabla 16. Equipos Ubiquiti Implementados | 82 |
| Tabla 17. Equipos Mikrotik Implementados | 84 |
| Tabla 18. Datos del enlace Edificio Central UTN – Colegio Universitario | 88 |
| Tabla 19. Datos del enlace Edificio Central UTN – Lomas de Azaya / Lomas de Azaya – Granja La Pradera..... | 91 |
| Tabla 20. Datos del enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil | 97 |
| Tabla 21. Datos del enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital | 100 |
| Tabla 22. Datos del enlace Edificio CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 104 |
| Tabla 23. Datos del enlace Edificio Central UTN – Planta Textil | 107 |
| Tabla 24. Coordenadas Geográficas | 109 |
| Tabla 25. Tabla de equipos y funcionamiento..... | 123 |
| Tabla 26. Infraestructura de los equipos..... | 127 |
| Tabla 27. Partes de los enlaces de radio | 130 |
| Tabla 28. Componentes de cada Radio Enlace..... | 133 |
| Tabla 29. Parámetros de cada Radio Enlace..... | 134 |
| Tabla 30. Parámetros de cada Radio Enlace..... | 136 |
| Tabla 31. Configuraciones de cada Radio Enlace | 146 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 32. Configuraciones de cada Radio Enlace | 147 |
| Tabla 33. Potencias de Asociación de los Enlaces de Radio..... | 148 |
| Tabla 34. Enlaces de radio Universidad Técnica del Norte..... | 151 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Representación enlace de radio | 7 |
| Figura 2. Enlace punto a punto..... | 7 |
| Figura 3. Enlace punto – multipunto | 8 |
| Figura 5. Cable FTP recubierto por un blindaje metálico con 4 pares de hilos | 10 |
| Figura 6. Interfaz física utilizada en extremos de cable UTP para interconectar dispositivos de red | 11 |
| Figura 4. Componentes y conexión básica de un enlace de radio | 12 |
| Figura 7. Línea de vista directa y línea de vista obstaculizada | 13 |
| Figura 8. Zona de Fresnel | 14 |
| Figura 9. Espectro Radioeléctrico | 15 |
| Figura 10. Símbolo de fidelidad inalámbrica | 19 |
| Figura 11. Capas del Modelo OSI que utiliza el estándar 802.11 | 20 |
| Figura 12. Ubicación Universidad Técnica del Norte | 31 |
| Figura 13. Organigrama Universidad Técnica del Norte | 35 |
| Figura 14. Topología Física UTN | 36 |
| Figura 15. Diagrama Físico de los enlaces de radio de la UTN | 35 |
| Figura 16. Pantalla principal, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 38 |
| Figura 17. Pantalla Main, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya | 39 |
| Figura 18. Pantalla Wireless, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 40 |
| Figura 19. Pantalla Network, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 41 |
| Figura 20. Pantalla Advanced, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 41 |
| Figura 21. Pantalla Services, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 42 |
| Figura 22. Pantalla System, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 43 |
| Figura 23. Pantalla principal, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya | 43 |

| | |
|--|----|
| Figura 24. Pantalla Main, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya.. | 44 |
| Figura 25. Pantalla Wireless, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya | 45 |
| Figura 26. Pantalla Network, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya | 46 |
| Figura 27. Pantalla Advanced, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 46 |
| Figura 28. Pantalla Services, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya | 47 |
| Figura 29. Pantalla System, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya | 48 |
| Figura 30. Pantalla Interface List, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 49 |
| Figura 31. Pantalla Interface List, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 50 |
| Figura 32. Pantalla Interfaces Opción Ethernet, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 50 |
| Figura 33. Pantalla Wireless Opción Interfaces, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 50 |
| Figura 34. Pantalla Wireless Opción Interface WLAN, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 51 |
| Figura 35. Pantalla Wireless Opción Registration, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 52 |
| Figura 36. Pantalla Bridge, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 52 |
| Figura 37. Pantalla Bridge Opción Ports, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 52 |
| Figura 38. Pantalla Bridge Opción Hosts, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 53 |
| Figura 39. Pantalla IP Opción Address List, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 53 |
| Figura 40. Pantalla Interfaces Opción List, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura 41. Pantalla Interfaces Opción Ethernet, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 54 |
| Figura 42. Pantalla Wireless Opción Interfaces, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 55 |
| Figura 43. Pantalla Wireless Opción Interface WLAN, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 55 |
| Figura 44. Pantalla Wireless Opción Registration, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 56 |
| Figura 45. Pantalla Wireless Opción Security Profiles, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 56 |
| Figura 46. Pantalla Bridge, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 56 |
| Figura 47. Pantalla Bridge Opción Ports, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 57 |
| Figura 48. Pantalla Bridge Opción Hosts, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 57 |
| Figura 49. Pantalla IP Opción Address List, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha..... | 58 |
| Figura 50. Visualización de Firmware equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 59 |
| Figura 51. Visualización de pestaña Services equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 60 |
| Figura 52. Visualización de distancia en el equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 61 |
| Figura 53. Visualización de modo BRIDGE en el equipo Ubiquiti, Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 61 |
| Figura 54. Visualización de configuración de frecuencia en el equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 62 |
| Figura 55. Visualización tipo de antena, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 62 |
| Figura 56. Visualización configuración Wireless, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 63 |
| Figura 57. Visualización protocolo Airmax, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 63 |

| | |
|---|----|
| Figura 58. Visualización configuración protocolo Airmax, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 64 |
| Figura 59. Visualización de configuración en el equipo Ubiquiti Modo Estación, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 65 |
| Figura 60. Visualización de frecuencia en el equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 66 |
| Figura 61. Visualización estado básico del enlace, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya..... | 66 |
| Figura 62. Creación de interfaces WLAN y LAN, Access Point, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS | 68 |
| Figura 63. Añadir bridge, Access Point, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS.... | 68 |
| Figura 64. Asignación de una dirección IP, Access Point, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS | 69 |
| Figura 65. Visualización de configuración en el equipo Mikrotik, Access Point, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS | 69 |
| Figura 66. Creación de interfaces WLAN y LAN, Estación, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS | 70 |
| Figura 67. Añadir bridge | 70 |
| Figura 68. Asignación de una dirección IP | 70 |
| Figura 69. Visualización de configuración en el equipo Mikrotik, Estación, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS | 71 |
| Figura 70. Visualización de frecuencias de equipos de la terraza del Edificio Central UTN con Airview | 75 |
| Figura 71. Visualización de configuración de equipos de la terraza del Edificio Central UTN con Wireless Snooper..... | 76 |
| Figura 72. Visualización de configuración de equipos de la terraza del Edificio del CAI UTN con Wireless Snooper..... | 78 |
| Figura 73. Visualización de frecuencias de equipos ubicados en la Loma de Azaya con Cambium Spectrum Analyser..... | 80 |
| Figura 74. Visualización de frecuencias de equipos ubicados en la Loma de Azaya con Cambium Spectrum Analyser..... | 81 |
| Figura 75. Nano Bridge M5 | 83 |
| Figura 76. Nano Station 5..... | 84 |
| Figura 77. Tarjeta principal equipo Mikrotik..... | 85 |

| | |
|---|-----|
| Figura 78. Throughput Access Point, Enlace Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO | 90 |
| Figura 79. Throughput Estación, Enlace Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO | 90 |
| Figura 80. Speed Test Access Point, Enlace Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO | 90 |
| Figura 81. Speed Test Estación, Enlace Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO | 91 |
| Figura 82. Throughput Access Point, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 94 |
| Figura 83. Throughput Estación, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 94 |
| Figura 84. Throughput Access Point, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 95 |
| Figura 85. Throughput Estación, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 95 |
| Figura 86. Speed Test Access Point, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 96 |
| Figura 87. Speed Test Estación, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 96 |
| Figura 88. Speed Test Access Point, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 96 |
| Figura 89. Speed Test Estación, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 97 |
| Figura 90. Throughput Access Point, Enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil. | 99 |
| Figura 91. Throughput Estación, Enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil..... | 99 |
| Figura 92. Speed Test Access Point, Enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil | 100 |
| Figura 93. Speed Test Estación, Enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil..... | 100 |
| Figura 94. Ping Test Access Point Mikrotik, Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital..... | 102 |
| Figura 95. Ping Access Point Mikrotik | 102 |
| Figura 96. Bandwidth Test Access Point Mikrotik | 103 |
| Figura 97. Ping Test Access Point Mikrotik, Enlace Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA..... | 105 |
| Figura 98. Ping Access Point Mikrotik | 105 |
| Figura 99. Bandwidth Test Access Point Mikrotik | 106 |
| Figura 100. Ubicación de Enlaces de Radio UTN | 110 |
| Figura 101. Simulación Enlace Terraza Edificio Central UTN – Lomas de Azaya.... | 111 |
| Figura 102. Simulación Enlace Terraza Edificio Central UTN – Lomas de Azaya.... | 112 |
| Figura 103. Simulación Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera | 113 |
| Figura 104. Simulación Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera | 113 |
| Figura 105. Simulación Edificio CAI FICAYA – Granja YUYUCOCHA | 114 |

| | |
|--|-----|
| Figura 106. Simulación Edificio CAI FICAYA – Granja YUYUCOCHA | 115 |
| Figura 107. Simulación Edificio Central – Colegio Universitario | 116 |
| Figura 108. Simulación Edificio Central – Colegio Universitario | 116 |
| Figura 109. Simulación Edificio Central – Planta Textil | 117 |
| Figura 110. Simulación Edificio Central – Planta Textil | 118 |
| Figura 111. Simulación Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl)..... | 119 |
| Figura 112. Simulación Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl)..... | 119 |
| Figura 113. Simulación Edificio Central – Centro Infantil | 120 |
| Figura 114. Simulación Edificio Central – Centro Infantil | 121 |
| Figura 115. Partes de una torre soportada por tirantes | 125 |
| Figura 116. Torre soportada por tirantes | 126 |
| Figura 117. Norma ANSI/TIA/EIA-758 | 128 |
| Figura 118. Componentes de un gabinete de red | 129 |
| Figura 119. Componentes de un respaldo de energía..... | 132 |
| Figura 120. Componentes de un respaldo de energía..... | 132 |
| Figura 121. Distancias máximas para fines de cálculo de la tarifa de servicio fijo | 142 |
| Figura 122. Coeficiente de valoración del espectro | 142 |
| Figura 123. Ubiquiti Rocket M5 | 154 |
| Figura 124. Mikrotik RouterBoard BaseBox 5 | 154 |
| Figura 125. Antena Dish | 155 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Fórmula Zona de Fresnel | 14 |
| Ecuación 2. Fórmula de Longitud de Onda, Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO | 88 |
| Ecuación 3. Fórmula de Pérdida en el espacio libre, Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO..... | 89 |
| Ecuación 4. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente, Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO | 89 |
| Ecuación 5. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO..... | 89 |
| Ecuación 6. Fórmula de Longitud de Onda Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya.. | 92 |
| Ecuación 7. Fórmula de Pérdida en el espacio libre, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 92 |
| Ecuación 8. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya | 92 |
| Ecuación 9. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya..... | 92 |
| Ecuación 10. Fórmula de Longitud de Onda, Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera..... | 93 |
| Ecuación 11. Fórmula de Pérdida en el espacio libre Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera..... | 93 |
| Ecuación 12. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera..... | 93 |
| Ecuación 13. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera | 93 |
| Ecuación 14. Fórmula de Longitud de Onda Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil | 98 |
| Ecuación 15. Fórmula de Pérdida en el espacio libre Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil | 98 |
| Ecuación 16. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil..... | 98 |
| Ecuación 17. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil | 98 |

| | |
|--|-----|
| Ecuación 18. Fórmula de Longitud de Onda Enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital | 101 |
| Ecuación 19. Fórmula de Pérdida en el Espacio Libre Enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital | 101 |
| Ecuación 20. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente Enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital..... | 101 |
| Ecuación 21. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital | 101 |
| Ecuación 22. Fórmula de Longitud de Onda Enlace, Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA..... | 104 |
| Ecuación 23. Fórmula de Pérdida en el espacio libre, Enlace Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA..... | 104 |
| Ecuación 24. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente, Enlace Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA..... | 104 |
| Ecuación 25. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA..... | 105 |
| Ecuación 26. Fórmula de Longitud de Onda, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil..... | 107 |
| Ecuación 27. Fórmula de Pérdida en el espacio libre, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil | 108 |
| Ecuación 28. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada equivalente, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil..... | 108 |
| Ecuación 29. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil | 108 |
| Ecuación 30. Fórmula de Ancho de banda en un enlace de radio | 135 |
| Ecuación 31. Fórmula de Longitud de Onda | 138 |
| Ecuación 32. Fórmula de Pérdida en el espacio libre..... | 138 |
| Ecuación 33. Fórmula de Eficiencia de la antena..... | 138 |
| Ecuación 34. Fórmula de Ganancia equipo Transmisor..... | 138 |
| Ecuación 35. Fórmula de resistencia de radiación..... | 138 |
| Ecuación 36. Fórmula Potencia Isotrópica Radiada Equivalente..... | 139 |
| Ecuación 37. Fórmula del margen de sensibilidad | 139 |
| Ecuación 38. Fórmula Tarifa uso de la frecuencia | 141 |

RESUMEN

La Universidad Técnica del Norte cuenta con seis extensiones universitarias, al necesitar que cada una de ellas tenga acceso a la red interna de la misma se implementaron seis enlaces de radio. Este proyecto tiene como objetivo analizar y determinar el estado a nivel físico y software de cada uno de los enlaces de radio.

Este estudio está distribuido en tres partes fundamentales, la primera parte, es un levantamiento de información detallado del estado físico y funcionamiento de los seis enlaces de radio.

La segunda parte, consiste en realizar un análisis detallado de la situación actual basándose en los parámetros recopilados. Teniendo en cuenta rendimiento y capacidad de los equipos que están en funcionamiento, logrando determinar sus cualidades y errores.

Mediante una norma y un modelo específico se realizó una comparativa del estado actual de los enlaces de radio, determinando los cambios necesarios para un correcto funcionamiento. Recomendando cambio de equipos y parámetros a seguir para cumplir con las necesidades por los cuales fueron implementados.

ABSTRACT

Universidad Tecnica del Norte has 6 university extensions, all of them need to have access to the internal network for this reason six radio links have been implemented. This project has the goal of to analyze and determinate the physical and software status of the radio links.

This work is distributed in three fundamental steps, the first one is a gathering information of the physical status and the six radio links work.

The second step consist in to do a detailed analysis of the radio links current situation based on the collected parameters. Knowing the equipment capacities and performances which are working, determining their qualities and errors.

Through a specific Norma and model, a comparative of radio links' current status has been done, determining the necessary changes for a correct work. Recommending change of equipment and parameters in order to fulfill with the needs for why they were implemented.

CAPÍTULO 1

1. Antecedentes

En este capítulo se presenta el anteproyecto planteado, el cual contiene la propuesta de trabajo a ser realizado para la obtención de la titulación.

1.1 Problema

La Universidad Técnica del Norte (UTN) está creciendo tecnológicamente con el objetivo de mejorar sus servicios, métodos académicos y así cumplir con uno de los requisitos básicos para la acreditación académica de la universidad. La Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático (DDTI) es el departamento responsable de las actividades y procesos de Tecnología de Información el cual está encargado del área de comunicaciones, desarrollo de software y todo lo referente a temas tecnológicos, pretendiendo mantener siempre un buen funcionamiento de la red de toda la Universidad.

El área de Redes y Comunicaciones del DDTI se encarga de la administración de los 6 radioenlaces que dispone la Universidad Técnica del Norte hacia las diferentes estaciones como: Colegio Universitario, Antiguo Hospital, Planta Textil, Guardería, Granja La Pradera y Granja Yuyucocha.

Los radio enlaces que se encuentran activos no tuvieron una planificación ni fueron dimensionados según las necesidades por las cuales entraron en funcionamiento. La forma en la cual están trabajando cada uno de estos radios enlaces son inciertos ya que no existe un registro en el que se especifique el estado y la forma en la que se encuentran operando y si cumplen con todas las normas que son regularizadas, es por ello que se puede decir que no se los está dando un buen uso y que el rendimiento de cada uno no son los adecuados.

Una vez detectadas las necesidades y las fallas de cada uno de los radio enlaces ya mencionados se procederá a sugerir un modelo de cambio y dimensionamiento según lo que necesite cada uno de ellos logrando optimizar los recursos y capacidad de cada equipo teniendo en cuenta las normas establecidas para un radio enlace. Todo este proceso será beneficiada la UTN ya que necesita que sus radio enlaces estén operando según las normas establecidas por el ente regular que es la ARCOTEL, logrando que sean aprobados el funcionamiento de los R.E. para dar un paso más en la acreditación y evitando sanciones de la misma.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar, detectar y sugerir un dimensionamiento específico que vaya acorde a los estándares establecidos por el ente regulador de cada uno de los radio enlaces que dispone la Universidad Técnica del Norte según los requerimientos que se necesite.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar las características que debe tener un radio enlace para poder utilizar el espectro radioeléctrico según el ente regulador.
- Determinar las características y situación actual tanto física como a nivel de software de cada uno de los Radio Enlaces que dispone la UTN.
- Analizar la eficiencia en la que están trabajando cada Radio Enlace.
- Identificar los errores a nivel de configuración que pueden llegar a tener los Radio Enlaces.
- Realizar un plan de dimensionamiento para cada uno de los Radio Enlaces según su requerimiento y capacidad de la misma.
- Realizar un plan de migración hacia nuevos equipos y enlaces que sean más robustos, de mayor rendimiento, capacidad y escalabilidad.

1.3 Alcance

En primer lugar se realizará un estudio sobre la Ley Especial de Telecomunicaciones que rige el país en cuanto al uso adecuado del espectro radioeléctrico, las características y especificaciones que debe tener un Radio Enlace.

Se identificará el estado actual de cada uno de los radio enlaces analizando parámetros como: frecuencia, canal, SSID, MAC, puntos de acceso y potencia de asociación en las antenas ya que estos son los que permiten evitar el solapamiento de la señal y la disminución de cobertura logrando tener un mejor rendimiento.

Se realizará una inspección de campo a todos los Radio Enlaces para determinar el estado el que se encuentran físicamente todos los componentes que forman parte de un R.E., se analizará las configuraciones permitiendo determinar el estado de los enlaces de la Universidad.

Se verificará si cada Radio Enlace está satisfaciendo las necesidades correspondientes a los requerimientos planteados logrando determinar si el ancho de banda y la capacidad de los mismos están debidamente dimensionados con el fin de optimizar los recursos implementados, logrando identificar si algún equipo que está en funcionamiento sería necesario reemplazarlo o si los dispositivos de red con los que se está trabajando requieren nuevas configuraciones o actualizaciones para lograr dar solución a problemáticas que se presentan demostrando los diferentes beneficios que se dan realizando este estudio requerido teniendo en cuenta el crecimiento tecnológico y poblacional.

Al culminar con el análisis de todos los parámetros que conforman los Enlaces de Radio se procederá a entregar un informe detallado al personal encargado con todos los requerimientos y los cambios que se haya determinado realizarlos con el fin de optimizar y tener enlaces de calidad cumpliendo con los requisitos de la ARCOTEL para lograr la registración de los mismos.

1.4 Justificación

La Universidad Técnica del Norte encaminada en el proceso de acreditación debe tener registrado en la ARCOTEL cada uno de los Enlaces de Radio que se encuentran operativos, para ellos es necesario analizar si cada uno de ellos cumple con las especificaciones necesarias. El proceso de aprobación de los enlaces brinda a la universidad mayor confiabilidad al contar con permisos de funcionamiento y uso del espectro radioeléctrico, otorgados por la ARCOTEL, ya que al estar regulados se evita de exponerse a futuras sanciones y así lograr tener una normalización de los servicios.

La UTN al realizar un análisis detallado de cada Enlace de Radio que tiene implementado en su red interna se logrará verificar el estado, su dimensionamiento y si se está optimizando de la mejor manera cada uno de ellos para brindar los servicios de red e internet a cada una de sus extensiones universitarias.

Actualmente las telecomunicaciones son la base del desarrollo económico y tecnológico de una institución, con este proyecto se procura concluir con el proceso de regulación de los enlaces de radio de la UTN y con ello garantizar un correcto funcionamiento de los servicios brindados.

Ya que existe un tema de tesis en el cual se está realizando la registración de los enlaces de radio de la UTN es importante analizar el estado de cada uno de ellos para así no tener ningún tipo de problema al momento de registrarlos.

CAPÍTULO 2

2. Marco Teórico

En este capítulo se analiza los parámetros y características que debe tener un enlace de radio según el ente regulador ARCOTEL¹, logrando tener una descripción clara de cómo se debe ir estructurado un enlace de radio teniendo en cuenta todo su funcionamiento.

2.1 Radioenlace

Es cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas.

Se puede definir al radioenlace del servicio fijo, como un sistema de comunicación entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que brindan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Generalmente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignada para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal.

Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. (Radiocomunicaciones.net, 2014)

2.1.1 Función de un radioenlace

Estas redes sirven para trabajar con datos, voz, video (triple play), aplicaciones especiales, ya sea para monitoreo, enlace a bases de datos, trasladar líneas telefónicas.

¹ ARCOTEL: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

Una de sus mayores características son la interoperabilidad y la movilidad que pueden llegar a tener acceso a lugares apartados sin necesidad de tener una infraestructura física robusta.

2.1.2 Modos de funcionamiento de un radioenlace

Los modos en los cuales pueden llegar a funcionar los equipos son:

2.1.2.1 Punto de acceso

Este modo, se encarga de transmitir toda la información de manera inalámbrica a los dispositivos que se encuentren dentro del alcance del radioenlace

2.1.2.2 Estación

Funciona como cliente, enlazándose a un Punto de Acceso para poder obtener todos los servicios que brinda su Punto de Acceso a través de su puerto de red.

2.1.2.3 Router

Permite encaminar la información entre redes diferentes, opera como un punto de acceso, pero además permite al administrador direccionar puertos, establecer reglas de firewall para delimitar ciertas aplicaciones o servicios, etc. (SYSCOM, 2015)

2.1.3 Tipos de radioenlace

2.1.3.1 Distribución de Acceso Inalámbricos (HOT SPOT)

Es un punto de acceso que permite conectarse a una red que utiliza un sistema de Internet inalámbrico Wi-Fi.

Los Hotspots generalmente están ubicados en lugares públicos como aeropuertos, hoteles, cafés, restaurantes, etc, donde las personas pueden acceder a Internet en forma gratuita o realizando un pago por consumo. Dando la posibilidad al usuario que disponga de un dispositivo con conexión WIFI a tener acceso a Internet Banda Ancha. Su simbología se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Representación enlace de radio

Fuente: Recuperado de <http://enlacesinalambricos.blogspot.com/2012/03/inalambricos-los-enlaces-inalambricos.html>

El radio de frecuencia para comunicación entre un equipo y el punto de acceso varía entre 50 y 500 metros de distancia entre el punto emisor y el receptor, dependiendo del número de antenas repetidoras utilizadas.

2.1.3.2 Enlace punto a punto



Figura 2. Enlace punto a punto

Fuente: Recuperado de <http://www.neoclan.net/pages/files/puntoapunto.jpg>

Los enlaces punto a punto permiten interconectar dos redes remotas como si fueran una sola red a través del radioenlace. Dichos enlaces son viables desde 500 m. o menos hasta una distancia máxima aproximada de 80 Km. La Figura 2 muestra este tipo de conexión.

Este tipo de enlace proporciona los mismos beneficios que una red local, es una gran alternativa a las líneas dedicadas de alta velocidad entre estaciones, ya que ocasiona menos problemas de conexión. (Salazar López & Villegas Berny, 2012)

2.1.3.3 Enlace punto – multipunto

Los enlaces punto - multipunto abarcan mayores áreas de cobertura como se muestra en la Figura 3, obteniendo de esta manera una mayor cantidad de usuarios conectados. Permite enlazar diferentes puntos remotos hacia una central para implementar redes de datos, voz y video. Algunas de las aplicaciones de este tipo de redes son: enlace de sucursales para compartir bases de datos, acceso a internet, etc. (Silva, 2012)



Figura 3. Enlace punto – multipunto

Fuente: Recuperado de

<http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/image317.png>

2.1.4 Ventajas de un radioenlace

- **Accesibilidad:** con varios equipos se puede llegar a enlazar zonas geográficas necesitando solamente que se encuentren dentro del área de cobertura.
- **Productividad:** Al tener acceso a la información, un radioenlace permite disminuir la brecha digital que en la actualidad tiene el país.
- **Fácil instalación:** Al no utilizar un medio de comunicación guiado, la instalación se pueda realizar en un periodo más corto de tiempo.

- **Escalabilidad:** Permite ampliar una red fácilmente, utilizando un nuevo punto de enlace.
- **Costos:** Para implementar un nuevo punto de enlace, cuando tan solo se necesita el receptor, los costos se reducen, ya que no existe el gasto de un medio de transmisión o un equipo adicional, por el cual se van a comunicar los dispositivos.

2.1.5 Desventajas de un radioenlace

- En cuanto a la información que se transmite por el radioenlace, no brinda la misma seguridad que las redes cableadas, porque pueden existir intrusos o personas en el medio que accedan a los datos que se están enviando.
- El ancho de banda de las redes inalámbricas es menor que las cableadas, dependiendo de las características del medio.
- Las redes inalámbricas son más inestables que las redes cableadas, pueden verse afectadas por otras ondas electromagnéticas o aparatos electrónicos cercanos. La señal inalámbrica puede verse afectada e incluso interrumpida por objetos, árboles, paredes, espejos.

2.1.6 Componentes de un radioenlace

2.1.6.1 Antena

Es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir y recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas y una receptora realiza la función inversa. En el caso de que las antenas estén conectadas por medio de guía ondas, esta función de transformación se realiza en el propio emisor o receptor. Se utilizan en radio, televisión, teléfonos móviles, routers inalámbricos, mandos remotos, etc., unas veces visibles y otras ocultas en el interior del propio dispositivo. (Huidobro, 2013)

2.1.6.2 *Power Over Ethernet (POE²)*

Es una tecnología para redes de área local, soportada por algunos dispositivos; permite que la alimentación eléctrica se suministre al dispositivo a través del cable de red Ethernet. El estándar IEEE 802.3af regula el uso del PoE en los dispositivos. Dependiendo del equipo, algunos requieren 48 VCD cuando utilizan PoE, mientras que otros operan de 12 a 24 VCD. (SYSCOM, 2015)

Utilizando esta tecnología se minimiza el número de cables que deben ser colocados para instalar la red, obteniendo así un mantenimiento más fácil y mayor flexibilidad de instalación que con el cableado tradicional.

2.1.6.3 *Cable FTP³ (Foiled Twisted Pair)*

Es un cable que tiene 4 pares trenzados, dispone de apantallamientos sobre los pares de transmisión que se utilizan en redes locales. Mejora la protección frente a interferencias y su impedancia es de 12 ohmios.

Las partes que componen a un cable FTP son: envoltura, blindaje trenzado, blindaje de papel metálico, pares trenzados, como se muestra en la Figura 5.



Figura 4. Cable FTP recubierto por un blindaje metálico con 4 pares de hilos

Fuente: Recuperado de http://4.bp.blogspot.com/-6rW2NK4rMTQ/UZoORjDz28I/AAAAAAAAAC8/fDJitlHVgQk/s1600/FTP_cable.jpg

² POE: Permite que la alimentación eléctrica se suministre a un dispositivo de red, usando el mismo cable que se utiliza para la conexión de red

³ FTP: Par trenzado con blindaje global

A pesar que las propiedades de transmisión de cables de par trenzado son inferiores y en especial la sensibilidad ante perturbaciones, su gran adopción se debe al costo, su flexibilidad y facilidad de instalación, así como las mejoras tecnológicas constantes introducidas en enlaces de mayor velocidad. (Palmero, 2014)

2.1.6.4 Conector RJ-45 (*Registered Jack*)

Es uno de los conectores principales utilizados con tarjetas de red Ethernet que transmite información a través de cables de par trenzado posee ocho pines que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado, como se observa en la Figura 6. (Comunidad Informática CCM, 2013)



Figura 5. Interfaz física utilizada en extremos de cable UTP para interconectar dispositivos de red

Fuente: Recuperado de <http://dat.perueduca.edu.pe/imagenes/img70.jpg>

2.1.6.5 Transmisor

Es el elemento que procesa una señal de mensaje con el fin de producir una señal que tenga la mayor probabilidad de pasar fiable y eficientemente a través del canal. Esto implica la modulación de una señal portadora del mensaje, la codificación de la señal para ayudar a corregir errores de transmisión, el filtrado del mensaje o señal modulada para delimitar el ancho de banda ocupado y la amplificación de potencia para superar las pérdidas del canal.

2.1.6.6 Receptor

Principalmente, la función del receptor consiste en invertir el proceso de modulación del transmisor con el fin de recuperar la señal de mensaje, tratando de compensar cualquier degradación de señal del mensaje introducido por el canal.

Esto implicará amplificación de potencia para evitar pérdidas de información, filtrado aísla la señal que se desea recibir del resto de las señales que llegan a la antena, demodulación de la señal modulada en el transmisor y decodificación para evitar errores de recepción. (Bateman, 2013)

En la Figura 4 se muestran los componentes de un radioenlace

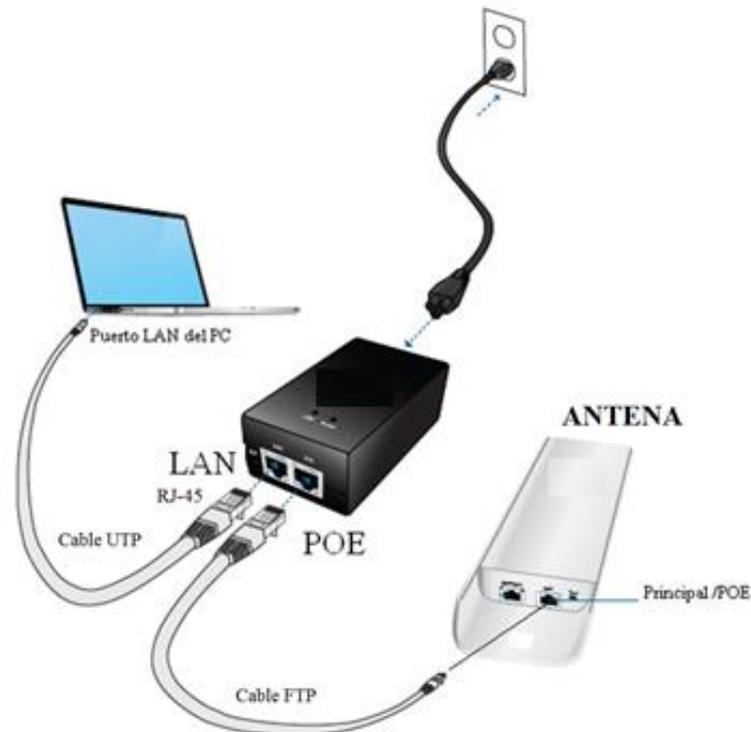


Figura 6. Componentes y conexión básica de un enlace de radio

Fuente: Recuperado de <http://www.lacuevawifi.com/wp-content/uploads/2012/02/ns2-modocliente1.jpg>

2.1.6.7 Línea de vista

Se refiere a un camino limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras. Para que exista la mejor propagación de las señales de alta frecuencia, es necesaria una línea de vista sólida.

Cuando se instala un sistema inalámbrico, se debe de tratar de transmitir con la menor cantidad posible de materiales para obtener la mejor señal en el receptor, siempre habrá problemas si se quiere transmitir a través de cualquier metal o concreto reforzado; estos ejemplos se pueden observar en la Figura 7.

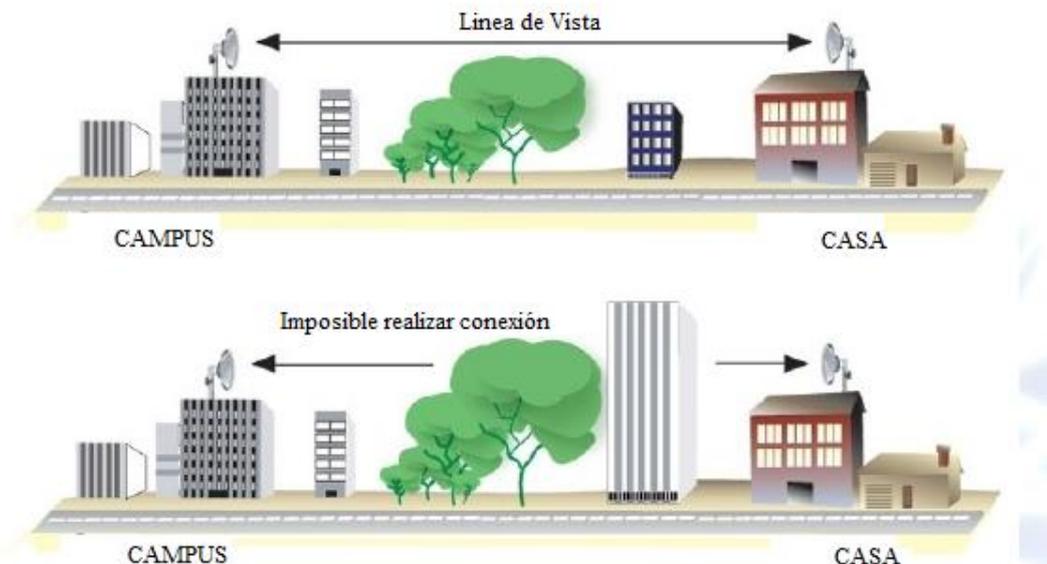


Figura 7. Línea de vista directa y línea de vista obstaculizada

Fuente: Recuperado de <http://image.slidesharecdn.com/radiofrecuenciabasica-090703102808-phpapp01/95/radio-frecuencia-basica-71-728.jpg?cb=1246616994>

Si existe una cantidad significativa de metal muy cercana a la antena de transmisión, las señales RF⁴ se pueden reflejar en ella cancelando parte de la señal transmitida, produciendo como efecto adverso, la reducción del rango y calidad de la señal principal. (WNI, 2015)

2.1.6.8 Zona de Fresnel

Es el área en donde se difunden las ondas de radiofrecuencia, estableciendo el patrón de radiación entre un emisor y un receptor mediante el uso de antenas.

Mientras menos obstáculos haya en esta área, mejor será la intensidad de la señal y por consecuencia, el ancho de banda del enlace.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero se debe determinar la línea de vista de RF, que, de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora como se muestra en la Figura 8.

⁴ RF: Abreviatura radiofrecuencia

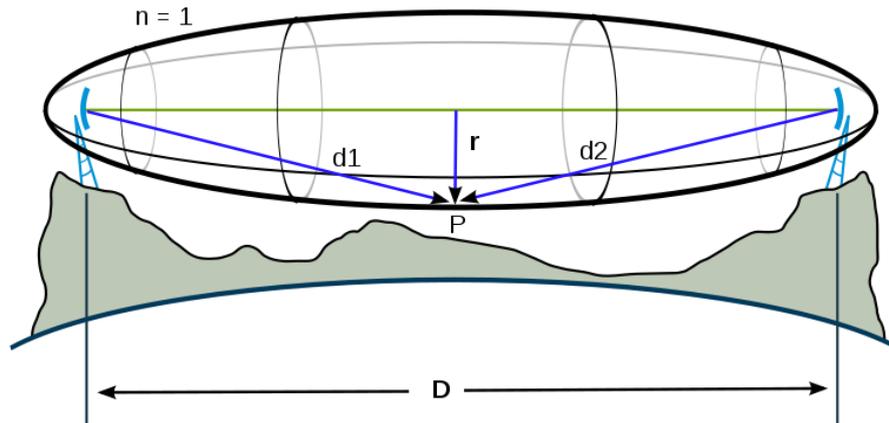


Figura 8. Zona de Fresnel

Fuente: Recuperado de <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2014/10/zona-de-fresnel.html>

La fórmula genérica de cálculo de la Zona de Fresnel se muestra en la Ecuación 1.

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Ecuación 1. Fórmula Zona de Fresnel

Donde:

r_n = radio de la n ésima zona de Fresnel en metros ($n=1,2,3\dots$)

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en metros.

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en metros.

λ = longitud de onda de la señal transmitida en metros

2.1.6.9 Espectro radioeléctrico

Es el medio en el que se propagan las ondas electromagnéticas, es utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora, televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, entre otros, esto se muestra en la Figura 9.

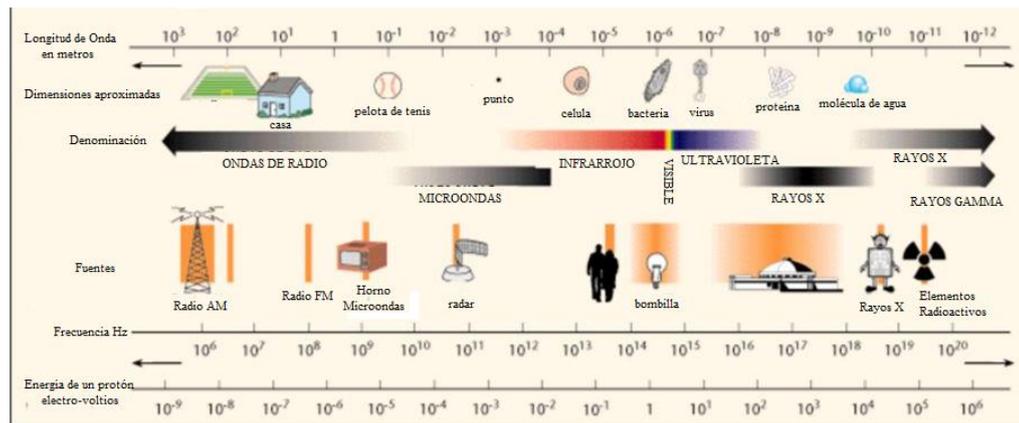


Figura 9. Espectro Radioeléctrico

Fuente: Recuperado de http://images.slideplayer.es/2/1030834/slides/slide_2.jpg

2.1.6.10 Canal

El canal es el medio físico a través del cual viaja la información de un punto a otro. Las características de un canal son de fundamental importancia para una comunicación efectiva, ya que de ellas depende en gran medida la calidad de las señales recibidas en el destino o en los nodos intermedios en una ruta.

Los Radioenlaces utilizan canales sin guía para difundir la señal. Principalmente se maneja en enlaces de larga distancia con ayuda de repetidoras, pero también se han utilizado para enlaces cortos punto a punto. (Kuhlmann & Alonso, 1996)

2.1.6.11 Frecuencia

Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico. Se mide en hertzios (Hz), un hercio es la frecuencia de un suceso o fenómeno repetido una vez por segundo (Pollonais & Bermudez, 2014)

2.1.6.12 Radiaciones no ionizantes

Según la Ley Orgánica de Telecomunicaciones; se entenderá como la radiación 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. (Asamblea Nacional, 2015)

2.1.6.13 Ancho de Banda

En conexiones a internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bits por segundo (bps), kilobytes por segundo (Kbps), o megabytes por segundo (Mbps). (SISTELEC, 2012)

2.1.6.14 Ganancia

La característica más importante de una antena es la ganancia. Esto viene a ser la potencia de amplificación de la señal. La ganancia representa la relación entre la intensidad de campo que produce una antena en un punto determinado, y la intensidad de campo que produce una antena omnidireccional (llamada isotrópica), en el mismo punto y en las mismas condiciones. Cuanto mayor es la ganancia, mejor es la antena.

La unidad que sirve para medir esta ganancia es el decibelio (dB). Esta unidad se calcula como el logaritmo de una relación de valores de potencia. Para calcular la ganancia de una antena, se toma como referencia la antena isotrópica, el valor de dicha ganancia se representa en dBi. (Radiocomunicaciones.net, 2013)

- **DBi:** Es la una unidad relativa a decibel (db) y expresa la ganancia de energía de una antena en comparación con una antena isotrópica. (CHW, 2015)

2.1.7 Orígenes de la degradación de un radioenlace

2.1.7.1 Ruido

Se denomina ruido en la comunicación a toda señal no deseada que se mezcla con la señal útil que se requiere transmitir. Es el resultado de diversos tipos de perturbación que tiende a enmascarar la información cuando se presenta en la banda de frecuencias del espectro de la señal, es decir, dentro de su ancho de banda.

El ruido se debe a múltiples causas: a los componentes electrónicos (amplificadores), al ruido térmico de las resistencias, a las interfaces de señales externas, etc. Es imposible eliminar totalmente el ruido, ya que los componentes electrónicos no son perfectos, sin embargo, es posible limitar su valor de manera que la calidad de la comunicación resulte aceptable.

2.1.7.2 Interferencia

Es cualquier objeto que altera, modifica o interrumpe la señal cuando viaja a lo largo del canal entre fuente y receptor. Los ejemplos más comunes son:

- *Interferencia Electromagnética (EMI)*: es cualquier señal, radiada en el espacio o conducida a través de un cable de alimentación, que pone en peligro la navegación u otro servicio de seguridad, degrada, obstruye o interrumpe de forma repetida un servicio de comunicaciones por radio autorizado.
- *Interferencia de co-canal (CCI)*: es la diafonía entre dos diferentes transmisores de radio que utilizan la misma frecuencia.
- *Interferencia de canal adyacente (ACI)*: es el deterioro de la señal a una frecuencia debida a la presencia de otra señal de una frecuencia cercana.
- *Interferencia intersímbolo (ISI)*: se da cuando los pulsos de una señal se dispersan, lo cual hace que estos interrumpan la transmisión de los bits vecinos.

2.1.7.3 Distorsión

Es la deformación de la señal producida porque el canal se comporta de forma distinta en cada frecuencia, se puede tener los siguientes tipos de distorsión.

- **Distorsión por atenuación**: Ocurre cuando las altas frecuencias pierden potencia con mayor rapidez que las frecuencias bajas durante la transmisión, lo que puede hacer que la señal recibida sea distorsionada por una pérdida desigual de sus frecuencias componentes.

La pérdida de potencia está en función del método y medio de transmisión. Además, la atenuación aumenta con la frecuencia e inversamente con el diámetro del alambre. Este problema se evita con estaciones repetidoras que refuercen la señal cuando sea necesario.

- **Distorsión por retraso:** Ocurre cuando una señal se retrasa más a ciertas frecuencias que a otras. Si un método de transmisión de datos comprende datos transmitidos a dos frecuencias distintas, los bits transmitidos a una frecuencia pueden viajar ligeramente más rápido que los transmitidos en la otra. Existe un dispositivo llamado igualador (o ecualizador) que compensa tanto la atenuación como la distorsión por retraso. (Perez Torres, Ramón Dominguez, & Carrillo Antonio, 2010)

2.1.8 Banda libre

La ingeniería asociada a un despliegue en banda libre conlleva como fase inicial la elección de la frecuencia de trabajo entre las disponibles dentro de la regulación pertinente (2.4, 5.4 y 5.8 GHz) así como el diseño radioeléctrico del vano. Para dicho diseño los elementos susceptibles de ser diseñados suelen ceñirse a la unidad radio y la antena.

Para ello existen numerosas herramientas propias del fabricante o de terceros que facilitan la previsión de resultados que puede esperarse de cada enlace.

2.1.9 Banda licenciada

En este aspecto el diseño de una solución en banda licenciada requiere de un esfuerzo mayor. Por un lado, la elección de la frecuencia no se ciñe a decidir cuál de ellas nos viene bien para el despliegue si no que requiere de la validación de la misma por parte del organismo competente. Este trámite conlleva la presentación de cierta documentación que requiere una importante inversión de tiempo dado el nivel de detalle que exige el organismo regulador.

En cuanto a elementos a tener en cuenta se debe tener cuidado con la elección de la unidad radio necesaria para el vano. Al tratarse de tecnología FDD⁵ cada unidad radio tiene un rango de frecuencia de transmisión y otro de recepción.

Además, en este tipo de enlaces aparecen elementos adicionales como acopladores que pueden ser necesarios para implantar un enlace con XPIC⁶, o en configuración 2+0/1+1.

Por otra parte, es habitual en este tipo de soluciones que los módems dispongan de ciertas funcionalidades que requieran de una licencia adicional que debe ser tomada en cuenta en esta fase del proyecto. En este tipo de enlaces la gama de software de simulación es más limitada, con lo que la simulación de los mismos es algo más complicada de conseguir. (Martinez, 2013)

2.1.10 Introducción a Wi - Fi (802.11)

La especificación IEEE 802.11 (ISO⁷/IEC⁸ 8802-11) es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN). Wi-Fi (que significa "Fidelidad inalámbrica", es el nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance, anteriormente WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11.

Por el uso indebido de los términos (y por razones de marketing) el nombre del estándar se confunde con el nombre de la certificación. Una red Wi-Fi es en realidad una red que cumple con el estándar 802.11. A los dispositivos certificados por la Wi-Fi Alliance se les permite usar el logotipo mostrado en la Figura 10.



Figura 10. Símbolo de fidelidad inalámbrica

Fuente: Recuperado de <http://www.definicionabc.com/tecnologia/wireless.php>

⁵ FDD: Duplexación por división de frecuencia

⁶ XPIC: Cross Polarization Interference Cancellation

⁷ ISO: Organización Internacional de Normalización

⁸ IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

Con Wi-Fi se pueden crear redes de área local inalámbricas de alta velocidad siempre y cuando el equipo que se vaya a conectar no esté muy alejado del punto de acceso. En la práctica, Wi-Fi admite ordenadores portátiles, equipos de escritorio o cualquier otro tipo de dispositivo de alta velocidad con propiedades de conexión también de alta velocidad (11 Mbps o superior) dentro de un radio de varias docenas de metros en ambientes cerrados (de 20 a 50 metros en general) o dentro de un radio de cientos de metros al aire libre.

Los proveedores de Wi-Fi están comenzando a cubrir áreas con una gran concentración de usuarios (como estaciones de trenes, aeropuertos y hoteles) con redes inalámbricas. Estas áreas se denominan "zonas locales de cobertura".

2.1.10.1 Estándar (802.11)

El estándar 802.11 se establece en la capa física y en la capa enlace de datos del modelo OSI, para las conexiones inalámbricas que utilizan ondas electromagnéticas como se muestra en la Figura 11.

| | | | |
|----------------------------------|--------|------|------------|
| Capa de enlace de datos (MAC) | 802.2 | | |
| | 802.11 | | |
| Capa física (PHY) | DSSS | FHSS | Infrarrojo |

Figura 11. Capas del Modelo OSI que utiliza el estándar 802.11

Fuente: Recuperado de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

La capa física ofrece tres tipos de codificación de información: DSSS⁹, FHSS¹⁰ e infrarrojo, define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos.

La capa de enlace de datos compuesta por dos subcapas: control de enlace lógico (LLC) y control de acceso al medio (MAC), define la interfaz entre el bus del equipo y la capa física, en particular un método de acceso parecido al utilizado en el estándar Ethernet, y las reglas para la comunicación entre las estaciones de la red.

⁹ DSSS: Espectro Ensanchado por Secuencia Directa

¹⁰ FHSS: Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia

Cualquier protocolo de nivel superior puede utilizarse en una red inalámbrica Wi-Fi de la misma manera que puede utilizarse en una red Ethernet.

- **Estándar 802.11a:** El estándar 802.11 tiene en teoría un flujo de datos máximo de 54 Mbps, cinco veces el del 802.11b y sólo a un rango de treinta metros aproximadamente. El estándar 802.11a se basa en la tecnología llamada OFDM¹¹. Transmite en un rango de frecuencia de 5 GHz y utiliza 8 canales no superpuestos.

Es por esto que los dispositivos 802.11a son incompatibles con los dispositivos 802.11b. Sin embargo, existen dispositivos que incorporan ambos chips, los 802.11a y los 802.11b y se llaman dispositivos de "banda dual".

La Tabla 1 muestra la velocidad hipotética de propagación en referencia al rango

Tabla 1. Velocidad de propagación 802.11a

| Velocidad hipotética (en ambientes cerrados) | Rango |
|--|-------|
| 54 Mbit/s | 10 m |
| 48 Mbit/s | 17 m |
| 36 Mbit/s | 25 m |
| 24 Mbit/s | 30 m |
| 12 Mbit/s | 50 m |
| 6 Mbit/s | 70 m |

Fuente: Recuperado de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

- **Estándar 802.11b:** El estándar 802.11b permite un máximo de transferencia de datos de 11 Mbps en un rango de 100 metros aproximadamente en ambientes cerrados y de más de 200 metros al aire libre (o incluso más que eso con el uso de antenas direccionales). La Tabla 2 muestra la velocidad hipotética de propagación en referencia al rango

¹¹ OFDM: Multiplexación por división de frecuencias ortogonales

Tabla 2. Velocidad de propagación 802.11b

| Velocidad hipotética | Rango (en ambientes cerrados) | Rango (al aire libre) |
|-----------------------------|--|----------------------------------|
| 11 Mbit/s | 50 m | 200 m |
| 5,5 Mbit/s | 75 m | 300 m |
| 2 Mbit/s | 100 m | 400 m |
| 1 Mbit/s | 150 m | 500 m |

Fuente: Recuperado de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

- **Estándar 802.11g:** El estándar 802.11g permite un máximo de transferencia de datos de 54 Mbps en rangos comparables a los del estándar 802.11b. Además, y debido a que el estándar 802.11g utiliza el rango de frecuencia de 2.4 GHz con codificación OFDM, es compatible con los dispositivos 802.11b con excepción de algunos dispositivos más antiguos. La Tabla 3 muestra la velocidad hipotética de propagación en referencia al rango teniendo en cuenta dos tipos de ambientes.

Tabla 3. Velocidad de propagación 802.11g

| Velocidad hipotética | Rango (en ambientes cerrados) | Rango (al aire libre) |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| 54 Mbit/s | 27 m | 75 m |
| 48 Mbit/s | 29 m | 100 m |
| 36 Mbit/s | 30 m | 120 m |
| 24 Mbit/s | 42 m | 140 m |
| 18 Mbit/s | 55 m | 180 m |
| 12 Mbit/s | 64 m | 250 m |
| 9 Mbit/s | 75 m | 350 m |
| 6 Mbit/s | 90 m | 400 m |

Fuente: Recuperado de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

2.1.10.2 Estándares inalámbricos

El estándar 802.11 en realidad es el primer estándar y permite un ancho de banda de 1 a 2 Mbps. El estándar original se ha modificado para optimizar el ancho de banda (incluidos los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g, denominados estándares físicos 802.11 o para especificar componentes de mejor manera con el fin de garantizar mayor seguridad o compatibilidad. La Tabla 4 muestra las distintas modificaciones del estándar 802.11 y sus significados:

Tabla 4. Modificaciones del estándar 802.11

| Nombre del estándar | Nombre | Descripción |
|----------------------------|------------------------------------|--|
| 802.11a | Wifi5 | El estándar 802.11 (llamado WiFi 5) admite un ancho de banda superior (el rendimiento total máximo es de 54 Mbps aunque en la práctica es de 30 Mbps). El estándar 802.11a provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz. |
| 802.11b | Wifi | El estándar 802.11 es el más utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) y tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto. Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles. |
| 802.11c | Combinación del 802.11 y el 802.1d | El estándar combinado 802.11c no ofrece ningún interés para el público general. Es solamente una versión modificada del estándar 802.1d que permite combinar el 802.1d con dispositivos compatibles 802.11 (en el nivel de enlace de datos). |
| 802.11d | Internacionalización | El estándar 802.11d es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo. |
| 802.11e | Mejora de la calidad del servicio | El estándar 802.11e está destinado a mejorar la calidad del servicio en el nivel de la capa de enlace de datos. El objetivo del estándar es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión para permitir mejores transmisiones de audio y vídeo. |
| 802.11f | Itinerancia | El 802.11f es una recomendación para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el protocolo IAPP que le permite a un usuario itinerante cambiarse claramente de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red. |

| | |
|---------|---|
| | También se conoce a esta propiedad simplemente como itinerantica. |
| 802.11g | El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b. |
| 802.11h | El estándar 802.11h tiene por objeto unir el estándar 802.11 con el estándar europeo (HiperLAN 2, de ahí la h de 802.11h) y cumplir con las regulaciones europeas relacionadas con el uso de las frecuencias y el rendimiento energético. |
| 802.11i | El estándar 802.11i está destinado a mejorar la seguridad en la transferencia de datos (al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación). Este estándar se basa en el AES (estándar de cifrado avanzado) y puede cifrar transmisiones que se ejecutan en las tecnologías 802.11a, 802.11b y 802.11g. |
| 802.11r | El estándar 802.11r se elaboró para que pueda usar señales infrarrojas. Este estándar se ha vuelto tecnológicamente obsoleto. |

Fuente: Recuperado de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

También es importante mencionar la existencia de un estándar llamado "802.11b+". Éste es un estándar patentado que contiene mejoras con respecto al flujo de datos. Por otro lado, este estándar tiene algunas carencias de interoperabilidad debido a que no es un estándar IEEE.

2.1.10.3 Estándares físicos 802.11

Los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g, llamados "estándares físicos", son modificaciones del estándar 802.11 y operan de modos diferentes, lo que les permite alcanzar distintas velocidades en la transferencia de datos según sus rangos, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Estándares físicos 802.11

| Nombre | Tecnología | Velocidad de transmisión | Características |
|-------------|----------------|--------------------------|--|
| Wireless B | IEEE 802.11 b | 11 Mbps | Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz solamente, compatible con velocidades menores |
| Wireless G | IEEE 802.22 g | 11 / 22 / 54 Mbps | Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz solamente |
| Wireless N | IEEE 802.11 n | 300 Mbps | Utiliza tecnología denominada MIMO Multiple-Input Multiple-Output (que por medio de múltiples antenas trabaja en 2 canales), frecuencia 2,4 GHz y 5 GHz simultáneamente. |
| Wireless AC | IEEE 802.11 ac | 433 Mbps / 1.3 Gbps | Trabaja sobre la banda de los 2.5 GHz (MIMO) de 3 canales, múltiples antenas, también llamada WI-FI 5/5 G |

Fuente: Recuperado de http://www.informaticamoderna.com/Redes_inalam.htm

2.1.11 Plan nacional de frecuencias y uso del espectro radioeléctrico

“El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) en uso de sus atribuciones establecidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformatoria, aprobó mediante Resolución No. TEL-391-15- CONATEL-2012 de 4 de julio de 2012 las modificaciones del Plan Nacional de Frecuencias de septiembre de 2008.

El Plan Nacional de Frecuencias (PNF), establece la atribución de las bandas de frecuencias a los diferentes servicios de radiocomunicaciones tales como Fijo, Móvil, Fijo por Satélite, Móvil por Satélite, Móvil Aeronáutico, Móvil Marítimo, Radiodifusión.

La actualización del PNF¹² se realizó tomando en cuenta las Resoluciones aprobadas por el CONATEL en materia de gestión del espectro radioeléctrico desde el año 2000, modificaciones de atribución de bandas de frecuencias radioeléctricas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), aprobadas en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de los años 2003, 2007, 2012 y en la situación actual del sector de telecomunicaciones en el Ecuador; el PNF está estructurado bajo el siguiente esquema.

¹² PNF: Plan nacional de frecuencias

1. Términos y definiciones establecidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.
2. *Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias en el rango 8.9 kHz – 3000 GHz.* La UIT desde el punto de vista de la atribución de bandas, ha dividido al mundo en tres Regiones: Región 1, Región 2 y Región 3., Ecuador pertenece a la Región 2. La presentación del Cuadro contenida en el PNF está clasificada por rangos de frecuencias acorde con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. El formato de dicha presentación cuenta con tres columnas que contienen la siguiente información: Primera Columna (Región 2): Contiene las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios de radiocomunicaciones en la Región 2.

Se incluyen las notas internacionales de pie de cuadro para los países que pertenecen a esta región. Segunda Columna (Ecuador): Contiene las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios de radiocomunicaciones en el Ecuador y las notas internacionales de pie de cuadro en las que está incluido el país. Tercera Columna (Notas Nacionales): Contiene exclusivamente notas de pie de cuadro para el Ecuador.

3. *Descripciones de las Notas de pie de Cuadro, tanto nacionales como internacionales.* Las notas de pie de cuadro establecen las normas, estándares, aplicaciones específicas, parámetros técnicos y prioridades de utilización de los servicios en cada una de las bandas, y además previsiones futuras del uso del espectro radioeléctrico.

Se debe tener presente que el PNF es una de las herramientas indispensables de las que dispone el Órgano Regulador de las Telecomunicaciones para una adecuada Gestión del Espectro Radioeléctrico, asignación, concesión y autorización de uso de frecuencias. El PNF es un documento netamente técnico y dinámico, sujeto a revisiones periódicas acorde con las necesidades nacionales, introducción de nuevas tecnologías y cambio en la regulación internacional.

2.1.11.1 Disposiciones generales

La atribución de bandas de frecuencias para servicios de radiocomunicaciones específicos será únicamente dentro de la banda establecida en la correspondiente nota nacional EQA. Según el Plan Nacional de Frecuencias para el uso del Espectro Radioeléctrico para un Radio Enlace en este caso se utilizará el lineamiento EQA.50 y EQA.90 ya que los rangos de frecuencias que disponen cada una norma son con las que trabajan los equipos.

2.1.11.2 Lineamiento EQA.50

Esta nota está distribuida por varios rangos de frecuencia que se puede utilizar para un Radio Enlace utilizable para una entidad pública, las cuales se muestran a continuación:

235 – 245 MHz

360 – 370 MHz

430 - 440 MHz

902 – 929 MHz

934 – 935 MHz

951 – 956 MHz

1 427 – 1 525 MHz

3 700 – 4 200 MHz

5 925 – 6 425 MHz

7 100 – 8 500 MHz

14,4 – 15,35 GHz

17,7 – 18,9 GHz y 21,2 – 23,6 GHz se utilizan para el servicio FIJO.

La banda 1 518 – 1 525 MHz, también se utiliza para el servicio MOVIL POR SATELITE (espacio-Tierra).

Las bandas 3 700 – 4 200 MHz y 18,4-18,9 GHz, también se utilizan para el servicio FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra).

Las bandas 5 925 – 6 425 MHz, 14,4 -14,5 GHz, también se utilizan para el servicio FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio).

La banda 17,7 – 18,4 GHz, también se utiliza para el servicio FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra) y (Tierra- espacio).

2.1.11.3 Lineamiento EQA.90

Este lineamiento se da en las siguientes bandas:

902 – 928 MHz

2 400 – 2 4835 MHz

5 150 – 5 350 MHz

5 470 –5 725 MHz

5 725 – 5 850 MHz

También operan sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha y enlaces auxiliares de radiodifusión sonora que utilizan técnicas de modulación digital de banda ancha sin protección contra interferencias perjudiciales.” (CONATEL, 2012)

2.1.12 Conceptos Fundamentales

2.1.12.1 UBIQUITI

Ubiquiti se dedica principalmente al diseño de hardware de redes inalámbricas, tanto para la comunicación a largas distancias, como para el despliegue de pequeñas redes Wi-Fi, priorizando la innovación y el alto rendimiento a bajo coste. Sus principales clientes son proveedores WISP¹³ y empresas dedicadas al despliegue de redes. La empresa se fundó en 2003, y entró formalmente en el mercado de la tecnología inalámbrica en junio de 2005.

¹³ WISP: Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico

2.1.12.2 *Protocolo TDMA AIRMAX*

Este protocolo fue diseñado teniendo en cuenta la velocidad y la escalabilidad. Tradicionalmente, las soluciones más económicas de radio de banda para exteriores sin licencia se han basado en el estándar 802.11. Si bien estas soluciones ofrecen buenos resultados en implementaciones de pequeña escala, pierden calidad de rendimiento de manera exponencial a medida que se agregan más clientes y causan colisiones y retransmisiones.

La tecnología AirMax de Ubiquiti soluciona estos problemas a través del uso de un protocolo de hardware TDMA acelerado que consiste en un coordinador de sondeo inteligente con programación inteligente y detección nativa de paquetes VOIP. El resultado es una red que puede escalar a cientos de clientes por estación base y a la vez mantiene baja latencia, alto rendimiento y calidad de voz sin interrupciones.

Junto con la implementación de este protocolo TDMA de última generación, Ubiquiti presentó una cartera de tecnologías de antenas MIMO que ofrece un rendimiento de clase portadora con pérdida de retorno, aislamiento de polarización cruzada, ganancia, inclinación vertical eléctrica y características de amplitud de haz que por lo general se encuentran sólo en las antenas de estación base celulares de la más alta calidad. Las antenas han sido diseñadas y evaluadas de forma práctica para garantizar un rendimiento óptimo, al utilizar el protocolo AirMax y el hardware AirMax de radio MIMO¹⁴ 2x2. (WIFI Center, C.A, 2014)

2.1.12.3 *MIKROTIK*

Mikrotik Ltd., conocida internacionalmente como MikroTik, es una compañía proveedora de tecnología disruptiva de hardware y software para la creación de redes. Mikrotik RouterOS es un software que funciona como un Sistema Operativo para convertir un PC o una placa Mikrotik RouterBOARD en un router dedicado.

MikroTik se dedica principalmente a la venta de productos de hardware de red como routers denominados routerboards y switches también conocidos por el software que lo integra, denominado RouterOS y SwOS.

¹⁴ MIMO: Múltiple entrada múltiple salida

RouterOS es un sistema operativo basado en el kernel de Linux 2.6 usado en el hardware de los Mikrotik RouterBOARD que es la división de hardware de la marca Mikrotik. Se caracteriza por poseer su propio S.O de fácil configuración. Estos dispositivos poseen la ventaja de tener una relación costo /beneficio muy alta.

2.1.12.4 *Protocolo NV2*

El protocolo Nv2 es un protocolo inalámbrico propietario desarrollado por MikroTik para usarse junto con los chips inalámbricos Atheros 802.11. Nv2 está basado en la tecnología de acceso al medio TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) en lugar de CSMA (Acceso Múltiple por Detección de Carrier), usado en los dispositivos regulares 802.11.

El acceso al medio en redes Nv2 es controlado por el Access Point Nv2. Éste segmenta el tiempo en períodos de tamaño fijo (time slots) los cuales son dinámicamente divididos en porciones de downlink (datos enviados desde el AP a los clientes) y uplink (datos enviados desde los clientes al AP), basándose en estado de colas en el AP y clientes.

Nv2 implementa selección dinámica de la tasa de transmisión con base en cada cliente y ARQ para la transmisión de datos. Esto permite una comunicación confiable entre los links Nv2.

Para la QoS (Calidad de Servicio), Nv2 implementa un número variable de colas de prioridad ya incluidas por defecto, aunque también se puede ajustar la política de QoS con reglas de firewall o información de prioridad propagada a través de la red usando VLAN o los bits experimentales de MPLS. (Savage, 2014)

2.1.12.5 *WINBOX*

MIKROTIK es propietaria de la aplicación WINBOX la cual es una herramienta que brinda una interfaz gráfica con el fin de que el usuario pueda realizar fácilmente las configuraciones necesarias para cumplir sus requerimientos.

CAPITULO 3

3. Análisis de Infraestructura de cada Enlace de Radio

En este capítulo se realiza el levantamiento de información de la infraestructura interna de cada enlace de radio para obtener información específica del estado actual en el que se encuentran cada uno de los equipos que se está trabajando hasta el momento.

3.1 Descripción de la Universidad Técnica del Norte

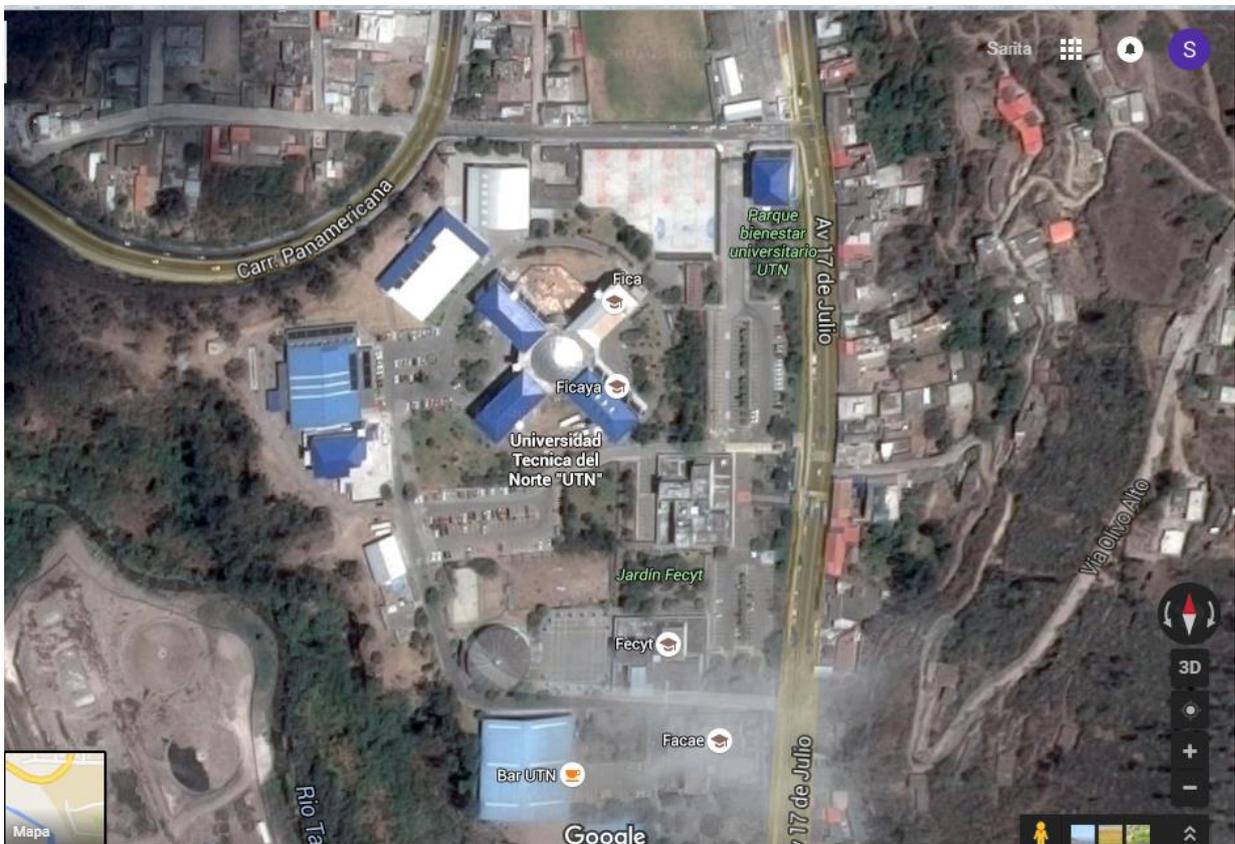


Figura 12. Ubicación Universidad Técnica del Norte

Fuente: Recuperado de

<https://www.google.com.ec/maps/place/Universidad+Tecnica+del+Norte+%22UTN%22/@0.3582335,-78.112573,449m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x8e2a3cad309ad309:0xc97eab5c0f6a095e>

La Universidad Técnica del Norte se encuentra ubicada en la ciudad de Ibarra, en la dirección Av. 17 de Julio 5-21 y General José María Córdova como se muestra en la Figura 12. Es una entidad institucional que está disponible para todo estudiante bachiller con el fin de formar nuevos profesionales de calidad en todas las carreras disponibles que tiene la misma.

3.1.1 Misión

“La Universidad Técnica del Norte es una Institución de educación superior, publica y acreditada, forma profesionales de excelencia, críticos, humanistas, líderes y emprendedores con responsabilidad social: genera, fomenta y ejecuta procesos de investigación, de transferencia de saberes, de conocimientos científicos, tecnológicos y de Innovación; se vincula con la comunidad, con criterios de sustentabilidad para contribuir al desarrollo social, económico, cultural y ecológico de la región y del país”. (Universidad Técnica del Norte, 2016)

3.1.2 Visión

“La Universidad Técnica del Norte, en el año 2020, será un referente regional y nacional en la formación de profesionales, en el desarrollo de pensamiento, ciencia, tecnología, Investigación, Innovación y vinculación, con estándares de calidad Internacional en todos sus procesos; será la respuesta académica a la demanda social y productiva que aporta para la transformación y la sustentabilidad”. (Universidad Técnica del Norte, 2016)

3.1.3 Organigrama de la Universidad Técnica del Norte

La UTN¹⁵ se encuentra organizada como se muestra en el organigrama de la Figura 13.

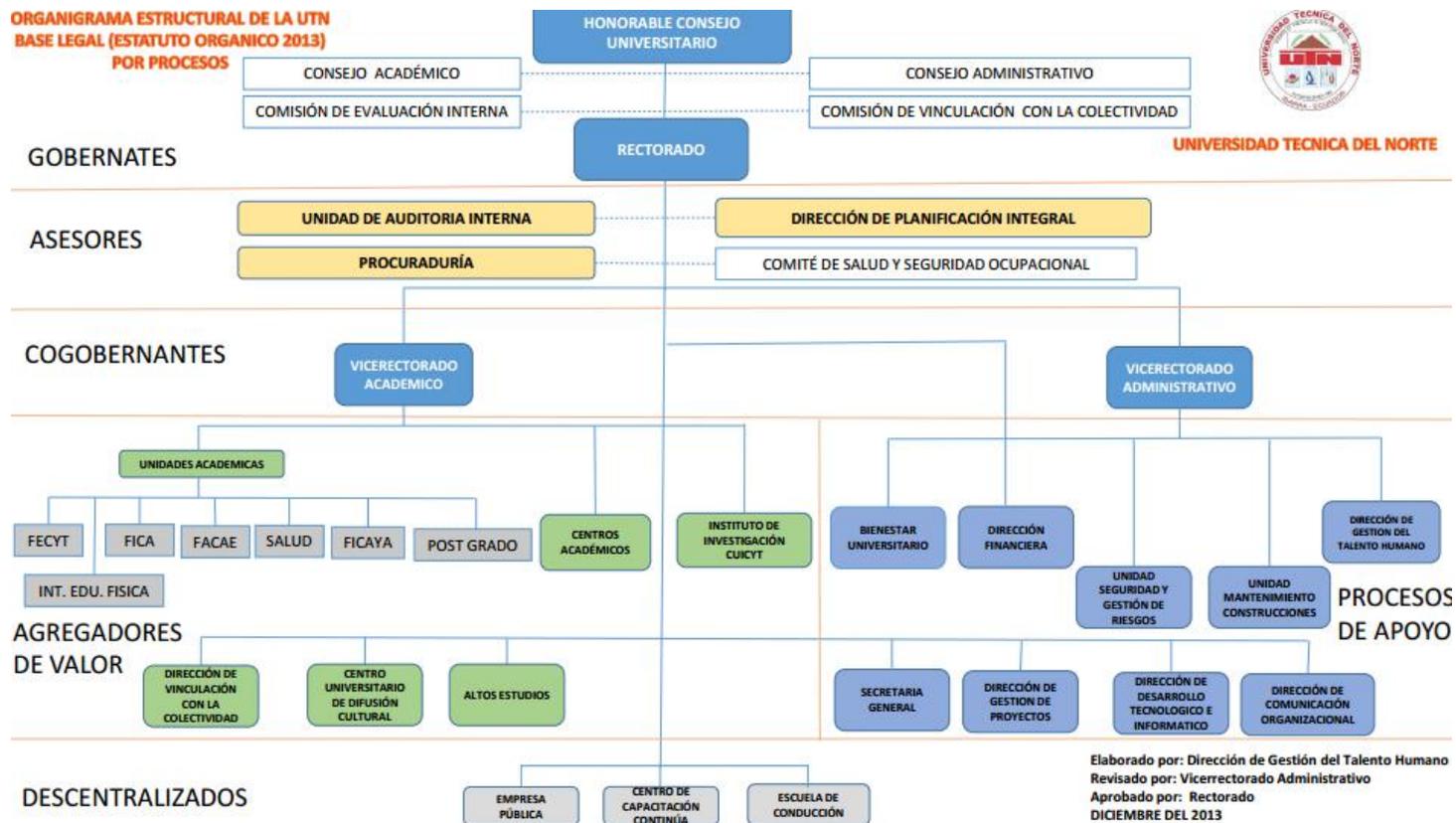


Figura 13. Organigrama Universidad Técnica del Norte

Fuente: Recuperado de http://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2171

¹⁵ UTN: Universidad Técnica del Norte

3.1.4 Diagrama Físico de Red Universidad Técnica Del Norte

La topología física de la red de la UTN se muestra en la Figura 14.

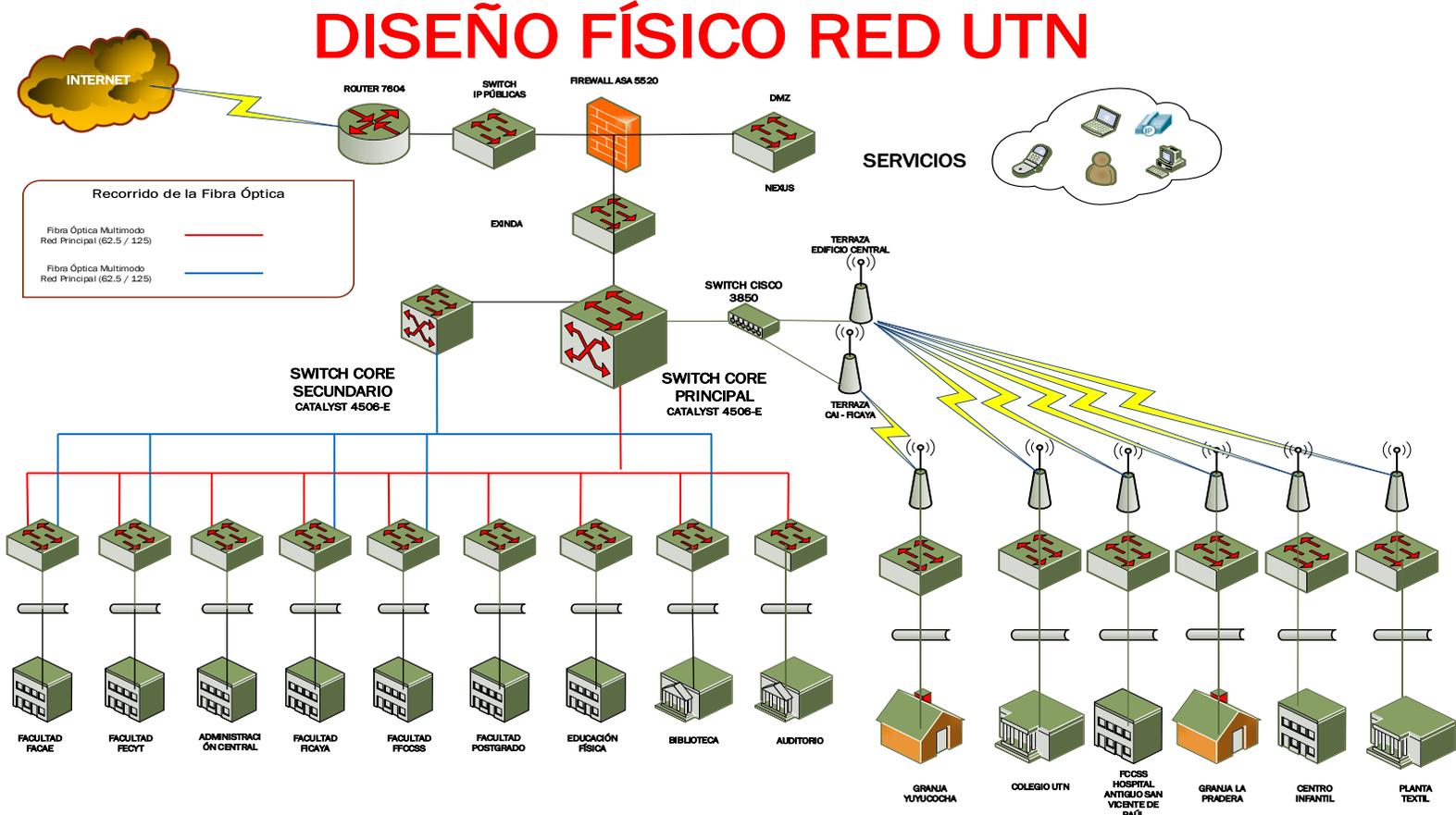


Figura 14. Topología Física UTN

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.1.5 Diagrama Físico de los Enlaces de Radio de la Universidad Técnica Del Norte

El diagrama físico de los enlaces de radio de la UTN se muestra en la Figura 15.

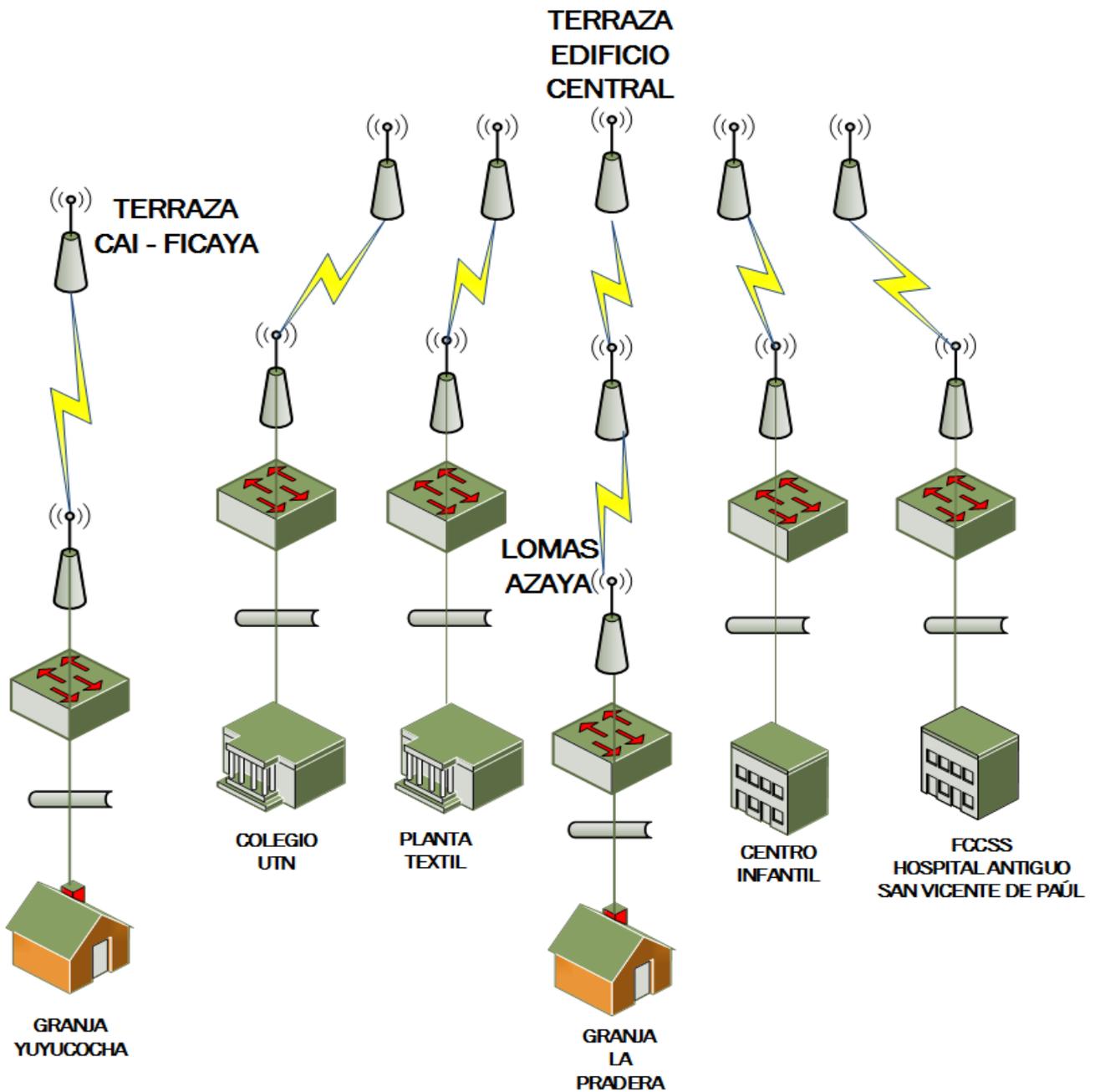


Figura 15. Diagrama Físico de los enlaces de radio de la UTN

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.2 Situación actual de los enlaces de radio de la UTN

La Universidad Técnica del Norte al tener campus externos se vio en la necesidad de realizar enlaces de radio para lograr tener acceso a todos los servicios que brinda la red interna de la UTN.

Los enlaces de radio están distribuidos como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Distribución de enlaces de radio UTN

| ENLACE | ACCESS POINT | ESTACIÓN |
|--|------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | UTN Terraza Edificio Central | Lomas de Azaya |
| | Lomas de Azaya | Granja la Pradera |
| El enlace realizado desde la Universidad Técnica del Norte hacia la Granja La Pradera tiene un rebote ya que no existe línea de vista directamente entre los dos puntos mencionados. | | |
| 2 | UTN Terraza CAI - FICAYA | Granja Yuyucocha |
| 3 | UTN Terraza Edificio Central | Colegio Universitario |
| 4 | UTN Terraza Edificio Central | Centro Infantil |
| 5 | UTN Terraza Edificio Central | FCCSS(Antiguo Hospital) |
| 6 | UTN Terraza Edificio Central | Planta Textil (Estadio Universitario) |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Los seis enlaces de radio se encuentran directamente conectados a un switch Cisco 3850 como se muestra en la tabla.

Tabla 7. Distribución de enlaces de radio UTN

| NÚMERO DEL ENLACE | NOMBRE ENLACE | PUERTO SWITCH | VLAN | DIRECCIÓN IP |
|-------------------|-----------------------------|------------------|------|-----------------|
| 1 | Terraza UTN Access Point | 14 | 1 | 172.16.1.170/24 |
| | Lomas de Azaya Estación | --- | 1 | 172.16.1.171/24 |
| | Lomas de Azaya Access Point | --- | 1 | 172.16.1.172/24 |
| | Granja La Pradera Estación | --- | 1 | 172.16.1.173/24 |

| | | | | |
|---|-------------------------|-----|---|-----------------|
| 2 | Terraza CAI/FICAYA | 48 | 1 | 172.16.1.174/24 |
| | Granja Yuyucocha | --- | 1 | 172.16.1.175/24 |
| 3 | Terraza UTN | 18 | 1 | 172.16.1.178/24 |
| | Colegio Universitario | --- | 1 | 172.16.1.179/24 |
| 4 | Terraza UTN | 8 | 1 | 172.16.1.184/24 |
| | Centro Infantil | --- | 1 | 172.16.1.185/24 |
| 5 | Terraza UTN | 20 | 1 | 172.16.1.182/24 |
| | FCCSS(Antiguo Hospital) | --- | 1 | 172.16.1.183/24 |
| 6 | Terraza UTN | 6 | 1 | 172.16.1.176/24 |
| | Planta Textil | --- | 1 | 172.16.1.177/24 |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Para tener acceso a todos los dispositivos inalámbricos ubicados en la terraza de la Universidad Técnica del Norte se debe estar conectado a un puerto de red con una dirección IP¹⁶ en la tarjeta de LAN¹⁷ del computador que este dentro del rango de las direcciones de los enlaces.

Para el ingreso a los equipos de marca UBIQUITI se utiliza el navegador colocando la dirección IP designada para el mismo. Los equipos de marca MIKROTIK acceden de igual forma desde una navegador estando totalmente dentro del rango de direccionamiento de cada enlace, este fabricante es propietario de un software denominado WIMBOX con cualquiera de las dos alternativas el equipo permite configurar con todas las opciones que le caracteriza.

Para los equipos UBIQUITI se puede acceder a los mismos desde cualquier VLAN caso diferente para los equipos MIKROTIK ya que para el acceso a los mismos se debe estar conectado a la VLAN 1 de la red de la UTN.

¹⁶ IP: Protocolo de Internet

¹⁷ LAN: Red de Área Local

3.2.1 Configuraciones en los enlaces de radio

Como antes ya mencionado la Universidad Técnica del Norte dispone de seis enlaces de radio los cuales se ha realizado una recopilación de las configuraciones de cada uno. A continuación se muestra un ejemplo de todas las opciones y características de configuraciones con las que cuenta un equipo en modo Access Point y modo Estación en la marca UBIQUITI.

3.2.1.1 Terraza UTN-Lomas de Azaya (Access Point)

La configuración de este equipo en modo access point Ubiquiti está dada como se indica a continuación. En la figura 16 se muestra la pestaña Ubiquiti en donde se encuentra los protocolos que se pueden utilizar correspondientes a este fabricante.



Figura 16. Pantalla principal, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 17 la pestaña MAIN muestra todas las características y parámetros de la antena y conexión del enlace como:

- Tiempo de actividad del equipo
- Distancia entre los dispositivos
- Tipo de antena
- Versión Firmware
- Modo de red e inalámbrico
- SSID, Canal y Frecuencia

- MAC del equipo
- Número de conexiones al access point
- Nivel de ruido
- CCQ de transmisión (es un valor que muestra la eficiencia del uso del ancho de banda medido en porcentaje teniendo el máximo el 100%)
- Calidad y capacidad del AirMAX
- Protocolo AirMax habilitado o deshabilitado

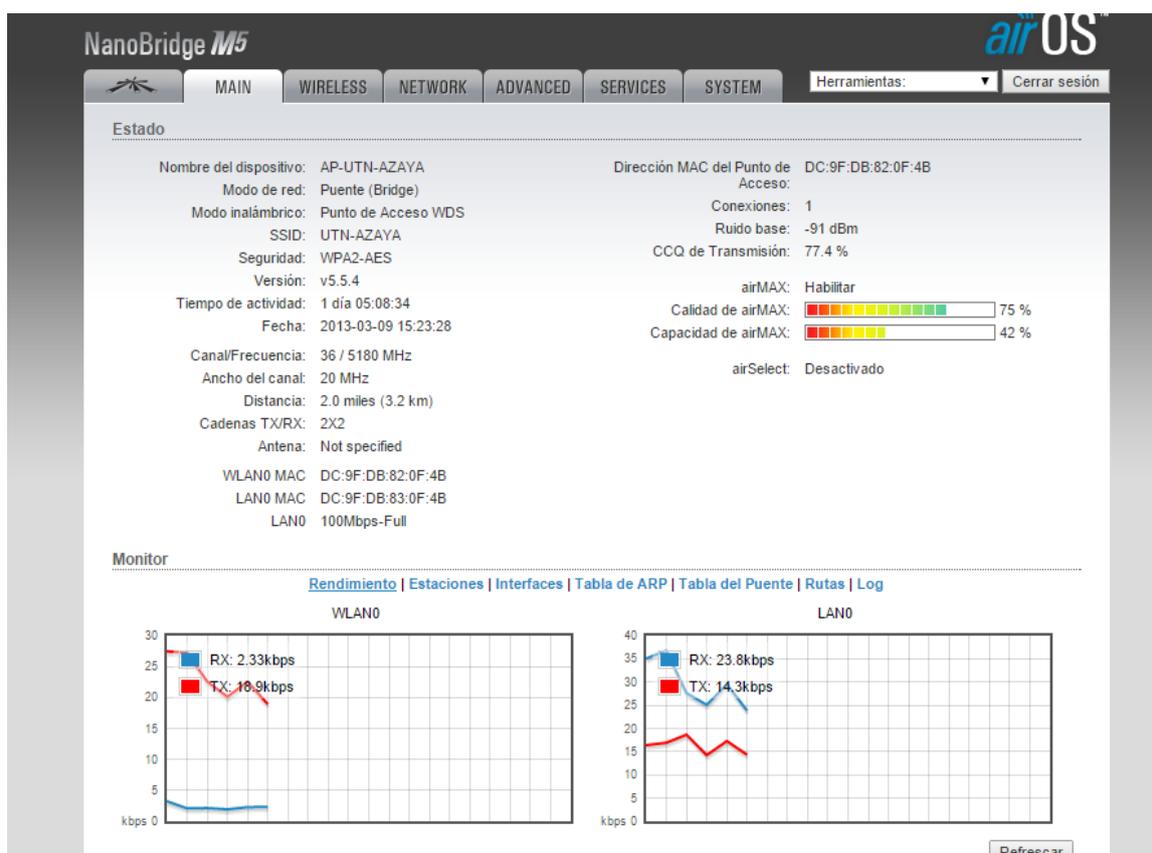


Figura 17. Pantalla Main, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 18 se muestra la pestaña WIRELESS la cual se puede elegir los siguientes parámetros de configuración para un equipo que esta designado a trabajar como Access Point.

- Modo inalámbrico
- SSID
- País para tener el rango de frecuencias permitidas
- Protocolo inalámbrico

- Ancho de canal
- Frecuencia
- Tipo de antena
- Tipo de seguridad
- Potencia de salida de la antena

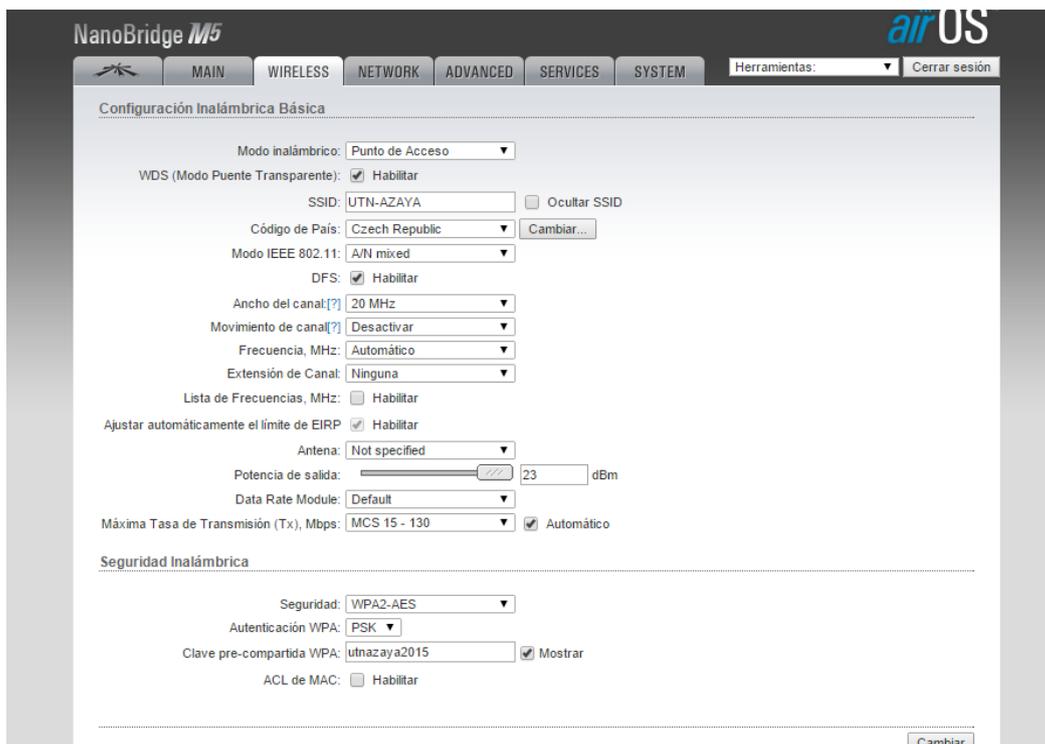


Figura 18. Pantalla Wireless, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 19 se muestra la pestaña NETWORK la cual se puede elegir los siguientes parámetros de configuración para un equipo que esta designado a trabajar como Access Point.

- Modo de red da opciones de funcionamiento como: Router o Bridge
- Configuración simple o avanzada
- Asignación de DNS específico
- Creación de Vlan
- Limitación de ancho de banda
- Firewall

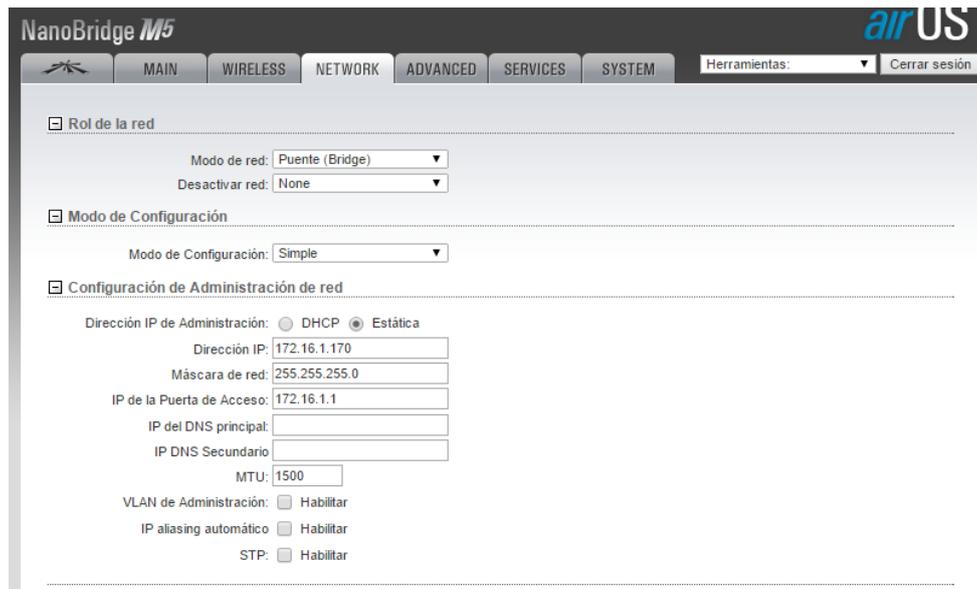


Figura 19. Pantalla Network, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya
Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 20 se muestra la pestaña **ADVANCED**, la mayoría de las opciones vienen habilitadas de fábrica, en la pestaña **MAIN** como se muestra en la Figura 17 brinda la distancia exacta que están asociados entre los equipos y con la ayuda de esa distancia se puede fijar. La antena dispone de unos leds de diferente colores que indican el umbral de potencia de asociación entre el enlace y la pestaña da la opción de modificar si fuese necesario.

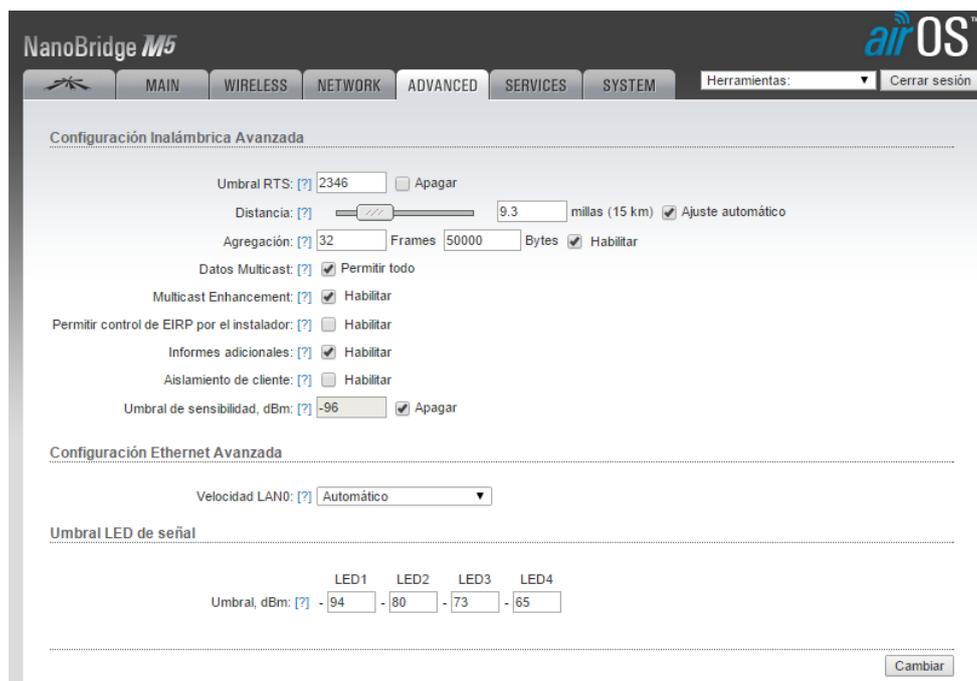


Figura 20. Pantalla Advanced, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya
Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 21 se muestra la pestaña SERVICES, aquí se puede apreciar herramientas y servicios que pueden ser de ayuda para el enlace según las necesidades que se tenga el mismo.

The screenshot shows the 'SERVICES' tab in the NanoBridge M5 airOS interface. The page is organized into several sections:

- Ping Watchdog:** Includes a checkbox to enable the service, a field for the target IP, and input fields for ping interval (300 seconds), delay (300 seconds), and failure count (3). There is also a checkbox for saving support information.
- Agente SNMP:** Includes a checkbox to enable the service, a field for the SNMP community name (public), a field for the contact (cacti), and a field for the location (UTN).
- Servidor Web:** Includes checkboxes for enabling the web server and secure connection (HTTPS), and input fields for the secure server port (443), the server port (80), and the session timeout (15 minutes).
- Servidor SSH:** Includes a checkbox to enable the service, a field for the server port (22), a checkbox for enabling authentication, and an 'Editar...' button for authentication keys.
- Servidor Telnet:** Includes a checkbox to enable the service and a field for the server port (23).
- Cliente NTP:** Includes a checkbox to enable the service and a field for the NTP server (0.ubnt.poolntp.org).
- DNS dinámico:** Includes a checkbox to enable the service, and input fields for the host name, username, and password (with a 'Mostrar' checkbox).
- Registro de Sistema:** Includes a checkbox to enable the service, a checkbox for remote registration, a field for the remote registration IP, and a field for the remote registration port (514).
- Buscador de dispositivos:** Includes checkboxes for enabling device discovery and CDP.

Figura 21. Pantalla Services, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 22 se muestra la pestaña SYSTEM la cual se puede modificar los siguientes parámetros de identificación como:

- Nombre del dispositivo
- Versión firmware
- Claves de ingreso hacia el equipo
- Descargar configuración del equipo
- Reiniciar el dispositivo
- Restablecer configuración de fábrica

Figura 22. Pantalla System, Access Point Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.2.1.2 Terraza UTN-Lomas de Azaya (Estación)

La configuración de este equipo en modo estación Ubiquiti está dada como se muestra en las siguientes figuras.

En la figura 23 se muestra la pestaña Ubiquiti en donde se encuentra los protocolos que se pueden utilizar correspondientes a este fabricante.

Figura 23. Pantalla principal, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 24 la pestaña MAIN muestra todas las características y parámetros de la antena y conexión del enlace como:

- Tiempo de actividad del equipo
- Distancia entre los dispositivos
- MAC del equipo
- Número de conexiones al access point
- Nivel de ruido
- Nivel de transmisión
- Calidad y capacidad del AirMAX
- Protocolo AirMax habilitado o deshabilitado

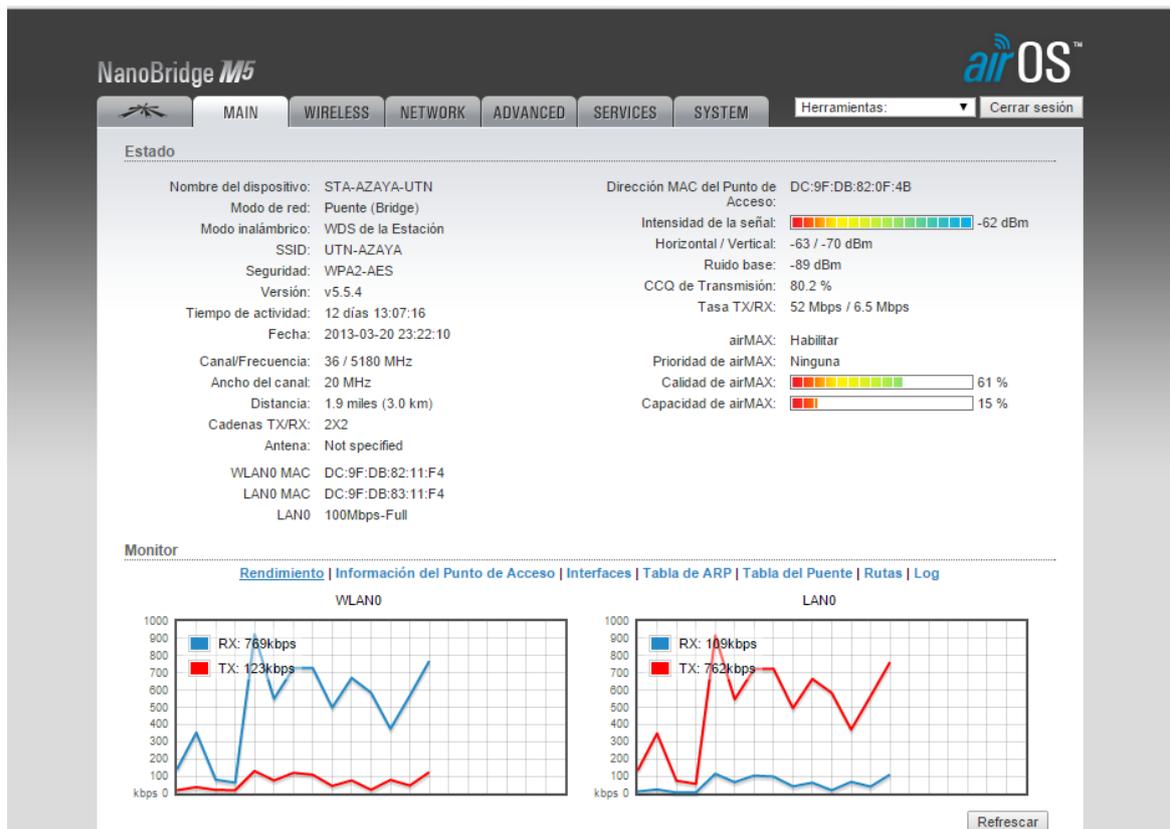


Figura 24. Pantalla Main, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 25 se muestra los parámetros de configuración para un equipo que esta designado a trabajar en modo Estación, en la la pestaña WIRELESS se tiene las siguientes opciones de configuración:

- Modo inalámbrico
- SSID
- País para tener el rango de frecuencias permitidas
- Protocolo inalámbrico
- Ancho de canal
- Frecuencia
- Tipo de antena
- Tipo de seguridad
- Potencia de salida de la antena

The screenshot displays the 'Configuración Inalámbrica Básica' (Basic Wireless Configuration) page in the airOS interface. The page is organized into several sections:

- Modo inalámbrico:** Set to 'Estación' (Station).
- WDS (Modo Puente Transparente):** 'Habilitar' (Enable) is checked.
- SSID:** 'UTN-AZAYA' with a 'Seleccionar...' button.
- Fijar a la MAC del Punto de Acceso:** 'DC:9F:DB:82:0F:4B'.
- Código de País:** 'Czech Republic' with a 'Cambiar...' button.
- Modo IEEE 802.11:** 'A/N mixed'.
- DFS:** 'Habilitar' (Enable) is checked.
- Ancho del canal:** 'Auto 20/40 MHz'.
- Movimiento de canal:** 'Desactivar' (Disable).
- Lista de Frecuencias a escanear, MHz:** 'Habilitar' (Enable) is unchecked.
- Ajustar automáticamente el límite de EIRP:** 'Habilitar' (Enable) is checked.
- Antena:** 'Not specified'.
- Potencia de salida:** A slider is set to 23 dBm.
- Data Rate Module:** 'Default'.
- Máxima Tasa de Transmisión (Tx), Mbps:** 'MCS 15 - 130 [300]' with 'Automático' (Automatic) checked.

The 'Seguridad Inalámbrica' (Wireless Security) section is also visible:

- Seguridad:** 'WPA2-AES'.
- Autenticación WPA:** 'PSK'.
- Clave pre-compartida WPA:** 'utnazaya2015' with 'Mostrar' (Show) checked.

A 'Cambiar' (Change) button is located at the bottom right of the configuration area.

Figura 25. Pantalla Wireless, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 26 se muestra la pestaña NETWORK la cual se puede elegir los siguientes parámetros de configuración para un equipo que esta designado a trabajar como Estación.

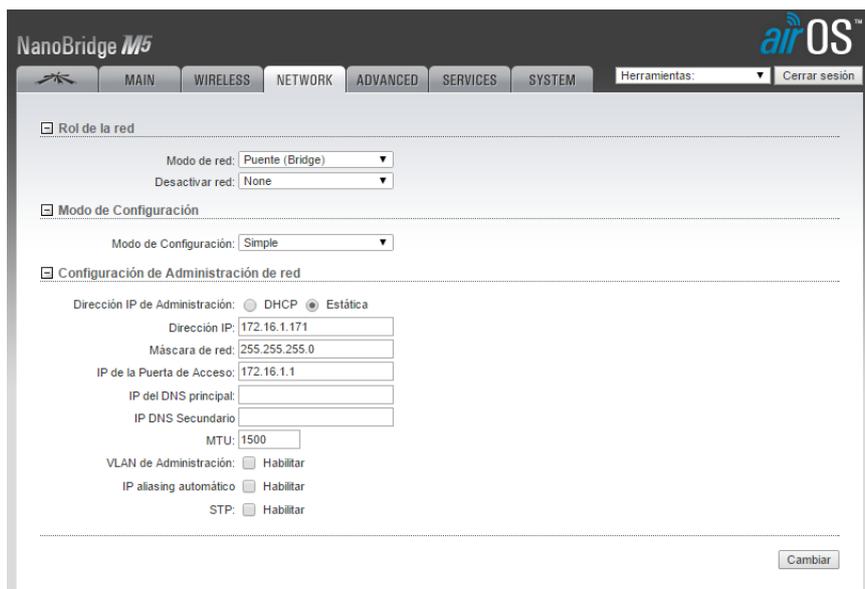


Figura 26. Pantalla Network, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya
Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 27 se muestra la pestaña ADVANCED, la mayoría de las opciones vienen habilitadas de fábrica, en la pestaña MAIN como se muestra en la figura 24 brinda la distancia exacta que están asociados entre los equipos y con la ayuda de esa distancia se puede fijar. La antena dispone de unos leds de diferente colores que indican el umbral de potencia de asociación entre el enlace y la pestaña da la opción de modificar si fuese necesario.

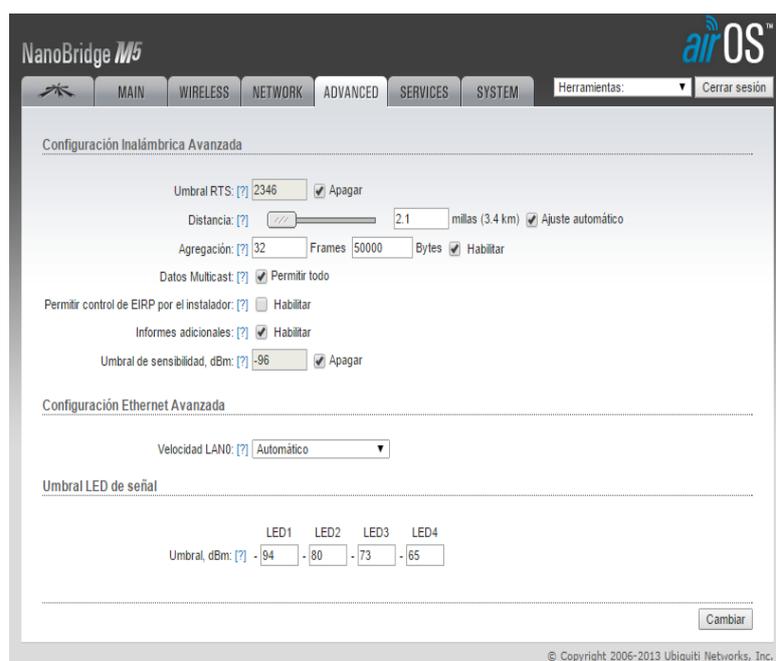


Figura 27. Pantalla Advanced, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya
Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 28 se muestra la pestaña SERVICES, aquí se puede apreciar herramientas y servicios que pueden ser de ayuda para el enlace según las necesidades que se tenga el mismo.

The screenshot displays the 'SERVICES' tab in the NanoBridge M5 web interface. The interface is organized into several sections, each with its own set of configuration options:

- Ping Watchdog:** Includes a checkbox to enable the service, a field for the target IP address, and input fields for the ping interval (300 seconds), delay (300 seconds), and failure count (3). There is also a checkbox to save support information.
- Agente SNMP:** Features a checkbox to enable the agent, a community name field (set to 'public'), a contact field (set to 'cacti'), and a location field (set to 'UTN').
- Servidor Web:** Contains checkboxes for enabling the web server and secure connection (HTTPS), a secure port field (443), a server port field (80), and a session timeout field (15 minutes).
- Servidor SSH:** Includes a checkbox to enable the SSH server, a server port field (22), a checkbox to enable authentication, and a field for authentication keys with an 'Editar...' button.
- Servidor Telnet:** Has a checkbox to enable the Telnet server and a server port field (23).
- Cliente NTP:** Features a checkbox to enable the NTP client and a server NTP field (0.ubnt.pool.ntp.org).
- DNS dinámico:** Includes a checkbox to enable dynamic DNS, fields for host name, username, and password, and a 'Mostrar' checkbox.
- Registro de Sistema:** Contains a checkbox to enable system registration, a checkbox for remote registration, a field for the remote registration IP address, and a remote registration port field (514).
- Buscador de dispositivos:** Includes checkboxes to enable device discovery and CDP.

Figura 28. Pantalla Services, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 29 se muestra la pestaña SYSTEM la cual se puede modificar los siguientes parámetros de identificación como:

- Nombre del dispositivo
- Versión firmware
- Claves de ingreso hacia el equipo
- Descargar configuración del equipo
- Reiniciar el dispositivo
- Restablecer configuración de fábrica

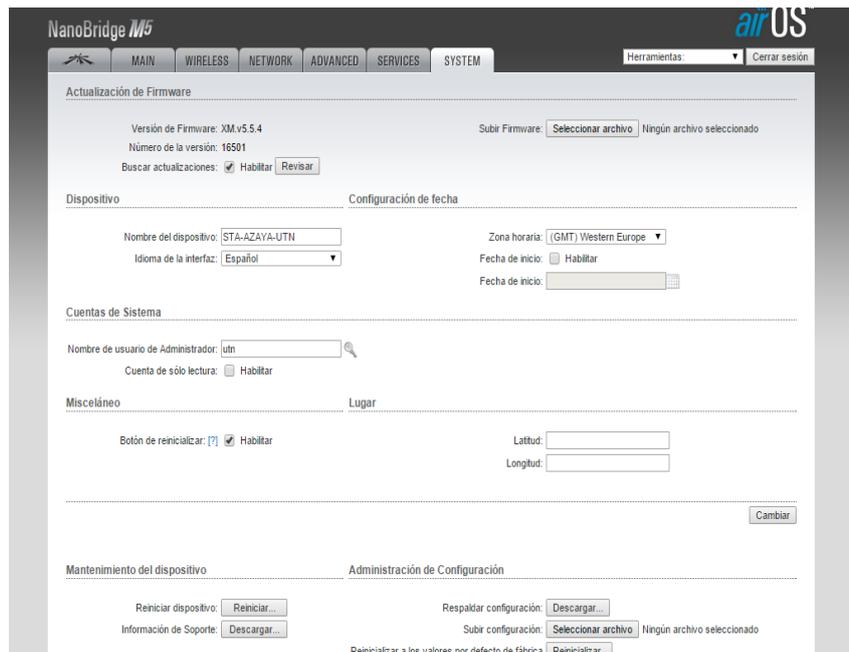


Figura 29. Pantalla System, Estación Ubiquiti, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Las configuraciones de los equipos Access Point y Estación de los enlaces como:

- Lomas de Azaya – Granja La Pradera (Access Point)
- La Pradera - Lomas de Azaya (Estación)
- Terraza Edificio Central – Colegio UTN (Access Point)
- Terraza Edificio Central – Colegio UTN (Estación)
- Terraza Edificio Central – Planta Textil (Access Point)

Están incorporados en el anexo A, los equipos antes mencionados están implementados con marca UBIQUITI por esta razón las configuraciones son similares excepto en los campos siguientes de cada una de las pestañas mostradas en la Tabla 8.

Tabla 8. Distribución de enlaces de radio UTN

| ACCESS POINT | | | ESTACIÓN | | |
|------------------|--------------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------|
| WIRELESS | NETWORK | SYSTEM | WIRELESS | NETWORK | SYSTEM |
| Modo Inalámbrico | Dirección IP de administración | Nombre del dispositivo | Modo Inalámbrico | Dirección IP de administración | Nombre del dispositivo |
| SSID | | | SSID | | |
| Frecuencia | | | Frecuencia | | |
| Tipo de antena | | | Tipo de antena | | |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

El equipo en modo estación del enlace de radio Terraza Edificio Central – Planta Textil no fue posible tener acceso al equipo ya que no está operando por problemas técnicos y se manifestó que se ha realizado un plan de mejora del mismo para cumplir con las necesidades de las instalaciones correspondientes.

3.2.1.3 Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha (Access Point)

A continuación se muestra un ejemplo de todas las opciones y características de configuraciones con las que cuenta un equipo en modo Access Point y modo Estación en la marca MIKROTIK. La configuración de este equipo en modo access point Mikrotik está dada como se indica a continuación. En la figura 30 se muestra todas las opciones que permite este fabricante poder utilizar para su configuración, para cualquier modo de funcionamiento.

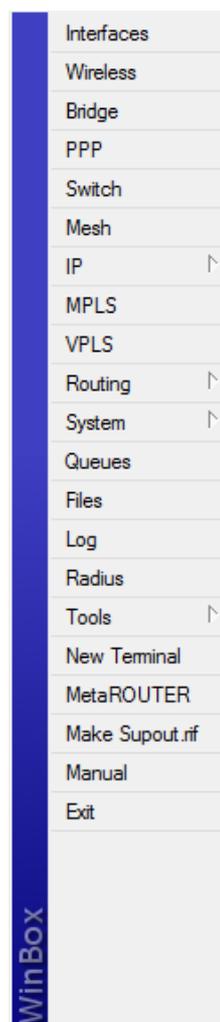
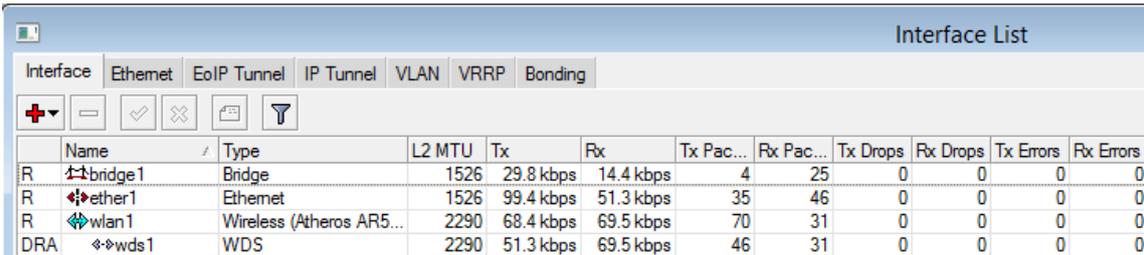


Figura 30. Pantalla Interface List, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

La figura 31 nos muestra las interfaces que deben estar creadas en el equipo para el funcionamiento en modo Access Point como se detalla a continuación:

- Bridge
- Ethernet
- Wlan
- WDS

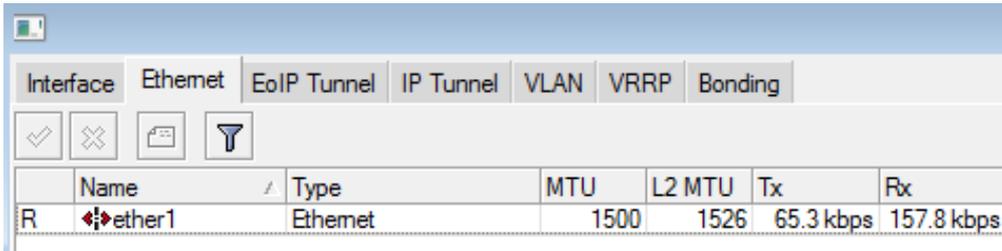


| Interface | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors |
|-----------|---------|--------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| R | bridge1 | Bridge | 1526 | 29.8 kbps | 14.4 kbps | 4 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | ether1 | Ethernet | 1526 | 99.4 kbps | 51.3 kbps | 35 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | wlan1 | Wireless (Atheros AR5... | 2290 | 68.4 kbps | 69.5 kbps | 70 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DRA | wds1 | WDS | 2290 | 51.3 kbps | 69.5 kbps | 46 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Figura 31. Pantalla Interface List, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 32 en la pestaña Ethernet se puede verificar que está creada la interfaz LAN del equipo.

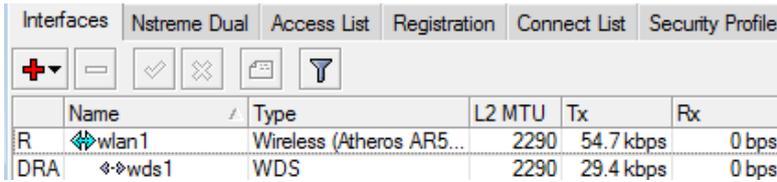


| Interface | Name | Type | MTU | L2 MTU | Tx | Rx |
|-----------|--------|----------|------|--------|-----------|------------|
| R | ether1 | Ethernet | 1500 | 1526 | 65.3 kbps | 157.8 kbps |

Figura 32. Pantalla Interfaces Opción Ethernet, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 33 en la pestaña WIRELESS > Opciones de Interfaces se puede verificar la creación de la interfaz Wlan del equipo con su respectivo protocolo de comunicación WDS para un radio enlace.



| Interface | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx |
|-----------|-------|--------------------------|--------|-----------|-------|
| R | wlan1 | Wireless (Atheros AR5... | 2290 | 54.7 kbps | 0 bps |
| DRA | wds1 | WDS | 2290 | 29.4 kbps | 0 bps |

Figura 33. Pantalla Wireless Opción Interfaces, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 34 muestra las opciones de configuración básicas para la parte inalámbrica del equipo tales como:

- Modo
- Banda, Frecuencia y SSID
- Nombre del radio
- Lista de frecuencia
- País

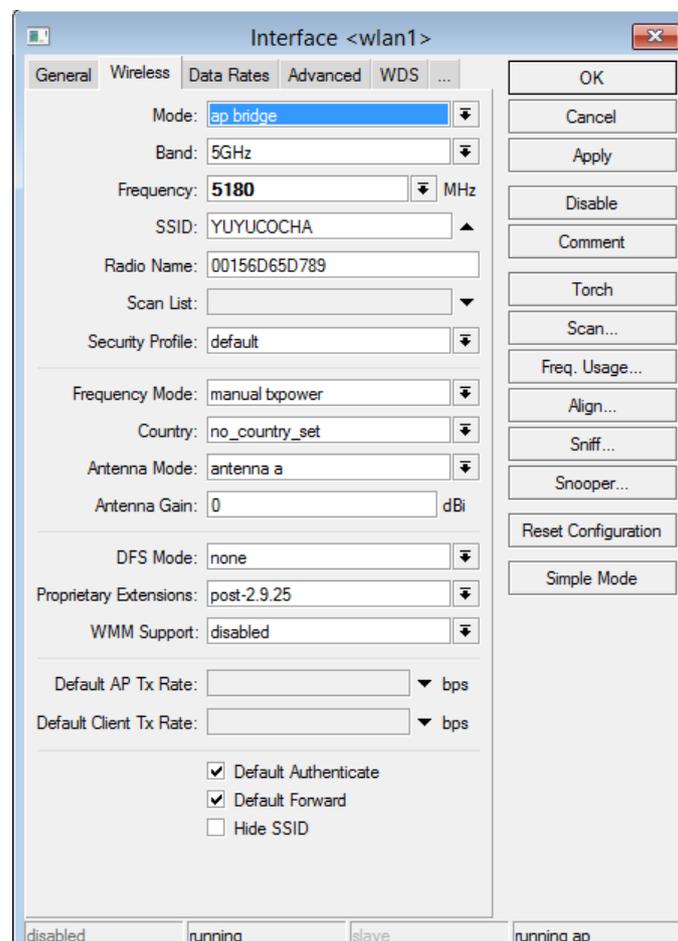


Figura 34. Pantalla Wireless Opción Interface WLAN, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 35 en la pestaña WIRELESS > Registration se puede obtener información detallada del equipo que se está realizando el enlace tal como:

- Radio name
- Dirección MAC
- Potencia de asociación
- Tasa de transmisión entre los dispositivos

| Radio Name | MAC Address | Interface | Uptime | AP | W... | Last Activit... | Signal Strengt... | Tx/Rx Rate |
|--------------|-------------------|-----------|--------------|----|------|-----------------|-------------------|-------------|
| 00156D65D77A | 00:15:6D:65:D7:7A | wlan1 | 2d 15:30:... | no | yes | 0.000 | -67 | 24Mbps/4... |

Figura 35. Pantalla Wireless Opción Registration, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 36 en la pestaña BRIDGE > Registration se puede verificar la creación del bridge la cual permite la conexión de la interfaces inalámbrica y LAN del equipo.

| Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors | MAC Address |
|---------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------|
| bridge1 | Bridge | 1526 | 29.8 kbps | 37.5 kbps | 4 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 00:15:6D:65:D7:89 |

Figura 36. Pantalla Bridge, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

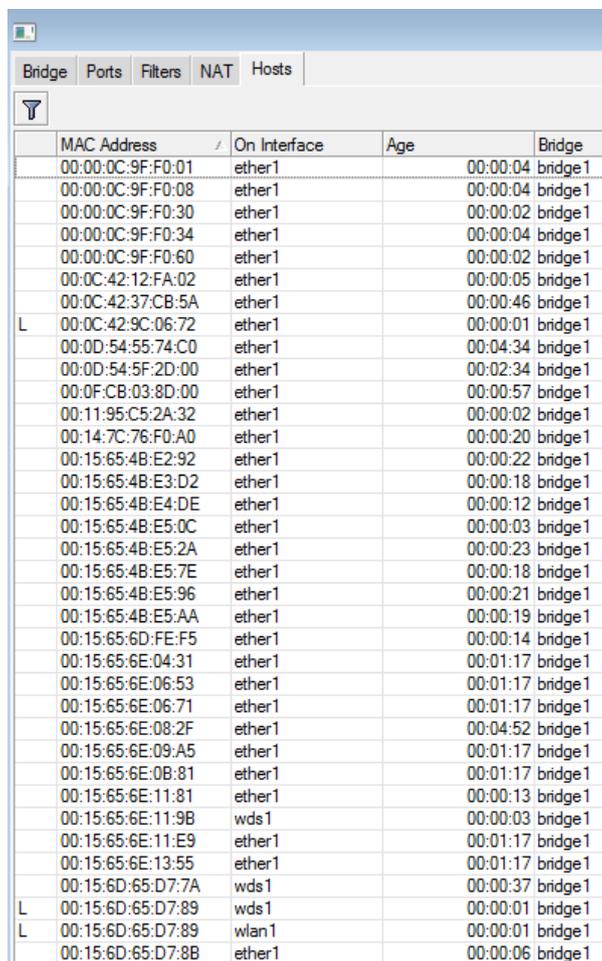
En la figura 37 en la pestaña BRIDGE>Ports se puede verificar la creación de cada uno de los puertos por cada interfaz del equipo para su interconexión entre las mismas.

| Interface | Bridge | Priority (h... | Path Cost | Horizon | Role |
|-----------|---------|----------------|-----------|---------|-----------------|
| ether1 | bridge1 | 80 | 10 | | designated port |
| wds1 | bridge1 | 80 | 96 | | designated port |
| wlan1 | bridge1 | 80 | 10 | | designated port |

Figura 37. Pantalla Bridge Opción Ports, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 38 en la pestaña BRIDGE>Hosts brinda una información detallada acerca de la MAC y el tiempo de conexión de los dispositivos conectados a cada interfaz del equipo.

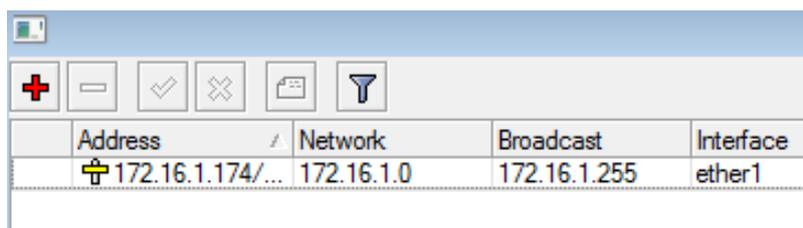


| MAC Address | On Interface | Age | Bridge |
|---------------------|--------------|-----|------------------|
| 00:00:0C:9F:F0:01 | ether1 | | 00:00:04 bridge1 |
| 00:00:0C:9F:F0:08 | ether1 | | 00:00:04 bridge1 |
| 00:00:0C:9F:F0:30 | ether1 | | 00:00:02 bridge1 |
| 00:00:0C:9F:F0:34 | ether1 | | 00:00:04 bridge1 |
| 00:00:0C:9F:F0:60 | ether1 | | 00:00:02 bridge1 |
| 00:0C:42:12:FA:02 | ether1 | | 00:00:05 bridge1 |
| 00:0C:42:37:CB:5A | ether1 | | 00:00:46 bridge1 |
| L 00:0C:42:9C:06:72 | ether1 | | 00:00:01 bridge1 |
| 00:0D:54:55:74:C0 | ether1 | | 00:04:34 bridge1 |
| 00:0D:54:5F:2D:00 | ether1 | | 00:02:34 bridge1 |
| 00:0F:CB:03:8D:00 | ether1 | | 00:00:57 bridge1 |
| 00:11:95:C5:2A:32 | ether1 | | 00:00:02 bridge1 |
| 00:14:7C:76:F0:A0 | ether1 | | 00:00:20 bridge1 |
| 00:15:65:4B:E2:92 | ether1 | | 00:00:22 bridge1 |
| 00:15:65:4B:E3:D2 | ether1 | | 00:00:18 bridge1 |
| 00:15:65:4B:E4:DE | ether1 | | 00:00:12 bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:0C | ether1 | | 00:00:03 bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:2A | ether1 | | 00:00:23 bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:7E | ether1 | | 00:00:18 bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:96 | ether1 | | 00:00:21 bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:AA | ether1 | | 00:00:19 bridge1 |
| 00:15:65:6D:FE:F5 | ether1 | | 00:00:14 bridge1 |
| 00:15:65:6E:04:31 | ether1 | | 00:01:17 bridge1 |
| 00:15:65:6E:06:53 | ether1 | | 00:01:17 bridge1 |
| 00:15:65:6E:06:71 | ether1 | | 00:01:17 bridge1 |
| 00:15:65:6E:08:2F | ether1 | | 00:04:52 bridge1 |
| 00:15:65:6E:09:A5 | ether1 | | 00:01:17 bridge1 |
| 00:15:65:6E:0B:81 | ether1 | | 00:01:17 bridge1 |
| 00:15:65:6E:11:81 | ether1 | | 00:00:13 bridge1 |
| 00:15:65:6E:11:9B | wds1 | | 00:00:03 bridge1 |
| 00:15:65:6E:11:E9 | ether1 | | 00:01:17 bridge1 |
| 00:15:65:6E:13:55 | ether1 | | 00:01:17 bridge1 |
| 00:15:6D:65:D7:7A | wds1 | | 00:00:37 bridge1 |
| L 00:15:6D:65:D7:89 | wds1 | | 00:00:01 bridge1 |
| L 00:15:6D:65:D7:89 | wlan1 | | 00:00:01 bridge1 |
| 00:15:6D:65:D7:8B | ether1 | | 00:00:06 bridge1 |

Figura 38. Pantalla Bridge Opción Hosts, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 39 en la pestaña IP>Address List se puede apreciar que a la interface ether está asignada una dirección IP dentro de una red, con la finalidad de tener acceso al equipo y tener comunicación con todos dispositivos dentro del rango asignado.



| Address | Network | Broadcast | Interface |
|------------------|------------|--------------|-----------|
| 172.16.1.174/... | 172.16.1.0 | 172.16.1.255 | ether1 |

Figura 39. Pantalla IP Opción Address List, Access Point Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.2.1.4 Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha (Estación)

La configuración de este equipo en modo estación Mikrotik está dada como se indica a continuación.

La figura 40 muestra las interfaces creadas dentro del equipo que son totalmente necesarias para poder tener un funcionamiento del dispositivo como:

- Bridge
- Ethernet
- Wlan

| | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... |
|---|----------|--------------------------|--------|------------|------------|-----------|-----------|
| R | bridge 1 | Bridge | 1526 | 28.8 kbps | 170.4 kbps | 4 | 115 |
| R | ether1 | Ethernet | 1526 | 660.7 kbps | 33.2 kbps | 164 | 57 |
| R | wlan1 | Wireless (Atheros AR5... | 2290 | 62.1 kbps | 660.7 kbps | 61 | 164 |

Figura 40. Pantalla Interfaces Opción List, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

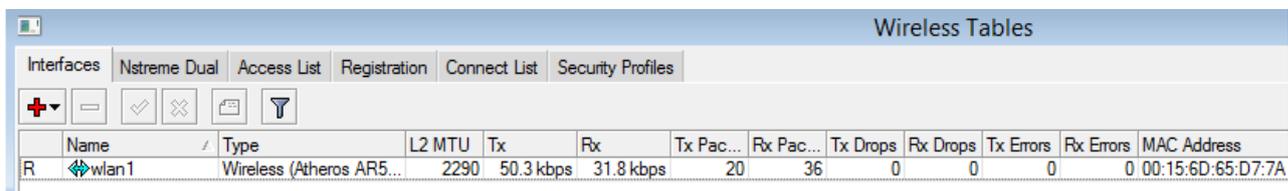
En la figura 41 en la pestaña Ethernet se puede verificar que está creada la interfaz LAN del equipo.

| | Name | Type | MTU | L2 MTU | Tx | Rx |
|---|--------|----------|------|--------|-----------|----------|
| R | ether1 | Ethernet | 1500 | 1526 | 34.1 kbps | 8.8 kbps |

Figura 41. Pantalla Interfaces Opción Ethernet, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 42 en la pestaña WIRELESS > Opciones de Interfaces se puede verificar la creación de la interfaz Wlan del equipo.



| | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors | MAC Address |
|---|-------|--------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------|
| R | wlan1 | Wireless (Atheros AR5... | 2290 | 50.3 kbps | 31.8 kbps | 20 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 00:15:6D:65:D7:7A |

Figura 42. Pantalla Wireless Opción Interfaces, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 43 muestra los parámetros con los que la estación está asociada con el Access point tales como:

- Banda
- Frecuencia
- SSID

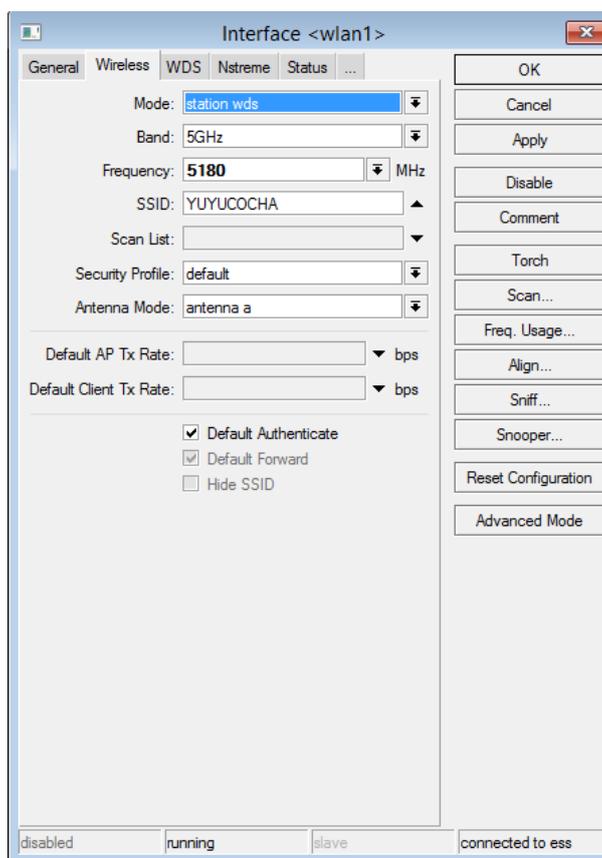


Figura 43. Pantalla Wireless Opción Interface WLAN, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 44 en la pestaña WIRELESS > Registration se puede obtener información detallada del equipo que se está realizando el enlace tal como:

- Radio name
- Dirección MAC
- Potencia de asociación
- Tasa de transmisión entre los dispositivos

| Radio Name | MAC Address | Interface | Uptime | AP | W... | Last Activit... | Signal Strengt... | Tx/Rx Rate |
|--------------|-------------------|-----------|--------------|-----|------|-----------------|-------------------|-------------|
| 00156D65D789 | 00:15:6D:65:D7:89 | wlan1 | 2d 15:37:... | yes | yes | 0.000 | -62 | 36Mbps/2... |

Figura 44. Pantalla Wireless Opción Registration, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha
Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 45 en la pestaña WIRELESS> Security se puede verificar el tipo de seguridad elegido para este enlace de radio.

| Name | Mode | Authenticatio... | Unicast Ciphers | Group Ciphers | WPA Pre-Shared ... | WPA2 Pre-Shared... |
|---------|------|------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|
| default | none | | | | ***** | ***** |

Figura 45. Pantalla Wireless Opción Security Profiles, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 46 en la pestaña BRIDGE > Registration se puede verificar la creación del bridge la cual permite la conexión de la interfaces inalámbrica y LAN del equipo.

| Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors | MAC Address |
|-----------|--------|--------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------|
| R bridge1 | Bridge | 1526 | 28.8 kbps | 131.4 kbps | 4 | 119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 00:15:6D:65:D7:7A |

Figura 46. Pantalla Bridge, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha
Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 47 en la pestaña BRIDGE>Ports se puede verificar la creación de cada uno de los puertos por cada interfaz del equipo para su interconexión entre las mismas.

| Interface | Bridge | Priority (h... | Path Cost | Horizon | Role |
|-----------|---------|----------------|-----------|---------|-----------------|
| ether1 | bridge1 | 80 | 10 | | designated port |
| wlan1 | bridge1 | 80 | 10 | | designated port |

Figura 47. Pantalla Bridge Opción Ports, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

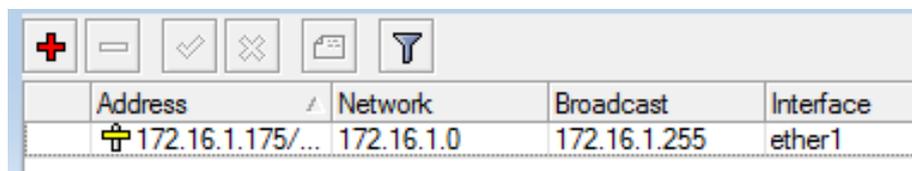
En la figura 48 en la pestaña BRIDGE>Hosts brinda una información detallada acerca de la MAC y el tiempo de conexión de los dispositivos conectados a cada interfaz del equipo.

| MAC Address | On Interface | Age | Bridge |
|---------------------|--------------|----------|---------|
| 00:00:0C:9F:F0:01 | wlan1 | 00:00:01 | bridge1 |
| 00:00:0C:9F:F0:08 | wlan1 | 00:00:02 | bridge1 |
| 00:00:0C:9F:F0:30 | wlan1 | 00:00:05 | bridge1 |
| 00:00:0C:9F:F0:34 | wlan1 | 00:00:02 | bridge1 |
| 00:00:0C:9F:F0:60 | wlan1 | 00:00:03 | bridge1 |
| 00:0B:AC:23:61:00 | wlan1 | 00:02:11 | bridge1 |
| 00:0C:42:12:FA:02 | wlan1 | 00:00:28 | bridge1 |
| 00:0C:42:37:CB:5A | wlan1 | 00:00:09 | bridge1 |
| L 00:0C:42:4F:B6:5F | ether1 | 00:00:01 | bridge1 |
| 00:0D:54:55:74:C0 | wlan1 | 00:00:35 | bridge1 |
| 00:0D:54:5F:2D:00 | wlan1 | 00:05:01 | bridge1 |
| 00:0D:54:7A:56:80 | wlan1 | 00:04:56 | bridge1 |
| 00:0F:CB:03:8D:00 | wlan1 | 00:05:01 | bridge1 |
| 00:0F:CB:3E:81:C0 | wlan1 | 00:05:01 | bridge1 |
| 00:0F:CB:93:44:E0 | wlan1 | 00:02:07 | bridge1 |
| 00:11:95:C5:2A:32 | wlan1 | 00:00:01 | bridge1 |
| 00:12:A9:DB:5B:80 | wlan1 | 00:04:17 | bridge1 |
| 00:12:A9:E6:B4:A0 | wlan1 | 00:05:01 | bridge1 |
| 00:13:57:00:73:BC | wlan1 | 00:04:22 | bridge1 |
| 00:14:7C:76:F0:A0 | wlan1 | 00:05:01 | bridge1 |
| 00:15:65:4B:E2:92 | wlan1 | 00:00:24 | bridge1 |
| 00:15:65:4B:E3:D2 | wlan1 | 00:00:20 | bridge1 |
| 00:15:65:4B:E4:DE | wlan1 | 00:00:14 | bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:0C | wlan1 | 00:00:02 | bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:2A | wlan1 | 00:00:02 | bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:7E | wlan1 | 00:00:20 | bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:96 | wlan1 | 00:00:23 | bridge1 |
| 00:15:65:4B:E5:AA | wlan1 | 00:00:21 | bridge1 |
| 00:15:65:6D:FE:F5 | wlan1 | 00:00:14 | bridge1 |
| 00:15:65:6E:04:31 | wlan1 | 00:01:22 | bridge1 |
| 00:15:65:6E:06:53 | wlan1 | 00:01:22 | bridge1 |
| 00:15:65:6E:06:71 | wlan1 | 00:01:22 | bridge1 |
| 00:15:65:6E:09:A5 | wlan1 | 00:01:22 | bridge1 |
| 00:15:65:6E:0B:81 | wlan1 | 00:01:22 | bridge1 |
| 00:15:65:6E:11:81 | wlan1 | 00:00:13 | bridge1 |
| 00:15:65:6E:11:9B | ether1 | 00:00:02 | bridge1 |

Figura 48. Pantalla Bridge Opción Hosts, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la figura 49 en la pestaña IP>Address List se puede apreciar que a la interface ether está asignada una dirección IP dentro de una red, con la finalidad de tener acceso al equipo y tener comunicación con todos dispositivos dentro del rango asignado.



| Address | Network | Broadcast | Interface |
|------------------|------------|--------------|-----------|
| 172.16.1.175/... | 172.16.1.0 | 172.16.1.255 | ether1 |

Figura 49. Pantalla IP Opción Address List, Estación Mikrotik, Enlace Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Las configuraciones de los equipos Access Point y Estación de los enlaces como:

- Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl) (Access Point)
- Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl) (Estación)
- Terraza Edificio Central – Instalaciones de la Guardería (Access Point)

Están incorporados en el anexo B, los equipos antes mencionados están implementados con marca MIKROTIK por esta razón las configuraciones son similares exceptos los campos siguientes de cada una de las pestañas mostradas en la Tabla 9.

Tabla 9. Distribución de enlaces de radio UTN

| ACCESS POINT | | | ESTACIÓN | | |
|------------------|--------------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------|
| WIRELESS | NETWORK | SYSTEM | WIRELESS | NETWORK | SYSTEM |
| Modo Inalámbrico | Dirección IP de administración | Nombre del dispositivo | Modo Inalámbrico | Dirección IP de administración | Nombre del dispositivo |
| SSID | | | SSID | | |
| Frecuencia | | | Frecuencia | | |
| Tipo de antena | | | Tipo de antena | | |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

El equipo en modo estación del enlace de radio Terraza Edificio Central – Instalaciones de la Guardería no fue posible tener acceso al equipo ya que tiene un problema en su tarjeta LAN lo que no permite tener una conectividad continua, de la misma forma se me informó que esta presentado un plan de mejora del mismo para cumplir con las necesidades del lugar ya mencionado.

Es importante tener en claro que la clave de seguridad para la asociación entre los equipos es igual para todos los enlaces, de la misma forma para el acceso a los equipos el usuario y contraseña es similar para las dos marcas de equipos que utiliza la UTN para sus enlaces de radio.

3.2.2 Análisis de las configuraciones en los enlaces de radio

Después de haber realizado el levantamiento completo de información de cada uno de los 4 enlaces de radio (Access Point y Estación) marca UBIQUITI implementados en la Universidad Técnica del Norte, se realizó un análisis detallado tomando en cuenta un ejemplo, ya que las configuraciones son similares como se detalla en las tablas 8 y 9.

3.2.2.1 Equipo Ubiquiti Terraza UTN-Lomas de Azaya (Access Point)

En la pestaña SYSTEM se puede apreciar que el equipo en funcionamiento está totalmente desactualizado, como se observa en la Figura 50. Para el ingreso a los equipos están asignados usuario y contraseña definidos por el administrador de la red.

The screenshot displays the 'SYSTEM' configuration page for a NanoBridge M5 device. The 'Actualización de Firmware' section shows the current firmware version as XM.v5.5.4 (version number 16501) and a 'Revisar' button highlighted with a red arrow. The 'Cuentas de Sistema' section shows the administrator username as 'utn' with a search icon also highlighted by a red arrow. The 'Misceláneo' section includes a 'Botón de reinicializar' option which is checked and labeled 'Habilitar'. Other visible fields include 'Nombre del dispositivo: AP-UTN-AZAYA', 'Idioma de la interfaz: Español', 'Zona horaria: (GMT) Western Europe', and 'Fecha de inicio'.

Figura 50. Visualización de Firmware equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la pestaña SERVICES se puede apreciar que el equipo tiene varias funcionalidades de red las cuales pueden ayudar al acceso remoto hacia el mismo, las opciones habilitadas para este caso son las predeterminadas por el fabricante, como se observa en la Figura 51.

The screenshot shows the 'SERVICES' tab in the NanoBridge M5 web interface. The interface is organized into several sections, each with a title and a 'Habilitar' checkbox. The sections and their configurations are as follows:

- Ping Watchdog:**
 - Habilitar
 - Dirección IP a la cual realizar PING: [Empty field]
 - Intervalo del Ping: 300 segundos
 - Demora de inicio: 300 segundos
 - Fallo en la cuenta de reinicio: 3
 - Guardar información de soporte:
- Agente SNMP:**
 - Habilitar
 - Comunidad SNMP: public
 - Contacto: [Empty field]
 - Lugar: [Empty field]
- Servidor Web:**
 - Habilitar
 - Conexión segura (HTTPS): Habilitar
 - Puerto Servidor Seguro: 443
 - Puerto del Servidor: 80
 - Tiempo de espera de sesión: 15 minutos
- Servidor SSH:**
 - Habilitar
 - Puerto del Servidor: 22
 - Contraseña de Autenticación: Habilitar
 - Claves de autenticación: [Editar...]
- Servidor Telnet:**
 - Habilitar
 - Puerto del Servidor: 23
- Cliente NTP:**
 - Habilitar
 - Servidor NTP: 0.ubnt.pool.ntp.org
- DNS dinámico:**
 - Habilitar
 - Nombre del Host: [Empty field]
 - Nombre de usuario: [Empty field]
 - Contraseña: [Empty field] Mostrar
- Registro de Sistema:**
 - Habilitar
 - Registro Remoto: Habilitar
 - Dirección IP del Registro Remoto: [Empty field]
 - Puerto del Registro Remoto: 514
- Buscador de dispositivos:**
 - Descubrir: Habilitar
 - CDP: Habilitar

A 'Cambiar' button is located at the bottom right of the configuration area.

Figura 51. Visualización de pestaña Services equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Una vez asociados los equipos dentro de un enlace se puede saber a qué distancia exacta se encuentran por ser una característica propia del equipo.

Como se muestra en la Figura 52 se tiene una opción la cual se asigna la distancia recopilada. Esta herramienta ayuda a mejorar la comunicación entre sí.

Como configuración del administrador de red ya decidido asignar un valor de 100 Mbps para la velocidad de comunicación LAN del dispositivo hacia el siguiente equipo de red.

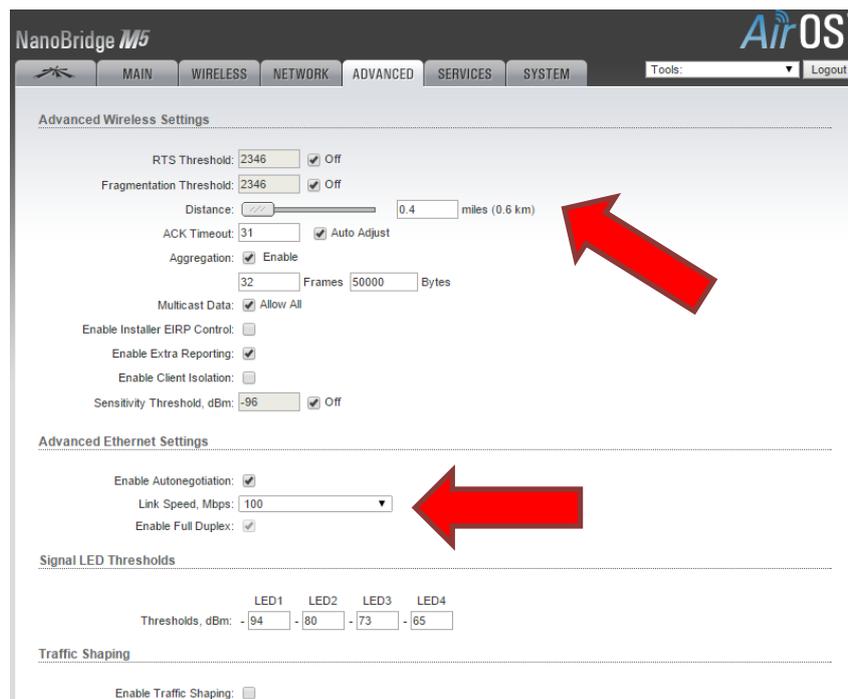


Figura 52. Visualización de distancia en el equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En la Figura 53 se observa que el equipo está en modo BRIDGE la cual se asigna una dirección IP con su respectiva puerta de enlace para el acceso e identificación.

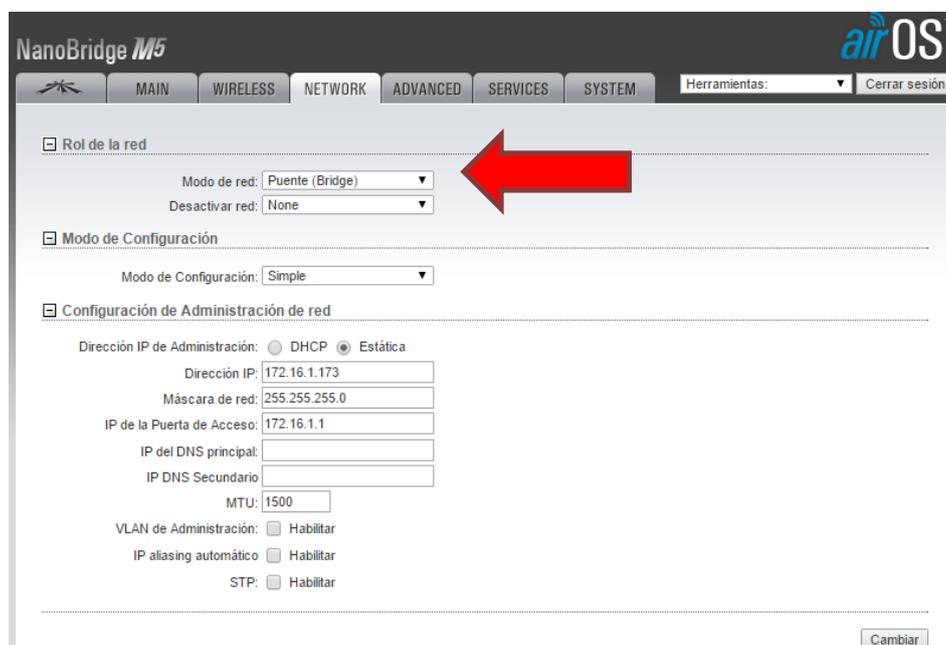


Figura 53. Visualización de modo BRIDGE en el equipo Ubiquiti, Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

El equipo está en modo AP (Access Point) no tiene definido la frecuencia en la cual están en funcionamiento, como se observa en la Figura 54, para obtener un mejor rendimiento en un enlace punto a punto es necesario definir la misma.

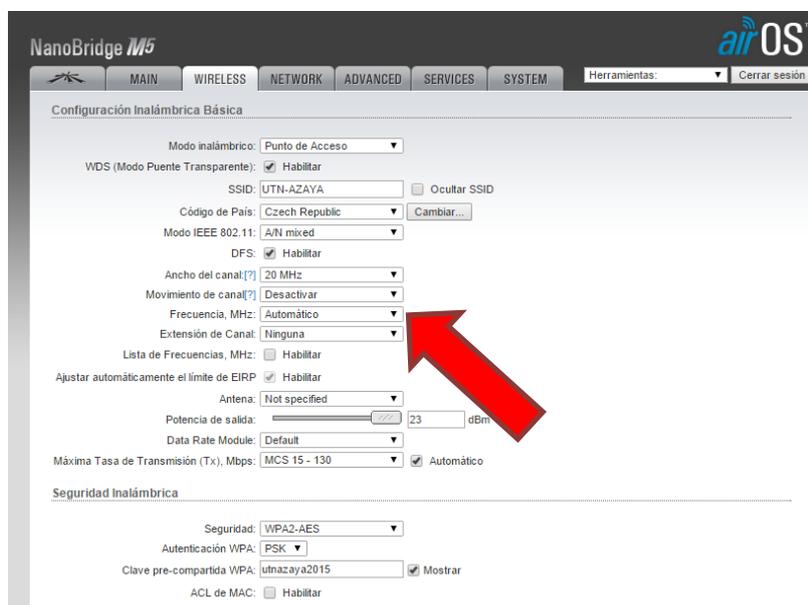


Figura 54. Visualización de configuración de frecuencia en el equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Como se observa en la Figura 55, el equipo no tiene definido el tipo de antena que se está utilizando para el enlace, el no especificar disminuye el rendimiento ya que no se establece la potencia característica del equipo.

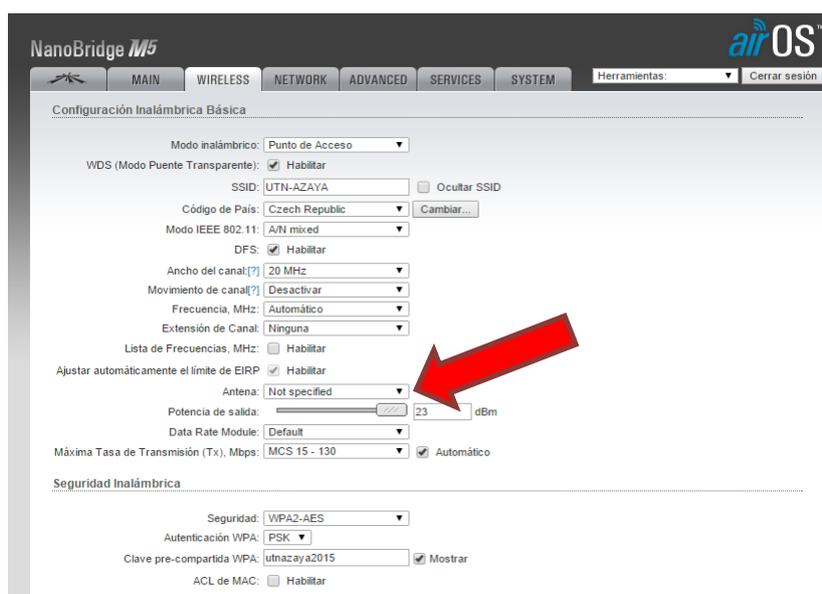


Figura 55. Visualización tipo de antena, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

El enlace está anclado por MAC y tiene una seguridad de tipo WPA-AES con esto permite no tener ningún tipo de filtraciones, como se muestra en la Figura 56.

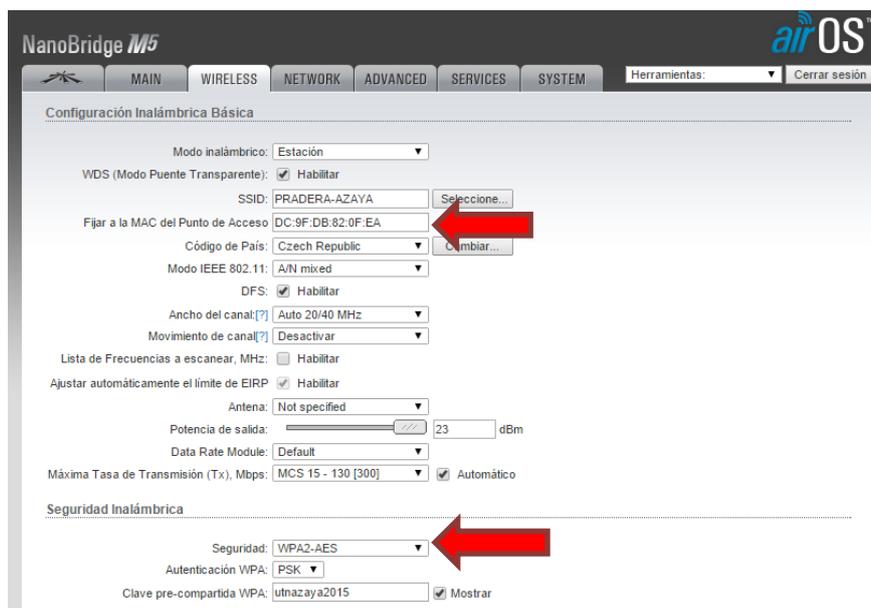


Figura 56. Visualización configuración Wireless, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Como se puede apreciar en la Figura 57 el protocolo AirMax perteneciente a Ubiquiti está activado, esta función mejora el rendimiento y la comunicación entre los equipos que están realizando el enlace de radio.

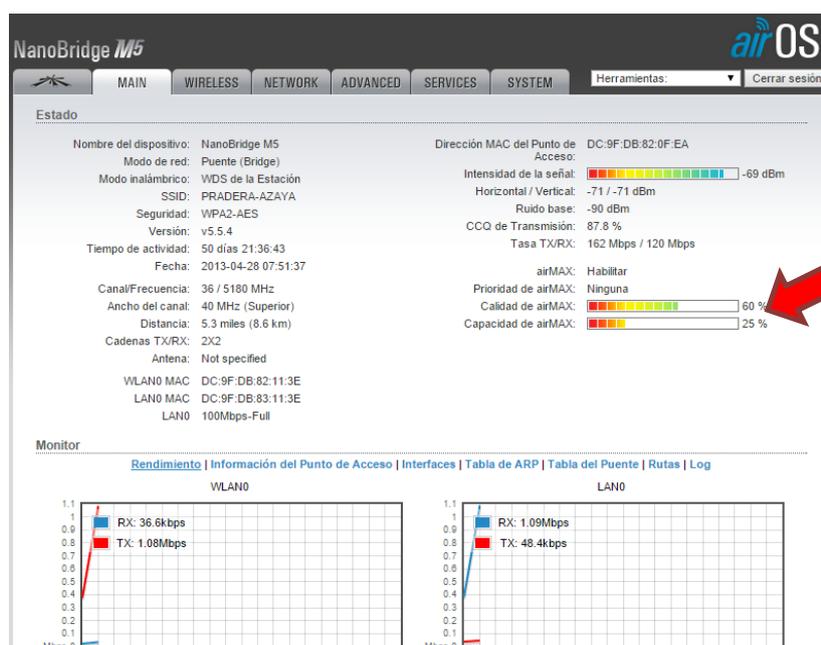


Figura 57. Visualización protocolo Airmax, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

El protocolo AirMax es un protocolo propio de UBIQUITI y al querer asociar con equipos diferentes no llegaran a tener acceso entre sí, es por esto que se debe activar cuando se esté completamente seguro de que los equipos que están interviniendo en el enlace sean del mismo propietario, como se muestra en la Figura 58.



Figura 58. Visualización configuración protocolo Airmax, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.2.2.2 Equipo Ubiquiti Terraza UTN-Lomas de Azaya (Estación)

Todos los equipos en funcionamiento están totalmente desactualizados. Para el ingreso a los equipos están asignados usuario y contraseña definidos por el administrador de la red como se muestra anteriormente en la Figura 29.

En la pestaña SERVICES se puede apreciar que el equipo tiene varias funcionalidades de red las cuales pueden ayudar al acceso remoto hacia el mismo, las opciones habilitadas para este caso son las predeterminadas por el fabricante, como se puede observar anteriormente en la Figura 28.

Una vez asociados los equipos dentro de un enlace se puede saber a qué distancia exacta se encuentran por ser una característica propia del equipo. En la pestaña ADVANCED como se muestra anteriormente en la Figura 27, se tiene una opción la cual se asigna la distancia recopilada. Esta herramienta ayuda a mejorar la comunicación entre sí.

En la Figura 26 anteriormente expuesta se observa que el equipo está en modo BRIDGE la cual se asigna una dirección IP con su respectiva puerta de enlace para el acceso e identificación.

Las configuraciones dentro de la pestaña WIRELESS de este equipo tiene los siguientes parámetros como se muestra en la Figura 59.

- Todos los enlaces están anclados por MAC.
- No tienen definido el tipo de antena que se está utilizando para el enlace, el no especificar disminuye el rendimiento ya que no se establece la potencia característica del equipo.
- Una de seguridad de tipo WPA-AES con eso permite disminuir el riesgo de algún tipo de filtraciones.

The screenshot displays the configuration interface for a NanoBridge M5 device. The 'WIRELESS' tab is active, showing the following settings:

- Modo inalámbrico:** Estación
- WDS (Modo Puente Transparente):** Habilitar
- SSID:** UTN-COLEGIO (with a 'Selecciona...' button)
- Fijar a la MAC del Punto de Acceso:** 24:A4:3C:00:E2:D1
- Código de País:** United States
- Modo IEEE 802.11:** A/N mixed
- Ancho del canal:** 20 MHz
- Movimiento de canal:** Desactivar
- Lista de Frecuencias a escanear, MHz:** Habilitar
- Ajustar automáticamente el límite de EIRP:** Habilitar
- Antena:** Not specified
- Potencia de salida:** 23 dBm
- Data Rate Module:** Default
- Máxima Tasa de Transmisión (Tx), Mbps:** MCS 15 - 130 (Automático)
- Seguridad:** WPA2-AES
- Autenticación WPA:** PSK
- Clave pre-compartida WPA:** utncolegio2015 (Mostrar)

Figura 59. Visualización de configuración en el equipo Ubiquiti Modo Estación, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En el campo SSID dentro de la pestaña WIRELESS existe un botón SELECCIONAR como se muestra en la anteriormente expuesta en la Figura 25, este sirve para que el equipo en modo estación realice un barrido de todo el rango de frecuencias asignadas para poder seleccionar el equipo al cual se quiere asociar. El equipo se encuentra emitiendo en el rango de frecuencias permitidas por el PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS aprobada por el ARCOTEL según los lineamientos EQA.50 y EQA.90 antes mencionados como se muestra la figura 60.

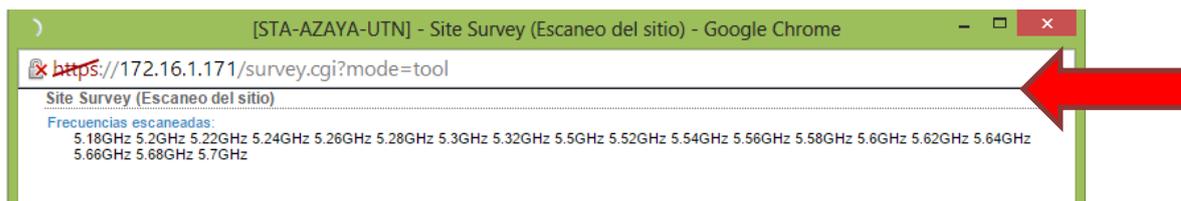


Figura 60. Visualización de frecuencia en el equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En un enlace punto a punto para determinar el estado básico del mismo se debe basar en los siguientes parámetros, los cuales se indican en la Figura 61.

- En el punto 1 de la Figura 61 se muestra la intensidad de señal basada en dBm, mientras más baja sea la potencia mejor es la alineación entre los equipos.
- El punto 2 nos indica el porcentaje CCQ es la calidad de conexión del cliente es un valor en que muestra la eficiencia del uso del ancho de banda medido en porcentaje teniendo como máximo el 100%.
- En el punto 3 se aprecia la tasa de transmisión nos muestra la cantidad de información que cruza entre el transmisor y el receptor haciendo un análisis en Mbps.

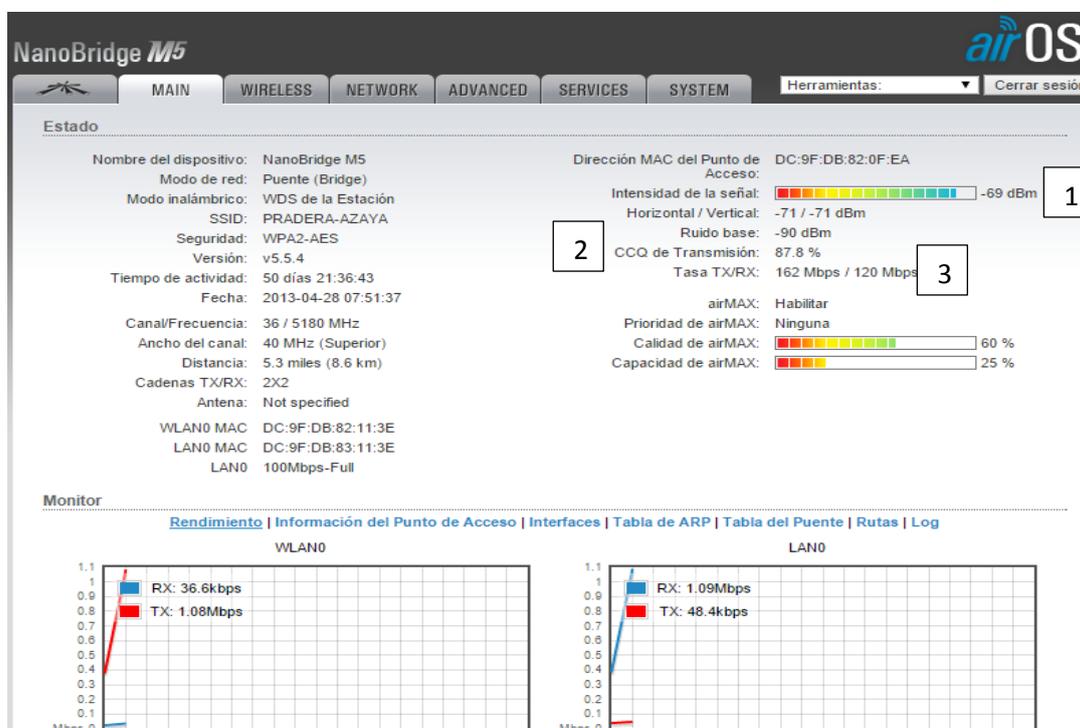


Figura 61. Visualización estado básico del enlace, Equipo Ubiquiti Modo Access Point, Enlace Terraza UTN-Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Las configuraciones de los enlaces que se detallan en las tablas 10 y 11 son totalmente similares al análisis anteriormente detallado exceptos los campos siguientes de cada una de las pestañas:

Tabla 10. Diferencias de configuraciones de los Access Point en los enlaces de radio

| ENLACE | ACCESS POINT UBIQUITI | | | | |
|--|-----------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | UBIQUITI | WIRELESS | NETWORK | ADVANCED | SYSTEM |
| Terraza UTN- Lomas de Azaya | AirMAX activo | SSID Frecuencia | IP diferente para cada equipo | Distancia entre equipos | Nombre del dispositivo |
| Lomas de Azaya – Granja La Pradera | AirMAX activo | SSID Frecuencia | IP diferente para cada equipo | Distancia entre equipos | Nombre del dispositivo |
| Terraza Edificio Central – Colegio UTN | AirMAX activo | SSID Frecuencia | IP diferente para cada equipo | Distancia entre equipos | Nombre del dispositivo |
| Terraza Edificio Central – Planta Textil | AirMAX activo | SSID Frecuencia | IP diferente para cada equipo | Distancia entre equipos | Nombre del dispositivo |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Tabla 11. Diferencias de configuraciones de las Estaciones en los enlaces de radio

| ENLACE | ESTACIÓN UBIQUITI | | | | |
|--|-----------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | UBIQUITI | WIRELESS | NETWORK | ADVANCED | SYSTEM |
| Terraza UTN- Lomas de Azaya | AirMAX activo | SSID Frecuencia | IP diferente para cada equipo | Distancia entre equipos | Nombre del dispositivo |
| Lomas de Azaya – Granja La Pradera | AirMAX activo | SSID Frecuencia | IP diferente para cada equipo | Distancia entre equipos | Nombre del dispositivo |
| Terraza Edificio Central – Colegio UTN | AirMAX desactivado | SSID Frecuencia | IP diferente para cada equipo | Distancia entre equipos | Nombre del dispositivo |
| Terraza Edificio Central – Planta Textil | AirMAX desactivado | SSID Frecuencia | IP diferente para cada equipo | Distancia entre equipos | Nombre del dispositivo |

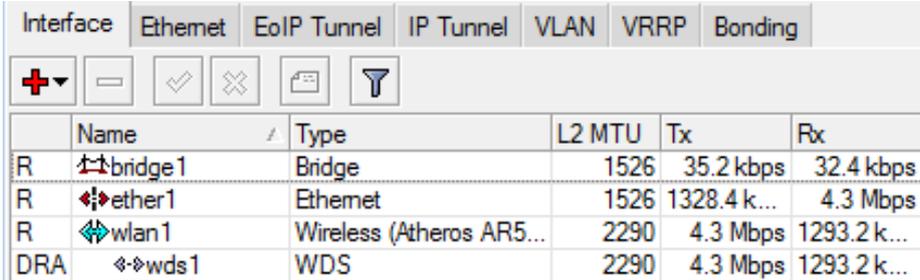
Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.2.2.3 Equipo Mikrotik Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl) (Access Point)

Después de haber realizado el levantamiento completo de información de los 2 enlaces de radio (Access Point y Estación) marca MIKROTIK implementados en la Universidad Técnica del Norte se realizó un análisis detallado de un solo ejemplo, ya que las configuraciones son similares como se detalla en la tabla 12.

En esta marca antes mencionada los parámetros a ser configurados son similares en los siguientes puntos:

- Creación de las interfaces *WLAN* y *LAN*. Para que un Access Point y una Estación puedan llegar asociarse el AP debe tener habilitado y creado un sistema de interconexión WDS como se muestra en la figura 62 para que exista una comunicación entre sí.

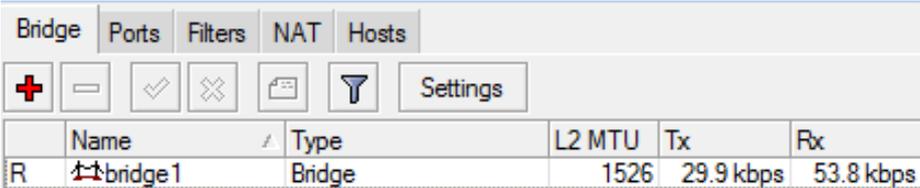


| | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx |
|-----|---------|--------------------------|--------|-------------|-------------|
| R | bridge1 | Bridge | 1526 | 35.2 kbps | 32.4 kbps |
| R | ether1 | Ethernet | 1526 | 1328.4 k... | 4.3 Mbps |
| R | wlan1 | Wireless (Atheros AR5... | 2290 | 4.3 Mbps | 1293.2 k... |
| DRA | wds1 | WDS | 2290 | 4.3 Mbps | 1293.2 k... |

Figura 62. Creación de interfaces WLAN y LAN, Access Point, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS

Fuente: Universidad Técnica del Norte

- Añadir un *bridge* para la interconexión entre las dos interfaces creadas como se muestra en la Figura 63.



| | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx |
|---|---------|--------|--------|-----------|-----------|
| R | bridge1 | Bridge | 1526 | 29.9 kbps | 53.8 kbps |

Figura 63. Añadir bridge, Access Point, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS

Fuente: Universidad Técnica del Norte

- Asignar una dirección IP para el acceso y comunicación del equipo con todos los dispositivos dentro de la red como se muestra en la Figura 64.

| Address | Network | Broadcast | Interface |
|---------------------------|------------|--------------|-----------|
| ::: default configuration | | | |
| 172.16.1.182/24 | 172.16.1.0 | 172.16.1.255 | ether1 |

Figura 64. Asignación de una dirección IP, Access Point, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Por esta razón el análisis de los equipos Mikrotik se basará solo en los lineamientos de la parte inalámbrica que está dada bajo los siguientes parámetros, los cuales se muestran en la Figura 64. Los equipos están configurados en MODO SIMPLE, estos equipos ROUTER OS tienen opciones avanzadas las cuales mejoran el rendimiento de cada uno de ellos.

- El equipo está emitiendo en el rango de frecuencias permitidas por el PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS aprobada por el ARCOTEL según los lineamientos EQA.50 y EQA.90 mencionados anteriormente, como se muestra en la figura 64 con el número 1.
- Entre el Access Point y la Estación existe una seguridad baja la cual puede llegar a producirse varias problemáticas, como se muestra en la figura 65 con el número 2.

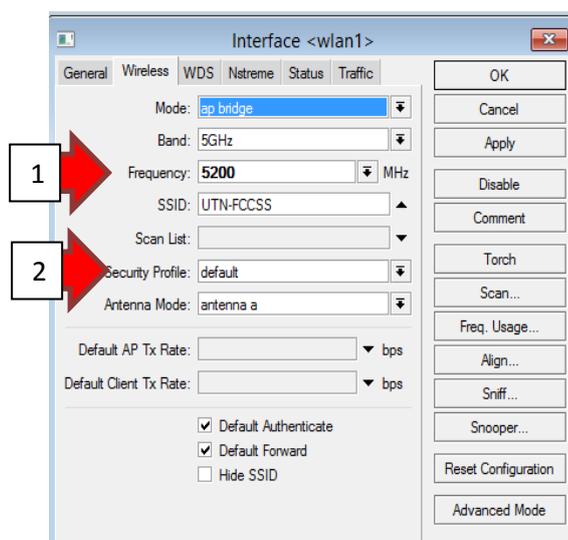


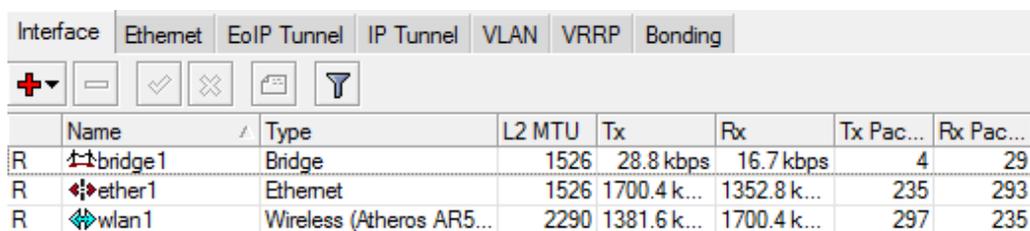
Figura 65. Visualización de configuración en el equipo Mikrotik, Access Point, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.2.2.4 Equipo Mikrotik Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl) (Estación)

Los dos enlaces MIKROTIK están totalmente desactualizados y configurados básicamente sin utilizar al máximo su rendimiento. El usuario y la contraseña para ingresar al equipo son similares a todos los dispositivos. En la parte de la Estación de este enlace se puede analizar los siguientes parámetros de configuración que se muestran en las siguientes figuras 66, 67 y 68.

- Creación de las interfaces *Wlan* y *LAN* como se muestra en la Figura 66.

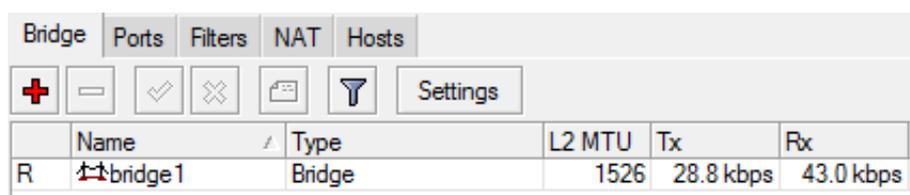


| Interface | | | | | | | |
|---|---------|--------------------------|--------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| Ethemet EoIP Tunnel IP Tunnel VLAN VRRP Bonding | | | | | | | |
| + - ✓ ✗ [] [] | | | | | | | |
| | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... |
| R | bridge1 | Bridge | 1526 | 28.8 kbps | 16.7 kbps | 4 | 29 |
| R | ether1 | Ethemet | 1526 | 1700.4 k... | 1352.8 k... | 235 | 293 |
| R | wlan1 | Wireless (Atheros AR5... | 2290 | 1381.6 k... | 1700.4 k... | 297 | 235 |

Figura 66. Creación de interfaces WLAN y LAN, Estación, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS

Fuente: Universidad Técnica del Norte

- Añadir un *bridge* para la interconexión entre las dos interfaces creadas como se indica en la Figura 67.

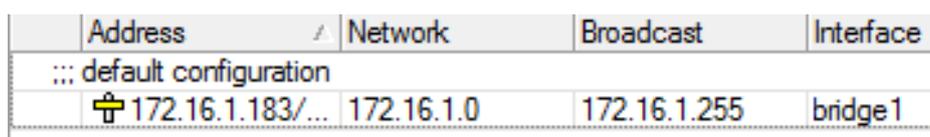


| Bridge | | | | | | |
|--------------------------|---------|--------|--------|-----------|-----------|--|
| Ports Filters NAT Hosts | | | | | | |
| + - ✓ ✗ [] [] Settings | | | | | | |
| | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | |
| R | bridge1 | Bridge | 1526 | 28.8 kbps | 43.0 kbps | |

Figura 67. Añadir bridge

Fuente: Universidad Técnica del Norte

- Asignar una dirección IP para el acceso y comunicación del equipo con todos los dispositivos dentro de la red como se muestra en la Figura 68.



| | Address | Network | Broadcast | Interface |
|-----|-----------------------|------------|--------------|-----------|
| ... | default configuration | | | |
| | 172.16.1.183/... | 172.16.1.0 | 172.16.1.255 | bridge1 |

Figura 68. Asignación de una dirección IP

Fuente: Universidad Técnica del Norte

La tarjeta inalámbrica del equipo están configurados en MODO SIMPLE como se muestra en el numeral 1 de la Figura 69, estos equipos ROUTER OS al seleccionar el modo avanzado mejoran el rendimiento de cada uno de ellos.

- Están emitiendo en el rango de frecuencias permitidas por el PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS aprobada por el ARCOTEL según los lineamientos EQA.50 y EQA.90, como se muestra en la Figura 69 con el número 2.
- Entre el Access Point y la Estación existe una seguridad baja la cual puede llegar a producirse varias problemáticas, como se muestra en la Figura 69 con el número 3.

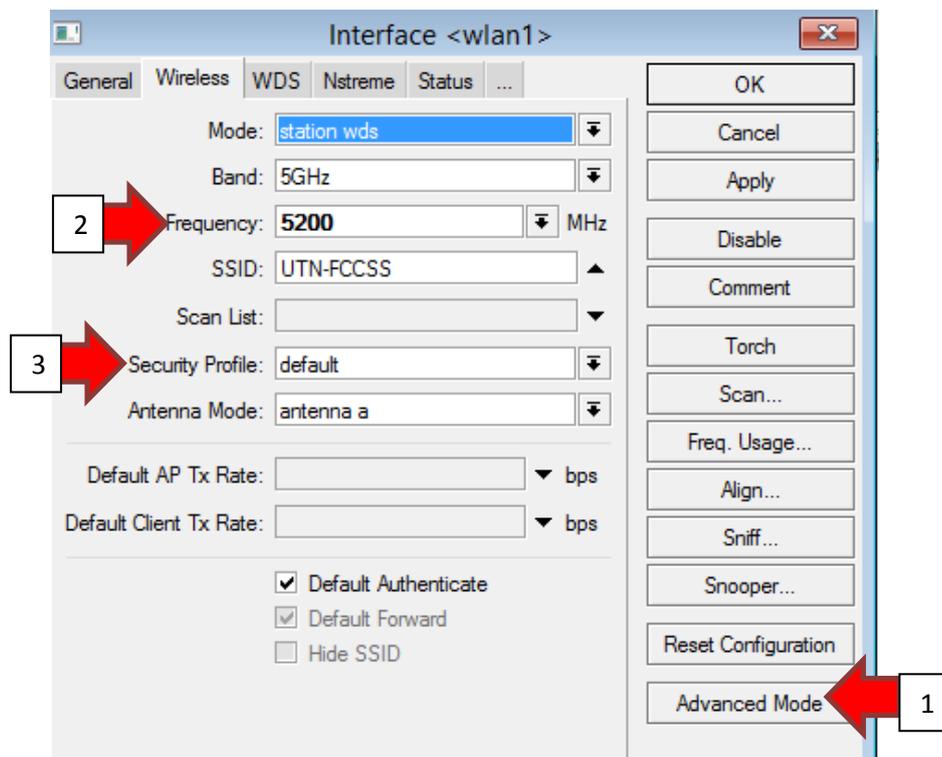


Figura 69. Visualización de configuración en el equipo Mikrotik, Estación, Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Las configuraciones de los enlaces nombrados a continuación en la tabla 12 son totalmente similares al análisis anteriormente detallado exceptos los campos siguientes:

Tabla 12. Diferencias entre Enlaces MIKROTIK

| ENLACE | ITEMS DIFERENTES |
|---|--|
| Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha (Access Point) | <ul style="list-style-type: none"> • SSID • Frecuencia • Nombre del radio • Dirección IP • Tipo de antena |
| Terraza Edificio Central – Instalaciones de la Guardería (Access Point) | <ul style="list-style-type: none"> • SSID • Frecuencia • Nombre del radio • Dirección IP • Tipo de antena |
| Terraza CAI UTN – Granja Yuyucocha (Estación) | <ul style="list-style-type: none"> • Dirección IP • Frecuencia • Nombre del radio • Tipo de antena |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.3 Análisis de interferencias en el espectro radioeléctrico en cada una de las estaciones principales

3.3.1 Software para analizar el espectro

3.3.1.1 AirView Spectrum Analyzer

Esta herramienta cuenta con 3 tipos de gráficas como:

- **Channel Usage View (Uso de Canales):** este tipo de gráfico es ideal para determinar el mejor canal para configurar una red Wi – Fi para un rendimiento óptimo. Cada canal de 5GHz está representado por una barra que muestra un porcentaje de la "aglomeración" relativa de ese canal específico.
- **Waveform View (Forma de Onda):** Este gráfico muestra la energía total recogida desde el inicio de una sesión de AirView, el poder de la energía en dBm mostrado a través de la gama de frecuencias. La vista espectral con el tiempo mostrará esencialmente la firma energía de RF de estado estacionario de un ambiente dado.

- **Real-time View (Tiempo Real):** Este gráfico muestra un analizador de espectro tradicional en el que la energía en dBm se muestra en tiempo real como una función de la frecuencia.

3.3.1.2 Wireless Snooper

Es una herramienta para encontrar los mejores canales para el punto de acceso, realiza un monitoreo del uso de la frecuencia, y muestra los dispositivos que ocupan cada frecuencia.

Está disponible tanto en la consola, y también en Winbox, esta herramienta brinda una información detallada de cada frecuencia que se encuentra en el medio cerca del punto en donde se realiza el análisis como:

- MAC del equipo
- SSID
- Canal
- Intensidad de Señal

3.3.1.3 Cambium Spectrum Analyzer 2.5.1

Cambium Networks fabricante del equipo ePMP 1000 brinda tres diagramas: promedio, estadística y espectrograma.

Cada diagrama muestra el nivel de potencia y la cantidad de dispositivos conectado en cada una de las frecuencias del espectro radioeléctrico, con la diferencia de que cada gráfico representa de manera diferente.

3.3.2 Análisis del canal y el espectro electromagnético

Los equipos que se detallan en la Tabla 13 están totalmente implementados en la torre ubicada en la terraza del edificio central. En el anexo C se puede observar el nivel de potencias en cada una de las frecuencias que se están utilizando detalladamente, de cada uno de los equipos que se encuentran en la terraza del edificio central.

Tabla 13. Equipos ubicados en la terraza del Edificio Central

| ENLACE | FRECUENCIA |
|-------------------------------|-------------------|
| UTN - AZAYA | 5180 MHz |
| UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO | 5690 MHz |
| UTN – CENTRO INFANTIL | 5230 MHz |
| UTN – FCCSS(ANTIGUO HOSPITAL) | 5200 MHz |
| UTN – PLANTA TEXTIL | 5180 MHz |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Para la Figura 70 se tiene los siguientes datos:

- **UBICACIÓN:** Terraza Edificio Central
- **RANGO:** 4900 – 6100 MHz
- **PROGRAMA:** AirView

En donde muestra el uso de canales, forma de onda (dBm) del medio cercano a los dispositivos ubicados en la terraza del edificio central mostrando en tiempo real (dBm) la cantidad de potencia sobre el espectro electromagnético del mismo.

Para la Figura 71 se tiene los siguientes datos:

- **UBICACIÓN:** Terraza Edificio Central
- **RANGO:** 4900 – 6100 MHz
- **PROGRAMA:** Wireless Snooper

En el cual muestra detalladamente la MAC, SSID, Frecuencia, Potencia de asociación y tasa de transmisión de los equipos que se encuentran emitiendo al alcance del mismo, el nivel de interferencia al cual están siendo sometidos los equipos y el número de señales que se encuentran en el espectro electromagnético del mismo.

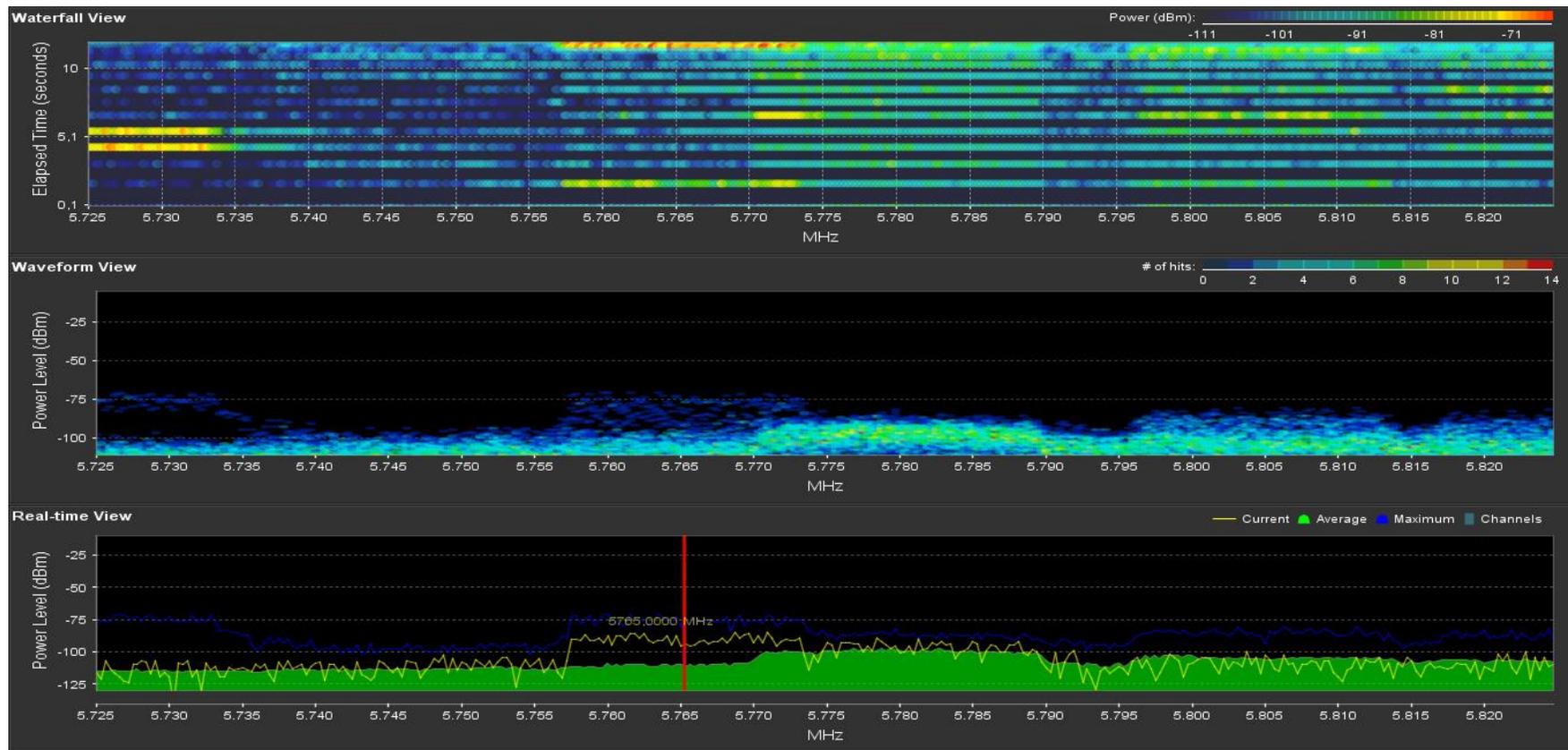


Figura 70. Visualización de frecuencias de equipos de la terraza del Edificio Central UTN con Airview

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Wireless Snooper (Running)

Interface: **BBUTNTEX**

Start
Stop
Close
Settings
New Window

all

| Channel | Address | SSID | Signal | Of Freq. (%) | Of Traf. (%) | Bandwidth | Net... | Stati... |
|-----------|-------------------|------------|--------|--------------|--------------|------------|--------|----------|
| 5500/2... | D4:CA:6D:D0:37:35 | | -72 | 0.7 | 13.3 | 25.7 kbps | | |
| 5500/2... | D4:CA:6D:B9:E0:57 | | -68 | 1.2 | 20.8 | 40.1 kbps | | |
| 5500/2... | 00:0C:42:DA:A9:E1 | | -86 | 0.0 | 1.0 | 2.4 kbps | | |
| 5500/2... | 4C:5E:0C:86:47:E5 | | -88 | 0.8 | 14.5 | 31.3 kbps | | |
| 5500/2... | 00:0C:42:64:F8:55 | | -85 | 0.0 | 1.2 | 3.1 kbps | | |
| 5500/2... | | | | 5.7 | | 102.7 kbps | 0 | 5 |
| 5505/2... | 4C:5E:0C:82:C4:89 | | -88 | 0.1 | 27.1 | 5.2 kbps | | |
| 5505/2... | | | | 0.4 | | 5.2 kbps | 0 | 1 |
| 5510/2... | | | | 14.7 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5515/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5520/2... | 00:0C:42:DA:A5:67 | | -85 | 1.9 | 35.7 | 78.3 kbps | | |
| 5520/2... | 00:0C:42:C8:C8:6A | | -85 | 0.1 | 2.7 | 5.0 kbps | | |
| 5520/2... | D4:CA:6D:48:1A:89 | | -86 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5520/2... | | | | 5.4 | | 83.4 kbps | 0 | 3 |
| 5525/2... | | | | 1.2 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5530/2... | DC:9F:DB:F0:5A:C8 | | -84 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5530/2... | 24:A4:3C:E0:F3:90 | | -68 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5530/2... | | | | 4.3 | | 109.1 kbps | 1 | 3 |
| 5530/2... | 4C:5E:0C:86:DF:21 | SWAZAYA8 | | 2.1 | 50.2 | 109.1 kbps | | 1 |
| 5530/2... | 4C:5E:0C:86:DF:21 | SWAZAYA8 | -83 | 2.1 | 50.2 | 109.1 kbps | | |
| 5535/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5540/2... | 00:15:6D:5E:2F:C8 | | -81 | 0.1 | 1.5 | 8.0 kbps | | |
| 5540/2... | D4:CA:6D:9E:EE:0F | | -91 | 0.4 | 6.2 | 20.7 kbps | | |
| 5540/2... | E4:8D:8C:B5:A0:DB | | -90 | 0.1 | 1.5 | 4.7 kbps | | |
| 5540/2... | 24:A4:3C:D8:7A:0A | | -76 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5540/2... | 00:27:22:DE:CE:8E | | -77 | 0.4 | 6.0 | 32.2 kbps | | |
| 5540/2... | 04:18:D6:5A:1D:49 | | -89 | 0.0 | 0.8 | 2.9 kbps | | |
| 5540/2... | | | | 7.8 | | 437.5 kbps | 1 | 8 |
| 5540/2... | 00:15:6D:FA:C8:00 | tlcm_Olivo | | 2.8 | 36.2 | 368.7 kbps | | 2 |
| 5540/2... | 24:A4:3C:A8:B3:4B | tlcm_Olivo | -63 | 2.3 | 29.7 | 340.2 kbps | | |

Figura 71. Visualización de configuración de equipos de la terraza del Edificio Central UTN con Wireless Snooper

Fuente: Universidad Técnica del Norte

El equipo que se detalla en la Tabla 14 se encuentra implementado en la torre ubicada en la Terraza del Edificio del CAI de la UTN.

Tabla 14. Equipos ubicados en la terraza del Edificio del CAI

| ENLACE | FRECUENCIA |
|---------------------|-------------------|
| UTN CAI - YUYUCOCHA | 5180 MHz |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Se puede observar detalladamente en la Figura 72 cada una de las frecuencias que están siendo utilizadas por los equipos que se encuentran en la terraza del edificio del CAI.

Para la Figura 72 se tiene los siguientes datos:

- **UBICACIÓN:** Terraza Edificio CAI
- **RANGO:** 4900 – 6100 Mhz
- **PROGRAMA:** Snooper WLAN

En el cual muestra detalladamente la MAC, SSID, Frecuencia, Potencia de asociación y tasa de transmisión de los equipos que se encuentran emitiendo al alcance del mismo, el nivel de interferencia al cual están siendo sometidos los equipos y el número de señales que se encuentran en el espectro electromagnético del mismo.

Snooper <wlan1> (running)

Networks Stations Find

| | Frequenc... | Band | Address | SSID | Of Freq. (%) | Of Traf. (%) | Bandwidth | Net... | Stati... |
|-----|-------------|------|-------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------|----------|
| (e) | 5180 | 5GHz | | | 5.4 | | 233.4 kbps | 3 | 6 |
| (p) | 5180 | 5GHz | 00:15:6D:68:08:0D | SWAPRE1 | 0.7 | 13.2 | 47.2 kbps | | 1 |
| (p) | 5180 | 5GHz | 00:15:6D:9A:62:EC | | 0.5 | 10.7 | 29.1 kbps | | 1 |
| (p) | 5180 | 5GHz | 00:15:6D:FC:8B:5F | UTN-TEX... | 3.2 | 59.6 | 157.0 kbps | | 1 |
| (e) | 5200 | 5GHz | | | 22.3 | | 375.7 kbps | 3 | 4 |
| (p) | 5200 | 5GHz | 00:15:6D:65:D7:8B | UTN-FCCSS | 7.1 | 31.7 | 341.6 kbps | | 1 |
| (p) | 5200 | 5GHz | D4:CA:6D:E2:5C:4F | tlcm_tbl-hb4 | 0.4 | 1.8 | 21.8 kbps | | 1 |
| (p) | 5200 | 5GHz | DC:9F:DB:5E:53:54 | T-Online1 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 1 |
| (e) | 5220 | 5GHz | | | 19.2 | | 571.9 kbps | 1 | 14 |
| (p) | 5220 | 5GHz | D4:CA:6D:8C:31:D5 | imigcolombia | 9.3 | 48.8 | 334.2 kbps | | 1 |
| (e) | 5240 | 5GHz | | | 6.2 | | 158.5 kbps | 2 | 21 |
| (p) | 5240 | 5GHz | 00:0C:42:69:9D:69 | SWAPRE7 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 1 |
| (p) | 5240 | 5GHz | 58:97:BD:8F:0E:EF | WUTN.Ev... | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 1 |
| (e) | 5260 | 5GHz | | | 4.8 | | 115.3 kbps | 1 | 8 |
| (p) | 5260 | 5GHz | 4C:5E:0C:81:74:8A | SWACHO4 | 0.1 | 4.3 | 6.2 kbps | | 1 |
| (e) | 5280 | 5GHz | | | 6.6 | | 176.0 kbps | 2 | 9 |
| (p) | 5280 | 5GHz | 4C:5E:0C:2D:92:8B | SWACHO10 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 1 |
| (p) | 5280 | 5GHz | 4C:5E:0C:87:09:AE | J&SCeibos | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 1 |
| (e) | 5300 | 5GHz | | | 1.4 | | 54.7 kbps | 2 | 8 |
| (p) | 5300 | 5GHz | 24:A4:3C:40:AC:F0 | AP_SISM... | 0.3 | 79.6 | 21.1 kbps | | 1 |
| (p) | 5300 | 5GHz | DC:9F:DB:82:CB:A9 | AP-DIR-N... | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 1 |
| (e) | 5320 | 5GHz | | | 1.2 | | 5.2 kbps | 0 | 1 |
| (e) | 5745 | 5GHz | | | 21.5 | | 768.6 kbps | 4 | 6 |
| (p) | 5745 | 5GHz | 00:15:6D:69:D2:B5 | BSCORP1N | 0.2 | 1.0 | 11.6 kbps | | 1 |
| (p) | 5745 | 5GHz | 00:27:22:2A:49:3F | | 0.5 | 2.4 | 25.2 kbps | | 1 |
| (p) | 5745 | 5GHz | 02:15:6D:6A:00:49 | BSCORP1... | 0.3 | 1.5 | 15.5 kbps | | 1 |
| (p) | 5745 | 5GHz | 02:15:6D:6A:00:5E | BSCORP1... | 20.1 | 93.7 | 716.2 kbps | | 1 |
| (e) | 5765 | 5GHz | | | 11.2 | | 418.3 kbps | 7 | 22 |
| (p) | 5765 | 5GHz | 00:15:6D:B5:70:69 | ppvictoria | 0.1 | 1.6 | 8.6 kbps | | 1 |
| (p) | 5765 | 5GHz | 00:15:6D:EC:68:B7 | GPI | 0.7 | 7.0 | 77.4 kbps | | 1 |
| (p) | 5765 | 5GHz | 58:97:BD:BA:E6:5F | WUTN.Es... | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 2 |
| (p) | 5765 | 5GHz | 88:90:8D:92:7E:7C | WUTN.Ad... | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 0 |
| (p) | 5765 | 5GHz | 88:90:8D:92:7E:7E | DDTI | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 0 |
| (p) | 5765 | 5GHz | 88:90:8D:92:7E:7F | WUTN.Es... | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 1 |
| (p) | 5765 | 5GHz | DC:9F:DB:82:CB:A9 | AP-DIR-N... | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 0 |
| (e) | 5785 | 5GHz | | | 7.2 | | 219.7 kbps | 3 | 8 |
| (p) | 5785 | 5GHz | 00:15:6D:7A:3C:FD | GPI-MUIT | 1.0 | 14.1 | 51.0 kbps | | 1 |

42 items

Start Stop Close Settings...

Figura 72. Visualización de configuración de equipos de la terraza del Edificio del CAI UTN con Wireless Snooper

Fuente: Universidad Técnica del Norte

El equipo que se detalla en la Tabla 15 está totalmente implementado en la torre ubicada en las lomas de Azaya.

Tabla 15. Equipos ubicados en las lomas de Azaya

| ENLACE | FRECUENCIA |
|------------------------|-----------------------|
| AZAYA – GRANJA PRADERA | 5180 MHz (Automático) |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Se puede observar detalladamente en las Figuras 73 y 74 la cantidad de canal que se está utilizando por diferentes equipos en todo el rango de frecuencias que se muestra en la misma.

Para las Figuras 73 y 74 se tiene los siguientes datos:

- **UBICACIÓN:** Lomas de Azaya
- **RANGO:** 4900 – 6100 MHz
- **PROGRAMA:** Cambium Spectrum Analyser

Las cuales nos muestran el nivel de potencia y la cantidad de dispositivos conectado en cada una de las frecuencias del espectro radioeléctrico, con la diferencia de que cada diagrama es representado de manera diferente.

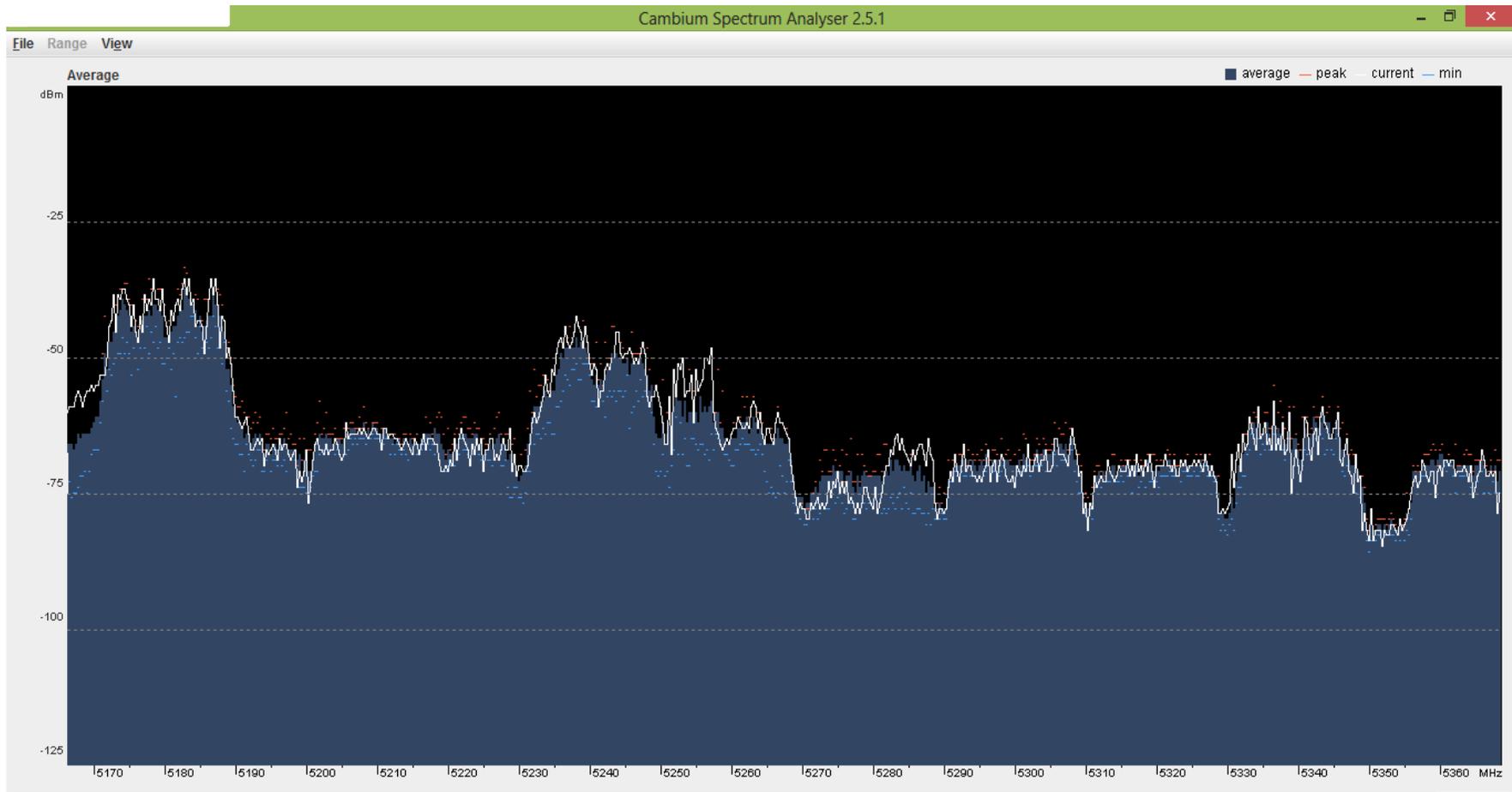


Figura 73. Visualización de frecuencias de equipos ubicados en la Loma de Azaya con Cambium Spectrum Analyser

Fuente: Universidad Técnica del Norte

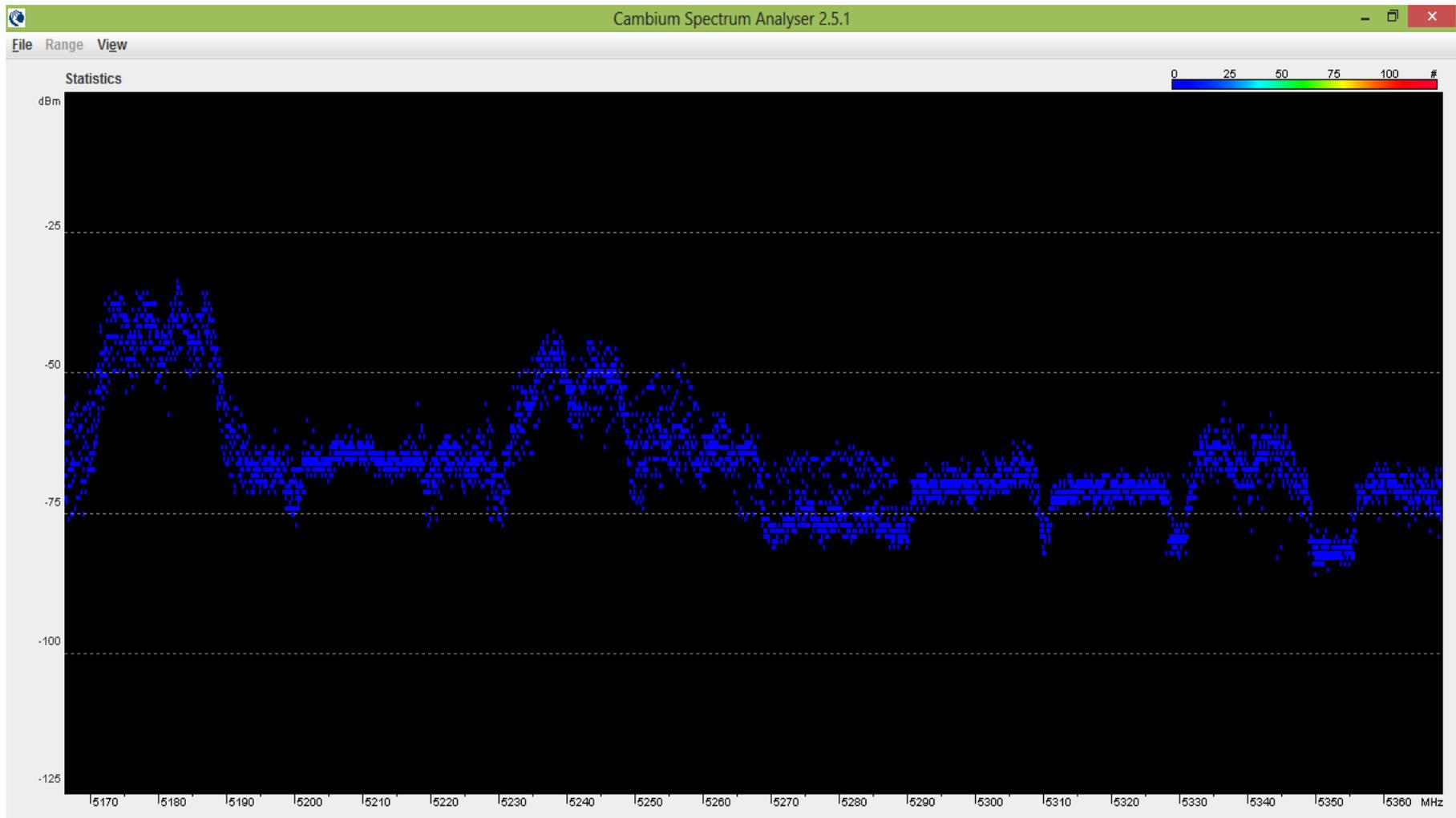


Figura 74. Visualización de frecuencias de equipos ubicados en la Loma de Azaya con Cambium Spectrum Analyser

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Realizando un análisis de las gráficas se puede verificar que las frecuencias elegidas para los radioenlaces implementados están totalmente saturadas ya que existen equipos que están emitiendo en la misma frecuencia y que existen niveles de potencia que cruzan por el medio el cual están transmitiendo los mismos. Todos los equipos que están operativos seleccionan automáticamente la frecuencia en la cual se está realizando el enlace, lo cual es una desventaja total para el rendimiento en general.

3.4 Características técnicas de los equipos utilizados en los enlaces de radio

En la Tabla 16 se especifica el modelo de los equipos marca Ubiquiti que están implementados.

Tabla 16. Equipos Ubiquiti Implementados

| ENLACE DE RADIO | MODELO DE ANTENA | |
|--|------------------------------------|---------------|
| | Access Point | Estación |
| Terraza Edificio Central UTN – Lomas de Azaya | NanoBridge M5 | NanoBridge M5 |
| Lomas de Azaya – Granja La Pradera | NanoBridge M5 | NanoBridge M5 |
| Terraza Edificio Central UTN – Colegio Universitario | NanoBridge M5 | NanoBridge M5 |
| Terraza Edificio Central UTN - Planta Textil | NanoStation 5 con pigtail y grilla | ----- |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.4.1 Equipos Ubiquiti implementados

NanoBridge M5 combina las tecnologías Innerfeed y Airmax de Ubiquiti (protocolo de TDMA¹⁸ MIMO¹⁹), es un equipo simple pero extremadamente potente y robusto, es una unidad inalámbrica capaz de transmitir 100Mbps reales de rendimiento al aire libre y hasta 30 km en línea recta.

En la Figura 75 se puede observar el modelo del equipo implementado. A continuación se describen las características del equipo:

¹⁸ TDMA: Acceso Múltiple por División de Tiempo

¹⁹ MIMO: Múltiple Entrada Multiple Salida

- Procesador: Atheros, MIPS 24KC, 400MHz • Radio
- Operación: IEEE 802.11a, 5GHz
- Memoria: 32MB SDRAM, 8MB Flash
- Interface de Red: 1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface
- Peso: 680g(soporte), 610g(plato)
- Máximo consumo: 5.5 watts
- Operación a intemperie: -30C a 75C
- Operación sobre humedad: 5 a 95% de humedad
- Fuente de alimentación: 100-240VAC 24VDC 1ª
- Diámetro del plato reflector: 16.5 pulg (420 mm)



Figura 75. Nano Bridge M5

Fuente: Recuperado de <http://sincables.com.ve/v3/access-points/550-nanobridge-m5-5ghz-parabolica-de-25dbi-integrada.html>

NanoStation5 es un dispositivo con un diseño compacto para interiores y exteriores es tan potente como simple como se muestra en la Figura 76.

Nanostation5 tiene un gran desempeño con un diseño revolucionario que combina una alta ganancia cuatro sistemas de antena, la arquitectura avanzada de radio y muy investigada y desarrollada la tecnología de firmware que permite el rendimiento de procesamiento, estabilidad y capacidad que rivalizan incluso las redes WiMax de gama más alta. A continuación se describen las características del equipo.

- Procesador: Atheros AR2313 SOC, MIPS 4KC, 180MHz
- Memoria: 16MB SDRAM, 4MB Flash
- Interface de Red: 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface
- Peso: 0.4kg
- Máximo poder de consumo: 5 watts
- Operación a intemperie: -20C a 70C
- Operación sobre humedad: 5 a 95% de humedad
- Fuente de alimentación: 110-240VAC 15VDC 0.8A US-style plug



Figura 76. Nano Station 5

Fuente: Recuperado de <http://www.maswifi.com/puntos-de-acceso/nanostation-5-ubiquiti-14dbi-5ghz-routerapcliente-cpe>

3.4.2 Equipo Mikrotik implementado

En la Tabla 17 se especifica el modelo de los equipos marca Mikrotik que están implementados.

Tabla 17. Equipos Mikrotik Implementados

| ENLACE DE RADIO | MODELO DE ANTENA | |
|--|--|--|
| | Access Point | Estación |
| Terraza CAI/FICAYA – Granja Yuyucocha | Tarjeta RB411AH con panel tipo diamante | Tarjeta RB411AH con panel tipo diamante |
| Terraza UTN - Centro infantil | Tarjeta RB411AH con panel tipo diamante | Tarjeta RB411AH con panel tipo diamante |
| Terraza UTN - FCCSS(Antiguo Hospital) | Tarjeta RB411AH con panel tipo diamante | Tarjeta RB411AH con panel tipo diamante |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Mikrotik RB411AH tiene un CPU Atheros AR7161 de 680 MHz dándole a esta tarjeta prestaciones únicas, routerboard Mikrotik, RB411AH es el AP indicado para usar con una antena sectorial u omnidireccional, garantizando una buena distribución indoor y outdoor.

RB411AH incluye RouterOS, el mejor sistema operativo, el cual transforma esta potente tarjeta en un sofisticado router/firewall o bandwidth manager. Un pequeño dispositivo con toda la potencia del RouterOS.

En la tarjeta principal se puede observar en la Figura 77, a esta se le puede añadir tres tarjetas inalámbricas con la finalidad de utilizar al máximo el equipo y poder tener tres enlaces inalámbricos diferentes e independientes, esto es una ventaja del equipo ya que se optimiza el funcionamiento del mismo y brinda un uso diferente a los demás. (Macrotics Especialistas en Telecomunicaciones, 2016)



Figura 77. Tarjeta principal equipo Mikrotik

Fuente: Recuperado de <http://www.ds3comunicaciones.com/mikrotik/RB411AH.html>

Las especificaciones técnicas de este equipo se encuentran descritas a continuación:

- CPU: Procesador Atheros AR7161 680MHz
- Memoria: 64MB DDR SDRAM

- Boot loader: RouterBOOT
- Almacenamiento: 64MB memory chip
- Ethernet: Un puerto 10/100 Mbit/s Fast Ethernet con Auto-MDI/X
- Extras: Reset switch, Beeper
- Puerto serie: Un puerto serie DB9 RS232C asíncrono
- LEDs: Power, NAND actividad 5 user LEDs
- Dimensiones: 10.5 cm x 10.5 cm (4.13 in x 4.13 in) Peso: 82 g (2.9 oz)
- Consumo de energía: ~3W sin tarjetas MiniPCI, máximo – 12 W
- 64 MB 1 Ethernet 1 MiniPCI RouterOS 4
- Sistema Operativo: MikroTik RouterOS v3, Licencia Level4

3.5 Análisis del rendimiento y consumo de los enlaces de radio

En este análisis no se obviara ningún enlace, se mostrará cada parámetro que contiene los seis enlaces de radio. Para analizar el rendimiento y consumo de requerimientos de cada uno de los radio enlaces se utilizó una norma que se especifica a continuación en donde se detalla las especificaciones que se deben ser consideradas.

Al no poder determinar un número exacto de usuarios conectados, no se puede establecer el requerimiento mínimo para satisfacer las necesidades de cada una de las extensiones de la Universidad Técnica del Norte. El ancho de banda para a cada uno de los enlaces de radio es asignada por su respectiva VLAN como está especificado en la tabla 7.

3.5.1 RFC 2455 (Metodología de evaluación comparativa para la interconexión de dispositivos de red)

La arquitectura de rendimiento de una red describe la forma en la que los usuarios, aplicaciones, dispositivos y redes logran cumplir con los requerimientos que fueron establecidos en el momento en el que se estaba planificando la red. Esta norma es una metodología de evaluación comparativa de los dispositivos de interconexión de red promovida por el IETF²⁰.

²⁰ IETF: Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet

La cual discute y define un número de pruebas que son utilizadas para la evaluación del rendimiento de una red, está basada en cuatro indicadores que determinan el rendimiento de la red que se muestran a continuación especificados en el RFC 2544. (Bradner & McQuaid, 1999)

- **Throughput (Caudal de tráfico):** Es la cantidad de información transferida en una dirección a través de un enlace dividido por el tiempo tomado para transferirla, expresado en bits o bytes por segundo.
Generalmente el throughput en la interfaz de radio es medido como el rendimiento de la carga útil efectiva en el enlace de radio control.
- **Latency (Latencia):** Es el tiempo que demora un paquete atravesar una conexión de red desde el emisor al receptor. La latencia es particularmente importante para protocolos síncronos donde cada paquete tiene que ser reconocido antes que el próximo sea transmitido. (Rodríguez, 2009)
- **Frame Loss Rate (Porcentaje de tramas perdidas):** Es el porcentaje de tramas pérdidas durante el envío constante de datos, debido a falta de recursos de red. (París Diaz, 2008)
- **Back-to-back frames (Capacidad de transmisión en ráfagas):** Son las tramas de un mismo largo, enviadas a una tasa para la cual hay una separación legalmente mínima entre tramas, para un medio dado, durante un periodo de tiempo, comenzando desde el estado inactivo.

A parte de estos indicadores propuestos se han considerado otros, que son utilizados para el correcto y completo análisis del desempeño de una red de datos, tales como:

- **Bandwidth (Ancho de Banda):** Es la máxima velocidad de transferencia de datos entre los dos extremos de la red. Este límite está dado por la infraestructura física de los enlaces y los flujos procedentes de otros nodos origen-destino que comparten algunos de los enlaces de la ruta en cuestión. (Scaniello, 2008)

- **Jitter (Fluctuación):** Es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en conmutación de paquetes. Como la información se envía en paquetes cada uno de los paquetes puede seguir una ruta distinta para llegar al destino.

3.5.2 Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

3.5.2.1 Datos del Enlace

Los datos del enlace se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Datos del enlace Edificio Central UTN – Colegio Universitario

| PARÁMETROS | VALOR |
|---------------------------|-----------------|
| Tipo de Antena | Parabólica |
| Potencia de Salida | 23 dBm |
| Ganancia | 22 dBi |
| Sensibilidad | -96 dBm |
| Canal | 48 |
| Ancho de Canal | 20 MHz |
| Frecuencia | 5,8 GHz |
| Distancia | 1 Km |
| Dirección IP Access Point | 172.16.1.178/24 |
| Dirección IP Estación | 172.16.1.178/24 |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.2.2 Cálculos del Enlace

Los cálculos de los parámetros que no existen en el datasheet son necesarios para el trazado de los enlaces en el software y se muestran en las ecuaciones 2, 3, 4 y 5.

Longitud de Onda: es la distancia real que recorre una en un determinado intervalo de tiempo.

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,8 [GHz]} = 0,17 [nm]$$

Ecuación 2. Fórmula de Longitud de Onda, Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

FSL: es la cantidad de pérdida de datos por le medio de transmisión al realizar un enlace de radio.

$$FSL = 20 \log(d) + 20 \log(f) + k$$

$$FSL = 20 \log(1) + 20 \log(5,8) + 92,4$$

$$FSL = 107,66 [dB]$$

Ecuación 3. Fórmula de Pérdida en el espacio libre, Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

PIRE: es la cantidad de potencia que distribuye a los dispositivos receptores dentro de su alcance.

$$PIRE = P_{tx} + G_{antena} - L$$

$$PIRE = 23 dBm + 22 dBi$$

$$PIRE = 45 [dBm]$$

Ecuación 4. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente, Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

Ecuación del Enlace: es el margen de operatividad del sistema, es la señal máxima que debe tener el enlace.

$$margen = -(P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{rx} - L_{rx} - S_{rx}) ; L_{tx} \text{ Cable UTP es } 0$$

$$margen = -(23 - 0 + 25 - 107,66 + 25 - 0 + 96)$$

$$margen = -61,34 [dBm]$$

Ecuación 5. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

3.5.2.3 Estado del Enlace

En las Figuras 78 y 79 se puede apreciar el rendimiento y la tasa de transmisión de las tarjetas inalámbrica y LAN de los equipos que realizan el Enlace de Radio, utilizando las herramientas de Ubiquiti.

Realizando un análisis de la información obtenida se puede llegar a concluir que el nivel de rendimiento es totalmente eficaz y la tasa de trasmisión que soporta el enlace punto a punto es la cantidad necesaria para brindar un servicio de calidad al Colegio Universitario, vale recalcar que las configuraciones de este enlace necesita varios cambios que serán descritos detalladamente en la última parte de este proyecto.

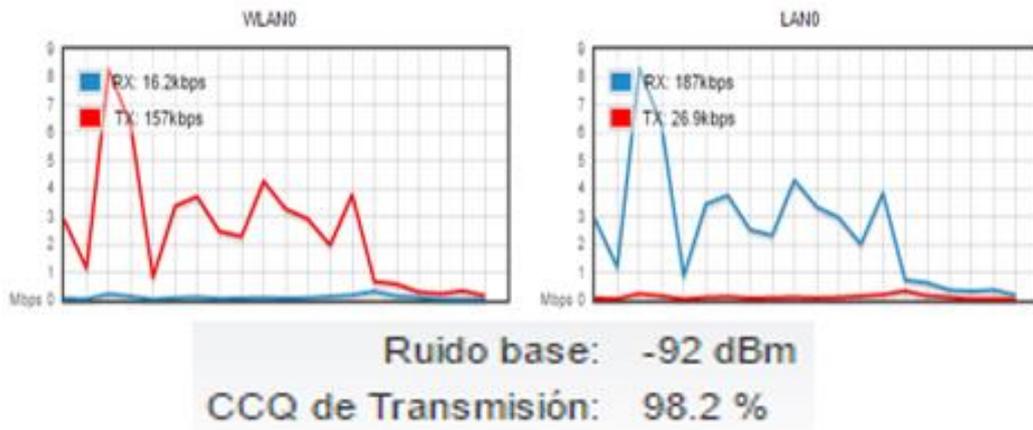


Figura 78. Throughput Access Point, Enlace Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

Fuente: Universidad Técnica del Norte

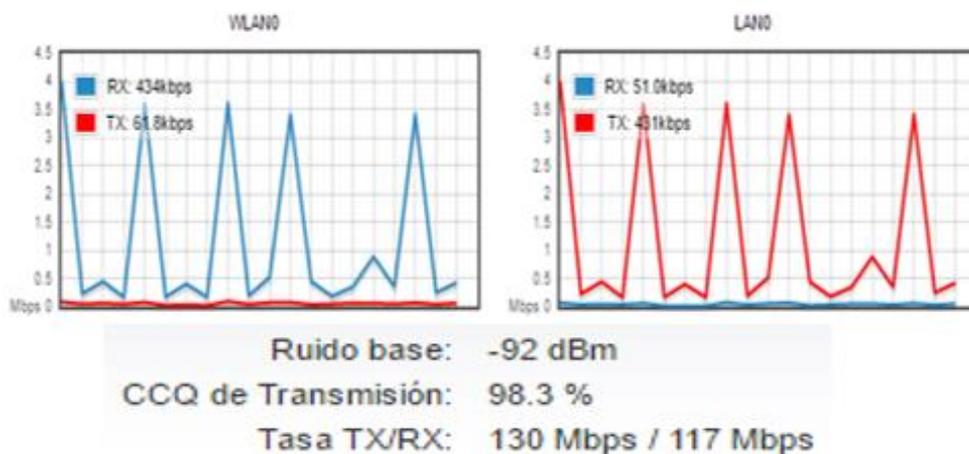


Figura 79. Throughput Estación, Enlace Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En las Figuras 80 y 81 presentadas se realizó una medición de velocidad entre los equipos de cada extremo, la información que se obtuvo de este test es la cantidad de información en Megabits por segundo que recibe la estación.

Prueba de velocidad de la red

Seleccione IP de destino:

Usuario:

Contraseña:

Puerto del WEB Remoto:

Resultados de la prueba

RX: 26.32 Mbps

TX: 27.06 Mbps

Total: 53.38 Mbps

Figura 80. Speed Test Access Point, Enlace Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Prueba de velocidad de la red

Seleccione IP de destino:

Usuario:

Contraseña:

Puerto del WEB Remoto:

Resultados de la prueba

RX: 29.59 Mbps

TX: 28.99 Mbps

Total: 58.58 Mbps

Figura 81. Speed Test Estación, Enlace Edificio Central UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.3 Enlace Terraza Edificio Central UTN – Granja La Pradera

Para la comunicación desde la Universidad Técnica del Norte hacia la Granja La Pradera fue necesario realizar un rebote ubicado en las lo mas de Azaya, los 4 equipos que intervienen en este radio enlace presentan las mismas características.

3.5.3.1 Datos del Enlace

Los datos del enlace se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Datos del enlace Edificio Central UTN – Lomas de Azaya / Lomas de Azaya – Granja La Pradera

| PARÁMETROS | VALOR |
|--|-----------------|
| Tipo de Antena | Omnidireccional |
| Potencia de Salida | 23 dBm |
| Potencia de Transmisión | 200 mW |
| Ganancia | 25 dBi |
| Sensibilidad | -96 dBm |
| Ancho de Canal | 20 MHz |
| Frecuencia | 5,8 GHz |
| Distancia UTN-Lomas de Azaya | 3,2 Km |
| Distancia Lomas de Azaya-Granja La Pradera | 8,6 Km |
| Dirección IP Access Point Terraza UTN | 172.16.1.170/24 |
| Dirección IP Estación Lomas de Azaya | 172.16.1.171/24 |
| Dirección IP Access Lomas de Azaya | 172.16.1.172/24 |
| Dirección IP Estación Granja La Pradera | 172.16.1.173/24 |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.3.2 Cálculos del Enlace

Terraza UTN – Lomas de Azaya

Los cálculos de los parámetros que no existen en el datasheet son necesarios para el trazado de los enlaces en el software y se muestran en las ecuaciones 6, 7, 8 y 9.

Longitud de Onda: es la distancia real que recorre una en un determinado intervalo de tiempo.

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,8 [GHz]} = 0,17 [nm]$$

Ecuación 6. Fórmula de Longitud de Onda Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

FSL: es la cantidad de pérdida de datos por le medio de transmisión al realizar un enlace de radio.

$$\begin{aligned} FSL &= 20 \log(d) + 20 \log(f) + k \\ FSL &= 20 \log(3,2) + 20 \log(5,8) + 92,4 \\ FSL &= 117,7 [dB] \end{aligned}$$

Ecuación 7. Fórmula de Pérdida en el espacio libre, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

PIRE: es la cantidad de potencia que distribuye a los dispositivos receptores dentro de su alcance.

$$\begin{aligned} PIRE &= P_{tx} + G_{antena} - L \\ PIRE &= 23 dBm + 25 dBi \\ PIRE &= 48 [dBm] \end{aligned}$$

Ecuación 8. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Ecuación del Enlace: es el margen de operatividad del sistema, es la señal máxima que debe tener el enlace.

$$\begin{aligned} margen &= -(P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{rx} - L_{rx} - S_{rx}) ; L_{tx} \text{ Cable UTP es } 0 \\ margen &= -(23 - 0 + 25 - 117,7 + 25 - 0 + 96) \\ margen &= -51,3 [dBm] \end{aligned}$$

Ecuación 9. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Lomas de Azaya – Granja La Pradera

Los cálculos de los parámetros que no existen en el datasheet son necesarios para el trazado de los enlaces en el software y se muestran en las ecuaciones 10, 11, 12 y 13.

Longitud de Onda: es la distancia real que recorre una en un determinado intervalo de tiempo.

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,8 [GHz]} = 0,17 [nm]$$

Ecuación 10. Fórmula de Longitud de Onda, Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera

FSL: es la cantidad de pérdida de datos por le medio de transmisión al realizar un enlace de radio.

$$\begin{aligned} FSL &= 20 \log(d) + 20 \log(f) + k \\ FSL &= 20 \log(8,6) + 20 \log(5,8) + 92,4 \\ FSL &= 126,45 [dB] \end{aligned}$$

Ecuación 11. Fórmula de Pérdida en el espacio libre Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera

PIRE: es la cantidad de potencia que distribuye a los dispositivos receptores dentro de su alcance.

$$\begin{aligned} PIRE &= P_{tx} + G_{antena} - L \\ PIRE &= 23 dBm + 25 dBi \\ PIRE &= 48 [dBm] \end{aligned}$$

Ecuación 12. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera

Ecuación del Enlace: es el margen de operatividad del sistema, es la señal máxima que debe tener el enlace.

$$\begin{aligned} margen &= -(P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{rx} - L_{rx} - S_{rx}); L_{tx} \text{ Cable UTP es } 0 \\ margen &= -(23 - 0 + 25 - 126.45 + 25 - 0 + 96) \\ margen &= -42,55 [dBm] \end{aligned}$$

Ecuación 13. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera

3.5.3.3 Estado del Enlace

Terraza UTN – Lomas de Azaya

Las Figuras 82, 83, 84 y 85 muestran que el rendimiento y la tasa de transmisión se encuentran dentro del rango aceptable para el funcionamiento del mismo, existen niveles de pérdida dentro del enlace que son considerables y deberían solucionarse para optimizar y mejorar la conexión de los equipos.

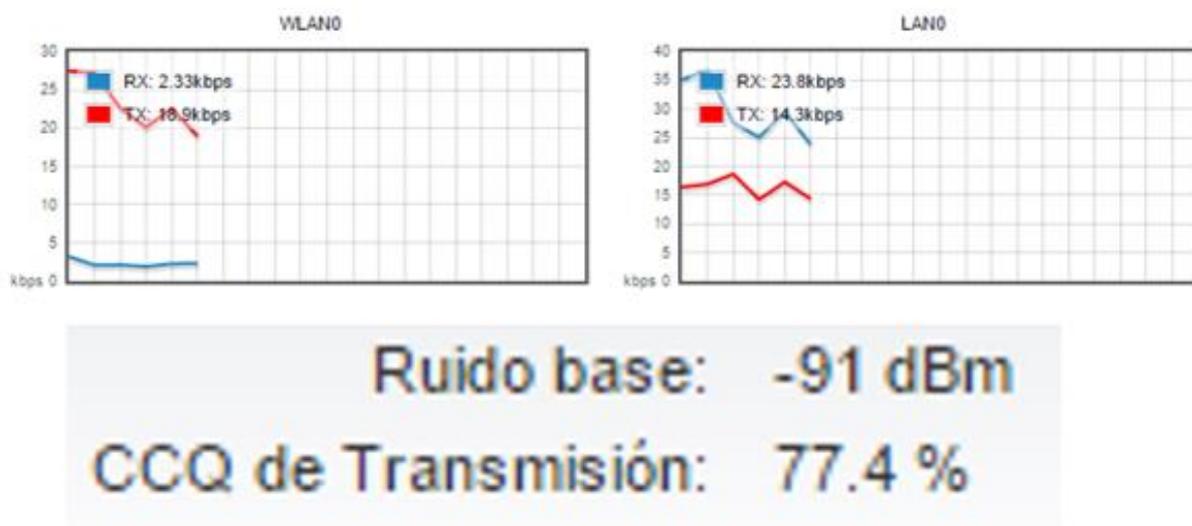


Figura 82. Throughput Access Point, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

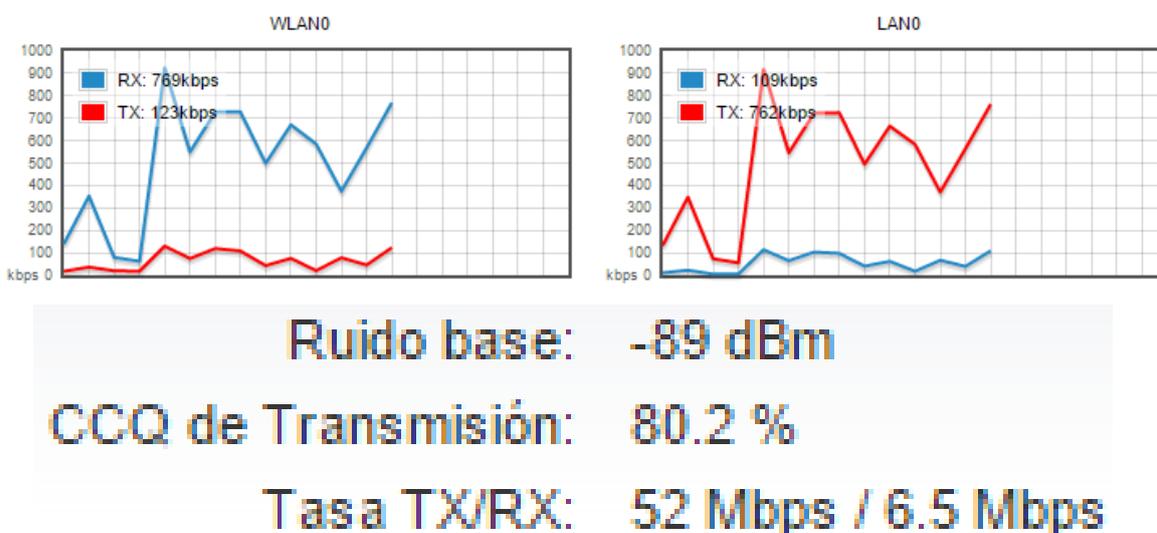
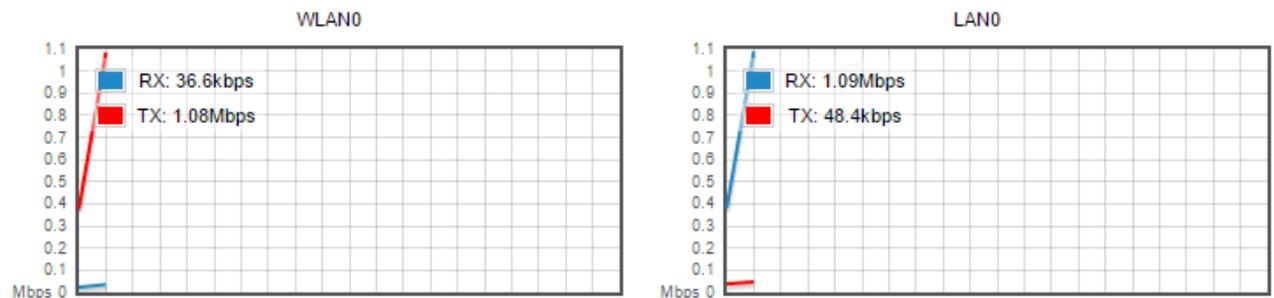


Figura 83. Throughput Estación, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

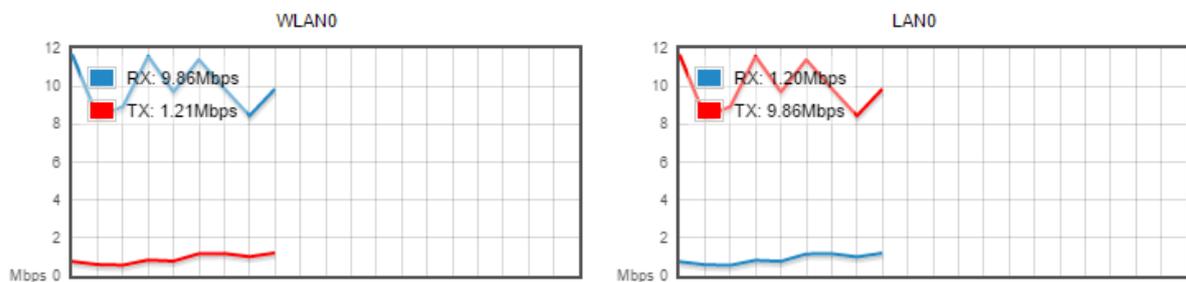
Lomas de Azaya – Granja La Pradera



Noise Floor: -88 dBm
 Transmit CCQ: 99 %

Figura 84. Throughput Access Point, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte



Noise Floor: -92 dBm
 Transmit CCQ: 87.7 %
 TX/RX Rate: 40.5 Mbps / 54 Mbps

Figura 85. Throughput Estación, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

En las Figuras 86, 87, 88 y 89 presentadas se realizaron una medición de velocidad entre los equipos de cada extremo, la información que se obtuvo de este test es la cantidad de información en Megabits por segundo que recibe la estación.

Terraza UTN – Lomas de Azaya

Prueba de velocidad de la red

Seleccione IP de destino:

Usuario:

Contraseña:

Puerto del WEB Remoto:

Resultados de la prueba

RX: 11.96 Mbps

TX: 15.59 Mbps

Total: 27.55 Mbps

Figura 86. Speed Test Access Point, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Prueba de velocidad de la red

Seleccione IP de destino:

Usuario:

Contraseña:

Puerto del WEB Remoto:

Resultados de la prueba

RX: 17.33 Mbps

TX: 12.98 Mbps

Total: 30.31 Mbps

Figura 87. Speed Test Estación, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Lomas de Azaya – Granja La Pradera

Prueba de velocidad de la red

Seleccione IP de destino:

Usuario:

Contraseña:

Puerto del WEB Remoto:

Resultados de la prueba

RX: 16.53 Mbps

TX: 17.06 Mbps

Total: 33.59 Mbps

Figura 88. Speed Test Access Point, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Prueba de velocidad de la red

Seleccione IP de destino:

Usuario:

Contraseña:

Puerto del WEB Remoto:

Resultados de la prueba

RX: 17.33 Mbps

TX: 15.59 Mbps

Total: 32.92 Mbps

Figura 89. Speed Test Estación, Enlace Terraza UTN – Lomas de Azaya

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.4 Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil

3.5.4.1 Datos del Enlace

Los datos del enlace se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Datos del enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil

| PARÁMETROS | VALOR |
|---------------------------|-----------------|
| Potencia de Salida | 23 dBm |
| Ganancia | 22 dBi |
| Sensibilidad | -86 dBm |
| Frecuencia | 5,8 GHz |
| Distancia | 1,25 Km |
| Dirección IP Access Point | 172.16.1.184/24 |
| Dirección IP Estación | 172.16.1.185/24 |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.4.2 Cálculos del Enlace

Los cálculos de los parámetros que no existen en el datasheet son necesarios para el trazado de los enlaces en el software y se muestran en las ecuaciones 14, 15, 16 y 17.

Longitud de Onda: es la distancia real que recorre una en un determinado intervalo de tiempo.

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,8 [GHz]} = 0,17 [nm]$$

Ecuación 14. Fórmula de Longitud de Onda Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil

FSL: es la cantidad de pérdida de datos por le medio de transmisión al realizar un enlace de radio.

$$FSL = 20 \log(d) + 20 \log(f) + k$$

$$FSL = 20 \log(1,25) + 20 \log(5,8) + 92,4$$

$$FSL = 109,6 [dB]$$

Ecuación 15. Fórmula de Pérdida en el espacio libre Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil

PIRE: es la cantidad de potencia que distribuye a los dispositivos receptores dentro de su alcance.

$$PIRE = P_{tx} + G_{antena} - L$$

$$PIRE = 23 dBm + 22 dBi$$

$$PIRE = 45 [dBm]$$

Ecuación 16. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil

Ecuación del Enlace: es el margen de operatividad del sistema, es la señal máxima que debe tener el enlace.

$$margen = -(P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{tx} - L_{tx} - S_{tx}); L_{tx} \text{ Cable UTP es } 0$$

$$margen = -(23 - 0 + 22 - 109,6 + 22 - 0 + 86)$$

$$margen = -43,4 [dBm]$$

Ecuación 17. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Centro Infantil

3.5.4.3 Estado del Enlace

En las Figuras 90 y 91 se puede observar que en este caso el equipo receptor está teniendo pérdidas considerables entre los dos equipos ya que el nivel de transmisión y la tasa de información están sumamente bajos sobre los parámetros normales en un enlace de radio.

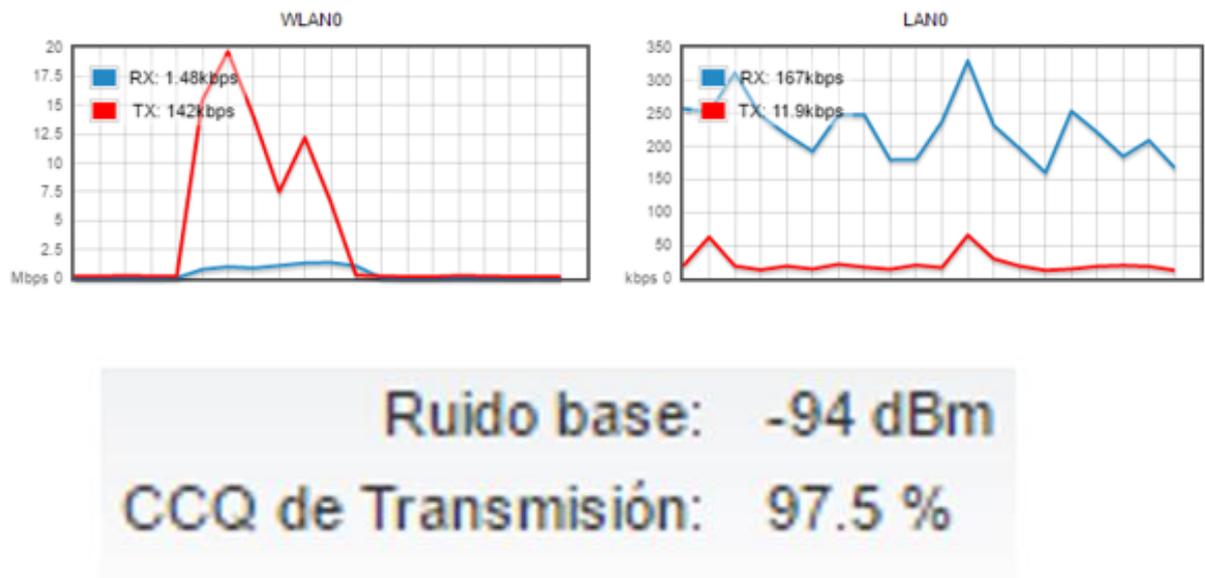


Figura 90. Throughput Access Point, Enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil

Fuente: Universidad Técnica del Norte

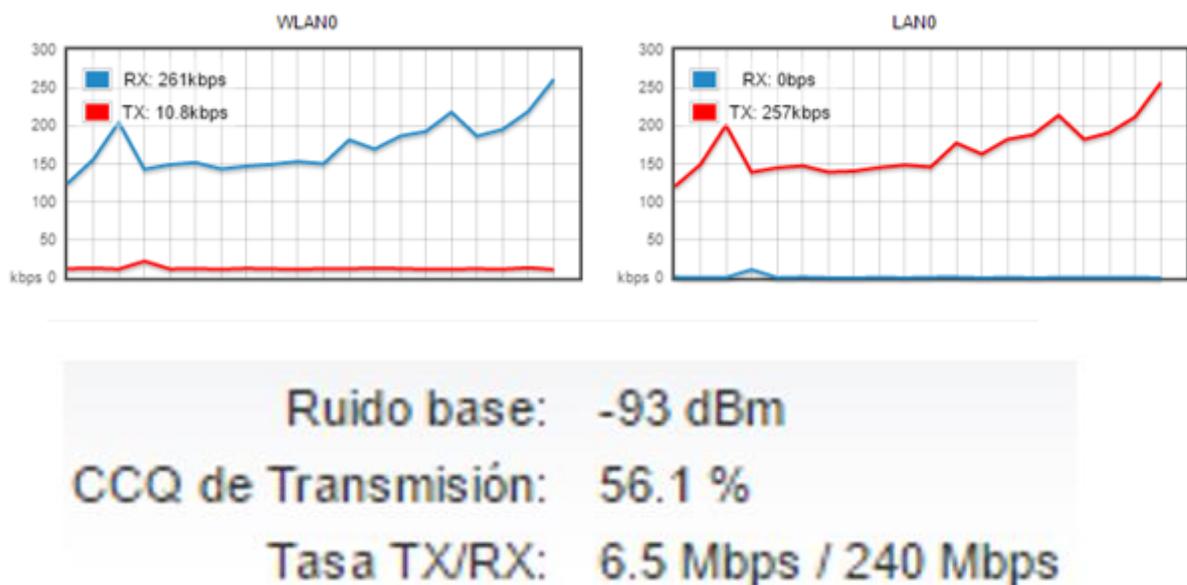


Figura 91. Throughput Estación, Enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Las pruebas de velocidad de la red se muestran en las Figuras 92 y 93.

Prueba de velocidad de la red

Seleccione IP de destino:

Usuario:

Contraseña:

Puerto del WEB Remoto:

Resultados de la prueba

RX: 1.02 Mbps

TX: 11.96 Mbps

Total: 12.98 Mbps

Figura 92. Speed Test Access Point, Enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Prueba de velocidad de la red

Seleccione IP de destino:

Usuario:

Contraseña:

Puerto del WEB Remoto:

Resultados de la prueba

RX: 28.12 Mbps

TX: 12.34 Mbps

Total: 40.46 Mbps

Figura 93. Speed Test Estación, Enlace Edificio Central UTN – Centro Infantil

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.5 Enlace Terraza Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital

3.5.5.1 Datos del Enlace

Los datos del enlace se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Datos del enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital

| PARÁMETROS | VALOR |
|---------------------------|-----------------|
| Potencia de Salida | 23 dBm |
| Ganancia | 27 dBi |
| Sensibilidad | -94 dBm |
| Frecuencia | 5,8 GHz |
| Distancia | 1,3 Km |
| Dirección IP Access Point | 172.16.1.182/24 |
| Dirección IP Estación | 172.16.1.183/24 |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.5.2 Cálculos del Enlace

Los cálculos de los parámetros que no existen en el datasheet son necesarios para el trazado de los enlaces en el software y se muestran en las ecuaciones 18, 19, 20 y 21.

Longitud de Onda: es la distancia real que recorre una en un determinado intervalo de tiempo.

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,8 [GHz]} = 0,17 [nm]$$

Ecuación 18. Fórmula de Longitud de Onda Enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital

FSL: es la cantidad de pérdida de datos por le medio de transmisión al realizar un enlace de radio.

$$\begin{aligned} FSL &= 20 \log(d) + 20 \log(f) + k \\ FSL &= 20 \log(1,3) + 20 \log(5,8) + 92,4 \\ FSL &= 109,9 [dB] \end{aligned}$$

Ecuación 19. Fórmula de Pérdida en el Espacio Libre Enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital

PIRE: es la cantidad de potencia que distribuye a los dispositivos receptores dentro de su alcance.

$$\begin{aligned} PIRE &= P_{tx} + G_{antena} - L \\ PIRE &= 23 dBm + 27 dBi \\ PIRE &= 50 [dBm] \end{aligned}$$

Ecuación 20. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente Enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital

Ecuación del Enlace: es el margen de operatividad del sistema, es la señal máxima que debe tener el enlace.

$$\begin{aligned} margen &= -(P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{tx} - L_{tx} - S_{tx}) ; L_{tx} \text{ Cable UTP es } 0 \\ margen &= -(23 - 0 + 27 - 109,9 + 27 - 0 + 94) \\ margen &= -61,1 [dBm] \end{aligned}$$

Ecuación 21. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital

3.5.5.3 Estado del Enlace

Utilizando las herramientas de Mikrotik se pudo verificar el estado de este enlace, en las Figuras 94 y 95 se puede apreciar el tiempo de comunicación entre los equipos mediante la opción de ping.

The screenshot shows the Mikrotik Ping Test tool interface. It includes input fields for 'Ping To: 172.16.1.183', 'Small Packet Size: 32', and 'Big Packet Size: 1500'. There are 'Start', 'Stop', and 'Close' buttons. Below these are fields for 'Interval' (with a dropdown arrow), 'Current: 342.9 kbps', and 'Average: 754.8 kbps'.

Figura 94. Ping Test Access Point Mikrotik, Edificio Central UTN – FCCSS Antiguo Hospital

Fuente: Universidad Técnica del Norte

The screenshot shows the Mikrotik Ping tool interface with a table of results. The table has columns for '#', 'Host', 'Time', 'Reply Size', 'TTL', and 'Status'. The results show 28 successful ping attempts to 172.16.1.183 with various response times and TTL values.

| # | Host | Time | Reply Size | TTL | Status |
|----|--------------|------|------------|-----|--------|
| 0 | 172.16.1.183 | 10ms | 50 | 64 | |
| 1 | 172.16.1.183 | 31ms | 50 | 64 | |
| 2 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 3 | 172.16.1.183 | 92ms | 50 | 64 | |
| 4 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 5 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 6 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 7 | 172.16.1.183 | 27ms | 50 | 64 | |
| 8 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 9 | 172.16.1.183 | 3ms | 50 | 64 | |
| 10 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 11 | 172.16.1.183 | 49ms | 50 | 64 | |
| 12 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 13 | 172.16.1.183 | 3ms | 50 | 64 | |
| 14 | 172.16.1.183 | 7ms | 50 | 64 | |
| 15 | 172.16.1.183 | 41ms | 50 | 64 | |
| 16 | 172.16.1.183 | 43ms | 50 | 64 | |
| 17 | 172.16.1.183 | 2ms | 50 | 64 | |
| 18 | 172.16.1.183 | 2ms | 50 | 64 | |
| 19 | 172.16.1.183 | 40ms | 50 | 64 | |
| 20 | 172.16.1.183 | 52ms | 50 | 64 | |
| 21 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 22 | 172.16.1.183 | 2ms | 50 | 64 | |
| 23 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 24 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 25 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 26 | 172.16.1.183 | 7ms | 50 | 64 | |
| 27 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |
| 28 | 172.16.1.183 | 1ms | 50 | 64 | |

Figura 95. Ping Access Point Mikrotik

Fuente: Universidad Técnica del Norte

La Figura 96 muestra un test del ancho de banda, utilizando la herramienta de bandwidth test de Mikrotik, se obtiene el valor de transmisión y recepción entre los dispositivos que se encuentran realizando en radio enlace.

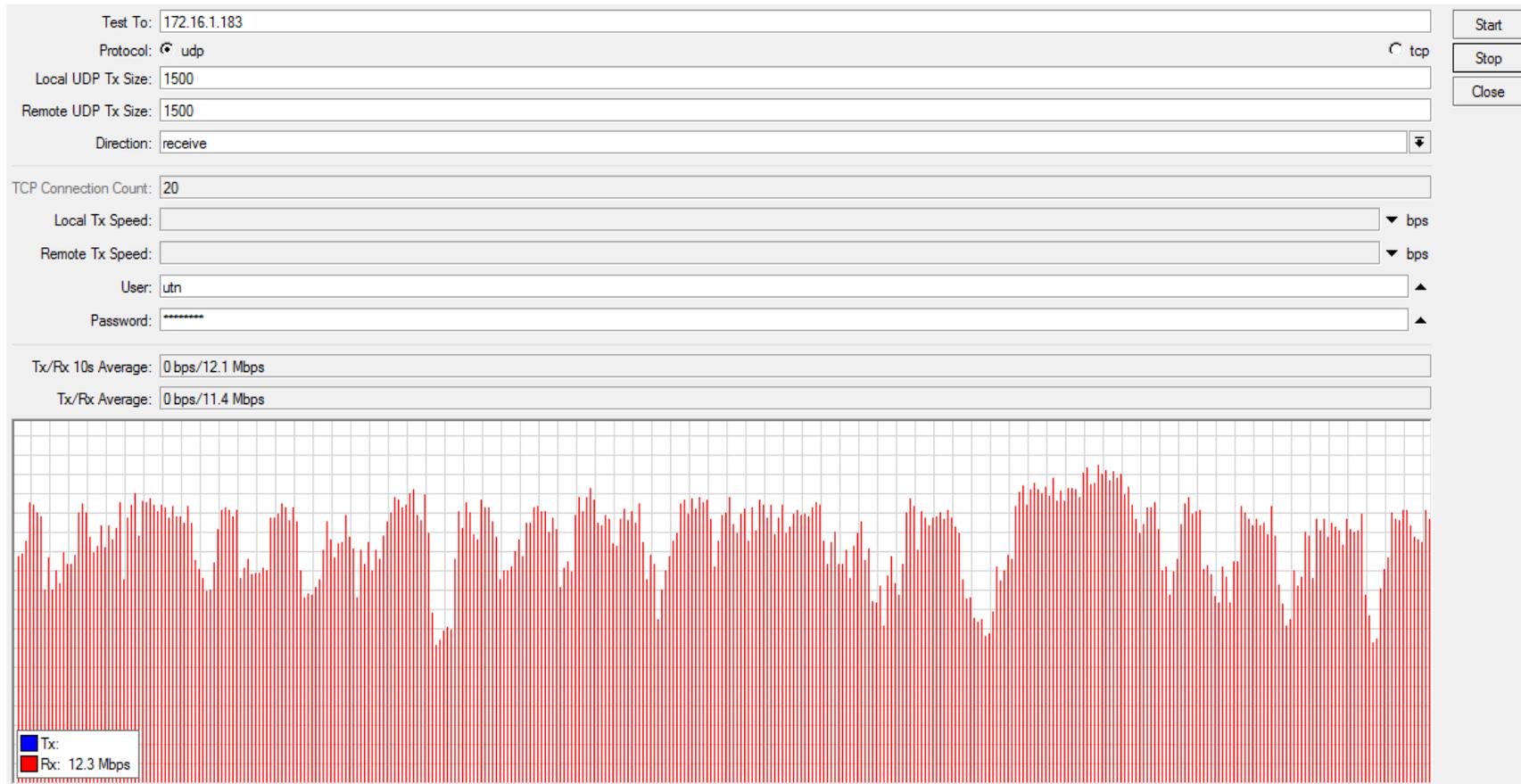


Figura 96. Bandwidth Test Access Point Mikrotik

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.6 Enlace Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA

3.5.6.1 Datos del Enlace

Los datos del enlace se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Datos del enlace Edificio CAI UTN – Granja Yuyucocha

| PARÁMETROS | VALOR |
|---------------------------|-----------------|
| Potencia de Salida | 23 dBm |
| Ganancia | 27 dB |
| Sensibilidad | -98 dBm |
| Frecuencia | 5,8 GHz |
| Distancia | 3,97 Km |
| Dirección IP Access Point | 172.16.1.174/24 |
| Dirección IP Estación | 172.16.1.175/24 |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.6.2 Cálculos del Enlace

Los cálculos de los parámetros que no existen en el datasheet son necesarios para el razado de los enlaces en el software y se muestran en las ecuaciones 22, 23, 24 y 25.

Longitud de Onda: es la distancia real que recorre una en un intervalo de tiempo.

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,8 [GHz]} = 0,17 [nm]$$

Ecuación 22. Fórmula de Longitud de Onda Enlace, Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA

FSL: es la cantidad de pérdida de datos por le medio de transmisión al realizar un enlace de radio.

$$FSL = 20 \log(d) + 20 \log(f) + k$$

$$FSL = 20 \log(3,97) + 20 \log(5,8) + 92,4 = 119,6 [dB]$$

Ecuación 23. Fórmula de Pérdida en el espacio libre, Enlace Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA

PIRE: es la cantidad de potencia que distribuye a los dispositivos receptores dentro de su alcance.

$$PIRE = P_{tx} + G_{antena} - L$$

$$PIRE = 23 dBm + 27 dBi = 50 [dBm]$$

Ecuación 24. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente, Enlace Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA

Ecuación del Enlace: es el margen de operatividad del sistema, es la señal máxima que debe tener el enlace.

$$margen = -(P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{rx} - L_{rx} - S_{rx}) ; L_{tx} \text{ Cable UTP es } 0$$

$$margen = -(23 - 0 + 27 - 119,6 + 27 - 0 + 98) = -55,4 [dBm]$$

Ecuación 25. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA

3.5.6.3 Estado del Enlace

Utilizando las herramientas de Mikrotik se pudo verificar el estado de este enlace, en las Figuras 97 y 98 se puede apreciar el tiempo de comunicación entre los equipos mediante la opción de ping.

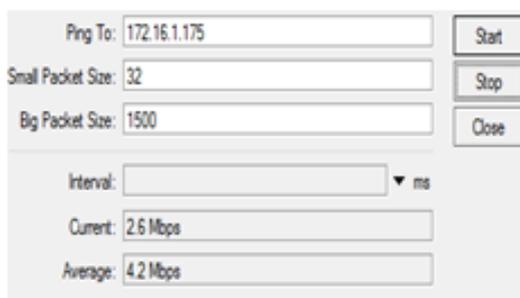


Figura 97. Ping Test Access Point Mikrotik, Enlace Edificio CAI UTN – Granja YUYUCOCHA
Fuente: Universidad Técnica del Norte

| # | Host | Time | Reply Size | TTL | Status |
|----|--------------|-------|------------|-----|--------|
| 0 | 172.16.1.175 | 22ms | 50 | 64 | |
| 1 | 172.16.1.175 | 8ms | 50 | 64 | |
| 2 | 172.16.1.175 | 5ms | 50 | 64 | |
| 3 | 172.16.1.175 | 17ms | 50 | 64 | |
| 4 | 172.16.1.175 | 12ms | 50 | 64 | |
| 5 | 172.16.1.175 | 1ms | 50 | 64 | |
| 6 | 172.16.1.175 | 13ms | 50 | 64 | |
| 7 | 172.16.1.175 | 10ms | 50 | 64 | |
| 8 | 172.16.1.175 | 29ms | 50 | 64 | |
| 9 | 172.16.1.175 | 8ms | 50 | 64 | |
| 10 | 172.16.1.175 | 11ms | 50 | 64 | |
| 11 | 172.16.1.175 | 19ms | 50 | 64 | |
| 12 | 172.16.1.175 | 4ms | 50 | 64 | |
| 13 | 172.16.1.175 | 1ms | 50 | 64 | |
| 14 | 172.16.1.175 | 1ms | 50 | 64 | |
| 15 | 172.16.1.175 | 12ms | 50 | 64 | |
| 16 | 172.16.1.175 | 1ms | 50 | 64 | |
| 17 | 172.16.1.175 | 18ms | 50 | 64 | |
| 18 | 172.16.1.175 | 21ms | 50 | 64 | |
| 19 | 172.16.1.175 | 1ms | 50 | 64 | |
| 20 | 172.16.1.175 | 9ms | 50 | 64 | |
| 21 | 172.16.1.175 | 9ms | 50 | 64 | |
| 22 | 172.16.1.175 | 23ms | 50 | 64 | |
| 23 | 172.16.1.175 | 60ms | 50 | 64 | |
| 24 | 172.16.1.175 | 180ms | 50 | 64 | |
| 25 | 172.16.1.175 | 37ms | 50 | 64 | |
| 26 | 172.16.1.175 | 29ms | 50 | 64 | |
| 27 | 172.16.1.175 | 26ms | 50 | 64 | |
| 28 | 172.16.1.175 | 1ms | 50 | 64 | |
| 29 | 172.16.1.175 | 2ms | 50 | 64 | |
| 30 | 172.16.1.175 | 2ms | 50 | 64 | |
| 31 | 172.16.1.175 | 2ms | 50 | 64 | |
| 32 | 172.16.1.175 | 2ms | 50 | 64 | |
| 33 | 172.16.1.175 | 2ms | 50 | 64 | |

33 of 33 packets received 0% packet loss

Figura 98. Ping Access Point Mikrotik
Fuente: Universidad Técnica del Norte

La Figura 99 muestra un test del ancho de banda, utilizando la herramienta de bandwidth test de Mikrotik, se obtiene el valor de transmisión recepción entre los dispositivos que se encuentran realizando en radio enlace.

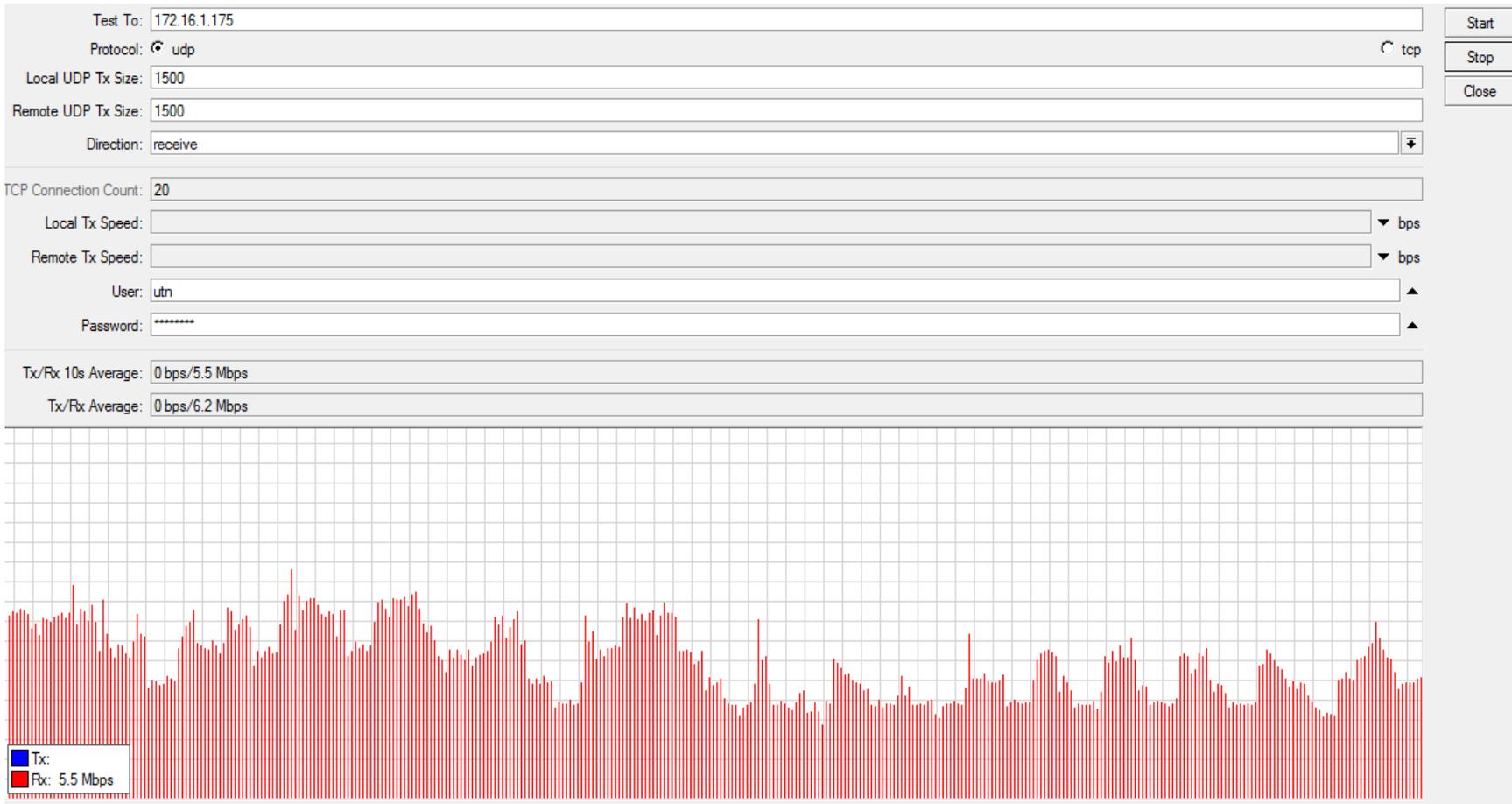


Figura 99. Bandwidth Test Access Point Mikrotik

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.7 Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil

3.5.7.1 Datos del Enlace

Los datos del enlace se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Datos del enlace Edificio Central UTN – Planta Textil

| PARÁMETROS | VALOR |
|---------------------------|-----------------|
| Potencia de Salida | 19 dBm |
| Ganancia | 28 dBi |
| Sensibilidad | -74 dBm |
| Impedancia | 50 Ohm |
| Frecuencia | 5,8 GHz |
| Distancia | 2,63 Km |
| Dirección IP Access Point | 172.16.1.176/24 |
| Dirección IP Estación | 172.16.1.177/24 |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.5.7.2 Cálculos del Enlace

Los cálculos de los parámetros que no existen en el datasheet son necesarios para el trazado de los enlaces en el software y se muestran en las ecuaciones 26, 27, 28 y 29.

Longitud de Onda: es la distancia real que recorre una en un determinado intervalo de tiempo.

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

$$\lambda = \frac{1}{5,8 [GHz]}$$

$$\lambda = 0,17 [nm]$$

Ecuación 26. Fórmula de Longitud de Onda, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil

FSL: es la cantidad de pérdida de datos por le medio de transmisión al realizar un enlace de radio.

$$FSL = 20 \log(d) + 20 \log(f) + k$$

$$FSL = 20 \log(2,63) + 20 \log(5,8) + 92,4$$

$$FSL = 116,06 [dB]$$

Ecuación 27. Fórmula de Pérdida en el espacio libre, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil

PIRE: es la cantidad de potencia que distribuye a los dispositivos receptores dentro de su alcance.

$$PIRE = P_{tx} + G_{antena} - L$$

$$PIRE = 23 dBm + 14 dBi$$

$$PIRE = 37 [dBm]$$

Ecuación 28. Fórmula de Potencia Isotrópica Radiada equivalente, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil

Ecuación del Enlace: es el margen de operatividad del sistema, es la señal máxima que debe tener el enlace.

$$margen = -(P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{rx} - L_{rx} - S_{rx})$$

$$L_{tx} \text{ Cable UTP es } 0$$

$$margen = -(19 - 0 + 28 - 116,06 + 28 - 0 + 74)$$

$$margen = -32,94 [dBm]$$

Ecuación 29. Fórmula del margen de sensibilidad, Enlace Terraza Edificio Central UTN – Planta Textil

3.5.7.3 Estado del Enlace

En este enlace el equipo en modo estación no está en funcionamiento, por lo cual no se pudo realizar ningún tipo de análisis sobre test de velocidad y tiempo de conexión entre los dispositivos.

3.6 Análisis Zona Fresnel

Para el análisis de la Zona de Fresnel se utilizará dos herramientas como:

- **Google Earth:** esta aplicación ayuda a conocer las coordenadas exactas de cada punto en el cual están implementados los equipos para trazar la trayectoria entre cada uno de los enlaces de radio.
- **AirLink:** esta herramienta verifica si existen obstáculos no visibles a larga distancia para poder determinar línea de vista sin inconvenientes por el medio en el cual se va a transmitir ya que se muestra una gráfica realizando una pequeña simulación de la trayectoria entre los puntos, en el mismo se puede elegir las diferentes características de equipos que se están utilizando en el enlace de radio.

3.6.1 Coordenadas Geográficas

Las coordenadas geográficas de las ubicaciones de cada campus externo que cuenta la UTN como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Coordenadas Geográficas

| LUGAR | LATITUD | LONGITUD |
|-------------------------------|--------------|---------------|
| Universidad Técnica del Norte | 0°21'28.80"N | 78° 6'39.10"O |
| Lomas de Azaya | 0°22'40.10"N | 78° 7'53.98"O |
| Granja La Pradera | 0°21'22.14"N | 78°12'24.96"O |
| Granja Yuyucocha | 0°19'42.75"N | 78° 7'52.10"O |
| Colegio Universitario | 0°21'44.50"N | 78° 7'6.19"O |
| Centro Infantil | 0°20'48.10"N | 78° 6'39.00"O |
| FCCSS (Antiguo Hospital) | 0°20'49.00"N | 78° 6'51.10"O |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

3.6.2 Mapa Geográfico

En la Figura 100 se puede apreciar con una viñeta en donde se encuentran ubicadas geográficamente las extensiones universitarias.

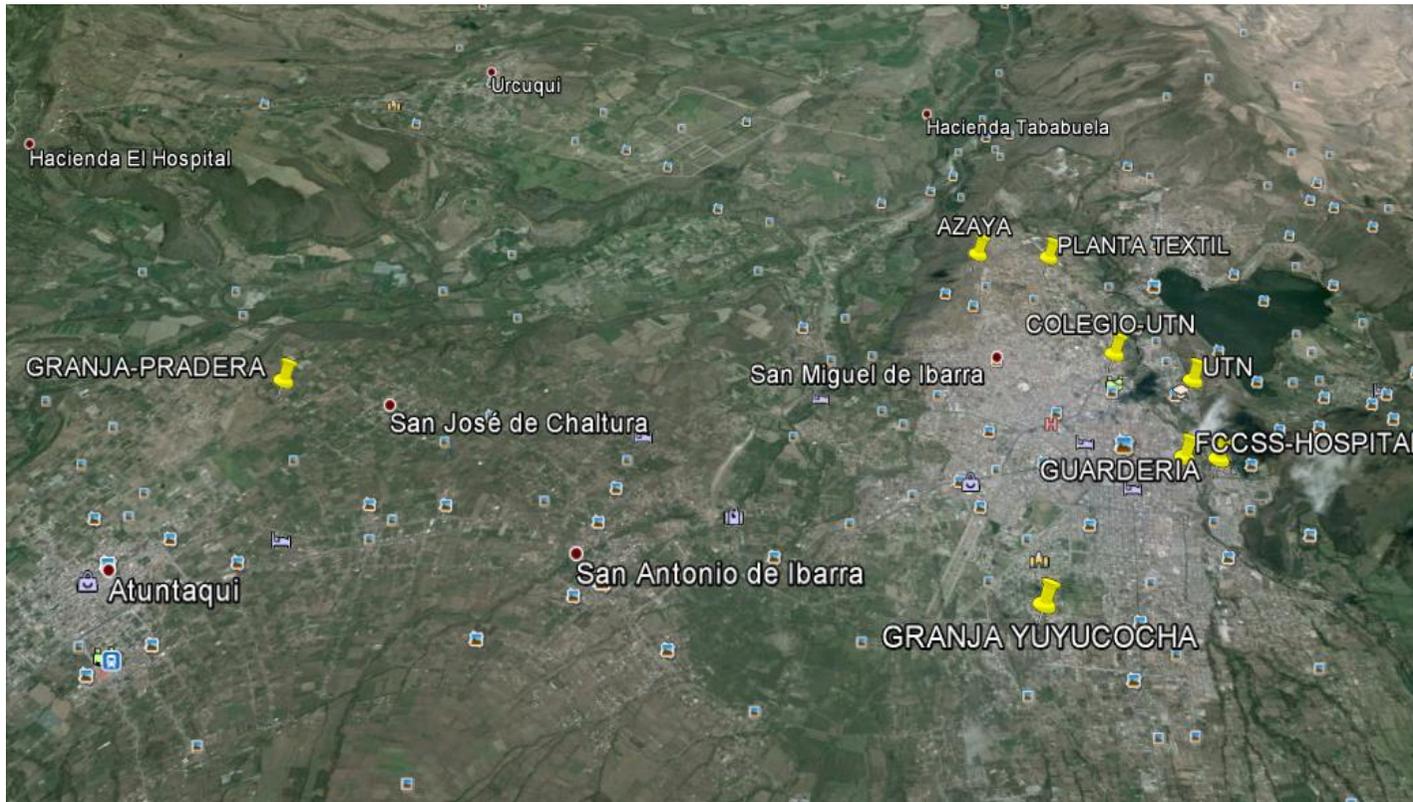


Figura 100. Ubicación de Enlaces de Radio UTN

Fuente: Google Earth

3.6.3 Enlace Terraza Edificio Central UTN – Lomas de Azaya

En la simulación que se observa en la Figura 101 se puede verificar que no existe ningún tipo de obstáculo entre los puntos planteados dentro de la zona de fresnel, esta simulación brinda información tales como: distancia de 2,48Km, capacidad de 84.5Mbps de trasmisión entre los puntos, un nivel de asociación de -40dBm, está planteada con una frecuencia de 5,8 GHz en un canal de 20MHz según características específicas de los equipos.

Se puede llegar a mencionar que los puntos establecidos para la ubicación de los equipos se encuentran bien definidos para cumplir su funcionamiento.

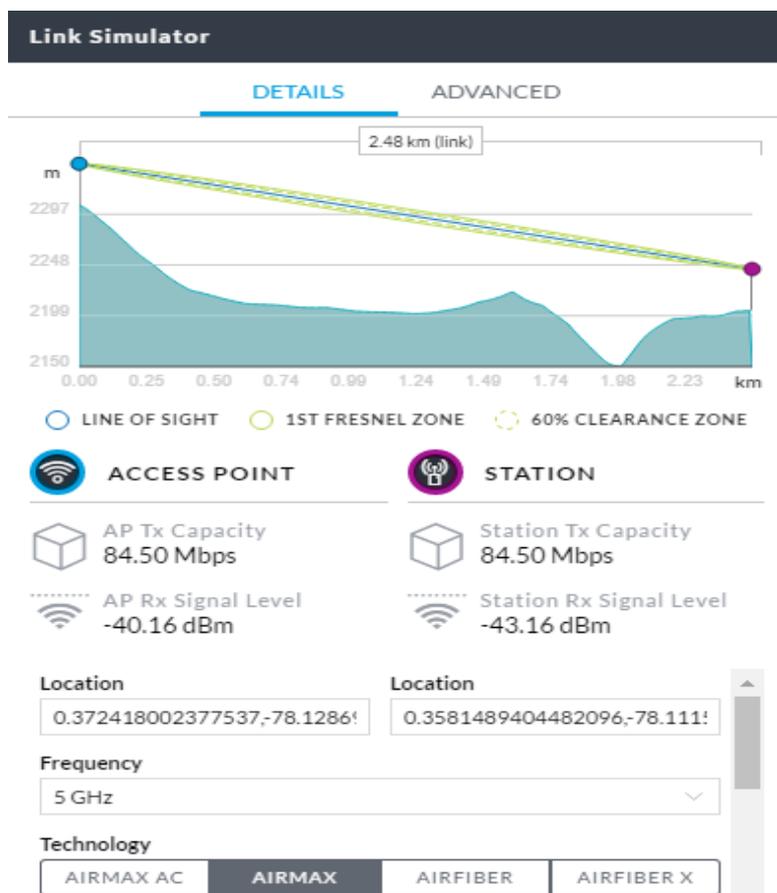


Figura 101. Simulación Enlace Terraza Edificio Central UTN – Lomas de Azaya

Fuente: AirLink

En la figura 102 se puede apreciar la trayectoria del enlace de radio mediante una vista satelital.

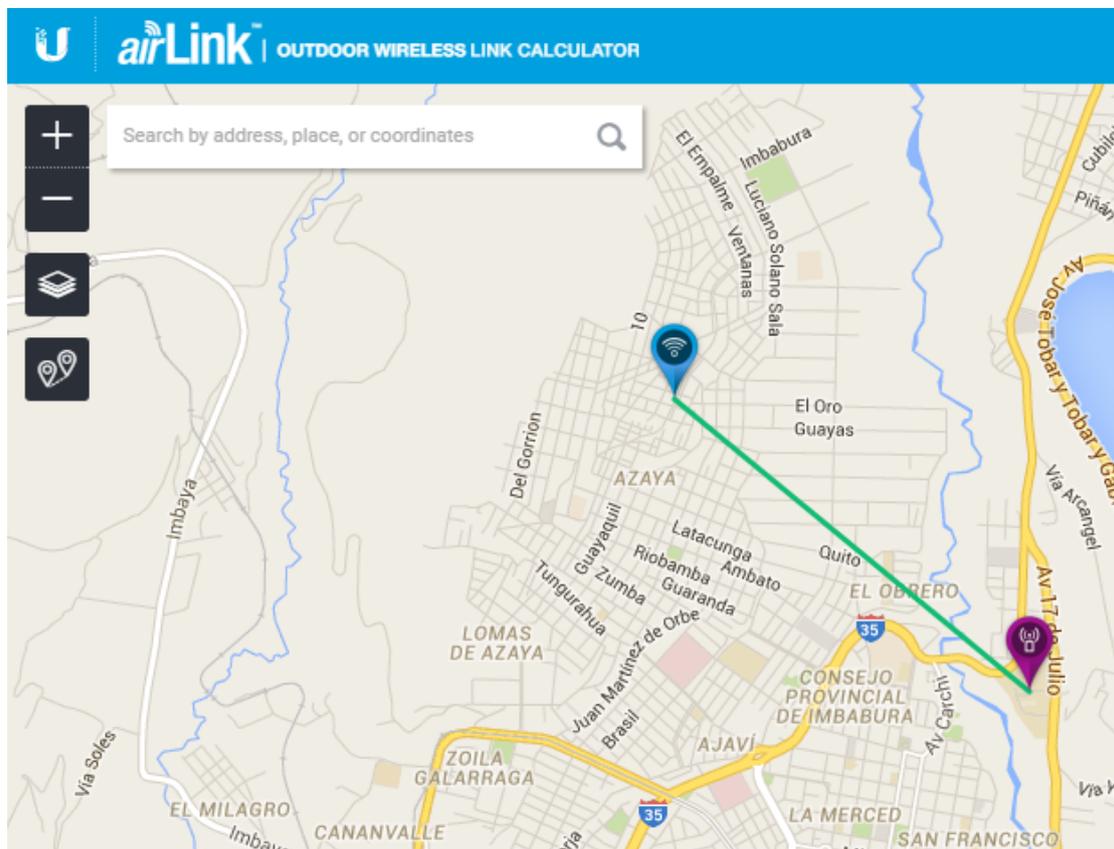


Figura 102. Simulación Enlace Terraza Edificio Central UTN – Lomas de Azaya

Fuente: AirLink

3.6.4 Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera

En la simulación que se observa en la Figura 103 se puede verificar que no existe ningún tipo de obstáculo entre los puntos planteados dentro de la zona de fresnel.

Esta simulación brinda información tales como: distancia de 7,8Km, capacidad de 84.5Mbps de transmisión entre los puntos, un nivel de asociación de -50dBm, está planteada con una frecuencia de 5,8 GHz en un canal de 20MHz y según características específicas de los equipos.

Se puede llegar a mencionar que los puntos establecidos para la ubicación de los equipos se encuentran bien definidos para cumplir su funcionamiento.

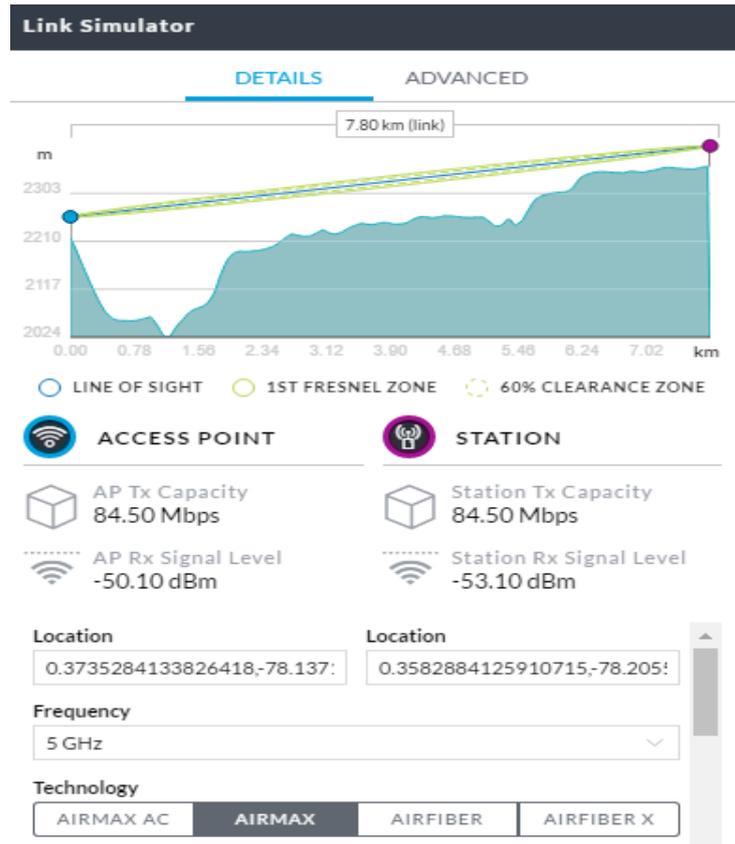


Figura 103. Simulación Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera

Fuente: AirLink

En la figura 104 se puede apreciar la trayectoria del enlace de radio mediante una vista satelital.

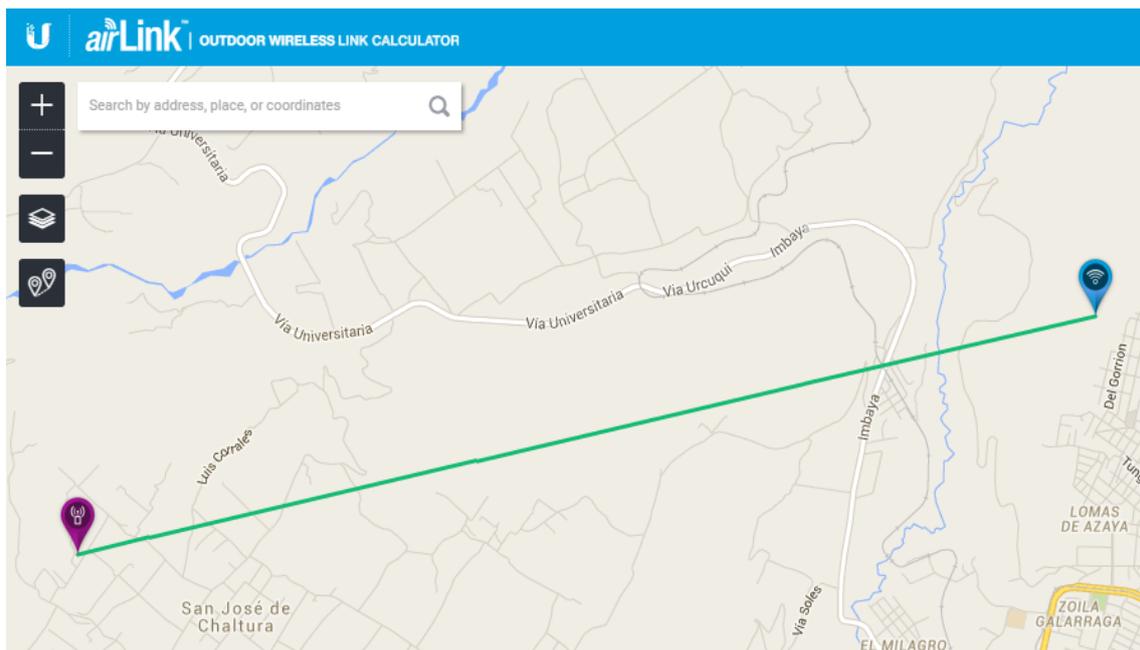


Figura 104. Simulación Enlace Lomas de Azaya – Granja La Pradera

Fuente: AirLink

3.6.5 Enlace Terraza Edificio CAI-FICAYA – Granja YUYUCOCHA

En la simulación que se observa en la Figura 105 se puede verificar que no existe ningún tipo de obstáculo entre los puntos planteados dentro de la zona de fresnel.

Esta simulación brinda información tales como: distancia de 4,05Km, capacidad de 84.5Mbps de transmisión entre los puntos, un nivel de asociación de -44dBm, está planteada con una frecuencia de 5,8 GHz en un canal de 20MHz y según características específicas de los equipos.

Se puede llegar a mencionar que los puntos establecidos para la ubicación de los equipos se encuentran bien definidos para cumplir su funcionamiento.

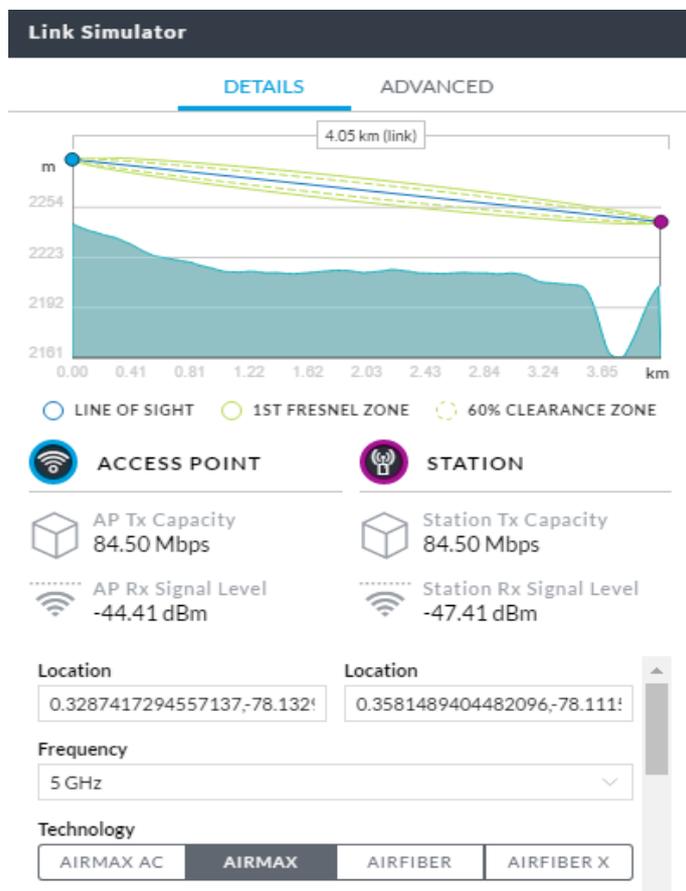


Figura 105. Simulación Edificio CAI FICAYA – Granja YUYUCOCHA

Fuente: AirLink

En la figura 106 se puede apreciar la trayectoria del enlace de radio mediante una vista satelital.

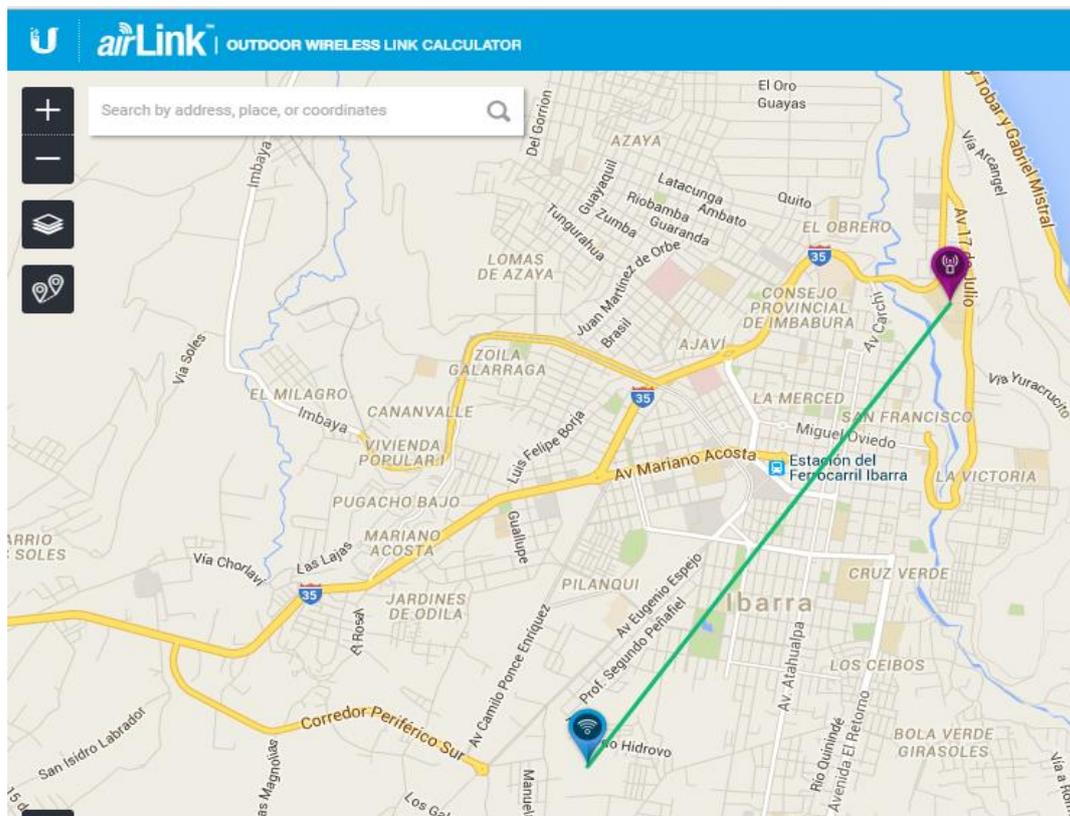


Figura 106. Simulación Edificio CAI FICAYA – Granja YUYUCOCHA

Fuente: AirLink

3.6.6 Enlace Terraza Edificio Central – Colegio Universitario

En la simulación que se observa en la Figura 107 se puede verificar que no existe ningún tipo de obstáculo entre los puntos planteados dentro de la zona de fresnel.

Esta simulación brinda información tales como: distancia de 1Km, capacidad de 84.5Mbps de transmisión entre los puntos, un nivel de asociación de -32dBm, está planteada con una frecuencia de 5,8 GHz en un canal de 20MHz y según características específicas de los equipos.

Se puede llegar a mencionar que los puntos establecidos para la ubicación de los equipos se encuentran bien definidos para cumplir su funcionamiento.

3.6.7 Enlace Terraza Edificio Central - Planta Textil

En la simulación que se observa en la Figura 109 se puede verificar que no existe ningún tipo de obstáculo entre los puntos planteados dentro de la zona de fresnel.

Esta simulación brinda información tales como: distancia de 2,58Km, capacidad de 84.5Mbps de transmisión entre los puntos, un nivel de asociación de -40dBm, está planteada con una frecuencia de 5,8 GHz en un canal de 20MHz y según características específicas de los equipos.

Se puede llegar a mencionar que los puntos establecidos para la ubicación de los equipos se encuentran bien definidos para cumplir su funcionamiento.

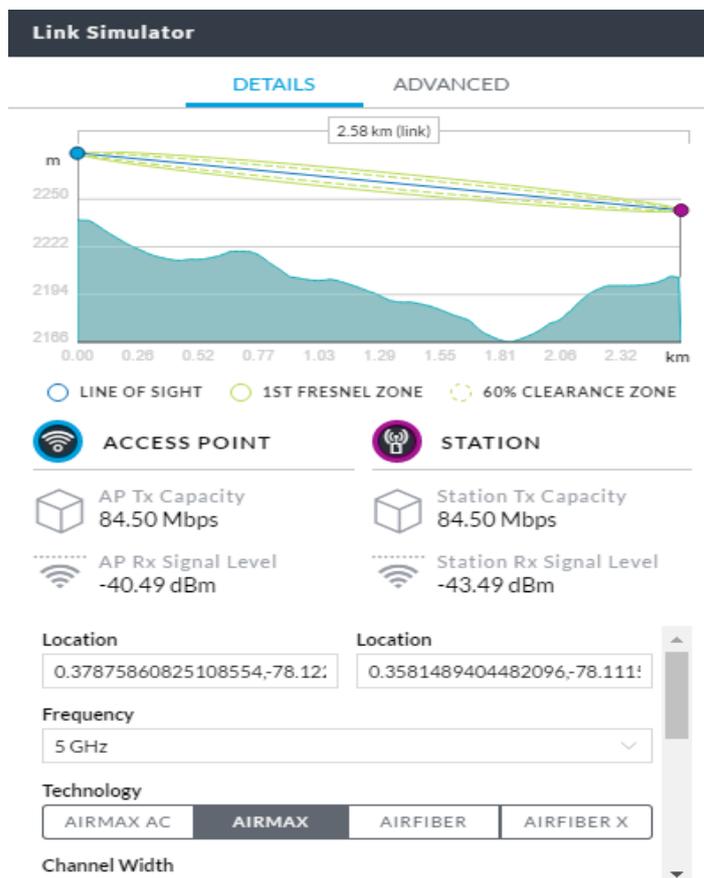


Figura 109. Simulación Edificio Central – Planta Textil

Fuente: AirLink

En la figura 110 se puede apreciar la trayectoria del enlace de radio mediante una vista satelital.

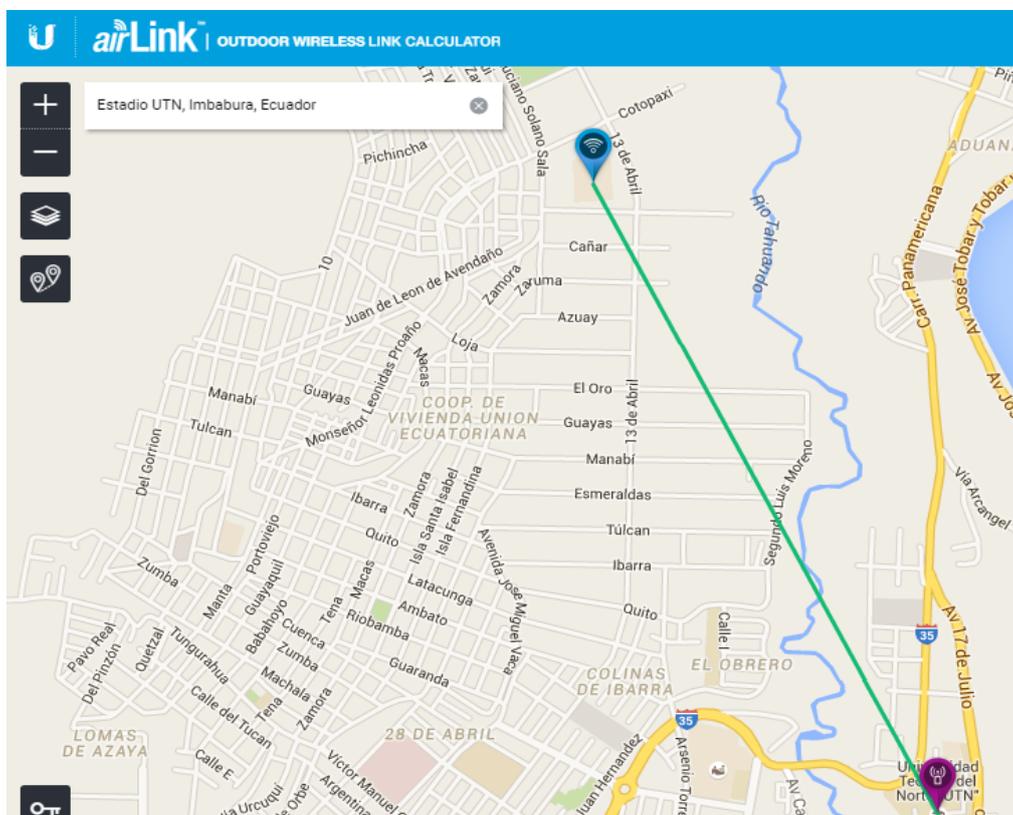


Figura 110. Simulación Edificio Central – Planta Textil

Fuente: AirLink

3.6.8 Enlace Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital SVP)

En la simulación que se observa en la Figura 111 se puede verificar que no existe ningún tipo de obstáculo entre los puntos planteados dentro de la zona de fresnel.

Esta simulación brinda información tales como: distancia de 1,19Km, capacidad de 84.5Mbps de transmisión entre los puntos, un nivel de asociación de -33dBm, está planteada con una frecuencia de 5,8 GHz en un canal de 20MHz y según características específicas de los equipos.

Se puede llegar a mencionar que los puntos establecidos para la ubicación de los equipos se encuentran bien definidos para cumplir su funcionamiento.

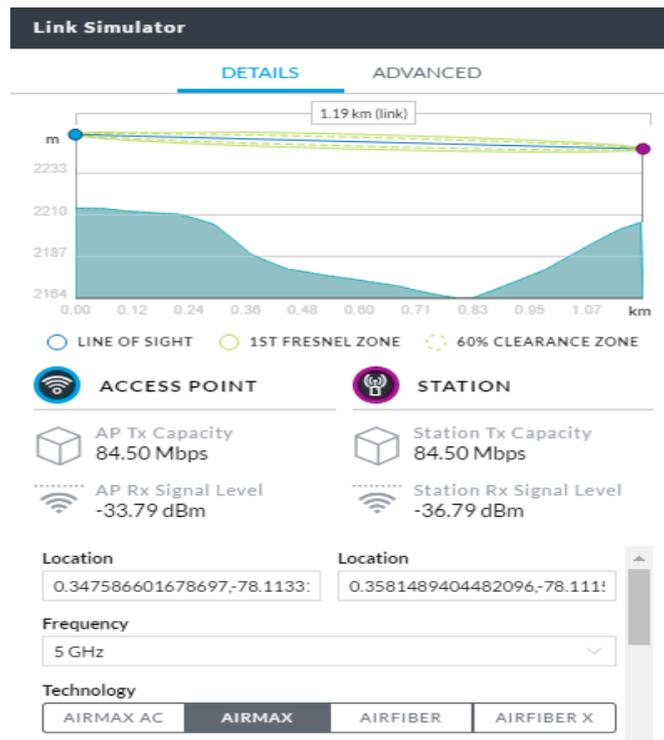


Figura 111. Simulación Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl)

Fuente: AirLink

En la figura 112 se puede apreciar la trayectoria del enlace de radio mediante una vista satelital.

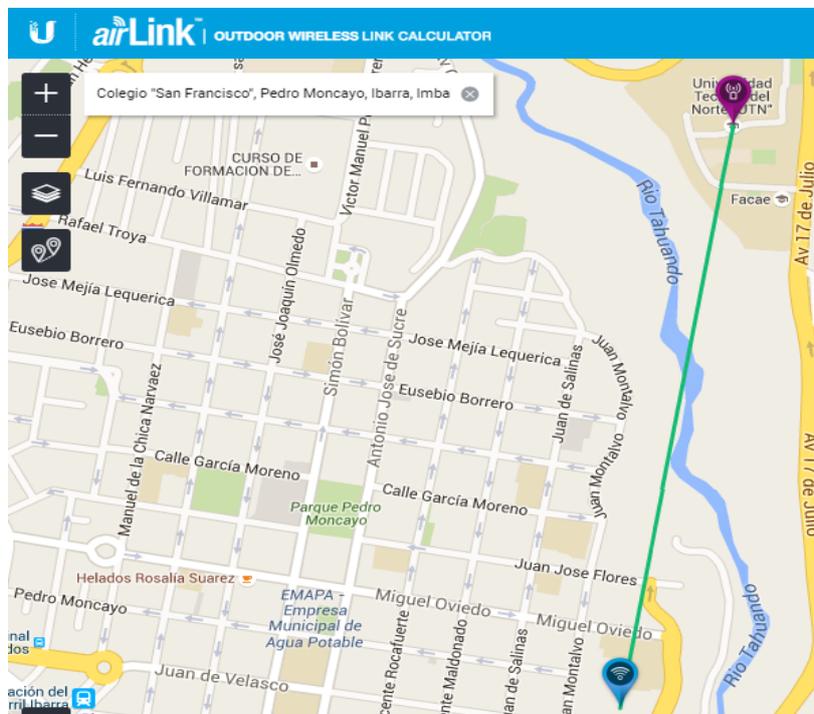


Figura 112. Simulación Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl)

Fuente: Google Earth

3.6.9 Enlace Terraza Edificio Central – Centro Infantil

En la simulación que se observa en la Figura 113 se puede verificar que no existe ningún tipo de obstáculo entre los puntos planteados dentro de la zona de Fresnel.

Esta simulación brinda información tales como: distancia de 1,29Km, capacidad de 84.5Mbps de transmisión entre los puntos, un nivel de asociación de -34dBm, está planteada con una frecuencia de 5,8 GHz en un canal de 20MHz y según características específicas de los equipos.

Se puede llegar a mencionar que los puntos establecidos para la ubicación de los equipos se encuentran bien definidos para cumplir su funcionamiento.

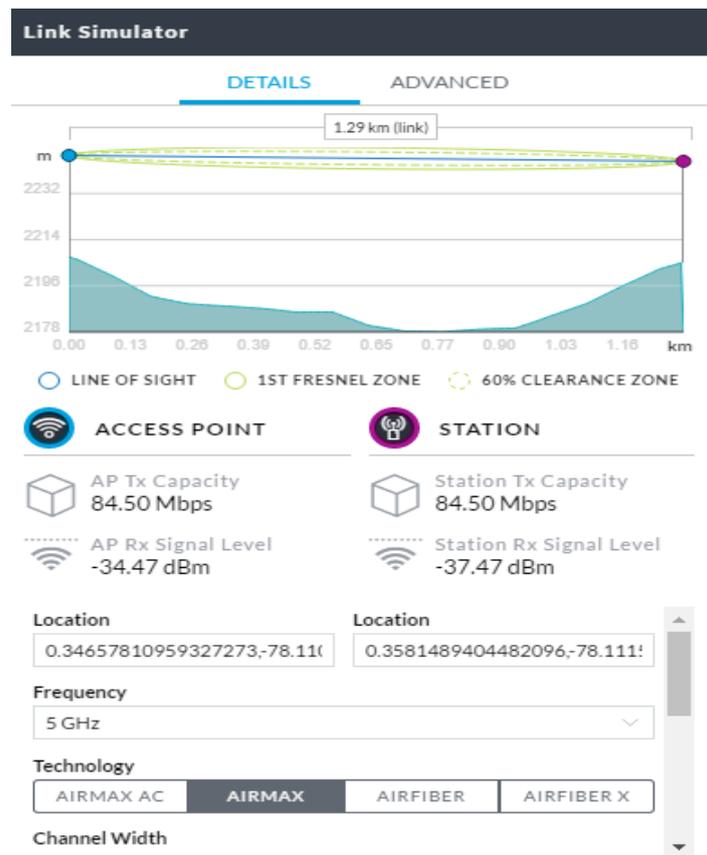


Figura 113. Simulación Edificio Central – Centro Infantil

Fuente: AirLink

En la figura 114 se puede apreciar la trayectoria del enlace de radio mediante una vista satelital.

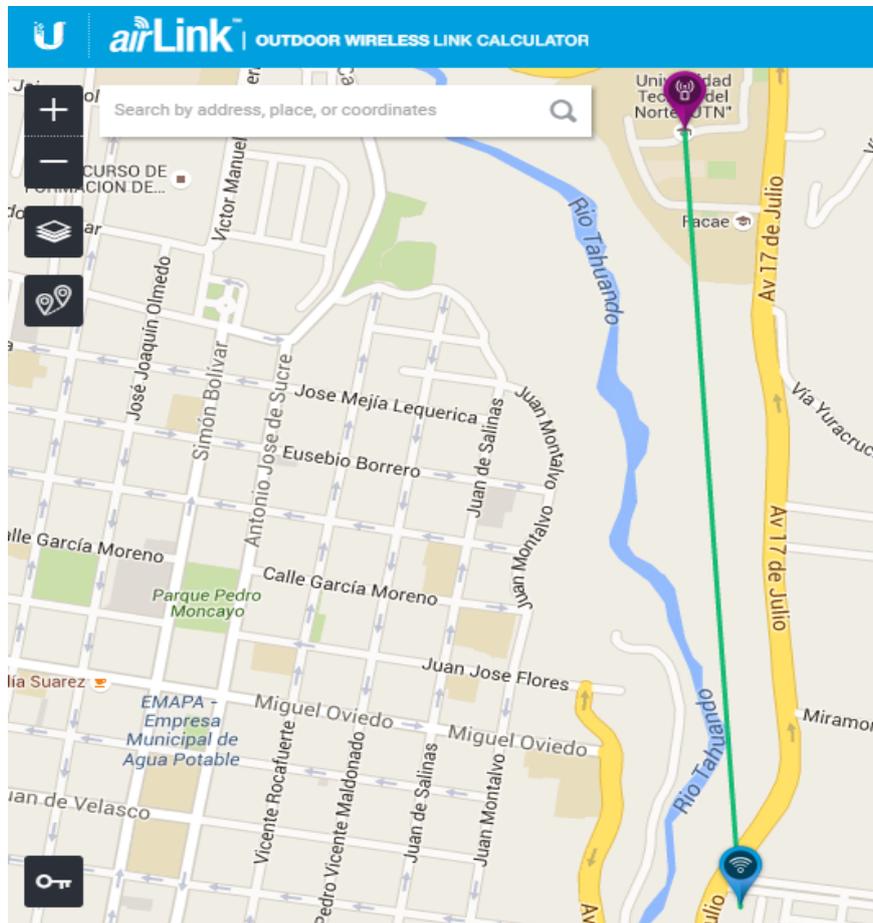


Figura 114. Simulación Edificio Central – Centro Infantil

Fuente: AirLink

CAPÍTULO 4

4. Delineación de los enlaces de radio

En este capítulo se analiza y se compara cada detalle del cual está compuesto cada uno de los seis enlaces de radio que tiene la Universidad Técnica del Norte, basándose en un modelo y metodología específica para el mismo.

4.1 Introducción

Para la implementación de un Radio Enlace se debe seguir características específicas sobre todo el montaje de la misma, con el fin de obtener un proyecto basado que cumpla todos los requerimientos necesarios para su funcionamiento.

La culminación total está dividido en las partes descritas a continuación, las cuales deben cumplir varias normativas necesarias para su implementación.

4.1.1 Elección del lugar de la implementación

El espacio geográfico debe ir acorde a la medida a la torre que será situada, tomando en cuenta que el lugar en donde va a ser montada, se escogerá después de realizar un análisis sobre la línea de vista directa entre los puntos en donde serán colocados los equipos.

El tipo de torre debe estar fuera de las aéreas sensibles, de igual manera se debe analizar la dureza del suelo, o si se va a colocar como es comúnmente en una azotea, la base triangulo de la torre debe quedar ubicada en alguna viga para que el peso de la torre quede sobre una costilla de metal y no solamente del costado del techo.

4.1.1.1 Áreas sensibles

Son aquellas áreas donde se encuentran escuelas, jardines infantiles, hospitales o consultorios, asilos de ancianos y otras áreas similares que cumplan con la definición específica de zona sensible, y, que a su vez, hayan sido identificadas formalmente por los Municipios dentro de sus respectivas comunas.

Se debe tomar en cuenta que deben estar lo más alejada posible de los cables de alta tensión, arboles etc. (Gobierno de Chile, 2012)

Con la ayuda de la Tabla 25 se podrá llegar a conocer en qué lugar se encuentran ubicadas las torres o soportes, y con una X serán seleccionadas las que se encuentran en un área sensible. Verificando los lugares en donde se localizan los equipos en funcionamiento.

Tabla 25. Tabla de equipos y funcionamiento

| NÚMERO DEL ENLACE | NOMBRE ENLACE | LUGAR IMPLEMENTADO | ÁREA SENSIBLE |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------|
| 1 | UTN Access Point | Terraza Edificio Central | |
| | Lomas de Azaya Estación | Superficie del terreno | |
| | Lomas de Azaya Access Point | Superficie del terreno | |
| | Granja La Pradera Estación | Terraza Aulas Ganaderas | |
| 2 | UTN Access Point | Terraza CAI/FICAYA | |
| | Granja Yuyucocha | Superficie del terreno | X |
| 3 | UTN Access Point | Terraza Edificio Central | |
| | Colegio Universitario | Terraza Aulas | |
| 4 | UTN Access Point | Terraza Edificio Central | |
| | Centro Infantil | Tumbado Oficina Directora | X |
| 5 | UTN Access Point | Terraza Edificio Central | |
| | FCCSS(Antiguo Hospital) | Tumbado Oficinas Administrativas | |
| | | | |
| 6 | UTN Access Point | Terraza Edificio Central | |
| | Planta Textil | Terraza Laboratorios | |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

4.1.2 Infraestructura técnica de una torre

El tipo y dimensiones de una torre para telecomunicaciones están ligados de manera fundamental a los siguientes elementos:

- El sistema de comunicación a instalar.
- El terreno disponible.
- Tipo y cantidad de antenas a instalar.
- Restricciones en la forma de desplazamiento de dichas antenas en función del sistema instalado.

4.1.2.1 Tipo de torres para telecomunicaciones

Para telecomunicaciones los 3 tipos de torres más usadas son:

- Torres Soportadas por Tirantes
- Torres Autosoportadas sección cuadrada.
- Torres Autosoportadas sección triangular.

Por la cantidad de equipos y el espacio de terreno para este tipo de radio enlace se tomará en cuenta el tipo de torre descrito a continuación. (Vela Remache, 2105)

4.1.2.1.1 Torres soportadas por tirantes

Este tipo de torres son más económicas que las autosoportadas de la misma altura y se instalan cuando no hay limitaciones en el terreno; en general necesita un área que permita inscribir una circunferencia de radio aproximadamente igual a la mitad de la altura de la torre.

El primer módulo de la torre debe estar enterrado 1,50m sobre la superficie en donde se vaya a colocar la misma.

Las bases de anclaje se ubican a 120° una de otra esto es con el fin de distribuir la carga generada por viento de forma balanceada. Los cables de tensión se ubican en grupos de tres uniéndose cada grupo con su base de anclaje correspondiente, como se observa en la Figura 115.



Figura 115. Partes de una torre soportada por tirantes

Fuente: Recuperado de

<http://radioenlaceft.wikispaces.com/Requerimientos++t%C3%A9cnicos+para+la+implementaci%C3%B3n+de+radi+o+bases>

4.1.2.2 Elementos básicos de una torre

- Pararrayos con aterrizaje a tierra.
- Sistema de balizaje estándar, compuesto de una lámpara de obstrucción doble en el tope y para alturas mayores de 50 metros, lámparas sencillas a alturas intermedias, dicho sistema se enciende mediante una célula fotoeléctrica.
- Sistema de anclaje por cada extremo de la estructura
- Escalera de acceso para torres que están en lugares de difícil acceso.
- Soportes para colocación de antenas.
- Señalización.

4.1.2.3 Características generales de una torre

- Todos los elementos de las torres son fabricados de acero estructural y sometido luego a un galvanizado en caliente a fin de garantizar su resistencia a la corrosión.
- El concreto que se utiliza para fundir una torre es diseñado con una resistencia de 210 Kg/cm² y acero de 4.200 Kg/cm².
- Las torres, después de montadas se añade un material que incrementa la resistencia a la corrosión, y luego pintadas con poliuretano en colores blanco y naranja, conforme a las normas de aeronáutica civil como se muestra en la Figura 116. (PRINCIVI, 2013)

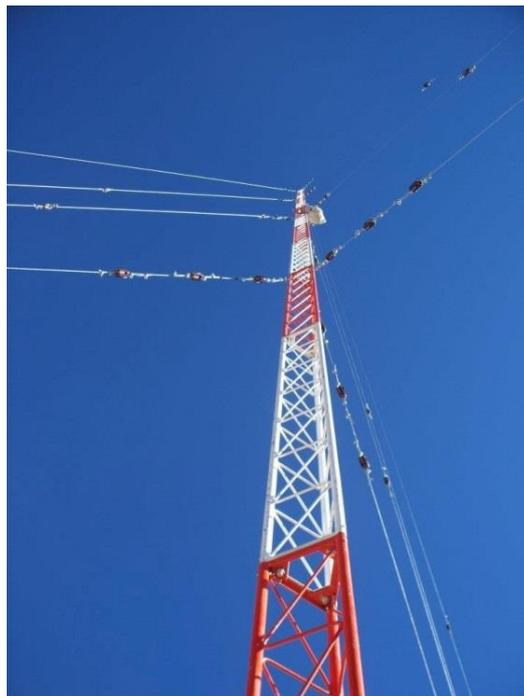


Figura 116. Torre soportada por tirantes

Fuente: Recuperado de http://mpe-s2-p.mlstatic.com/torre-para-antenas-telecomunicaciones-de-radio-enlace-y-wifi-997301-MPE20307750864_052015-F.jpg

En la Tabla 26 se analiza la infraestructura en donde se encuentran colocados los equipos que están en funcionamiento guiándonos según los puntos anteriormente mencionados.

Tabla 26. Infraestructura de los equipos

| NÚMERO ENLACE | NOMBRE ENLACE | UBICACIÓN DEL EQUIPO | ELEMENTOS BÁSICOS | CARACTERÍSTICAS TORRE |
|---------------|---|---|--|--|
| 1 | Terraza Edificio Central UTN Access Point | Torre soportada por tirantes 15 m | <ul style="list-style-type: none"> • Pararrayos con aterrizaje a tierra • Sistema de anclaje por cada extremo • Escalera de acceso hacia la torre | <ul style="list-style-type: none"> • Acero • Galvanizado • Fundido • Pintado |
| | Lomas de Azaya Estación | Torre 3 m | Ninguno | Ninguno |
| | Lomas de Azaya Access Point | Torre 3 m | Ninguno | Ninguno |
| 2 | Granja La Pradera Estación | Torre soportada por tirantes 6 m | Ninguno | <ul style="list-style-type: none"> • Acero • Galvanizado • Fundido • Pintado |
| | UTN Terraza CAI/FICAYA | Torre soportada por tirantes 3 m | <ul style="list-style-type: none"> • Pararrayos con aterrizaje a tierra • Sistema de anclaje por cada extremo | <ul style="list-style-type: none"> • Acero • Galvanizado • Fundido • Pintado |
| 3 | Granja Yuyucocha | Caña Guadua 5 m | Ninguno | Ninguno |
| | Terraza Edificio Central UTN | Torre soportada por tirantes 15 m | <ul style="list-style-type: none"> • Pararrayos con aterrizaje a tierra • Sistema de anclaje por cada extremo • Escalera de acceso hacia la torre | <ul style="list-style-type: none"> • Acero • Galvanizado • Fundido • Pintado |
| 4 | Colegio Universitario | Tubo Galvanizado empotrado al suelo y pared | Ninguno | Ninguno |
| | Terraza Edificio Central UTN | Torre soportada por tirantes 15 m | <ul style="list-style-type: none"> • Pararrayos con aterrizaje a tierra • Sistema de anclaje por cada extremo • Escalera de acceso hacia la torre | <ul style="list-style-type: none"> • Acero • Galvanizado • Fundido • Pintado |
| 5 | Centro Infantil | Tubo galvanizado de 3 m soldado a la viga del tumbado | Ninguno | Ninguno |
| | Terraza Edificio Central UTN | Torre soportada por tirantes 15 m | <ul style="list-style-type: none"> • Pararrayos con aterrizaje a tierra • Sistema de anclaje por cada extremo • Escalera de acceso hacia la torre | <ul style="list-style-type: none"> • Acero • Galvanizado • Fundido • Pintado |

| | | | | |
|---|------------------------------|---|--|--|
| | FCCSS(Antiguo Hospital) | Tubo galvanizado de 6 m | Ninguno | Ninguno |
| 6 | Terraza Edificio Central UTN | Torre soportada por tirantes 15 m | <ul style="list-style-type: none"> • Pararrayos con aterrizaje a tierra • Sistema de anclaje por cada extremo • Escalera de acceso hacia la torre | <ul style="list-style-type: none"> • Acero • Galvanizado • Fundido • Pintado |
| | Planta Textil | Soporte metalito empotrado a la pared de la terraza | Ninguno | Ninguno |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

4.1.3 Cableado estructurado en un nodo inalámbrico

Cada nodo debe seguir un modelo con respecto al cableado estructurado con la finalidad de obtener una funcionalidad adecuada de todos los dispositivos. Para este tipo de red se basará en la siguiente norma ANSI/TIA/EIA-758: Cliente-Propietario de cableado de Planta Externa de Telecomunicaciones, el cual se muestra en la Figura 117.

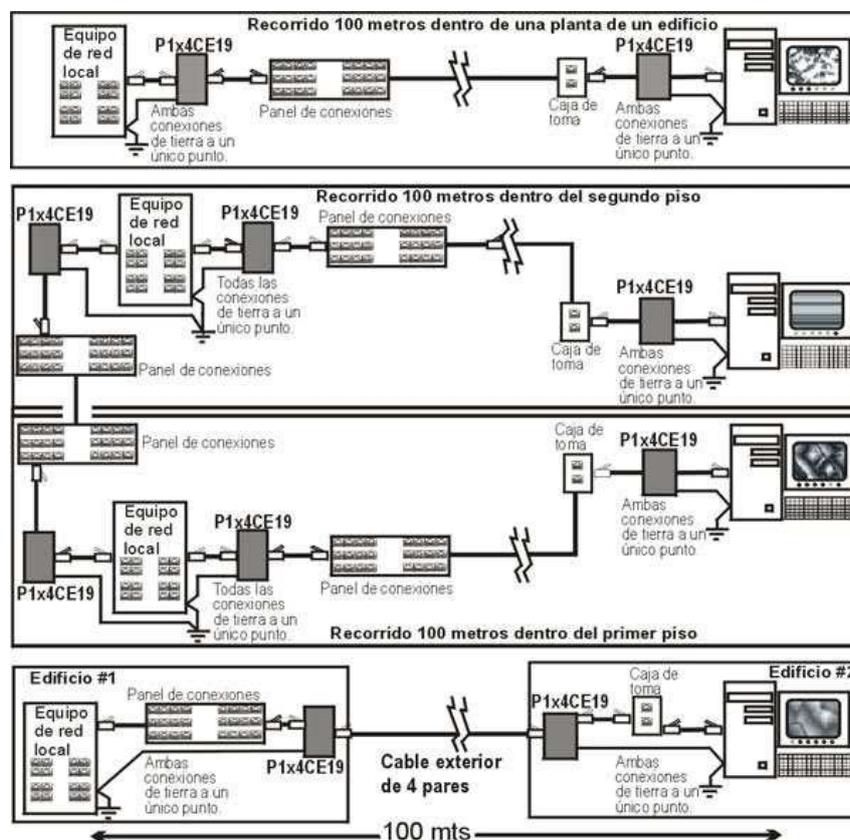


Figura 117. Norma ANSI/TIA/EIA-758

Fuente: Recuperado de <http://i51.tinypic.com/2i9in2c.jpg>

4.1.3.1 Gabinete de red

Un nodo debe disponer del equipamiento descrito a continuación, estos elementos se muestran en la Figura 118.

- Un gabinete con un dimensionamiento de acorde a la cantidad de equipos y todas las conexiones que se vayan a realizar para todos dispositivos activos y pasivos que se van alojar en el mismo. Seguridad para evitar cualquier tipo de manipulaciones no deseadas.
- Bandejas de soporte para el montaje de todos los equipos de red.
- Rieles laterales con agujeros roscados para el acoplamiento de los bandejas con un acceso frontal.
- Organizadores para el sobrante que exista de la conexión entre los dispositivos con su respectivo patch cord de red.
- Multiplexor eléctrico para cada dispositivo que necesite.



Figura 118. Componentes de un gabinete de red

Fuente: Recuperado de

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150518/Exe_Lecturas_Lecciones_Reconocimiento_y_Presaberes/Act5_Leccion_Evaluativa_Capitulo2/CABLEADO-ESTRUCTURADO-Y-VIDEO-VIGILANCIA.jpg

4.1.3.2 Cableado de datos

En un nodo en donde se encuentren montados los equipos en una torre de telecomunicaciones se debe seguir los siguientes lineamientos:

- El tipo de cable UTP utilizado debe ser para exteriores y que cuente con un blindaje interno que brinde protección al par trenzado evitando así filtración de agua por medio del mismo ya que esto puede provocar un corto circuito. Este también deberá ir sujetado entre todos con amarras de plásticos para su fijación.
- Los conectores RJ-45 deben tener un blindaje metálico y de igual categoría del cable UTP utilizado.
- El cable UTP dentro del gabinete deberá ir sujetado cada 40cm con un cinta velcro.
- Ducto desde la ubicación del último equipo hacia los dispositivos de red, con la finalidad de tener un cuidado completo de la parte cableada.
- El aterrizaje del cable hacia los equipos de comunicaciones mediante escalerillas horizontales y pasa guías.

La Tabla 27 que se muestra a continuación se detalla cada una de las partes con las que cuenta cada enlace de radio orientado hacia la parte cableada de los equipos que están en funcionamiento guiándonos según los puntos anteriormente mencionados.

Tabla 27. Partes de los enlaces de radio

| LUGAR DE EQUIPOS | ELEMENTOS DE UN GABINETE DE RED | CABLEADO DE DATOS |
|--|--|---|
| Terraza Edificio Central UTN Access Point | <ul style="list-style-type: none"> • Gabinete • Bandejas • Rieles • Organizadores • Multiplexor eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 6 • RJ45 Categoría 6 |
| Lomas de Azaya Estación | Caja pequeña metálica | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 5e • RJ45 Categoría 5e |

| | | |
|----------------------------|--|---|
| Granja La Pradera Estación | <ul style="list-style-type: none"> • Rack pequeño • Organizador • Cortapicos eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 6 • RJ45 Categoría 5e |
| UTN Terraza CAI/FICAYA | <ul style="list-style-type: none"> • Rack pequeño • Bandejas • Organizadores • Multiplexor eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 6 • RJ45 Categoría 6 |
| Granja Yuyucocha | <ul style="list-style-type: none"> • Rack pequeño • Cortapicos eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 5e • RJ45 Categoría 5e |
| Colegio Universitario | <ul style="list-style-type: none"> • Rack pequeño • Cortapicos eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 5e • RJ45 Categoría 5e |
| Centro Infantil | <ul style="list-style-type: none"> • Rack pequeño • Cortapicos eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 5e • RJ45 Categoría 5e |
| FCCSS(Antiguo Hospital) | <ul style="list-style-type: none"> • Rack pequeño • Cortapicos eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 5e • RJ45 Categoría 5e |
| Planta Textil | <ul style="list-style-type: none"> • Rack pequeño • Cortapicos eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP Categoría 5e • RJ45 Categoría 5e |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

4.1.4 Respaldo de energía

Dentro de este sistema de comunicación es muy importante considerar que el radio enlace debe tener un funcionamiento permanente sin interrupción las 24 horas del día, los 365 días del año, por tal razón la parte de energía eléctrica es uno de los aspectos a considerar. Es fundamental para el funcionamiento de todo sistema dependiente de energía eléctrica, siendo necesario implementar un sistema alternativo de energía.

Este sistema puede mantener la alimentación de energía durante un apagón repentino y pueda mantener el correcto funcionamiento de todo el sistema, para lo cual se debe considerar un modelo de backup el cual contiene los siguientes elementos, los cuales se muestran en la Figura 119. (Vela Remache, 2105)

- APS si la cantidad de equipo y el consumo de energía es alto, caso contrario un UPS
- Baterías de Gel
- Regulador de Voltaje



Figura 119. Componentes de un respaldo de energía

Fuente: Recuperado de http://www.winpy.cl/files/w5668_lr604_.jpg

4.1.5 Acometida eléctrica

En la parte de la energía eléctrica él toma corriente al cual va conectado el respaldo de energía debe tener una conexión a tierra como se muestra en la Figura 120 con la finalidad de proteger los equipos conectados al mismo y así descargar cualquier tensión indeseable, como las que provocan los cortocircuitos, tormentas, etc. La parte principal de una acometida eléctrica radica en que el distribuidor de energía principal este totalmente con un aterrizaje a tierra. (Electricistas BsAs, 2012)

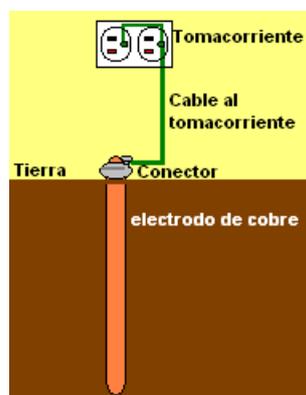


Figura 120. Componentes de un respaldo de energía

Fuente: Recuperado de <http://electronica.yoreparo.com/radiocomunicaciones/1013171.html>

4.1.6 Dispositivos de red

Un radio enlace deberá estar compuesto por los siguientes dispositivos:

- El enlace principal cuenta con dos partes principales un Access Point y una Estación, estos dos equipos deben ser iguales para obtener una comunicación sin problemas de fabricantes.

Para la elección de estos dos equipos es recomendable el análisis de la capacidad de transmisión, a distancia máxima de asociación en línea de vista

- Switch administrable o router con la finalidad de encaminar y administrar la información de toda la red.

En la Tabla 28 se describe los anteriores tres puntos mencionados especificando los componentes con los que cuenta cada uno de los radio enlace.

Tabla 28. Componentes de cada Radio Enlace

| LUGAR | RESPALDO DE ENERGÍA | ACOMETIDA ELÉCTRICA | DISPOSITIVOS DE RED |
|---------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Terraza Edificio Central UTN | Regulador de Voltaje | NINGUNO | • Switch CISCO 2960 • Switch 3COM |
| Terraza CAI/FICAYA UTN | Regulador de Voltaje | NINGUNO | • Switch CISCO 2960 |
| Lomas de Azaya | NINGUNO | NINGUNO | NINGUNO |
| Granja La Pradera | Regulador de Voltaje | NINGUNO | • Switch TP-LINK TL-SG3216 |
| Granja Yuyucocha | Regulador de Voltaje | NINGUNO | • Switch CISCO 2960 |
| Colegio Universitario | Regulador de Voltaje | NINGUNO | • Switch CISCO 2960 |
| Centro Infantil | Regulador de Voltaje | NINGUNO | • Switch 3COM |
| FCCSS(Antiguo Hospital) | Regulador de Voltaje | NINGUNO | • Switch CISCO 2960 |
| Planta Textil | Regulador de Voltaje | NINGUNO | NINGUNO |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

4.1.7 Elección del sistema de radioenlace

Para la selección de los equipos principales en un radioenlace se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros específicos:

- Fabricante
- Hoja técnica que especifique las características, diseño y tipos de operaciones en las cuales trabaja.
- Elección de parámetros significativos
- Esquema de los equipos escogidos

4.1.8 Elaboración del perfil para el segmento inalámbrico

Todas las configuraciones inalámbricas deberán ser elegidas tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- La distancia entre los equipos principales
- Capacidad de transferencia del equipo
- El ancho del canal debe ir según el rendimiento y el nivel de interferencia.
- Si en lugar existen más de un dispositivo se deberá asignar diferentes frecuencias para evitar interferencias entre los mismos. (Restrepo Angulo, 20

En la Tabla 29 se describe los dos parámetros anteriormente descritos en referencia a los equipos que están implementados y si cumplen con las características de cada enlace.

La distancia y capacidad máxima son dadas por el fabricante en un escenario ideal.

Tabla 29. Parámetros de cada Radio Enlace

| MODELO EQUIPO | ACCESS POINT | DISTANCIA DEL ENLACE | DISTANCIA MÁXIMA SOPORTADA | TASA DE TRANSMISIÓN TX/RX | TASA DE TRANSMISIÓN MÁXIMA TX/RX | ESTACIÓN |
|---------------|--------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------|
| NanoBridge | Terraza | 3,2 Km | 15 | 52 Mbps/ | 150 Mbps/ | Lomas de Azaya |
| M5 | Edificio | | Km | 6.5 Mbps | 120 Mbps | |
| | Central UTN | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|---------|-------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Lomas de Azaya | 8,6 Km | 15 Km | 92 Mbps/ 70 Mbps | | Granja La Pradera |
| Tarjeta RB411AH con interfaz Wireless | Terraza CAI/FICAYA | 3,97 Km | 17 Km | 6.2 Mbps/ 5.5 Mbps | 280 Mbps/ 260 Mbps | Granja Yuyucocha |
| NanoBridge M5 | Terraza Edificio Central UTN | 1 Km | 15 Km | 27.06 Mbps/ 26.32 Mbps | 150 Mbps/ 120 Mbps | Colegio Universitario |
| Tarjeta RB411AH con interfaz Wireless | Terraza Edificio Central UTN | 1,25 Km | 17 Km | 5.5 Mbps/ 240 Mbps | 280 Mbps/ 260 Mbps | Centro Infantil |
| Tarjeta RB411AH con interfaz Wireless | Terraza Edificio Central UTN | 1,3 Km | 17 Km | 12.1 Mbps / 11.4 Mbps | 280 Mbps/ 260 Mbps | FCCSS(Antiguo Hospital) |
| NanoStation 5 | Terraza Edificio Central UTN | 2,63 Km | 10 Km | NINGUNA | 150 Mbps/ 110 Mbps | Planta Textil |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

4.1.9 Ancho de banda en un enlace de radio

Se deberá realizar un estudio de que equipos interconectaran la red y la cantidad estimada de usuarios que van utilizar el servicio de internet. Con esto se podrá asignar una cantidad relativa para el enlace determinado.

Para esto se cuenta con una formula básica que se muestra en la ecuación 30, lo cual permite dar un valor necesario casi exacto.

$$AB = G \times C$$

Ecuación 30. Fórmula de Ancho de banda en un enlace de radio

Dónde:

AB = Ancho de banda requerido

G = Ancho de banda a garantizar por usuario. Este valor es muy importante. Al bajar un archivo cuanto ancho de banda quiero que consuma. Un valor en Latinoamérica puede ser quizás 256 Kbps, otros países desarrollados pueden utilizar un valor mayor. Importante destacar que el valor G también puede depender del tipo de aplicativo que se use.

C = Concurrencia de las personas (cantidad de personas que utilizan Internet simultáneamente). Esto varía mucho ya que no todos utilizan Internet para lo mismo.

Actualmente el encargado en cada uno de los campus de exteriores de la UTN que se están realizando los enlaces de radio no cuenta con datos específicos como *cantidad de usuarios y concurrencia*, lo que afecta al poder determinar un valor exacto de ancho de banda ya que a esto se le incrementaría la cantidad de dispositivos de red que cuenta cada independencia. En la tabla 30 se detalla la distribución con la cual cada instalación debería ser tomada en cuenta para determinar un consumo total. La parte del edificio central no se analiza por motivo que ahí es el punto de partida de cada uno de los Access Point hacia los demás equipos. En las Lomas de Azaya al ser solo un rebote no se detalla cantidad de usuarios o peticiones de dispositivos.

Tabla 30. Parámetros de cada Radio Enlace

| LUGAR | USUARIOS | DISPOSITIVOS DE RED |
|-------------------|-------------------|------------------------|
| Granja La Pradera | • Administrativos | • Switch administrable |
| | • Docentes | • Access Point |
| | • Estudiantes | • PC's |
| | • Visitantes | • Laptop |
| Granja Yuyucocha | • Administrativos | • Celulares |
| | • Docentes | • Tablets |
| | • Estudiantes | • Switch administrable |
| | | • Access Point |

| | | |
|-------------------------|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Visitantes | <ul style="list-style-type: none"> • PC's • Laptop • Celulares • Tablets |
| Colegio Universitario | <ul style="list-style-type: none"> • Administrativos • Docentes • Estudiantes • Visitantes | <ul style="list-style-type: none"> • Switch administrable • Access Point • PC's • Laptop • Celulares • Tablets |
| Centro Infantil | <ul style="list-style-type: none"> • Administrativos | <ul style="list-style-type: none"> • Switch administrable • PC's |
| FCCSS(Antiguo Hospital) | <ul style="list-style-type: none"> • Administrativos • Docentes • Estudiantes • Visitantes | <ul style="list-style-type: none"> • Switch administrable • Access Point • PC's • Laptop • Celulares • Tablets |
| Planta Textil | <ul style="list-style-type: none"> • Administrativos • Docentes • Estudiantes • Visitantes | <ul style="list-style-type: none"> • Switch administrable • Access Point • PC's • Laptop • Celulares • Tablets |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

4.1.10 Cálculos dentro de un radioenlace

Antes de montar un radio enlace se debe tomar en cuenta varios parámetros fundamentales para poder analizar y verificar que el proyecto que se va a desarrollar va a cumplir con los requerimientos necesarios, para esto se debe utilizar varios cálculos como:

- Longitud de Onda, se muestra en la Ecuación 31.

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,8 [GHz]} = 0,17 [nm]$$

Ecuación 31. Fórmula de Longitud de Onda

- FSL (Perdida en el espacio libre), se muestra en la Ecuación 32

$$FSL = 20 \log(d) + 20 \log(f) + k$$

Ecuación 32. Fórmula de Pérdida en el espacio libre

- Eficiencia de la antena, se muestra en la Ecuación 33.

$$\eta = \left(\frac{Pr}{Pr + Pd} \right)$$

Ecuación 33. Fórmula de Eficiencia de la antena

η = Eficiencia de la antena

Pr = Potencia radiada por la antena (Watts)

Pd = Potencia disipada en la antena (Watts)

- Ganancia equipo transmisor, se muestra en la Ecuación 34

$$Gse = 10 * \log(Pr * 1000)$$

Ecuación 34. Fórmula de Ganancia equipo Transmisor

Pr = Potencia de emisión (Vatios)

- Resistencia de radiación, se muestra en la Ecuación 35

$$Rr = \frac{P}{i^2}$$

Ecuación 35. Fórmula de resistencia de radiación

Rr = Resistencia de radiación (ohm)

P = Potencia radiada (Watts)

i = corriente en su punto de alimentación (A)

- PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente), se muestra en la Ecuación 36

$$PIRE = P_{tx} + G_{antena} - L$$

Ecuación 36. Fórmula Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

- Ecuación del Enlace – margen, se muestra en la Ecuación 37

$$margen = P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{rx} - L_{rx} - S_{rx}$$

Ecuación 37. Fórmula del margen de sensibilidad

Las ecuaciones 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37 se encuentran detalladas y desarrolladas para los seis enlaces de radio en el literal 3.5 *Análisis del rendimiento y consumo de los enlaces de radio*.

4.1.11 Permiso de funcionamiento

4.1.11.1 Proceso de regularización

Al estar identificados con los enlaces descritos por el Art. 23 del Reglamento de Radiocomunicaciones, no se necesita realizar los trámites para solicitar un título habilitante ya que las bandas libres por concepto no deben ser licenciadas, es decir no se debe exigir un título habilitante para su uso, pero sí un proceso de registro para realizar un mínimo control, es necesario una simplificación de los trámites del registro y con esto cumplir con lo dispuesto por ley y evitar todo tipo de futuras sanciones.

Por lo tanto, es necesario obtener el permiso de red privada para iniciar con el proceso de regularización de los enlaces de la Universidad, en donde se debe llenar los formularios que se encuentran adjuntos en la página de los entes de regulación: <http://www.arctel.gob.ec/>

Los formularios a llenar para un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha son los siguientes:

- Formulario RC-1B: Formulario para información Legal
- Formulario RC-3A: Formulario para Información de Antenas
- Formulario RC-9A: Formulario para los Sistemas de SMDBA (Enlaces Punto-Punto)
- Formulario RC-2A: Formulario para la Información de la Infraestructura
- Formulario RC-4A: Formulario para la Información de Equipamiento
- Formulario RC-15A: Formulario de Emisiones del RNI

Como lo establece el Instructivo Formularios de Concesión de Frecuencias: “Toda la información requerida en los formularios debe ser llenada de acuerdo a lo establecido en dicho instructivo, si existe alguna información faltante o incorrecta, no se tramitarán las solicitudes realizadas.” (Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones, 2011)

4.1.11.2 *Elaboración de formularios*

Para llenar los formularios requeridos por la SENATEL, se debe basar en el Instructivo Formularios de Concesión de Frecuencias, el cual detalla paso a paso cómo llenar los campos en cada uno de los formularios lo que ayuda a evitar errores en el proceso.

Se utilizará el programa Radio Mobile para trazar los enlaces existentes en la universidad y sus instalaciones, lo cual es de gran importancia para obtener la información que se necesita para este proceso.

Una vez que los formularios están llenos, son enviados al ente de regulación que en este caso es la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para continuar con la regularización. Los formularios se encuentran adjuntos en los anexos. (Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones, 2011)

4.1.11.3 *Tramitación*

Se llenan los formularios y se procede a la entrega en formato digital (CD) y físico (impresos) en las ventanillas de atención al cliente de la ARCOTEL. Ahí proceden a asignar un código de trámite para darle seguimiento por internet.

Una vez aprobado el trámite es necesario acercarse a las instalaciones del ente regulador, para proceder con el pago respectivo a la tramitación y retirar la aprobación del funcionamiento de los enlaces.

Tomando en cuenta que es importante estar informados si de acuerdo a nuevas resoluciones se requiere de otros formularios o algún cambio adicional. (Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones, 2011)

4.1.12 **Tarifas por uso de frecuencias**

4.1.12.1 *Para el servicio fijo de enlaces punto-punto y punto- multipunto*

El ARCOTEL establece una tarifa por uso de frecuencias en bandas licenciadas para enlaces punto-punto, la cual se calculará en base de la distancia (D) en kilómetros entre las estaciones fijas y la anchura de banda utilizada, de acuerdo con la Ecuación 38.

$$T(\text{US\$}) = K_a \times \alpha_3 \times \beta_3 \times A \times D^2 = 339,6$$

Ecuación 38. Fórmula Tarifa uso de la frecuencia

- T (US\$) = Tarifa mensual en dólares, por frecuencia asignada.
- K_a = Factor de ajuste por inflación, inicialmente se toma el valor de 1.
- α_3 = Coeficiente de valoración del espectro del Servicio Fijo para enlaces punto - punto
- β_3 = Coeficiente de corrección para el Sistema Fijo, enlace punto – punto, inicialmente se toma el valor de 1.
- A = Ancho de banda de la frecuencia asignada.
- D = Distancia en kilómetros entre las estaciones fijas.

La Ecuación 38 se aplica a cada frecuencia del enlace y por enlace. Si una estación fija opera con más de una frecuencia en la misma dirección, la tarifa resultante será la suma de las tarifas individuales calculadas por cada frecuencia de transmisión y recepción. La Figura 121 muestra las distancias máximas aplicables para fines de cálculo de la tarifa de servicio fijo, en enlaces punto a punto.

| Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación) | Distancia máxima aplicable, Km. | Distancia mínima aplicable, Km. |
|---|---------------------------------|---------------------------------|
| 0 GHz <f<= 1 GHz | 70 | 30 |
| 1 GHz <f<= 5 GHz | 50 | 15 |
| 5 GHz <f<= 10 GHz | 30 | 12 |
| 10 GHz <f<= 15 GHz | 25 | 9 |
| 15 GHz <f<= 20 GHz | 20 | 8 |
| 20 GHz <f<= 25 GHz | 15 | 6 |
| f > 25 GHz | 10 | 5 |

Figura 121. Distancias máximas para fines de cálculo de la tarifa de servicio fijo

Fuente: Recuperado de http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/reglamento_concesión_espectro_radioelect.pdf

La Figura 122 muestra el coeficiente de valoración del espectro aplicable para fines de cálculo de la tarifa del servicio fijo, en los enlaces punto a punto.

| Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación) | Coeficiente de valoración del espectro α_3 |
|---|---|
| 0 GHz <f<= 1 GHz | 0.0815313 |
| 1 GHz <f<= 5 GHz | 0.0323876 |
| 5 GHz <f<= 10 GHz | 0.0237509 |
| 10 GHz <f<= 15 GHz | 0.0215917 |
| 15 GHz <f<= 20 GHz | 0.0194325 |
| 20 GHz <f<= 25 GHz | 0.0183529 |
| f > 25 GHz | 0.0172734 |

Figura 122. Coeficiente de valoración del espectro

Fuente: Recuperado de http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/reglamento_concesión_espectro_radioelect.pdf

Los seis enlaces de radio de la Universidad Técnica del Norte al utilizar el espectro electromagnético en el rango de bandas libres descrito en el Art. 23 del Reglamento de Radiocomunicaciones descrito en los permisos de funcionamiento, no es necesario analizar el costo mensual para cada uno de ellos, pero si el registro mencionado anteriormente.

CAPÍTULO 5

5. Informe de análisis realizado

En este capítulo se realizó un informe específico de todos los procedimientos a los que han sido sometidos los enlaces de radio, detallando y sugiriendo los requerimientos necesarios para cumplir con los parámetros que exige el ente regulador para su funcionamiento.

El objetivo de este capítulo es mencionar las ventajas, beneficios y cambios específicos para cada uno de los enlaces de radio, logrando optimizar los recursos.

5.1 Tareas realizadas

En las instalaciones de la Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático (DDTI) se desarrolló las siguientes actividades:

- Recopilación de información de cada equipo activo que se encuentra en funcionamiento como se mostró en el capítulo 3 en el literal 3.2.1 *Configuraciones en los enlaces de radio*.
- Análisis detallado de cada una de las configuraciones actuales ingresando a cada uno de los equipos como se muestra en el capítulo 3 en el literal 3.2.2 *Análisis de las configuraciones en los enlaces de radio*.
- Revisión física de los seis enlaces de radio que son conformados por los todos los equipos activos y pasivos con los que cuenta la UTN para tener en funcionamiento cada uno de ellos.
- Se investigó el modelo y las características específicas de los equipos activos de marca UBIQUITI y MIKROTIK activos que están implementados actualmente brindar el servicio a sus respectivos campus exteriores.

- Con la ayuda de varias herramientas para determinar el uso de frecuencias en el medio como se explicó en el capítulo 3 en el literal *3.3.1 Software para analizar el espectro*, se analizó cada uno de los lugares en donde se encuentran los equipos logrando obtener una idea del porcentaje de interferencia y la cantidad de saturación en cada una de las frecuencias que están trabajando los equipos de la UTN.
- Con el levantamiento de la información y con la ayuda de las fórmulas establecidas para el medio inalámbrico, se realizó una comparación entre los datos obtenidos como se demuestra en el literal *3.5 Análisis del rendimiento y consumo de los enlaces de radio*. Con la finalidad de determinar el estado de cada uno de los enlaces de radio.
- Mediante las herramientas propias de los equipos se realizó un estudio y análisis detallado sobre el rendimiento y la capacidad que soporta cada enlace de radio en funcionamiento. Las pruebas realizadas consistieron en saturar el canal de transmisión logrando apreciar su capacidad máxima y sus tiempos de comunicación entre los equipos.
- En base a la *Metodología de evaluación comparativa para la interconexión de dispositivos de red* mencionado en el RFC 2455, se analizó varios parámetros que existen en el funcionamiento de los radio enlaces, alcanzando a detectar errores y así poder determinar soluciones que mejoraran el funcionamiento y la capacidad de cada uno de los equipos.

5.2 Cambio de configuraciones

La Universidad Técnica del Norte con la finalidad de estar totalmente conectada con sus seis campus externos, optó por la implementación de radio enlaces con dos tipos de fabricantes ya antes mencionados, para los cuales fueron colocados en funcionamiento sin una planificación adecuada.

Existen varias problemáticas a nivel de configuraciones que se detallan a continuación, y se recomienda realizar los cambios mencionados a continuación según los fundamentos teóricos anteriormente estudiados y basándome en mi experiencia adquirida.

5.2.1 Cambio de configuraciones en los equipos marca Ubiquiti

En el levantamiento de información se logró identificar los siguientes errores de configuración:

- **Firmware:** Todos los equipos de esta marca están totalmente desactualizados. Los desarrolladores de este fabricante brindan actualizaciones periódicamente, esto ayuda al equipo a mejorar su rendimiento y corregir errores.
- **Frecuencia:** los equipos en modo Access Point que se encuentran en la terraza del edificio central están en AUTOMÁTICO, esto causa una problemática alta ya que el fabricante asigna una frecuencia aleatoria al estar en este modo, existiendo un solapamiento entre los mismos equipos causando interferencia entre si teniendo perdidas en la transmisión.
- **Modelo de Antena:** este fabricante tiene varios modelos de antenas y en esta opción sirve para elegir el equipo que se está usando, esta opción es importante ya que se elige la potencia de salida siendo una ventaja para el enlace.
- **AirMax:** este protocolo es propietario de UBIQUITI, ningún equipo en modo estación tiene habilitada esta herramienta que ayuda al rendimiento entre los equipos.

En la Tabla 31 se detalla que equipo tiene los errores de configuración mencionados anteriormente.

Tabla 31. Configuraciones de cada Radio Enlace

| NÚMERO DE ENLACE | ENLACE | ACCESS POINT | ESTACIÓN |
|------------------------|---|--------------------------|------------------|
| | | Errores de Configuración | |
| 1 | Terraza Edificio Central UTN - Lomas de Azaya | Firmware | Firmware |
| | | Frecuencia | Frecuencia |
| | | Modelo de Antena | Modelo de Antena |
| | Lomas de Azaya - Granja La Pradera | Firmware | Firmware |
| | | Frecuencia | AirMax |
| | | Modelo de Antena | Modelo de Antena |
| 2 | Terraza Edificio Central UTN - Colegio Universitario | Firmware | Firmware |
| | | Frecuencia | AirMax |
| | | Modelo de Antena | Modelo de Antena |
| 3 | Terraza Edificio Central UTN - Planta Textil | Firmware | Firmware |
| | | Frecuencia | AirMax |
| | | Modelo de Antena | Modelo de Antena |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

5.2.2 Cambio de configuraciones en los equipos marca Mikrotik

En el levantamiento de información se logró identificar que los equipos tienen los siguientes errores de configuración:

- **Modo:** Este fabricante tiene dos modos de funcionamiento (Simple-Avanzado), todos los equipos de esta marca están en modo simple limitando varios parámetros de configuraciones que pueden aumentar y mejorar el rendimiento entre los mismos.
- **Frecuencia:** Se encuentran emitiendo en 5180MHz, es una problemática grave por la interferencia que se está provocando entre varios dispositivos que están instalados en la terraza del edificio central.
- **Seguridad:** Los tres enlaces de radio de esta marca no tiene asignado ninguna clave, esto puede causar intrusos maliciosos en la red ya que cualquier dispositivo inalámbrico en modo estación puede asociarse y tener acceso a la red.

En la Tabla 32 se detalla que equipo tiene los errores de configuración mencionados anteriormente.

Tabla 32. Configuraciones de cada Radio Enlace

| NÚMERO DE ENLACE | ENLACE | ACCESS POINT | ESTACIÓN |
|------------------------|--|---|---|
| | | Errores de Configuración | |
| 1 | Terraza CAI/FICAYA UTN - Granja Yuyucocha | <ul style="list-style-type: none"> • Modo • Frecuencia • Seguridad | <ul style="list-style-type: none"> • Modo • Frecuencia • Seguridad |
| 2 | Terraza Edificio Central UTN - Centro infantil | <ul style="list-style-type: none"> • Modo • Frecuencia • Seguridad | <ul style="list-style-type: none"> • Modo • Frecuencia • Seguridad |
| 3 | Terraza Edificio Central UTN - FCCSS(Antiguo Hospital) | <ul style="list-style-type: none"> • Modo • Frecuencia • Seguridad | <ul style="list-style-type: none"> • Modo • Frecuencia • Seguridad |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

5.2.3 Potencias de Asociación

Una parte importante dentro de un enlace de radio es la potencia de asociación entre los equipos, al momento de colocar los dispositivos son alineados y ubicados en un lugar en donde haya línea de vista directa basándose en un punto de referencia de la zona que se encuentra el equipo estacionario de enlace.

En las Figuras 24, 43, en el Anexo A en las pestañas MAIN y en el Anexo B en las pestañas WIRELESS de cada equipo correspondiente en modo estación se puede apreciar el valor de asociación de los radio enlaces.

En el punto **3.5 análisis del rendimiento y consumo de los enlaces de radio** en la parte de **cálculos del enlace**, se realizó el cálculo matemático correspondiente con los valores característicos de los equipos, logrando establecer una comparación según los niveles de potencia con los que está en funcionamiento el enlace de radio, consiguiendo determinar si la señal recibida en las estaciones están dentro del rango aceptable o si es necesaria una alineación física de los mismos.

La tabla 33 muestra el número de ecuación del cual se obtiene el valor matemático del enlace de radio.

Tabla 33. Potencias de Asociación de los Enlaces de Radio

| NÚMERO DE ENLACE | ENLACE | NÚMERO DE ECUACIÓN | SENSIBILIDAD DE ASOCIACIÓN | |
|------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------|
| | | | Real | Matemático |
| 1 | UTN - LOMAS DE AZAYA | 9 | -62 [dBm] | -51,3 [dBm] |
| | LOMAS DE AZAYA - GRANJA LA PRADERA | 13 | -69 [dBm] | -42,55 [dBm] |
| 2 | UTN – PLANTA TEXTIL | 29 | -76 [dBm] | -32,94 [dBm] |
| 3 | UTN - GRANJA YUYUCOCHA | 25 | -62 [dBm] | -55,4 [dBm] |
| 4 | UTN - FCCSS(Antiguo Hospital SVP) | 21 | -57 [dBm] | -61,1 [dBm] |
| 5 | UTN – COLEGIO UIVERSITARIO | 5 | -51 [dBm] | -61,34 [dBm] |
| 6 | UTN – CENTRO INFANTIL | 17 | X | -43,4 [dBm] |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

5.2.3.1 Análisis Sensibilidad de Asociación

Con la ayuda de la Tabla 33, la conclusión que se obtiene es que los seis enlaces de radio necesitan una alineación desde el AP hacia la ST y viceversa, logrando así mejorar el rendimiento y funcionamiento de cada uno de ellos, analizando la posibilidad de cambiar de lugar los equipos existiendo obstáculos que no existían.

La sensibilidad del equipo receptor es un parámetro de gran importancia, este valor muestra el nivel mínimo de señal que necesita el radio enlace para un correcto funcionamiento.

- **Enlace UTN – AZAYA:** La potencia con la cual este enlace de radio está en funcionamiento, no se encuentra dentro del rango permitido según los cálculos matemáticos obtenidos, existe una diferencia de -10 [dBm], lo cual es una problemática para el rendimiento del mismo. Se debe realizar una alineación desde las dos partes logrando obtener una potencia de acuerdo al valor obtenido según características del equipo y enlace.

| Potencia Real | Potencia Matemática |
|---------------|---------------------|
| -62 [dBm] | -51,3 [dBm] |

- **Enlace AZAYA – GRANJA PRADERA:** Existe una gran diferencia de - 26,45 [dBm] entre la potencia con la cual este enlace de radio está en funcionamiento y la obtenida matemáticamente, es un valor muy alto lo que refleja una de las causas de las problemáticas que existen dentro del mismo. Se debe realizar una alineación desde las dos partes logrando obtener una potencia de acuerdo al valor obtenido según características del equipo y enlace.

| Potencia Real | Potencia Matemático |
|---------------|---------------------|
| -69 [dBm] | -42,55 [dBm] |

- **Enlace UTN – FCCSS (Antiguo Hospital SVP):** Para este caso el valor obtenido matemáticamente es mayor que la potencia con la cual el enlace está en funcionamiento, debido a que la distancia en donde se encuentran los equipos es baja y tiene condiciones ideales para su funcionamiento. No se debe realizar alineación alguna entre los mismos.

| Potencia Real | Potencia Matemático |
|---------------|---------------------|
| -57 [dBm] | -61,1 [dBm] |

- **Enlace UTN – GRANJA YUYUCOCHA:** La potencia con la cual este enlace de radio está en funcionamiento, no se encuentra dentro del rango permitido según los cálculos matemáticos obtenidos, existe una diferencia de -6,6 [dBm], lo cual es una problemática para el rendimiento del mismo.

Se debe realizar una alineación desde las dos partes logrando obtener una potencia de acuerdo al valor obtenido según características del equipo y enlace.

| Potencia Real | Potencia Matemático |
|---------------|---------------------|
| -62 [dBm] | -55,4 [dBm] |

- **Enlace UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO:** Para este caso el valor obtenido matemáticamente es mayor que la potencia con la cual el enlace está en funcionamiento, debido a que la distancia en donde se encuentran los equipos es baja y tiene condiciones ideales para su funcionamiento. No se debe realizar alineación alguna entre los mismos.

| Potencia Real | Potencia Matemático |
|---------------|---------------------|
| -51 [dBm] | -61,34 [dBm] |

- **Enlace UTN – CENTRO INFANTIL:** El equipo en modo estación tiene un error en la tarjeta inalámbrica como se mencionó anteriormente, esto hace que no exista una asociación entre los equipos, es por esto que no se tiene un valor real. Realizando el cambio de equipo correspondiente se puede analizar si necesita o no una alineación.

| Potencia Real | Potencia Matemático |
|---------------|---------------------|
| X | -43,4 [dBm] |

- **Enlace UTN – PLANTA TEXTIL:** Existe una gran diferencia de - 43,06 [dBm] entre la potencia con la cual este enlace de radio está en funcionamiento y la obtenida matemáticamente, es un valor muy alto lo que refleja una de las causas de las problemáticas que existen dentro del mismo.

Se debe realizar una alineación desde las dos partes logrando obtener una potencia de acuerdo al valor obtenido según características del equipo y enlace.

| Potencia Real | Potencia Matemático |
|---------------|---------------------|
| -76 [dBm] | -32,94 [dBm] |

Al ser enlaces de radio que necesitan una línea de vista directa la alineación entre los equipos es un factor importante para su rendimiento y comunicación, es por esto que las estaciones como: FCCSS (Antiguo Hospital SVP), Granja Yuyucocha, Centro Infantil y Planta Textil deben ser colocados en un lugar fijo y que se asemeje a un torre como se plantea en el capítulo 4.

5.3 Plan de Dimensionamiento

Los seis enlaces de radio que cuenta la Universidad Técnica del Norte se encuentran distribuidos como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34. Enlaces de radio Universidad Técnica del Norte

| ENLACE | MARCA | MODELO |
|---------------------------------------|----------|--|
| UTN – AZAYA AZAYA – GRANJA PRADERA | UBIQUITI | NanoBridge M5 |
| UTN – COLEGIO UIVERSITARIO | UBIQUITI | NanoBridge M5 |
| UTN – PLANTA TEXTIL | UBIQUITI | Nanostation5 |
| UTN - FCCSS (Antiguo Hospital SVP) | MIKROTIK | Tarjeta RB433AH con interfaz inalámbrica |
| UTN – GRANJA YUYUCOCHA | MIKROTIK | Tarjeta RB433AH con interfaz inalámbrica |
| UTN – CENTRO INFANTIL | MIKROTIK | Tarjeta RB433AH con interfaz inalámbrica |

Fuente: Universidad Técnica del Norte

Después de haber realizado el análisis de todas las partes que está conformado un enlace de radio, existen equipos que deberían ser sustituidos por las siguientes razones.

- **Enlace UTN – AZAYA / AZAYA – GRANJA PRADERA:** Los requerimientos que necesita la granja la pradera esta sobre las capacidades de los equipos, está totalmente saturado el rendimiento del enlace antes analizado, en esta extensión tuvo un aumento en gran manera la cantidad de usuarios y de dispositivos de red.

Los dispositivos actuales en funcionamiento no están satisfaciendo las necesidades de este campus.

- **Enlace UTN – FCCSS (Antiguo Hospital SVP):** Existe un error en la tarjeta inalámbrica de la estación, se desconecta cada cierto tiempo lo que afecta en su totalidad la conectividad hacia todos los servicios. Los pigtail tienen una deterioración y están aislados lo que hace que exista una variación de potencia.

- **Enlace UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO:** Este radio enlace está cumpliendo con las necesidades por no tener incremento de oficinas ni laboratorios. Se realizaría un mantenimiento a nivel de software y físico para mejorar su funcionamiento y optimizar sus capacidades.

- **Enlace UTN – GRANJA YUYUCOCHA:** Los equipos están en total funcionamiento brindando total conectividad a todos los servicios. La corrección estaría enfocada más a la parte del soporte en el cual está ubicado el equipo estacionario ya que no es el adecuado.

De la misma forma se realizaría un mantenimiento a nivel de software y físico para mejorar su funcionamiento y optimizar sus capacidades.

- **Enlace UTN – CENTRO INFANTIL:** La tarjeta RB433AH de la estación se reinicia intempestivamente y es totalmente imposible tener acceso a la red desde la guardería hacia los servicios de la Universidad.

- ***Enlace UTN – PLANTA TEXTIL:*** Este es uno de los más preocupantes ya que se están construyendo nuevas instalaciones para esta facultad y los equipos que están en funcionamiento son demasiado antiguos lo cual da muchos errores y un bajo rendimiento del mismo teniendo varias problemáticas y limitaciones de conexión a la red interna.

5.4 Plan de Migración

Después haber desarrollado este proyecto, están claras las problemáticas y los diferentes errores a los que están sometidos los seis enlaces de radio de la Universidad Técnica del Norte. A continuación sugeriré un modelo de equipo que logre mejorar el rendimiento y la capacidad, teniendo en cuenta las características de cada enlace.

Los dos enlaces de radio que requieren más capacidad por su planificación de incremento en obra civil y por el aumento espontáneo de estudiantes, docentes, administrativos y oficinas son los que se mencionan a continuación:

- ***Enlace UTN – AZAYA / AZAYA – GRANJA PRADERA***
- ***Enlace UTN – PLANTA TEXTIL***

Las opciones óptimas capaces de satisfacer las necesidades de cada uno teniendo en cuenta su funcionamiento a largo plazo son los siguientes modelos:

Equipo Ubiquiti Rocket M5 como se muestra en la Figura 123, es un radio resistente de alta potencia, MIMO 2×2 (Multiple-input / Multiple-output). Cuenta con un rendimiento increíble y un alcance máximo de 50km y con una tasa de transmisión de 150 Mbps teóricos. El dispositivo fue diseñado específicamente para el aire libre punto a punto y PTMP aplicaciones Airmax estación base diseñado para la implementación de enlaces de radio principales.



Figura 123. Ubiquiti Rocket M5

Fuente: Recuperado de <http://it7net.com/wp-content/uploads/2016/06/2-7.jpg>

Equipo Mikrotik BaseBox 5 como se muestra en la Figura 124, es un equipo de gama alta. Cuenta con un alcance máximo de 45km y con una tasa de transmisión de 120 Mbps teóricos. Este dispositivo fue diseñado específicamente para enlaces punto a punto.



Figura 124. Mikrotik RouterBoard BaseBox 5

Fuente: Recuperado de https://img.routerboard.com/mimg/779_m.png

Cualquiera de los dos equipos antes detallados necesita de la antena que se muestra en la Figura 125, con un Dish de 30 dBi cumpliría con las necesidades del enlace, la conexión es utilizando dos pigtail conectados directamente a las polaridades con las que cuentan cada uno de ellos.



Figura 125. Antena Dish

Fuente: Recuperado de <http://wanlantelecomunicaciones.com/images/ubiquiti/rd-5g30.jpg>

Al no tener un incremento o una saturación en cada una de las extensiones universitarias descritas a continuación:

- ***Enlace UTN – FCCSS (Antiguo Hospital SVP)***
- ***Enlace UTN – CENTRO INFANTIL***

Los equipos de los Enlaces (UTN – AZAYA / AZAYA – GRANJA PRADERA y UTN – PLANTA TEXTIL) que serían reemplazados por los modelos antes sugeridos, pueden suplir las necesidades que requiere cada extensión universitaria, después de haberles realizado un mantenimiento total como se ha especificado anteriormente. En este caso sería el cambio a equipos Ubiquiti NanoBridge M5 como se muestra en la Figura 75. Mediante el análisis realizado anteriormente se determinó que en los siguientes dos enlaces descritos no se encontraron problemáticas en los equipos, por lo cual no existe fundamento real para realizar un cambio de los mismos.

- ***Enlace UTN – GRANJA YUYUCOCHA***
- ***Enlace UTN – COLEGIO UNIVERSITARIO***

5.5 Beneficios de la realización de los cambios

Al tomar en cuenta los cambios que se recomiendan anteriormente, los enlaces de radio adoptarían las siguientes características:

- Disponibilidad del servicio en un mayor tiempo posible, evitando que los seis campus externos tengan pérdida de comunicación hacia todos los servicios de la UTN.
- Mejoraría el rendimiento de cada equipo que se encuentra en funcionamiento, logrando optimizar los recursos de cada uno.
- Cumplir con las necesidades y requerimientos de los laboratorios, aulas y usuarios dentro de cada instalación a la cual se está brindando el servicio.
- El correcto funcionamiento y la optimización de los equipos beneficiara al desarrollo y avance de la UTN, por ser un requisito de acreditación el registro de los enlaces de radio que se encuentren un modo de operación correcto según las especificaciones dadas por el ARCOTEL.

CONCLUSIONES

Con la ayuda de libros, información y varias herramientas inalámbricas se consiguió analizar, identificar y detectar cada uno de los parámetros con los que se encuentran en funcionamiento los seis enlaces de radio de la Universidad Técnica del Norte, logrando determinar el nivel de eficiencia con la que están brindando el servicio a cada una de las extensiones de la UTN, obteniendo determinar los errores y proponiendo los correctivos necesarios.

Se verificó la frecuencia en cual está en funcionamiento cada equipo Access Point, basándose en las leyes que están establecidas actualmente en el país por el ente regulador, en cuanto a las telecomunicaciones y uso del espectro radioeléctrico que especifica claramente las sanciones a cada una de las infracciones cometidas,

Se logró tener en claro la situación actual de configuraciones, estado y funcionamiento de los equipos con la realización del levantamiento de información de los seis enlaces de radio.

Analizado el rendimiento y funcionamiento se consiguió determinar los cambios necesarios de equipos y la corrección de errores en la parte de configuraciones que se debe realizar para tener un óptimo funcionamiento y un rendimiento adecuado para cada uno de ellos.

Al haber escogido un modelo determinado el cual ayudó a corregir los errores que se están suscitando en los seis enlaces de radio ya implementados, se obtuvo una guía aprobada sobre la realización y planificación completa para el desarrollo de los mismos logrando dimensionar según las necesidades que se requiera.

Con la ayuda de este análisis se pueden tomar en cuenta varios parámetros de cambio que ayudaran para la regularización, ya que es parte de la acreditación para la Universidad Técnica del Norte tener registrado los enlaces de radio ante el ente regulador.

RECOMENDACIONES

Corregir todos los parámetros que se encuentran con fallas a nivel físico y de configuración en los equipos, determinados anteriormente en el capítulo 5.

Realizar mantenimiento a todos los dispositivos físicos activos y pasivos de todos los radio enlaces.

Continuamente actualizar la versión de firmware de cada dispositivo que brinda cada fabricante.

Monitorear el rendimiento de cada uno de los radio enlaces, logrando anticipar e identificar algún tipo de error.

Realizar un barrido de todas las frecuencias que se están usando en el medio de transmisión para evitar interferencia y pérdidas de la señal.

Utilizar la frecuencia permitida para una identidad educativa pública según permita el ente regulador. Se debe tener en cuenta la definición de bandas libres dentro de los marcos regulatorios, que dan la posibilidad de utilizar esas porciones del espectro electromagnético para la implementación de redes a costos asequibles.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Corrosión

Deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno., 176

Diafonía

Perturbación electromagnética producida en un canal de comunicación por el acoplamiento de este con otro u otros vecinos., 19

Downlink

Es el término utilizado para representar el enlace entre un satélite y la Tierra., 33

Ethernet

Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones. Véase

Interoperabilidad

Es la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada., 27

Modulación

Conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal., 13

Multiplexor

Son circuitos combinatoriales con varias entradas y una única salida de datos. Están dotados de entradas de control capaces de seleccionar una, y sólo una, de las entradas de datos para permitir su transmisión desde la entrada seleccionada hacia dicha salida., 178

Omnidireccional

Que se puede utilizar en todas las direcciones o sentidos, 18

Pararrayos

Es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizado del aire para conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas o construcciones., 175

Radiodifusión

Es un término que designa el servicio de emisión de señales de radio y televisión para uso público generalizado o muy amplio., 28

Receptor

En el área de comunicación, es el dispositivo que recibe la información que envía el emisor., 13

Telecomunicaciones

Es toda transmisión y recepción de señales de cualquier naturaleza, típicamente electromagnéticas, que contengan signos, sonidos, imágenes o, en definitiva, cualquier tipo de información que se desee comunicar a cierta distancia., 16

Uplink

Es el término utilizado en un enlace de comunicación para la transmisión de señales de radio (RF) desde una estación o terminal ubicado en la Tierra a una plataforma en suspensión o movimiento ubicada en el espacio, como por ejemplo un satélite, una sonda espacial o una nave espacial., 33

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones. (11 de Julio de 2011). *Instructivo Formularios Redes de Acceso Universal de Internet*. Obtenido de www.arcotel.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=579
- Asamblea Nacional. (18 de Febrero de 2015). *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/LEY-ORGANICA-DE-TELECOMUNICACIONES.pdf>
- Bateman, A. (2013). *Comunicaciones digitales: Diseño para el mundo real*. España: Marcombo. Recuperado el 15 de 10 de 2015
- Bradner, S., & McQuaid, J. (Marzo de 1999). *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*. Obtenido de <https://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>
- CHW. (Octubre de 2015). *Diferencia dbi y dbm*. Obtenido de <http://www.chw.net/foro/internet-y-redes/126047-diferencia-dbi-y-dbm.html>
- Comunidad Informática CCM. (2013). *Conector RJ45*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/187-conector-rj45>
- CONATEL. (4 de Julio de 2012). *Plan Nacional de Frecuencias*. Obtenido de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf
- Creative Commons. (s.f.). *Enciclopedia Redes Wifi*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi#goprev>
- Electricistas BsAs. (2012). *Toma de Tierra*. Obtenido de <http://www.electricistabsas.com.ar/puesta.htm>
- Gobierno de Chile. (11 de Junio de 2012). *Subsecretaría de Telecomunicaciones*. Obtenido de http://www.subtel.gob.cl/images/stories/apoyo_articulos/notas_prensa/preguntas_respuestas_nueva_ley_torres_antenas.pdf
- Huidobro, J. M. (2013). *Antenas de telecomunicaciones*. Recuperado el 05 de 11 de 2015, de http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf
- Kuhlmann, F., & Alonso, A. (1996). *Información y Telecomunicaciones*. Obtenido de [Redes de Telecomunicaciones:](#)

- http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_8.htm
- Las redes inalámbricas. (s.f.). Obtenido de http://www.informaticamoderna.com/Redes_inalam.htm
- Macrotics Especialistas en Telecomunicaciones. (18 de Enero de 2016). *Ubiquiti Colombia*. Obtenido de <http://www.ubiquiticolombia.com/mikrotik-rb411ah/>
- Martinez, T. (2013). *Telequismo (Blog de Telecomunicaciones)*. Obtenido de <http://www.telequismo.com/2012/12/banda-libre-vs-banda-licenciada.html>
- Palmero, R. (Febrero de 2014). *Tipos de cables: UTP,STP, FTP*. Obtenido de <https://rafaelpalmero.wordpress.com/2011/02/01/tipos-de-cables-utpstp-ftp/>
- París Diaz, M. (2008). *Universidad Rey Juan Carlos*. Obtenido de <http://docencia.etsit.urjc.es/moodle/mod/forum/discuss.php?d=11068&parent=31700>
- Perez Torres, S. E., Ramón Dominguez, I. D., & Carrillo Antonio, I. (17 de Agosto de 2010). *Teoria de las comunicaciones*. Obtenido de http://sergios89.blogspot.com/2010/08/conceptos-de-ruido-interferencia-y_17.html
- Pollonais, M., & Bermudez, V. (Agosto de 2014). *Instituto Universitario Santiago Mariño*. Obtenido de Modulación FM: <http://wikitel.info/wiki/Frecuencia>
- PRINCIVI. (2013). *Torres para Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.principi.com/torres.html>
- Radiocomunicaciones.net. (2013). *Teoría de Antenas*. Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/teoria-antenas.html>
- Radiocomunicaciones.net. (2014). *Radioenlaces*. Obtenido de Radiocomunicaciones.net
- Restrepo Angulo, J. (2010). *Conceptos Básicos de Ingeniería de Radiopropagación. Compendio de Telecomunicaciones #3*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Rodriguez, S. (2009). *Modelo de Calidad de Servicio para una Red de Datos HSDPA*. Santiago de Chile.
- Salazar López, J. C., & Villegas Berny, P. I. (22 de Octubre de 2012). *Sistema de un Enlace Punto a Punto / Multipunto*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/PIVB/sistema-de-enlace-punto-a-multipunto>
- Savage, D. (2014). *Mikrotik Nv2*. Obtenido de <http://mum.mikrotik.com/presentations/AU11/au-savage.pdf>

- Scaniello, P. (14 de Noviembre de 2008). *Instituto de Ingeniería Eléctrica*. Obtenido de http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/perfredes/trabajos/trabajos_2005/dispositivos/dispRedes.pdf
- Silva, L. (20 de 03 de 2012). *Enlaces Inalámbricos*. Obtenido de <http://enlacesinalambricos.blogspot.com/2012/03/inalambricos-los-enlaces-inalambricos.html>
- SISTELEC. (2012). *Sistemas Electrónicos y Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.sistelec.com.co/index.php/productos-y-servicios/mi-velocidad-de-internet/metodologia-ancho-de-banda.html>
- SYSCOM. (05 de 10 de 2015). Obtenido de <http://www.syscom.com.mx/anuncios/redes/preguntas-frecuentes-de-redes-inalambricas.php>
- Universidad Técnica del Norte. (2016). *Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de http://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2008
- Vela Remache, P. A. (Abril de 2105). Estudio y Diseño de un Radio Enlace para Transmisión de Datos, e Internet en Frecuencia Libre para la Cooperativa Indígena "Alfa y Omega" utilizando equipos AirMax de Ubiquiti. Quito, Pichincha, Ecuador.
- WIFI Center, C.A. (Noviembre de 2014). *Tecnología AirMax*. Obtenido de <http://www.wificenter.com.ve/tecnologia-airmax/>
- WNI. (2015). *Wireless solution*. Obtenido de Conceptos sobre Línea de Vista: http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=50:los&catid=31:general&Itemid=79

ANEXOS

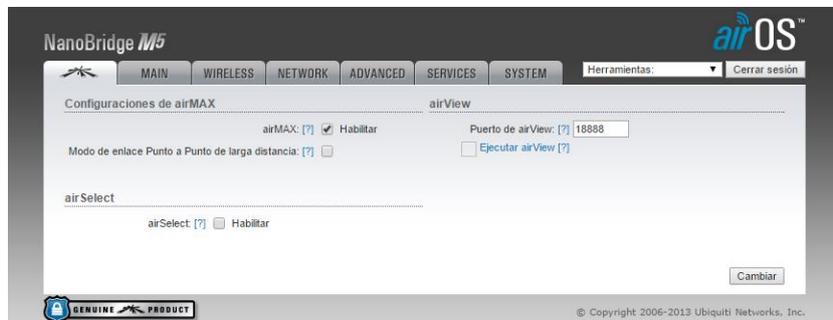
ANEXO A

A continuación se muestra las configuraciones de los enlaces de radio, implementados en la marca Ubiquiti.

La Pradera - Lomas de Azaya (Access Point)

En las siguientes figuras están todas las configuraciones del equipo, presentando cada una de las configuraciones dentro de las opciones que tiene el equipo.

Pestaña Principal: En esta ventana se encuentra la opción de AirMax.



Pestaña Main: Se obtiene todos los datos del enlace.



Pestaña Wireless: En esta ventana están todas las configuraciones inalámbricas para el equipo en modo AP.

NanoBridge M5 airOS™

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Herramientas: Cerrar sesión

Configuración Inalámbrica Básica

Modo inalámbrico: Punto de Acceso

WDS (Modo Puente Transparente): Habilitar

SSID: PRADERA-AZAYA Ocultar SSID

Código de País: Czech Republic

Modo IEEE 802.11: A/N mixed

DFS: Habilitar

Ancho del canal: 40 MHz

Movimiento de canal: Desactivar

Frecuencia, MHz: Automático

Extensión de Canal: Ninguna

Lista de Frecuencias, MHz: Habilitar

Ajustar automáticamente el límite de EIRP: Habilitar

Antena: Not specified

Potencia de salida: 23 dBm

Data Rate Module: Default

Máxima Tasa de Transmisión (Tx), Mbps: MCS 15 - 300 Automático

Seguridad Inalámbrica

Seguridad: WPA2-AES

Autenticación WPA: PSK

Clave pre-compartida WPA: utnazaya2015 Mostrar

ACL de MAC: Habilitar

Pestaña Network: En esta ventana se elige el modo de red en el cual va a trabajar y la asignación de una IP para la identificación del equipo.

NanoBridge M5 airOS™

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Herramientas: Cerrar sesión

Rol de la red

Modo de red: Puente (Bridge)

Desactivar red: None

Modo de Configuración

Modo de Configuración: Simple

Configuración de Administración de red

Dirección IP de Administración: DHCP Estática

Dirección IP: 172.16.1.173

Máscara de red: 255.255.255.0

IP de la Puerta de Acceso: 172.16.1.1

IP del DNS principal:

IP DNS Secundario:

MTU: 1500

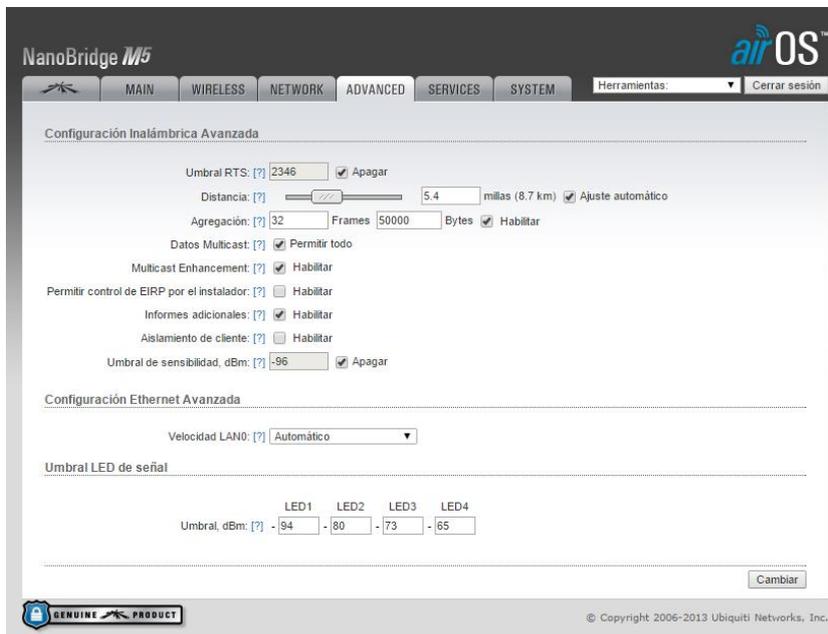
VLAN de Administración: Habilitar

IP aliasing automático: Habilitar

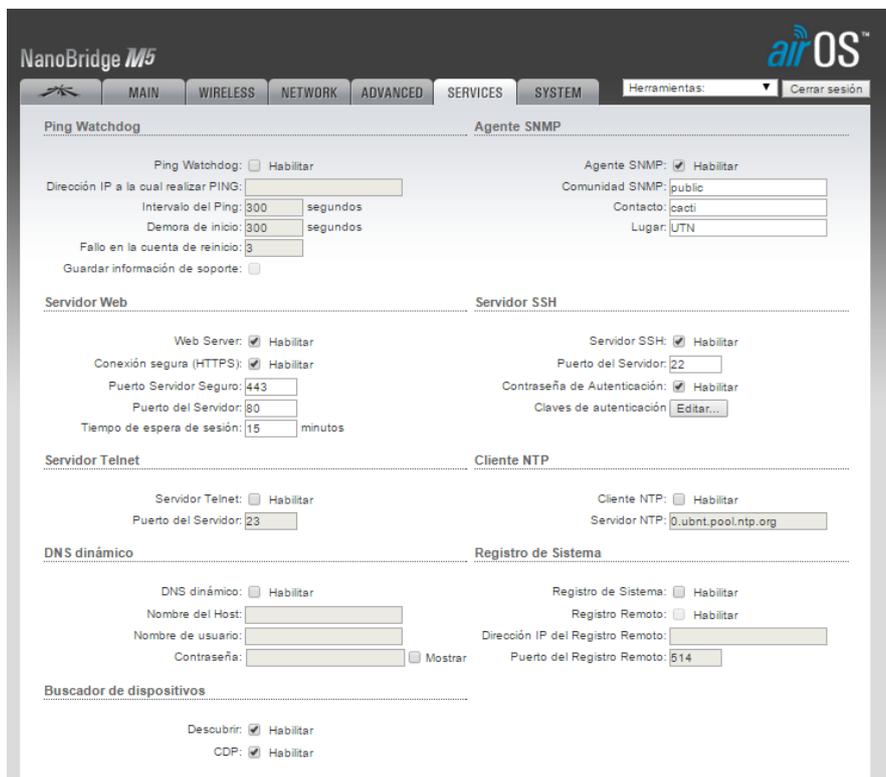
STP: Habilitar

GENUINE PRODUCT © Copyright 2006-2013 Ubiquiti Networks, Inc.

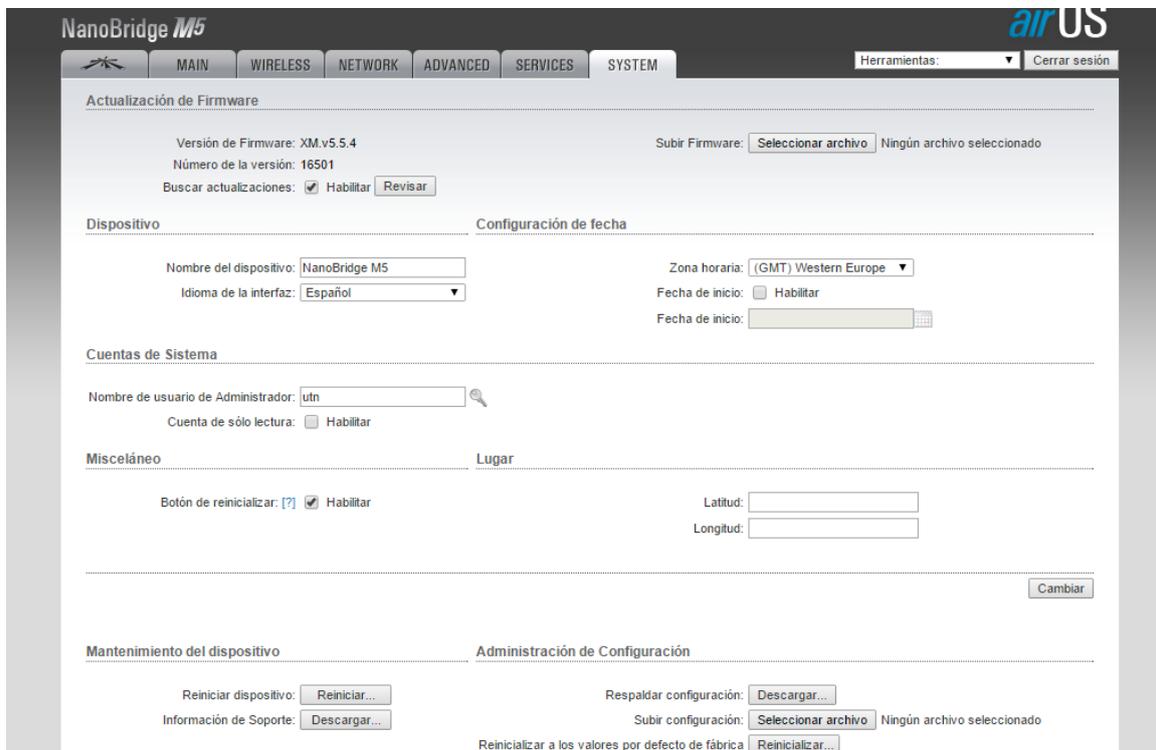
Pestaña Advanced: Esta ventana está distribuida para la parte de distancia entre los equipos que están realizando el enlace.



Pestaña Services: Todos los protocolos o servicios que se desee trabajar se encuentran en esta pestaña con la finalidad de realizar una configuración avanzada.



Pestaña System: Para la configuración de cuentas, actualizaciones, mantenimiento y admistración se la realiza desde esta ventana que se muestra a continuación.



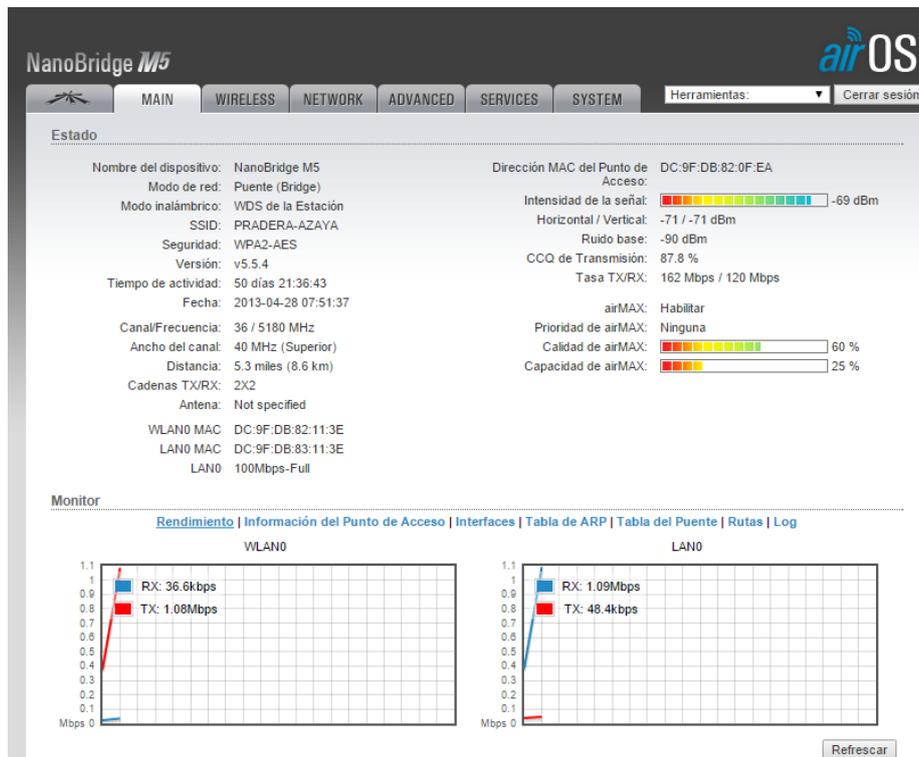
Lomas de Azaya – Granja La Pradera (Estación)

En las siguientes figuras están todas las configuraciones del equipo, presentando cada una de las configuraciones dentro de las opciones que tiene el equipo.

Pestaña Principal: En esta ventana se encuentra la opción de AirMax.



Pestaña Main: Se obtiene todos los datos del enlace.



Pestaña Wireless: En esta ventana están todas las configuraciones inalámbricas para el equipo en modo ST.

NanoBridge M5 airOS™

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Herramientas: Cerrar sesión

Configuración Inalámbrica Básica

Modo inalámbrico: Estación

WDS (Modo Puente Transparente): Habilitar

SSID: PRADERA-AZAYA [Seleccione...]

Fijar a la MAC del Punto de Acceso: DC:9F:DB:82:0F:EA

Código de País: Czech Republic [Cambiar...]

Modo IEEE 802.11: A/N mixed

DFS: Habilitar

Ancho del canal[?]: Auto 20/40 MHz

Movimiento de canal[?]: Desactivar

Lista de Frecuencias a escanear, MHz: Habilitar

Ajustar automáticamente el límite de EIRP: Habilitar

Antena: Not specified

Potencia de salida: 23 dBm

Data Rate Module: Default

Máxima Tasa de Transmisión (Tx), Mbps: MCS 15 - 130 [300] Automático

Seguridad Inalámbrica

Seguridad: WPA2-AES

Autenticación WPA: PSK

Clave pre-compartida WPA: utnazaya2015 Mostrar

[Cambiar]

GENUINE PRODUCT

© Copyright 2006-2013 Ubiquiti Networks, Inc.

Pestaña Network: En esta ventana se elige el modo de red en el cual va a trabajar y la asignación de una IP para la identificación del equipo.

NanoBridge M5 airOS™

MAIN WIRELESS **NETWORK** ADVANCED SERVICES SYSTEM Herramientas: Cerrar sesión

Rol de la red

Modo de red:

Desactivar red:

Modo de Configuración

Modo de Configuración:

Configuración de Administración de red

Dirección IP de Administración: DHCP Estática

Dirección IP:

Máscara de red:

IP de la Puerta de Acceso:

IP del DNS principal:

IP DNS Secundario:

MTU:

VLAN de Administración: Habilitar

IP aliasing automático: Habilitar

STP: Habilitar

GENUINE PRODUCT © Copyright 2006-2013 Ubiquiti Networks, Inc.

Pestaña Advanced: Esta ventana está distribuida para la parte de distancia entre los equipos que están realizando el enlace.

NanoBridge M5 airOS™

MAIN WIRELESS NETWORK **ADVANCED** SERVICES SYSTEM Herramientas: Cerrar sesión

Configuración Inalámbrica Avanzada

Umbral RTS: Apagar

Distancia: millas (8.2 km) Ajuste automático

Agregación: Frames Bytes Habilitar

Datos Multicast: Permitir todo

Permitir control de EIRP por el instalador: Habilitar

Informes adicionales: Habilitar

Umbral de sensibilidad, dBm: Apagar

Configuración Ethernet Avanzada

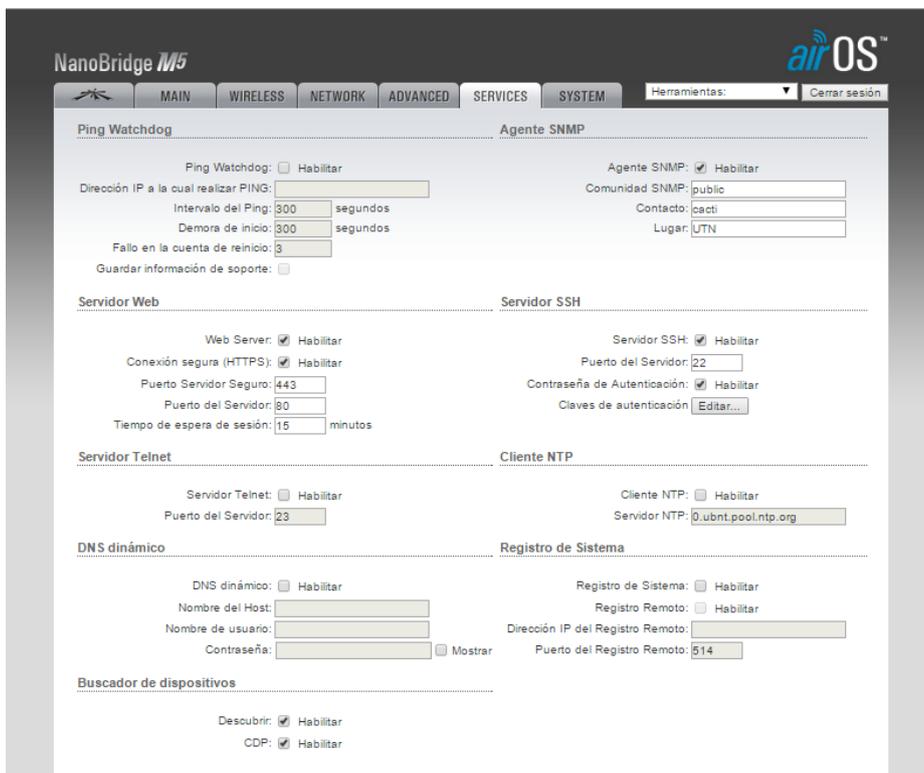
Velocidad LAN0:

Umbral LED de señal

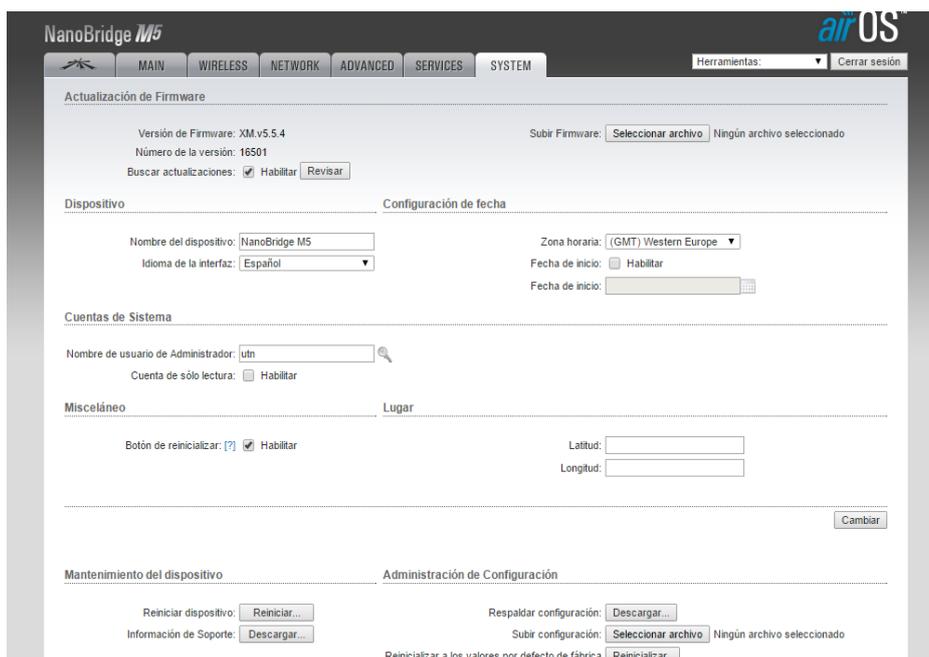
Umbral, dBm: - - -

GENUINE PRODUCT © Copyright 2006-2013 Ubiquiti Networks, Inc.

Pestaña Services: Todos los protocolos o servicios que se desee trabajar se encuentran en esta pestaña con la finalidad de realizar una configuración avanzada.



Pestaña System: Para la configuración de cuentas, actualizaciones, mantenimiento y administración se la realiza desde esta ventana que se muestra a continuación.



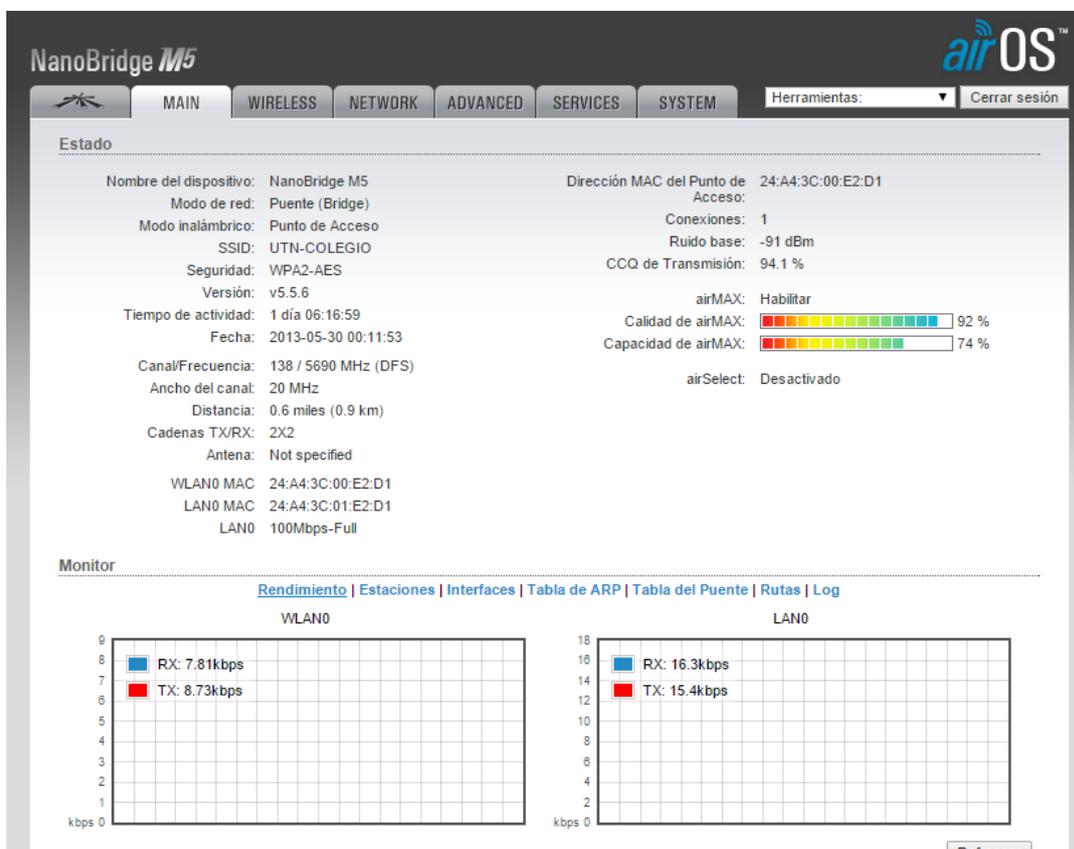
Terraza Edificio Central – Colegio UTN (Access Point)

En las siguientes figuras están todas las configuraciones del equipo, presentando cada una de las configuraciones dentro de las opciones que tiene el equipo.

Pestaña Principal: En esta ventana se encuentra la opción de AirMax.



Pestaña Main: Se obtiene todos los datos del enlace.



Pestaña Wireless: En esta ventana están todas las configuraciones inalámbricas para el equipo en modo AP.

The screenshot shows the 'Configuración Inalámbrica Básica' (Basic Wireless Configuration) page in the airOS interface. The page is divided into two main sections: 'Configuración Inalámbrica Básica' and 'Seguridad Inalámbrica'.

Configuración Inalámbrica Básica:

- Modo inalámbrico: Punto de Acceso
- WDS (Modo Puente Transparente): Habilitar
- SSID: UTN-COLEGIO Ocultar SSID
- Código de País: United States
- Modo IEEE 802.11: A/N mixed
- Ancho del canal: 20 MHz
- Movimiento de canal: Desactivar
- Frecuencia, MHz: Automático
- Extensión de Canal: Ninguna
- Lista de Frecuencias, MHz: Habilitar
- Ajustar automáticamente el límite de EIRP: Habilitar
- Antena: Not specified
- Potencia de salida: 23 dBm
- Data Rate Module: Default
- Máxima Tasa de Transmisión (Tx), Mbps: MCS 15 - 130 Automático

Seguridad Inalámbrica:

- Seguridad: WPA2-AES
- Autenticación WPA: PSK
- Clave pre-compartida WPA: utncolegio2015 Mostrar
- ACL de MAC: Habilitar

A 'Cambiar' button is located at the bottom right of the configuration area.

Pestaña Network: En esta ventana se elige el modo de red en el cual va a trabajar y la asignación de una IP para la identificación del equipo.

The screenshot shows the 'Configuración de Administración de red' (Network Administration Configuration) page in the airOS interface. The page is divided into three main sections: 'Rol de la red', 'Modo de Configuración', and 'Configuración de Administración de red'.

Rol de la red:

- Modo de red: Puente (Bridge)
- Desactivar red: None

Modo de Configuración:

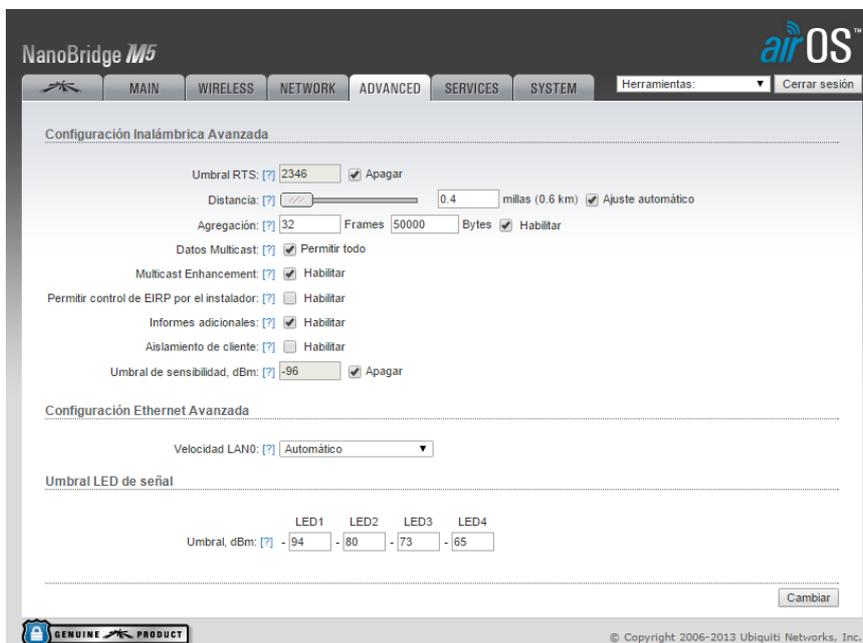
- Modo de Configuración: Simple

Configuración de Administración de red:

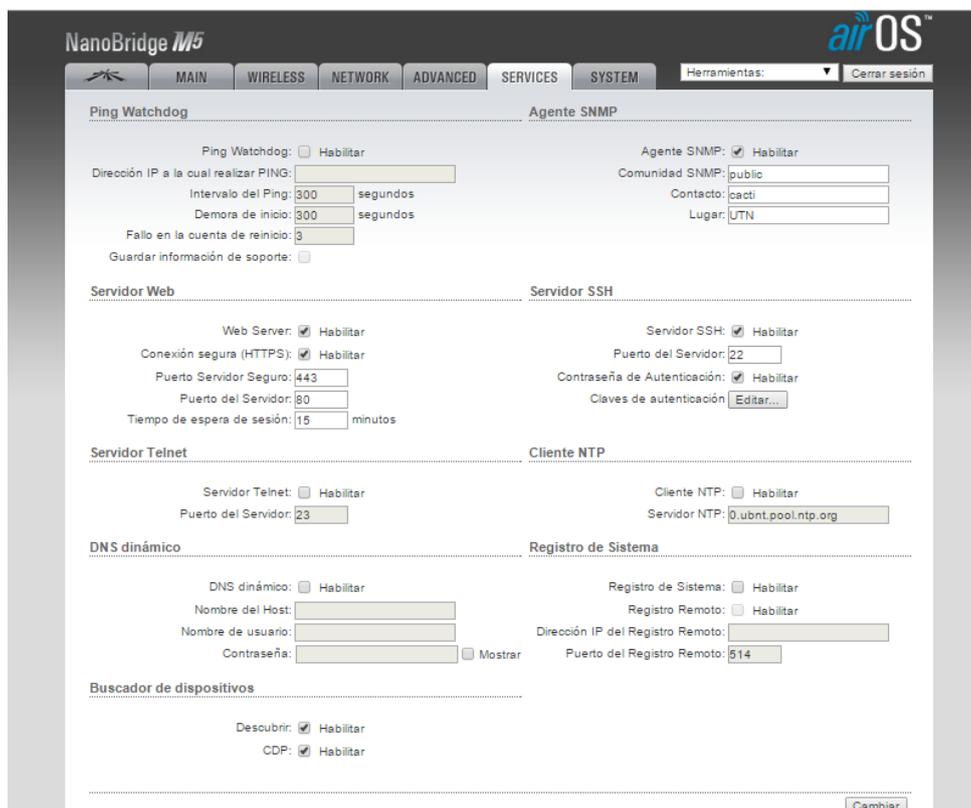
- Dirección IP de Administración: DHCP Estática
- Dirección IP: 172.16.1.178
- Máscara de red: 255.255.255.0
- IP de la Puerta de Acceso: 172.16.1.1
- IP del DNS principal: 172.16.1.254
- IP DNS Secundario:
- MTU: 1500
- VLAN de Administración: Habilitar
- IP aliasing automático: Habilitar
- STP: Habilitar

A 'Cambiar' button is located at the bottom right of the configuration area.

Pestaña Advanced: Esta ventana está distribuida para la parte de distancia entre los equipos que están realizando el enlace.



Pestaña Services: Todos los protocolos o servicios que se desee trabajar se encuentran en esta pestaña con la finalidad de realizar una configuración avanzada.



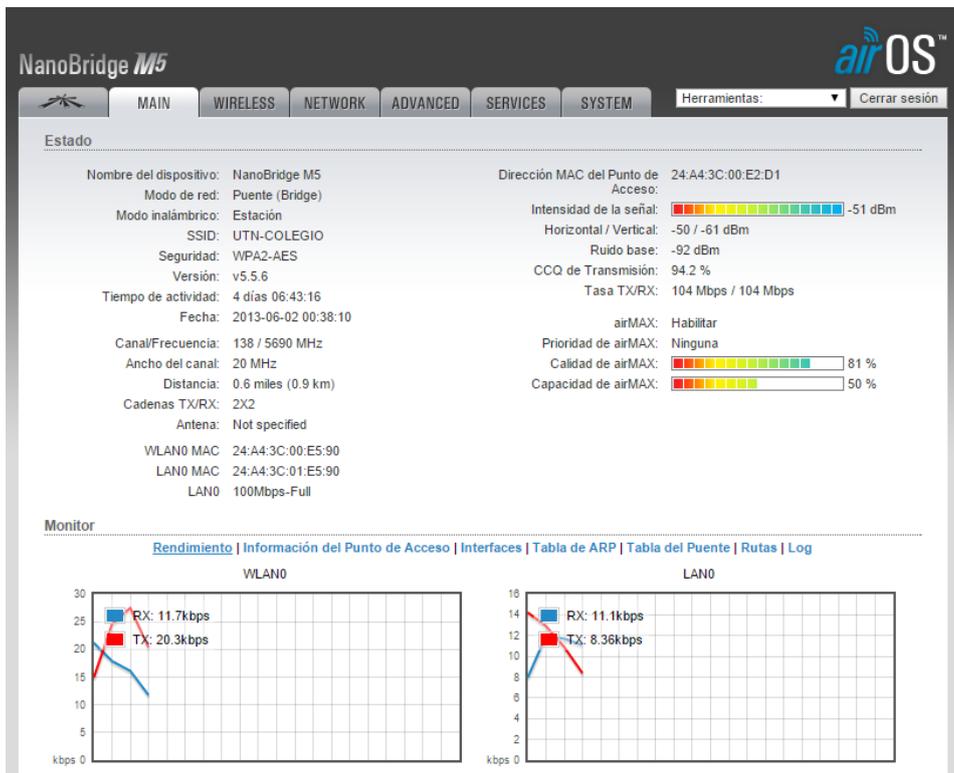
Pestaña System: Para la configuración de cuentas, actualizaciones, mantenimiento y administración se la realiza desde esta ventana que se muestra a continuación.

Terraza Edificio Central – Colegio UTN (Estación)

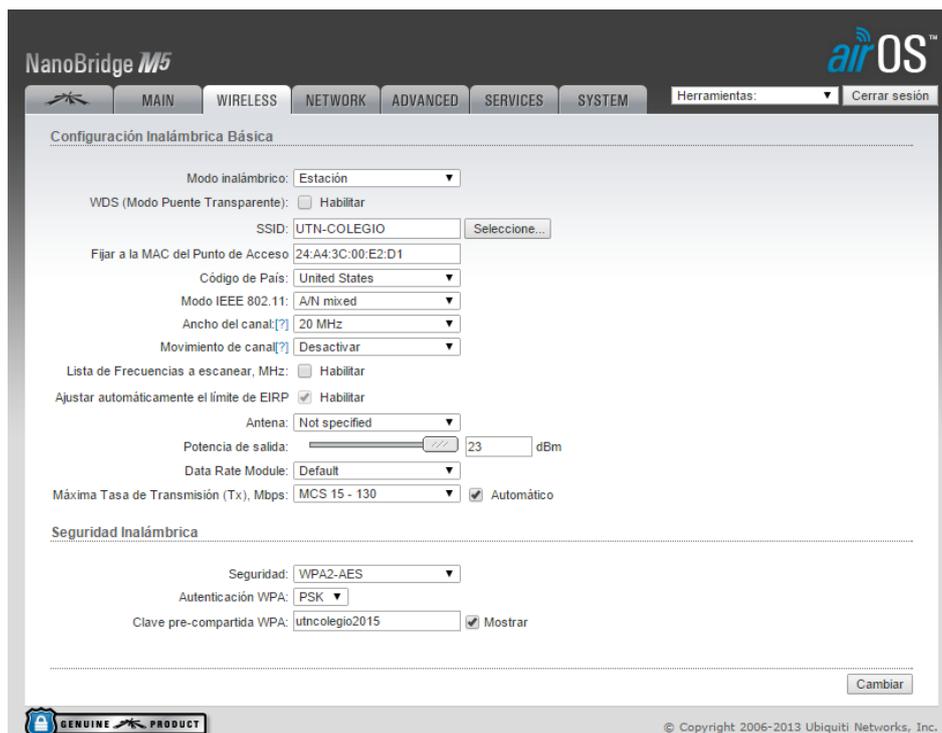
En las siguientes figuras están todas las configuraciones del equipo, presentando cada una de las configuraciones dentro de las opciones que tiene el equipo.

Pestaña Principal: En esta ventana se encuentra la opción de AirMax.

Pestaña Main: Se obtiene todos los datos del enlace.



Pestaña Wireless: En esta ventana están todas las configuraciones inalámbricas para el equipo en modo ST.



Pestaña Network: En esta ventana se elige el modo de red en el cual va a trabajar y la asignación de una IP para la identificación del equipo.

NanoBridge M5 airOS™

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Herramientas: Cerrar sesión

Rol de la red

Modo de red: Puente (Bridge)

Desactivar red: None

Modo de Configuración

Modo de Configuración: Simple

Configuración de Administración de red

Dirección IP de Administración: DHCP Estática

Dirección IP: 172.16.1.179

Máscara de red: 255.255.255.0

IP de la Puerta de Acceso: 172.16.1.178

IP del DNS principal: 172.16.1.254

IP DNS Secundario: 8.8.8.8

MTU: 1500

VLAN de Administración: Habilitar

IP aliasing automático: Habilitar

STP: Habilitar

© Copyright 2006-2013 Ubiquiti Networks, Inc.

Pestaña Advanced: Esta ventana está distribuida para la parte de distancia entre los equipos que están realizando el enlace.

NanoBridge M5 airOS™

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Herramientas: Cerrar sesión

Configuración Inalámbrica Avanzada

Umbral RTS: [?] 2346 Apagar

Distancia: [?] 3.1 millas (5 km) Ajuste automático

Agregación: [?] 32 Frames 50000 Bytes Habilitar

Datos Multicast: [?] Permitir todo

Permitir control de EIRP por el instalador: [?] Habilitar

Informes adicionales: [?] Habilitar

Umbral de sensibilidad, dBm: [?] -96 Apagar

Configuración Ethernet Avanzada

Velocidad LAN0: [?] Automático

Umbral LED de señal

| | LED1 | LED2 | LED3 | LED4 |
|--------------|------|------|------|------|
| Umbral, dBm: | - 94 | - 80 | - 73 | - 65 |

© Copyright 2006-2013 Ubiquiti Networks, Inc.

Pestaña Services: Todos los protocolos o servicios que se desee trabajar se encuentran en esta pestaña con la finalidad de realizar una configuración avanzada.

The screenshot shows the 'SERVICES' tab in the NanoBridge M5 web interface. It features several configuration panels:

- Ping Watchdog:** Includes checkboxes for 'Habilitar' and input fields for 'Dirección IP a la cual realizar PING', 'Intervalo del Ping' (300 segundos), 'Demora de inicio' (300 segundos), 'Fallo en la cuenta de reinicio' (3), and 'Guardar información de soporte'.
- Agente SNMP:** Includes checkboxes for 'Habilitar' and input fields for 'Comunidad SNMP' (public), 'Contacto', and 'Lugar'.
- Servidor Web:** Includes checkboxes for 'Web Server' and 'Conexión segura (HTTPS)', and input fields for 'Puerto Servidor Seguro' (443), 'Puerto del Servidor' (80), and 'Tiempo de espera de sesión' (15 minutos).
- Servidor SSH:** Includes checkboxes for 'Servidor SSH' and 'Contraseña de Autenticación', and input fields for 'Puerto del Servidor' (22) and 'Claves de autenticación' (with an 'Editar...' button).
- Servidor Telnet:** Includes checkboxes for 'Servidor Telnet' and an input field for 'Puerto del Servidor' (23).
- Cliente NTP:** Includes checkboxes for 'Cliente NTP' and an input field for 'Servidor NTP' (0.ubnt.pool.ntp.org).
- DNS dinámico:** Includes checkboxes for 'DNS dinámico' and input fields for 'Nombre del Host', 'Nombre de usuario', and 'Contraseña' (with a 'Mostrar' checkbox).
- Registro de Sistema:** Includes checkboxes for 'Registro de Sistema' and 'Registro Remoto', and input fields for 'Dirección IP del Registro Remoto' and 'Puerto del Registro Remoto' (514).
- Buscador de dispositivos:** Includes checkboxes for 'Descubrir' and 'CDP'.

A 'Cambiar' button is located at the bottom right of the configuration area.

Pestaña System: Para la configuración de cuentas, actualizaciones, mantenimiento y admistración se la realiza desde esta ventana que se muestra a continuación.

The screenshot shows the 'SYSTEM' tab in the NanoBridge M5 web interface. It features several configuration panels:

- Actualización de Firmware:** Shows 'Versión de Firmware: XM.v5.5.6' and 'Número de la versión: 17762'. Includes a 'Subir Firmware' button with a 'Seleccionar archivo' dropdown and a 'Ningún archivo seleccionado' message. A 'Buscar actualizaciones' checkbox is checked, with a 'Revisar' button.
- Dispositivo:** Includes input fields for 'Nombre del dispositivo' (NanoBridge M5) and 'Idioma de la interfaz' (Español).
- Configuración de fecha:** Includes a 'Zona horaria' dropdown (GMT Western Europe), a 'Fecha de inicio' checkbox, and a date input field.
- Cuentas de Sistema:** Includes an input field for 'Nombre de usuario de Administrador' (utn) and a 'Cuenta de sólo lectura' checkbox.
- Misceláneo:** Includes a 'Botón de reinicializar' checkbox (checked) and input fields for 'Latitud' and 'Longitud'.
- Administración de Configuración:** Includes buttons for 'Reiniciar dispositivo', 'Reinicializar a los valores por defecto de fábrica', 'Respaldar configuración', 'Subir configuración', and 'Reinicializar...'. A 'Subir configuración' dropdown is set to 'Ningún archivo seleccionado'.

A 'Cambiar' button is located at the bottom right of the configuration area.

A continuación se muestra las configuraciones de los enlaces de radio, implementados en la marca Ubiquiti, teniendo en cuenta que la interfaz gráfica es diferente debido a que es otro modelo de equipo el cual se está usando.

Terraza Edificio Central – Planta Textil (Access Point)

En las siguientes figuras están todas las configuraciones del equipo, presentando cada una de las configuraciones dentro de las opciones que tiene el equipo.

Pestaña Main: Se obtiene todos los datos del enlace.

The screenshot shows the configuration page for a Ubiquiti NanoStation5. The interface includes a navigation menu with tabs for Main, Link Setup, Network, Advanced, Services, and System. The 'Main' tab is selected, displaying various configuration fields for the radio link. Below the configuration fields are three summary sections: LAN ESTADÍSTICAS, ESTADÍSTICAS WLAN, and ERRORES WLAN, each with a table of performance metrics.

AirOS™
by Ubiquiti Networks

UBIQUITI NETWORKS
NanoStation5

SSID Estación Base:
Frecuencia:
Antena:
Seguridad:
Tiempo en funcionamiento:
Cable LAN:
LAN MAC:
MAC WLAN:
Información Adicional:

Canal:
Noise Floor:
Time out:
Fecha:
Nombre del Host:
LAN Dirección IP:
Dirección IP WLAN:
Herramientas:

LAN ESTADÍSTICAS

| | Bytes | Paquetes | Errores |
|---------------|---|--|--------------------------------|
| Recibido: | <input type="text" value="1769927514"/> | <input type="text" value="569528706"/> | <input type="text" value="0"/> |
| Transmitidos: | <input type="text" value="6596500"/> | <input type="text" value="115581"/> | <input type="text" value="0"/> |

ESTADÍSTICAS WLAN

| | Bytes | Paquetes | Errores |
|---------------|--|--|--------------------------------|
| Recibido: | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> |
| Transmitidos: | <input type="text" value="899910936"/> | <input type="text" value="542117282"/> | <input type="text" value="2"/> |

ERRORES WLAN

| | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Rx NWID no válido: | <input type="text" value="1398433"/> | Reintentos Tx excesivos: | <input type="text" value="0"/> |
| Rx cifrado no válido: | <input type="text" value="0"/> | Señales Perdidas: | <input type="text" value="0"/> |
| Rx frag no válido: | <input type="text" value="0"/> | Otros errores: | <input type="text" value="0"/> |

Pestaña Wireless: En esta ventana están todas las configuraciones inalámbricas para el equipo en modo AP.

AirOS™
by Ubiquiti Networks

UBIQUITI NETWORKS
NanoStation5

Main | Link Setup | **Network** | Advanced | Services | System

CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA

Modo Inalámbrico:

SSID: Esconder SSID

Código País:

Modo IEEE 802.11:

Anchura del espectro de canal: Vel. máx. de datos: 54Mbps

Cambio de canal:

Canal:

Potencia de salida: dBm Obedecer potencia reglamentaria

Velocidad de datos, Mbps: Auto

SEGURIDAD INALÁMBRICA

Seguridad:

Tipo de autenticación: Abierto Clave compartida

Longitud Clave WEP: Tipo de Clave:

Clave WEP: Índice Clave:

WPA Clave Pre-Compartidas:

ACL de MAC: Habilitado Política:

Pestaña Network: En esta ventana se elige el modo de red en el cual va a trabajar y la asignación de una IP para la identificación del equipo.

AirOS™
by Ubiquiti Networks

UBIQUITI NETWORKS
NanoStation5

Main | Link Setup | **Network** | Advanced | Services | System

Modo de Red:

Disable Network:

CONFIGURACIÓN DE LA RED

Dirección IP Bridge: DHCP Estático

Dirección IP:

Máscara de red: Auto IP Aliasing:

IP Puerta de Enlace: IP Aliases:

IP DNS Primario:

IP DNS Secundario:

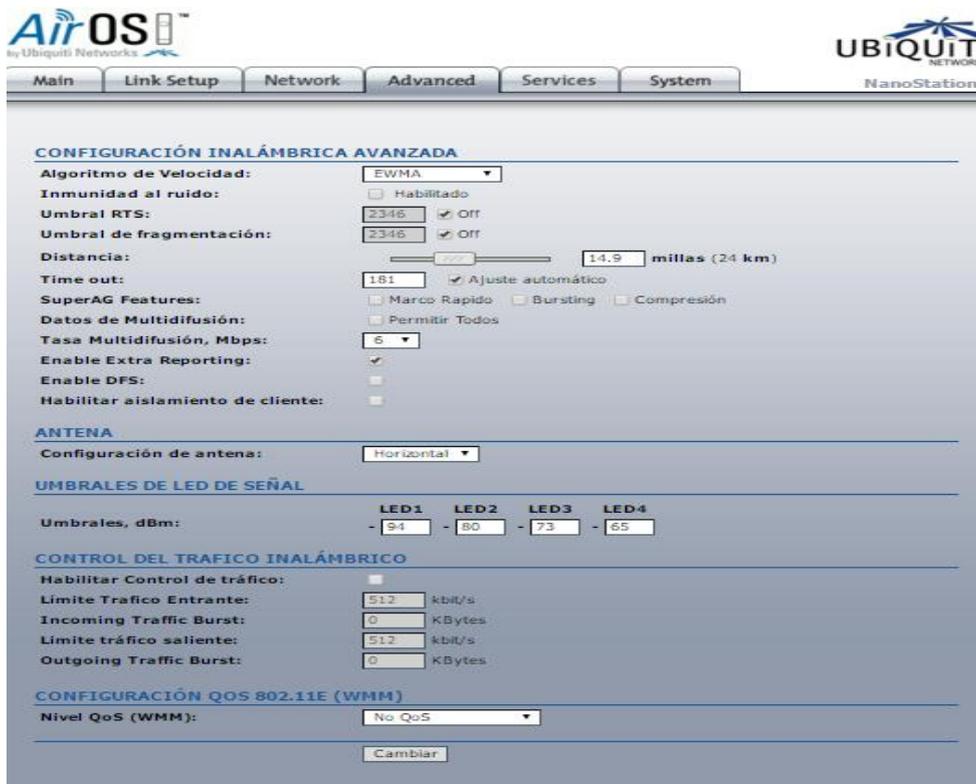
DHCP Fallback IP:

Spanning Tree Protocol:

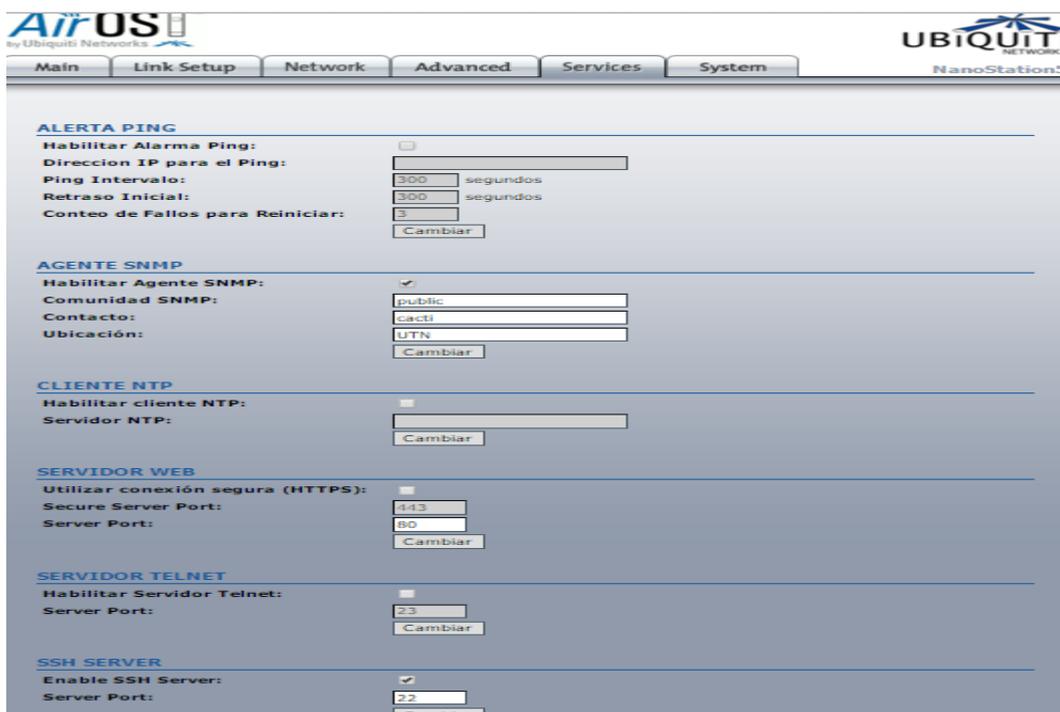
FIREWALL SETTINGS

Enable Firewall:

Pestaña Advanced: Esta ventana está distribuida para la parte de distancia entre los equipos que están realizando el enlace.



Pestaña Services: Todos los protocolos o servicios que se desee trabajar se encuentran en esta pestaña con la finalidad de realizar una configuración avanzada.



Pestaña System: Para la configuración de cuentas, actualizaciones, mantenimiento y administración se la realiza desde esta ventana que se muestra a continuación.

AirOS™
Ubiquiti Networks

UBIQUITI NETWORKS
NanoStation5

Main Link Setup Network **Advanced** Services System

FIRMWARE

Versión Firmware: XS5.ar2313.v3.5.4494.091109.1459

NOMBRE DEL HOST

Nombre del Host: AP-UTN-TEXTIL

CUENTA ADMINISTRATIVA

Usuario Administrador:
Contraseña actual:
Nueva contraseña:
Verificar nueva contraseña:

READ-ONLY ACCOUNT

Enable Read-Only Account:
Read-Only Username:
Contraseña:

IDIOMA DE LA INTERFAZ

Idioma: Español

PERSONALIZACIÓN DEL LOGO

Habilitar logo personalizado:
Logo URL de destino:
Fichero del Logo: Ningún archivo seleccionado

ADMINISTRACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN

Copia de seguridad de la configuración:
Subir configuración: Ningún archivo seleccionado

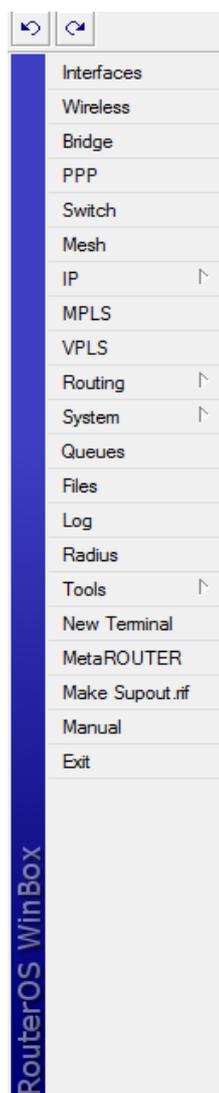
ANEXO B

A continuación se muestra las configuraciones de los enlaces de radio, implementados en la marca Mikrotik.

Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl) (Access Point)

En las siguientes figuras están todas las configuraciones del equipo, presentando cada una de las configuraciones dentro de las opciones que tiene el equipo.

Menú principal dentro de la interfaz gráfica del equipo Mikrotik.



Menú INTERFACE > Interface: En esta ventana muestra todas las interfaces que debe tener creado el equipo para el funcionamiento como Access Point.

| | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors |
|-----|---------|--------------------------|--------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| R | bridge1 | Bridge | 1526 | 35.2 kbps | 32.4 kbps | 7 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | ether1 | Ethernet | 1526 | 1328.4 k... | 4.3 Mbps | 284 | 470 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | wlan1 | Wireless (Atheros AR5... | 2290 | 4.3 Mbps | 1293.2 k... | 514 | 277 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DRA | wds1 | WDS | 2290 | 4.3 Mbps | 1293.2 k... | 470 | 277 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Menú WIRELESS > Interfaces > wlan: En esta ventana muestra todas las configuraciones inalámbricas.

Interface <wlan1>

General Wireless WDS Nstreme Status Traffic

Mode: ap bridge

Band: 5GHz

Frequency: 5200 MHz

SSID: UTN-FCCSS

Scan List:

Security Profile: default

Antenna Mode: antenna a

Default AP Tx Rate: bps

Default Client Tx Rate: bps

Default Authenticate

Default Forward

Hide SSID

OK Cancel Apply Disable Comment Torch Scan... Freq. Usage... Align... Sniff... Snooper... Reset Configuration Advanced Mode

disabled running slave running ap

Menú WIRELESS > Registration: En este segmento el equipo detalla las MAC de la estación, la tasa de transmisión y el tiempo de conexión entre los equipos.

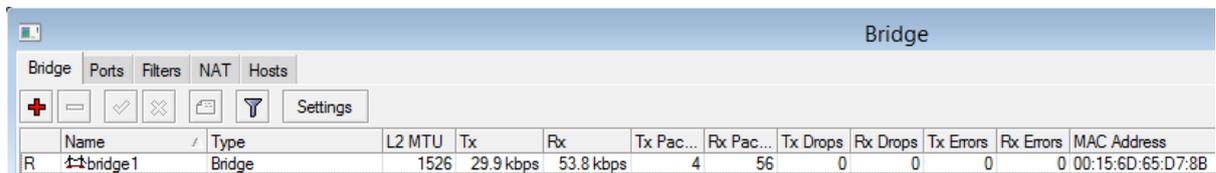
| Radio Name | MAC Address | Interface | Uptime | AP | W... | Last Activit... | Signal Strengt... | Tx/Rx Rate |
|--------------|-------------------|-----------|--------------|----|------|-----------------|-------------------|---------------|
| 00156D683741 | 00:15:6D:68:37:41 | wlan1 | 2d 15:45:... | no | yes | 0.000 | -51 | 48Mbps/36Mbps |

Menú WIRELESS > Security Profiles: En la pestaña que se muestra a continuación, se puede verificar que en enlace tiene un clave de seguridad asignada por el administrador de cada uno de ellos.



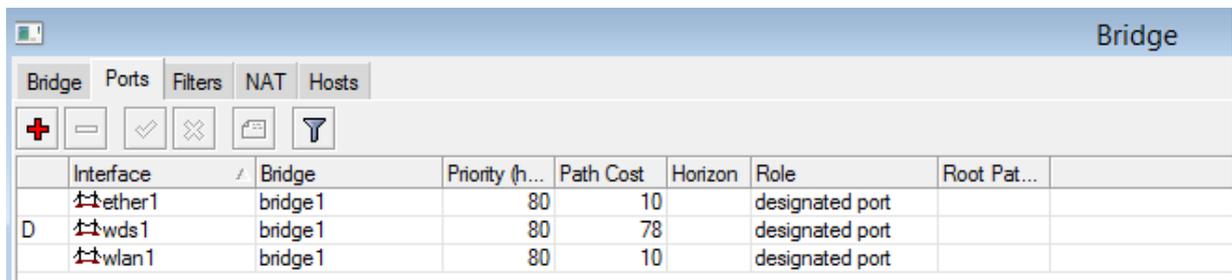
| Name | Mode | Authenticatio... | Unicast Ciphers | Group Ciphers | WPA Pre-Shared ... | WPA2 Pre-Shared... |
|---------|------|------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|
| default | none | | | | ***** | ***** |

Menú BRIDGE > Bridge: En esta ventana se puede apreciar la creación de un *bridge* a la tarjeta LAN del equipo.



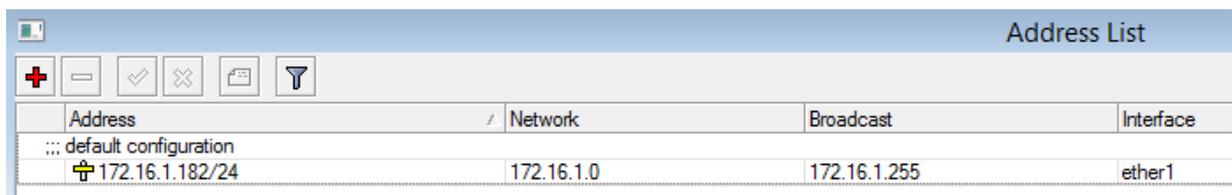
| Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors | MAC Address |
|-----------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------|
| R bridge1 | Bridge | 1526 | 29.9 kbps | 53.8 kbps | 4 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 00:15:6D:65:D7:8B |

Menú BRIDGE > Ports: La creación de los puertos para cada interfaz creada en el equipo.



| Interface | Bridge | Priority (h... | Path Cost | Horizon | Role | Root Pat... |
|-----------|----------|----------------|-----------|---------|-----------------|-------------|
| D ether1 | bridge 1 | 80 | 10 | | designated port | |
| wds1 | bridge 1 | 80 | 78 | | designated port | |
| wlan1 | bridge 1 | 80 | 10 | | designated port | |

Menú ADDRESS: En esta ventana se puede apreciar la asignación de IP para su acceso con su respectiva mascara para el equipo.

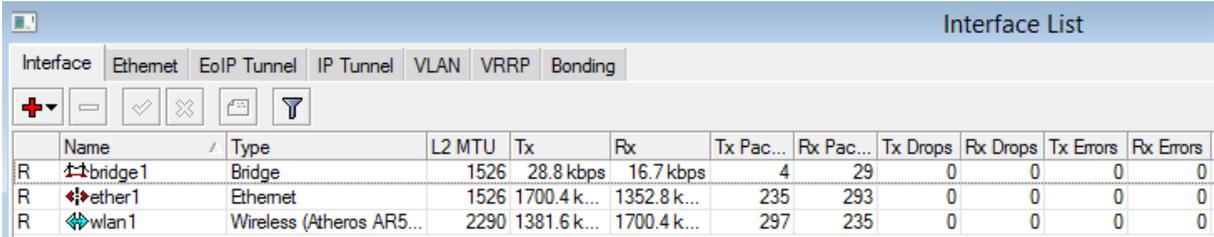


| Address | Network | Broadcast | Interface |
|---------------------------|------------|--------------|-----------|
| +++ default configuration | | | |
| + 172.16.1.182/24 | 172.16.1.0 | 172.16.1.255 | ether1 |

Terraza Edificio Central – FCCSS (Antiguo Hospital San Vicente de Paúl) (Estación)

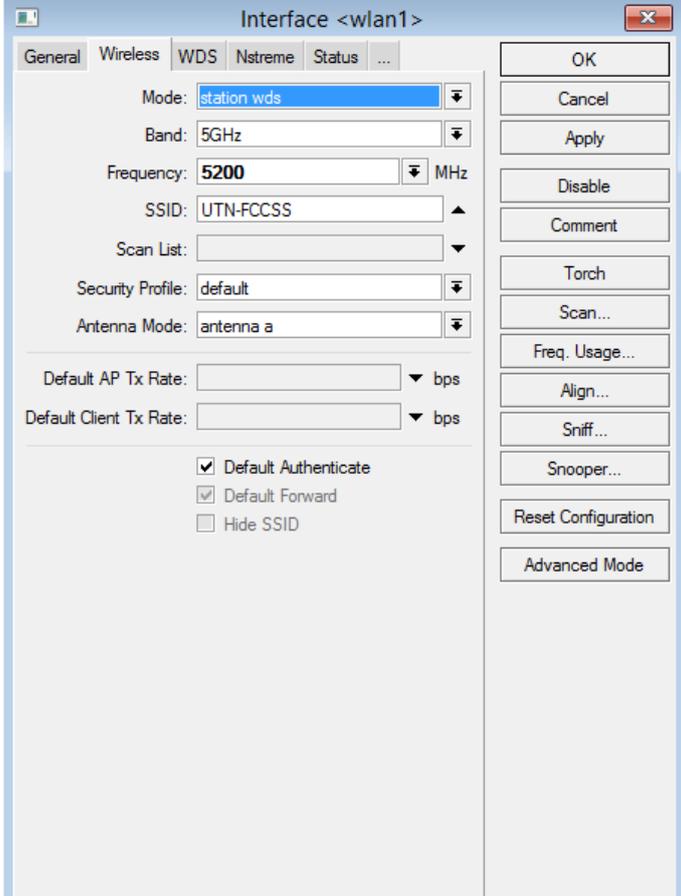
En las siguientes figuras están todas las configuraciones del equipo, presentando cada una de las configuraciones dentro de las opciones que tiene el equipo.

Menú INTERFACE > Interface: En esta ventana muestra todas las interfaces que debe tener creado el equipo para el funcionamiento como Estación.



| Interface List | | | | | | | | | | | |
|--|---------|--------------------------|--------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Interface | | | | | | | | | | | |
| Ethernet EoIP Tunnel IP Tunnel VLAN VRRP Bonding | | | | | | | | | | | |
| + - ✓ ✗ [Icon] [Icon] | | | | | | | | | | | |
| | Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors |
| R | bridge1 | Bridge | 1526 | 28.8 kbps | 16.7 kbps | 4 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | ether1 | Ethernet | 1526 | 1700.4 k... | 1352.8 k... | 235 | 293 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | wlan1 | Wireless (Atheros AR5... | 2290 | 1381.6 k... | 1700.4 k... | 297 | 235 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Menú WIRELESS > Interfaces > wlan: En esta ventana muestra todas las configuraciones inalámbricas.



Interface <wlan1>

General Wireless WDS Nstreme Status ...

Mode: station wds

Band: 5GHz

Frequency: 5200 MHz

SSID: UTN-FCCSS

Scan List:

Security Profile: default

Antenna Mode: antenna a

Default AP Tx Rate: bps

Default Client Tx Rate: bps

Default Authenticate

Default Forward

Hide SSID

OK

Cancel

Apply

Disable

Comment

Torch

Scan...

Freq. Usage...

Align...

Sniff...

Snooper...

Reset Configuration

Advanced Mode

Menú WIRELESS > Registration: En este segmento el equipo detalla las MAC de la estación, la tasa de transmisión y el tiempo de conexión entre los equipos.

| Radio Name | MAC Address | Interface | Uptime | AP | W... | Last Activit... | Signal Strengt... | Tx/Rx Rate |
|--------------|-------------------|-----------|--------------|-----|------|-----------------|-------------------|---------------|
| 00156D65D78B | 00:15:6D:65:D7:8B | wlan1 | 2d 15:47:... | yes | yes | 0.000 | -48 | 54Mbps/48Mbps |

Menú WIRELESS > Security Profiles: En la pestaña que se muestra a continuación, se puede verificar que en enlace tiene un clave de seguridad asignada por el administrador de cada uno de ellos.

| Name | Mode | Authenticatio... | Unicast Ciphers | Group Ciphers | WPA Pre-Shared ... | WPA2 Pre-Shared... |
|---------|------|------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|
| default | none | | | | ***** | ***** |

Menú BRIDGE > Bridge: En esta ventana se puede apreciar la creación de un *bridge* a la tarjeta LAN del equipo.

| Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors | MAC Address |
|---------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------|
| bridge1 | Bridge | 1526 | 28.8 kbps | 43.0 kbps | 4 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 00:15:6D:68:37:41 |

Menú BRIDGE > Ports: La creación de los puertos para cada interfaz creada en el equipo.

| Interface | Bridge | Priority (h... | Path Cost | Horizon | Role | Root Pat... |
|-----------|---------|----------------|-----------|---------|-----------------|-------------|
| ether1 | bridge1 | 90 | 10 | | designated port | |
| wlan1 | bridge1 | 80 | 10 | | designated port | |

Menú ADDRESS: En esta ventana se puede apreciar la asignación de IP para su acceso con su respectiva mascara para el equipo.

| Address | Network | Broadcast | Interface |
|-----------------|------------|--------------|-----------|
| 172.16.1.183/24 | 172.16.1.0 | 172.16.1.255 | bridge1 |

Terraza Edificio Central – Instalaciones de la Guardería (Access Point)

En las siguientes figuras están todas las configuraciones del equipo, presentando cada una de las configuraciones dentro de las opciones que tiene el equipo.

Menú INTERFACE > Interface: En esta ventana muestra todas las interfaces que debe tener creado el equipo para el funcionamiento como Access Point.

| Name | Type | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... |
|---------|---------------------------|----|----|-----------|-----------|
| bridge1 | Bridge | | | | |
| ether1 | Ethernet | | | | |
| wlan1 | Wireless (Atheros AR5...) | | | | |

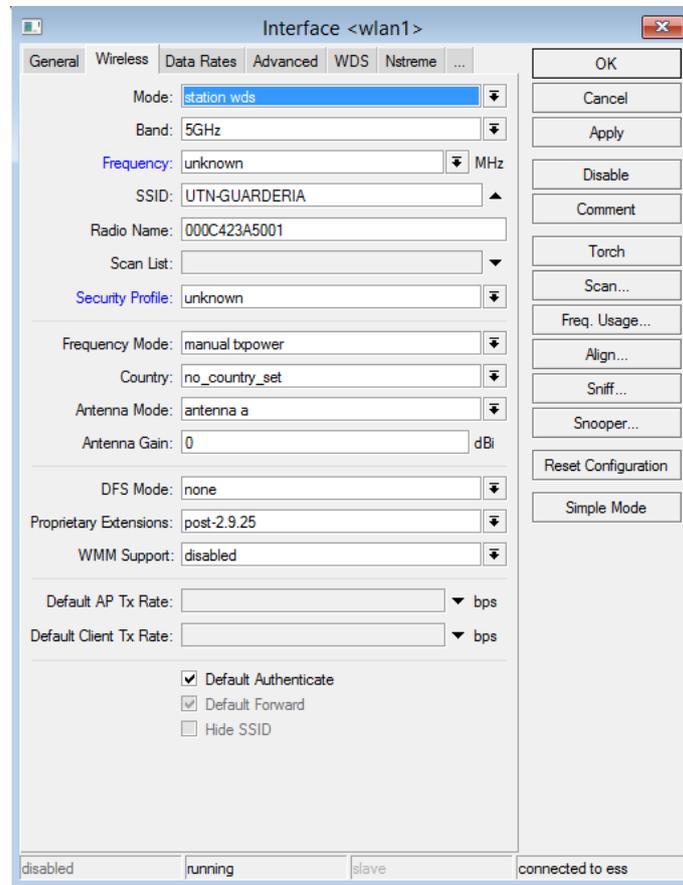
Menú BRIDGE > Bridge: En esta ventana se puede apreciar la creación de un *bridge* a la tarjeta LAN del equipo.

| Name | Type | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | MAC Address | Protoco... |
|---------|--------|----|----|-----------|-----------|-------------------|------------|
| bridge1 | Bridge | | | | | 00:0C:42:37:CB:5A | none |

Menú BRIDGE > Ports: La creación de los puertos para cada interfaz creada en el equipo.

| Interface | Bridge | Priority (h... | Path Cost | Horizon | Role | Root Pat... |
|-----------|---------|----------------|-----------|---------|-----------------|-------------|
| ether1 | bridge1 | 90 | 10 | | designated port | |
| wlan1 | bridge1 | 80 | 10 | | designated port | |

Menú WIRELESS > Interfaces > wlan: En esta ventana muestra todas las configuraciones inalámbricas.



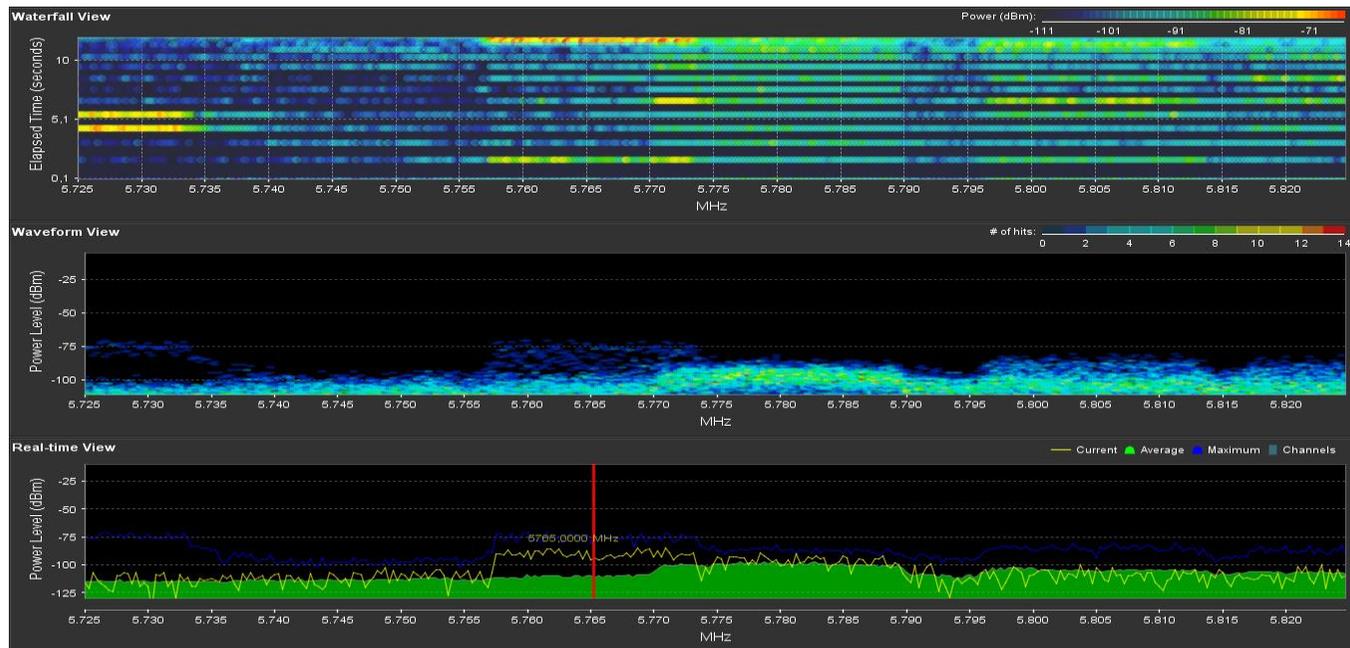
Menú ADDRESS: En esta ventana se puede apreciar la asignación de IP para su acceso con su respectiva mascara para el equipo.

| Address List | | | | |
|---------------------------|------------|--------------|-----------|--|
| Address | Network | Broadcast | Interface | |
| ::: default configuration | | | | |
| 172.16.1.183/... | 172.16.1.0 | 172.16.1.255 | bridge1 | |

ANEXO C

En las siguientes figuras se muestra el uso del espectro electromagnético, este análisis fue realizado en cada uno de los lugares principales donde están ubicados los equipos en modo Access Point. A continuación se muestra las tres opciones que tiene este programa abarcando el rango de frecuencias en cual están emitiendo los equipos.

UBICACIÓN: Terraza Edificio Central
RANGO: 4900 – 6100 MHz
PROGRAMA: AirView



UBICACIÓN: Terraza Edificio Central

RANGO: 5100 – 5820 MHz

PROGRAMA: AirView, opción Elapsed Time: Muestra el uso de los canales en el medio analizado.



UBICACIÓN: Terraza Edificio Central

RANGO: 5125 – 5820 MHz

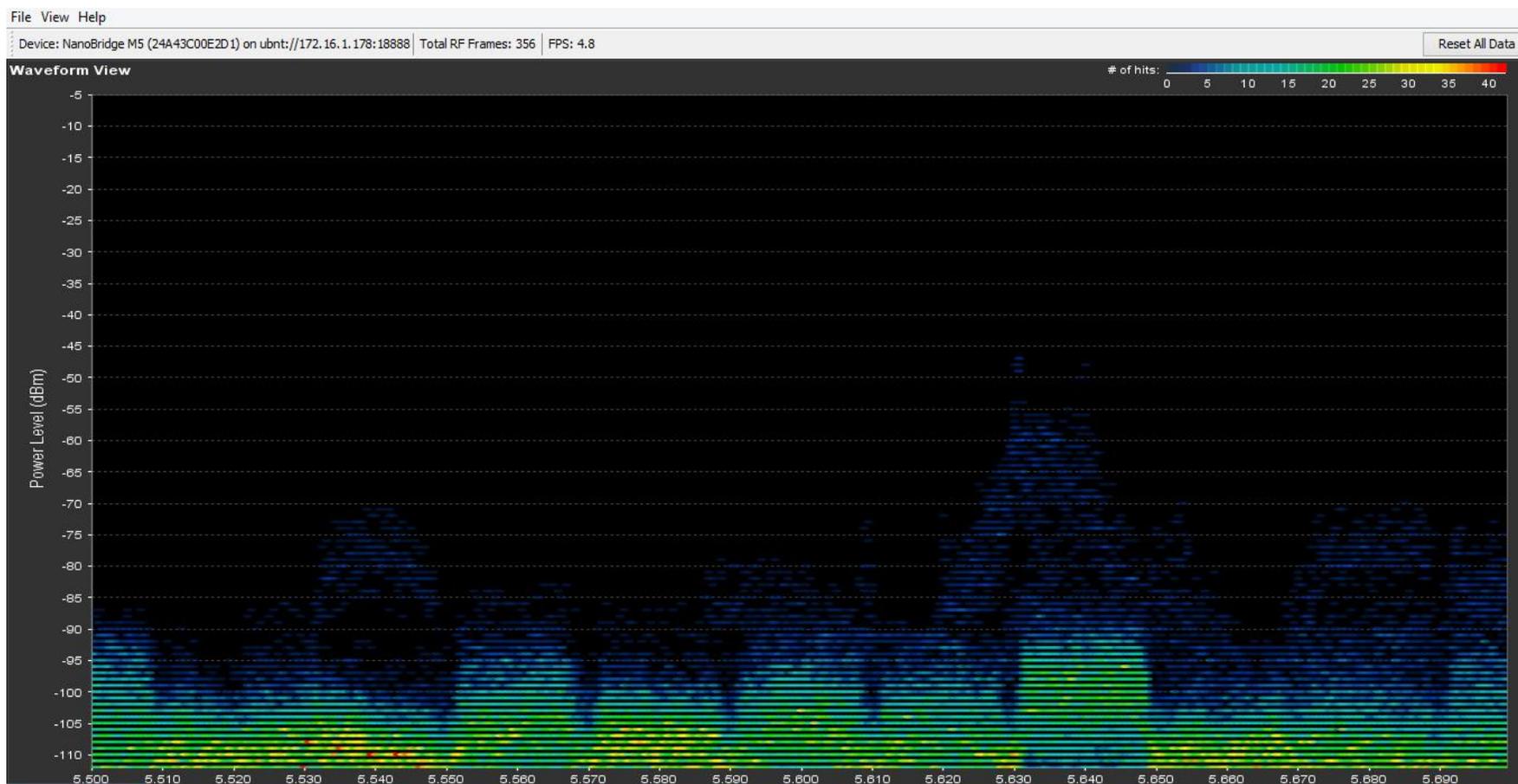
PROGRAMA: AirView, opción Power Level: Muestra el nivel de potencia que está cruzando por el medio analizado.



UBICACIÓN: Terraza Edificio Central

RANGO: 4900 – 6100 MHz

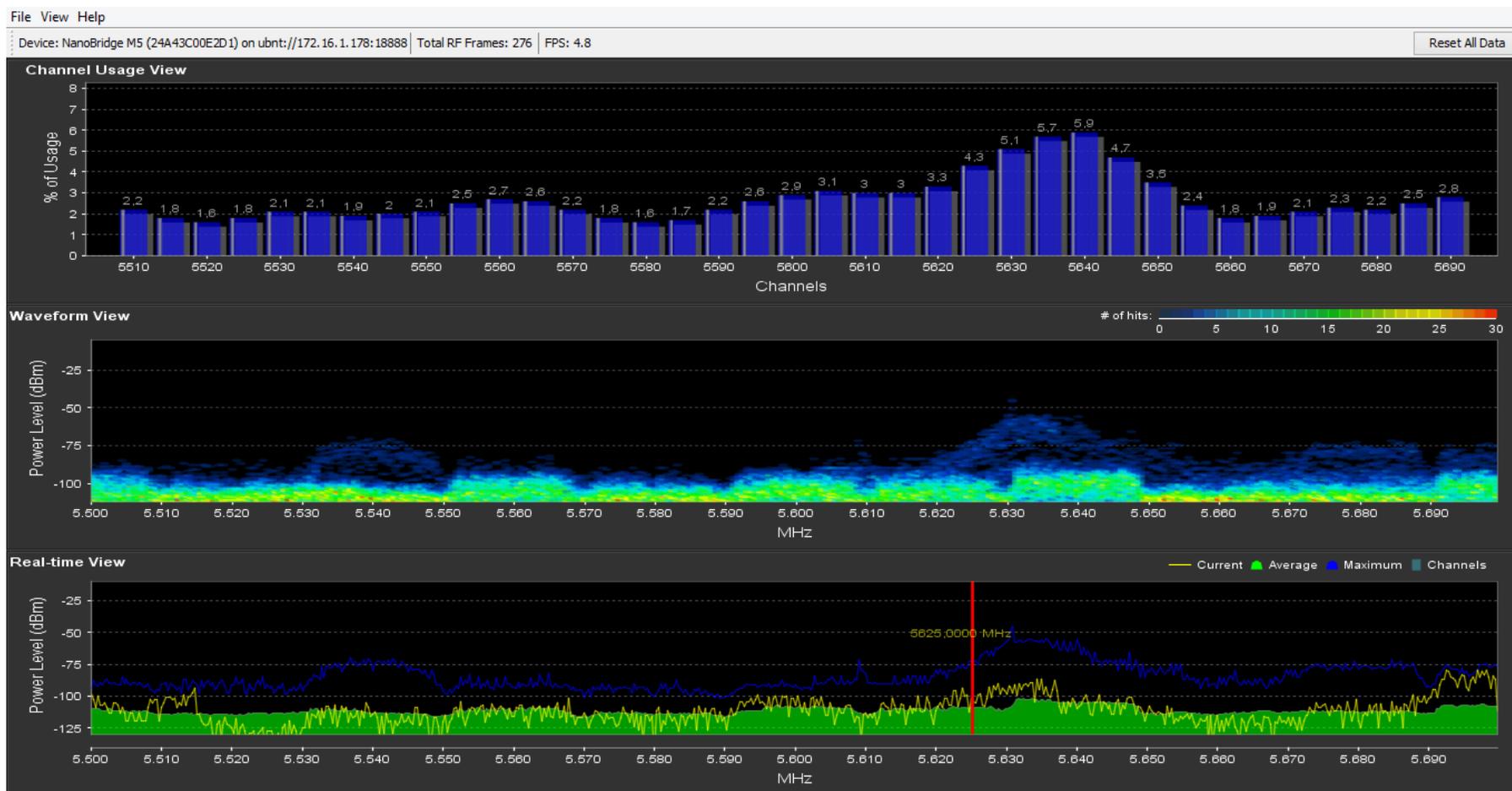
PROGRAMA: AirView, opción Power Level: Muestra nivel de energía por la gama de frecuencias por el medio analizado.



UBICACIÓN: Terraza Edificio Central

RANGO: 4900 – 6100 MHz

PROGRAMA: AirView: Muestra el porcentaje de uso en cada una de las frecuencias del espectro con su respectivo canal.



Este análisis es realizado en el mismo lugar antes mencionado con otro programa como se detalla a continuación.

UBICACIÓN: Terraza Edificio Central

RANGO: 5500 – 5540 MHz: El programa muestra desde la primera frecuencia que encuentra en el medio.

PROGRAMA: Wireless Snooper: Esta herramienta detalla características como MAC, SSID y la potencia del uso del medio de transmisión de los diferentes equipos que están emitiendo en la zona analizada.

| Channel | Address | SSID | Signal | Of Freq. (%) | Of Traf. (%) | Bandwidth | Net... | Stati... |
|-----------|-------------------|----------|--------|--------------|--------------|------------|--------|----------|
| 5500/2... | D4:CA:6D:D0:37:35 | | -72 | 0.7 | 13.3 | 25.7 kbps | | |
| 5500/2... | D4:CA:6D:B9:E0:57 | | -68 | 1.2 | 20.8 | 40.1 kbps | | |
| 5500/2... | 00:0C:42:DA:A9:E1 | | -86 | 0.0 | 1.0 | 2.4 kbps | | |
| 5500/2... | 4C:5E:0C:86:47:E5 | | -88 | 0.8 | 14.5 | 31.3 kbps | | |
| 5500/2... | 00:0C:42:64:F8:55 | | -85 | 0.0 | 1.2 | 3.1 kbps | | |
| 5500/2... | | | 5.7 | | | 102.7 kbps | 0 | 5 |
| 5505/2... | 4C:5E:0C:82:C4:89 | | -88 | 0.1 | 27.1 | 5.2 kbps | | |
| 5505/2... | | | 0.4 | | | 5.2 kbps | 0 | 1 |
| 5510/2... | | | 14.7 | | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5515/2... | | | 0.0 | | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5520/2... | 00:0C:42:DA:A5:67 | | -85 | 1.9 | 35.7 | 78.3 kbps | | |
| 5520/2... | 00:0C:42:C8:C8:6A | | -85 | 0.1 | 2.7 | 5.0 kbps | | |
| 5520/2... | D4:CA:6D:48:1A:89 | | -86 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5520/2... | | | 5.4 | | | 83.4 kbps | 0 | 3 |
| 5525/2... | | | 1.2 | | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5530/2... | DC:9F:DB:F0:5A:C8 | | -84 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5530/2... | 24:A4:3C:E0:F3:90 | | -68 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5530/2... | | | 4.3 | | | 109.1 kbps | 1 | 3 |
| 5530/2... | 4C:5E:0C:86:DF:21 | SWAZAYA8 | 2.1 | | 50.2 | 109.1 kbps | | 1 |
| 5530/2... | 4C:5E:0C:86:DF:21 | SWAZAYA8 | -83 | 2.1 | 50.2 | 109.1 kbps | | |
| 5535/2... | | | 0.0 | | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5540/2... | 00:15:6D:5E:2F:C8 | | -81 | 0.1 | 1.5 | 8.0 kbps | | |
| 5540/2... | D4:CA:6D:9E:EE:0F | | -91 | 0.4 | 6.2 | 20.7 kbps | | |
| 5540/2... | E4:8D:8C:B5:A0:DB | | -90 | 0.1 | 1.5 | 4.7 kbps | | |
| 5540/2... | 24:A4:3C:D8:7A:0A | | -76 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5540/2... | 00:27:22:DE:CE:8E | | -77 | 0.4 | 6.0 | 32.2 kbps | | |
| 5540/2... | 04:18:D6:5A:1D:49 | | -89 | 0.0 | 0.8 | 2.9 kbps | | |
| 5540/2... | | | 7.8 | | | 437.5 kbps | 1 | 8 |

UBICACIÓN: Terraza Edificio Central

RANGO: 5570 – 5610 MHz

PROGRAMA: Wireless Snooper: Esta herramienta detalla características como MAC, SSID y la potencia del uso del medio de transmisión de los diferentes equipos que están emitiendo en la zona analizada.

Wireless Snooper (Running)

Interface: **BBUTNTEX**

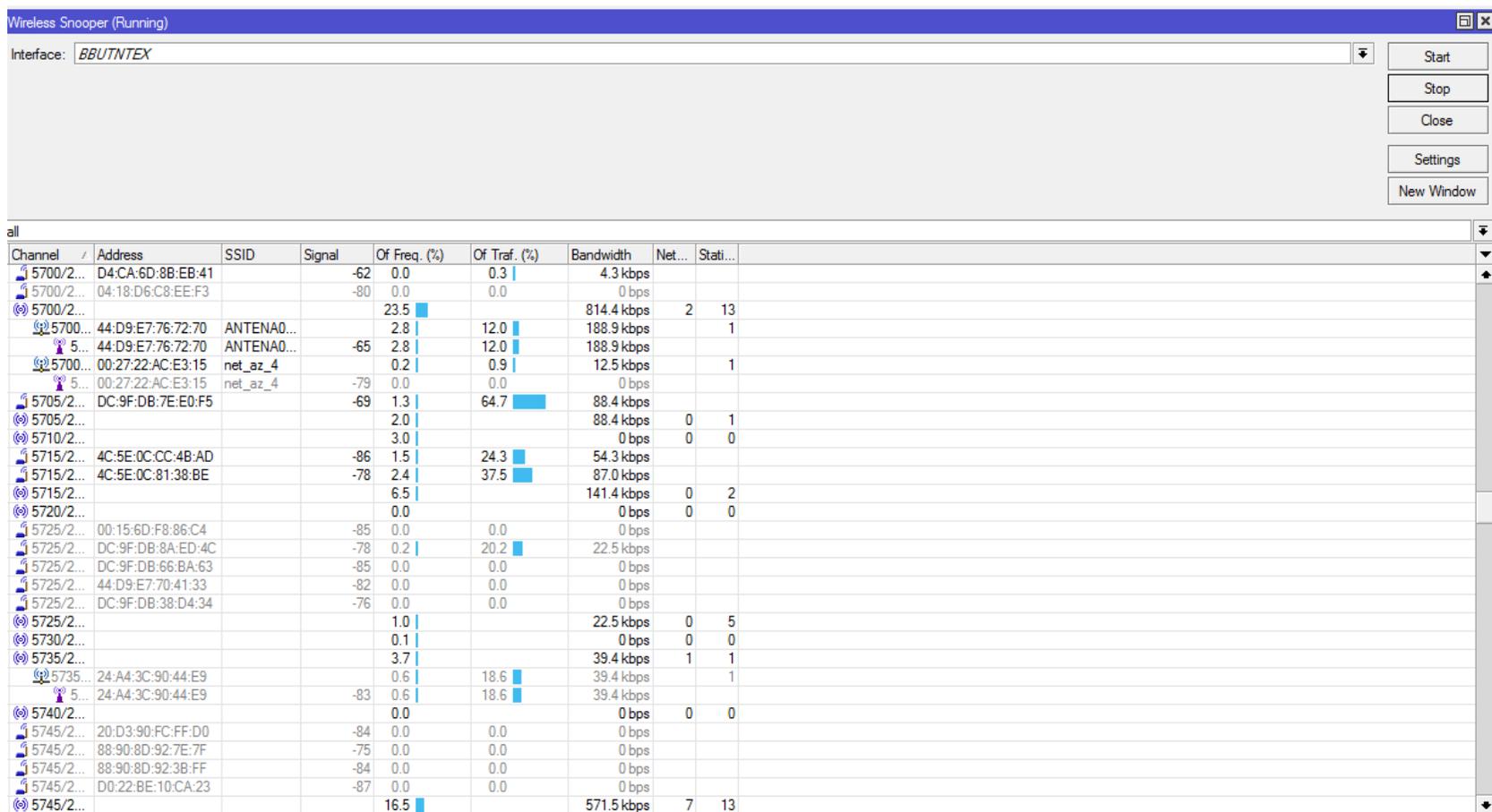
Start
Stop
Close
Settings
New Window

| Channel | Address | SSID | Signal | Of Freq. (%) | Of Traf. (%) | Bandwidth | Net... | Stati... |
|-----------|-------------------|------------|--------|--------------|--------------|------------|--------|----------|
| 5570/2... | 68:72:51:08:58:CB | | -85 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5570/2... | | | | 21.9 | | 3.8 Mbps | 1 | 3 |
| 5570/2... | 24:A4:3C:00:E2:D1 | UTN-COL... | 11.5 | | 52.6 | 3.8 Mbps | | 2 |
| 5... | 24:A4:3C:00:E5:90 | UTN-COL... | -65 | 0.9 | 4.2 | 170.3 kbps | | |
| 5... | 24:A4:3C:00:E2:D1 | UTN-COL... | -42 | 10.6 | 48.4 | 3.7 Mbps | | |
| 5575/2... | | | | 30.6 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5580/2... | D4:CA:6D:AC:1B:E7 | | -71 | 1.0 | 28.9 | 41.1 kbps | | |
| 5580/2... | D4:CA:6D:8C:30:7B | | -69 | 0.2 | 6.9 | 8.3 kbps | | |
| 5580/2... | D4:CA:6D:D0:5F:71 | | -78 | 0.3 | 11.0 | 13.3 kbps | | |
| 5580/2... | 00:0C:42:F2:84:72 | | -67 | 0.5 | 15.1 | 18.3 kbps | | |
| 5580/2... | 00:0C:42:F1:8A:A7 | | -83 | 0.2 | 6.9 | 8.3 kbps | | |
| 5580/2... | D4:CA:6D:47:C3:17 | | -85 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5580/2... | 04:18:D6:40:5A:C0 | | -83 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5580/2... | D4:CA:6D:8C:1C:85 | | -73 | 0.3 | 11.0 | 13.3 kbps | | |
| 5580/2... | D4:CA:6D:9E:40:1B | | -69 | 0.1 | 4.1 | 4.9 kbps | | |
| 5580/2... | 04:18:D6:F4:20:42 | | -81 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5580/2... | D4:CA:6D:8B:E9:AF | | -87 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5580/2... | D4:CA:6D:E7:0C:A7 | | -86 | 0.0 | 1.3 | 1664 bps | | |
| 5580/2... | | | | 3.6 | | 109.4 kbps | 0 | 12 |
| 5585/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5590/2... | | | | 15.3 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5595/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5600/2... | 4C:5E:0C:82:BD:05 | | -82 | 8.3 | 55.9 | 311.2 kbps | | |
| 5600/2... | 24:A4:3C:AE:74:82 | | -82 | 0.3 | 2.2 | 16.3 kbps | | |
| 5600/2... | 00:0C:42:94:24:B7 | | -84 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5600/2... | | | | 14.9 | | 397.5 kbps | 1 | 4 |
| 5600... | 24:A4:3C:D8:6F:56 | ANTENAO... | | 1.2 | 8.0 | 70.0 kbps | | 1 |
| 5... | 24:A4:3C:D8:6F:56 | ANTENAO... | -79 | 1.2 | 8.0 | 70.0 kbps | | |
| 5605/2... | | | | 7.5 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5610/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |

UBICACIÓN: Terraza Edificio Central

RANGO: 5700 – 56745 MHz

PROGRAMA: Wireless Snooper: Esta herramienta detalla características como MAC, SSID y la potencia del uso del medio de transmisión de los diferentes equipos que están emitiendo en la zona analizada.



The screenshot shows the 'Wireless Snooper (Running)' application window. The interface includes a title bar, a menu bar, and a toolbar with buttons for Start, Stop, Close, Settings, and New Window. The main area displays a list of detected wireless networks with the following columns: Channel, Address, SSID, Signal, Of Freq. (%), Of Traf. (%), Bandwidth, Net..., and Stati... The list is sorted by Signal strength, showing various channels and their corresponding MAC addresses, SSIDs, and signal levels.

| Channel | Address | SSID | Signal | Of Freq. (%) | Of Traf. (%) | Bandwidth | Net... | Stati... |
|-----------|-------------------|------------|--------|--------------|--------------|------------|--------|----------|
| 5700/2... | D4:CA:6D:8B:EB:41 | | -62 | 0.0 | 0.3 | 4.3 kbps | | |
| 5700/2... | 04:18:D6:C8:EE:F3 | | -80 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5700/2... | | | 23.5 | | | 814.4 kbps | 2 | 13 |
| 5700/2... | 44:D9:E7:76:72:70 | ANTENAD... | 2.8 | 12.0 | 188.9 kbps | | | 1 |
| 5... | 44:D9:E7:76:72:70 | ANTENAD... | -65 | 2.8 | 12.0 | 188.9 kbps | | |
| 5700/2... | 00:27:22:AC:E3:15 | net_az_4 | 0.2 | 0.9 | 12.5 kbps | | | 1 |
| 5... | 00:27:22:AC:E3:15 | net_az_4 | -79 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5705/2... | DC:9F:DB:7E:E0:F5 | | -69 | 1.3 | 64.7 | 88.4 kbps | | |
| 5705/2... | | | 2.0 | | | 88.4 kbps | 0 | 1 |
| 5710/2... | | | 3.0 | | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5715/2... | 4C:5E:0C:CC:4B:AD | | -86 | 1.5 | 24.3 | 54.3 kbps | | |
| 5715/2... | 4C:5E:0C:81:38:BE | | -78 | 2.4 | 37.5 | 87.0 kbps | | |
| 5715/2... | | | 6.5 | | | 141.4 kbps | 0 | 2 |
| 5720/2... | | | 0.0 | | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5725/2... | 00:15:6D:F8:86:C4 | | -85 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5725/2... | DC:9F:DB:8A:ED:4C | | -78 | 0.2 | 20.2 | 22.5 kbps | | |
| 5725/2... | DC:9F:DB:66:BA:63 | | -85 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5725/2... | 44:D9:E7:70:41:33 | | -82 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5725/2... | DC:9F:DB:38:D4:34 | | -76 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5725/2... | | | 1.0 | | | 22.5 kbps | 0 | 5 |
| 5730/2... | | | 0.1 | | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5735/2... | | | 3.7 | | | 39.4 kbps | 1 | 1 |
| 5735/2... | 24:A4:3C:90:44:E9 | | 0.6 | 18.6 | 39.4 kbps | | | 1 |
| 5... | 24:A4:3C:90:44:E9 | | -83 | 0.6 | 18.6 | 39.4 kbps | | |
| 5740/2... | | | 0.0 | | | 0 bps | 0 | 0 |
| 5745/2... | 20:D3:90:FC:FF:D0 | | -84 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5745/2... | 88:90:8D:92:7E:7F | | -75 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5745/2... | 88:90:8D:92:3B:FF | | -84 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5745/2... | D0:22:BE:10:CA:23 | | -87 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 5745/2... | | | 16.5 | | | 571.5 kbps | 7 | 13 |

UBICACIÓN: Terraza Edificio Central

RANGO: 6025 – 6100 MHz

PROGRAMA: Wireless Snooper: Esta herramienta detalla características como MAC, SSID y la potencia del uso del medio de transmisión de los diferentes equipos que están emitiendo en la zona analizada.

The screenshot shows the 'Wireless Snooper (Running)' application window. The interface includes a control panel with buttons for Start, Stop, Close, Settings, and New Window. Below the controls is a table displaying detected wireless signals. The table has columns for Channel, Address, SSID, Signal, Of Freq. (%), Of Traf. (%), Bandwidth, Net..., and Stati... The data shows various channels from 6025 to 6100 MHz, with the most active channel being 6035/2... (Signal: 11.5, Of Freq.: 11.5%, Of Traf.: 38.9%, Bandwidth: 560.4 kbps).

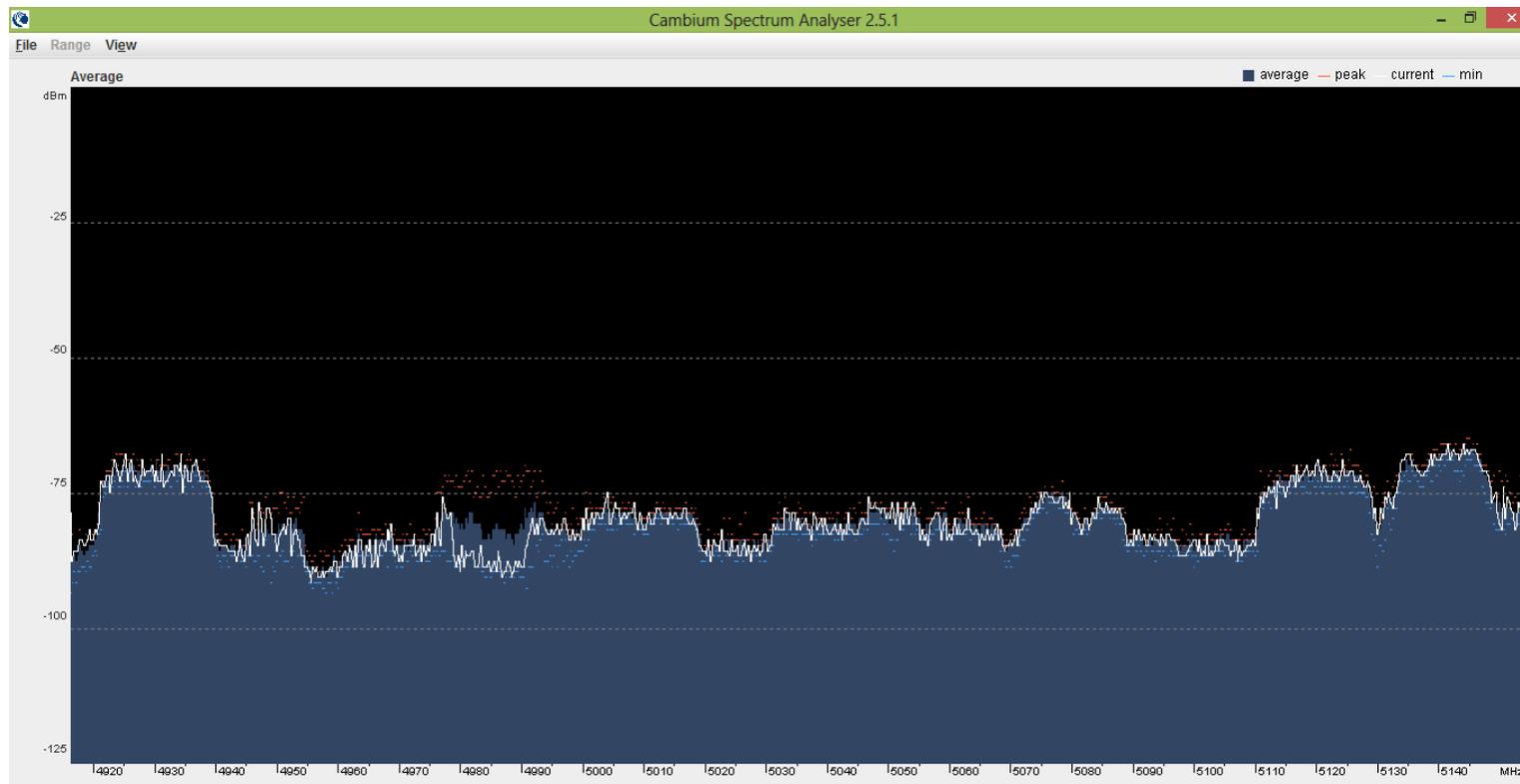
| Channel | Address | SSID | Signal | Of Freq. (%) | Of Traf. (%) | Bandwidth | Net... | Stati... |
|-----------|-------------------|----------------|--------|--------------|--------------|------------|--------|----------|
| 6025/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6030/2... | | | | 0.8 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6035/2... | 24:A4:3C:E2:4C:EF | | -72 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 6035/2... | | | | 11.5 | | 560.4 kbps | 1 | 6 |
| 6035/2... | 00:15:6D:68:0F:71 | fixnorte | | 4.5 | 38.9 | 560.4 kbps | | 5 |
| 6035/2... | 00:15:6D:68:0F:71 | fixnorte | -76 | 4.1 | 36.2 | 547.1 kbps | | |
| 6035/2... | 44:D9:E7:4E:35:9C | fixnorte | -79 | 0.3 | 2.7 | 13.2 kbps | | |
| 6035/2... | 00:27:22:A6:DB:94 | fixnorte | -67 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 6035/2... | 24:A4:3C:00:69:61 | fixnorte | -82 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 6035/2... | 44:D9:E7:4E:3D:C8 | fixnorte | -75 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 6040/2... | 4C:5E:0C:8E:03:DE | | -89 | 1.9 | 94.2 | 64.9 kbps | | |
| 6040/2... | | | | 2.0 | | 64.9 kbps | 0 | 1 |
| 6045/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6050/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6055/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6060/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6065/2... | | | | 16.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6070/2... | 00:27:22:46:90:8E | | -76 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 6070/2... | 68:72:51:20:FC:17 | | -83 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 6070/2... | 00:27:22:A4:D7:C2 | | -72 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 6070/2... | | | | 4.0 | | 0 bps | 1 | 4 |
| 6070/2... | 00:27:22:66:50:EF | freenetredr... | | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | 1 |
| 6070/2... | 00:27:22:66:50:EF | freenetredr... | -83 | 0.0 | 0.0 | 0 bps | | |
| 6075/2... | | | | 1.6 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6080/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6085/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6090/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6095/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |
| 6100/2... | | | | 0.0 | | 0 bps | 0 | 0 |

Este análisis es realizado en lugar y con el programa que se detalla a continuación.

UBICACIÓN: Lomas de Azaya

RANGO: 4920 – 5140 MHz: El programa muestra desde la primera frecuencia que encuentra en el medio.

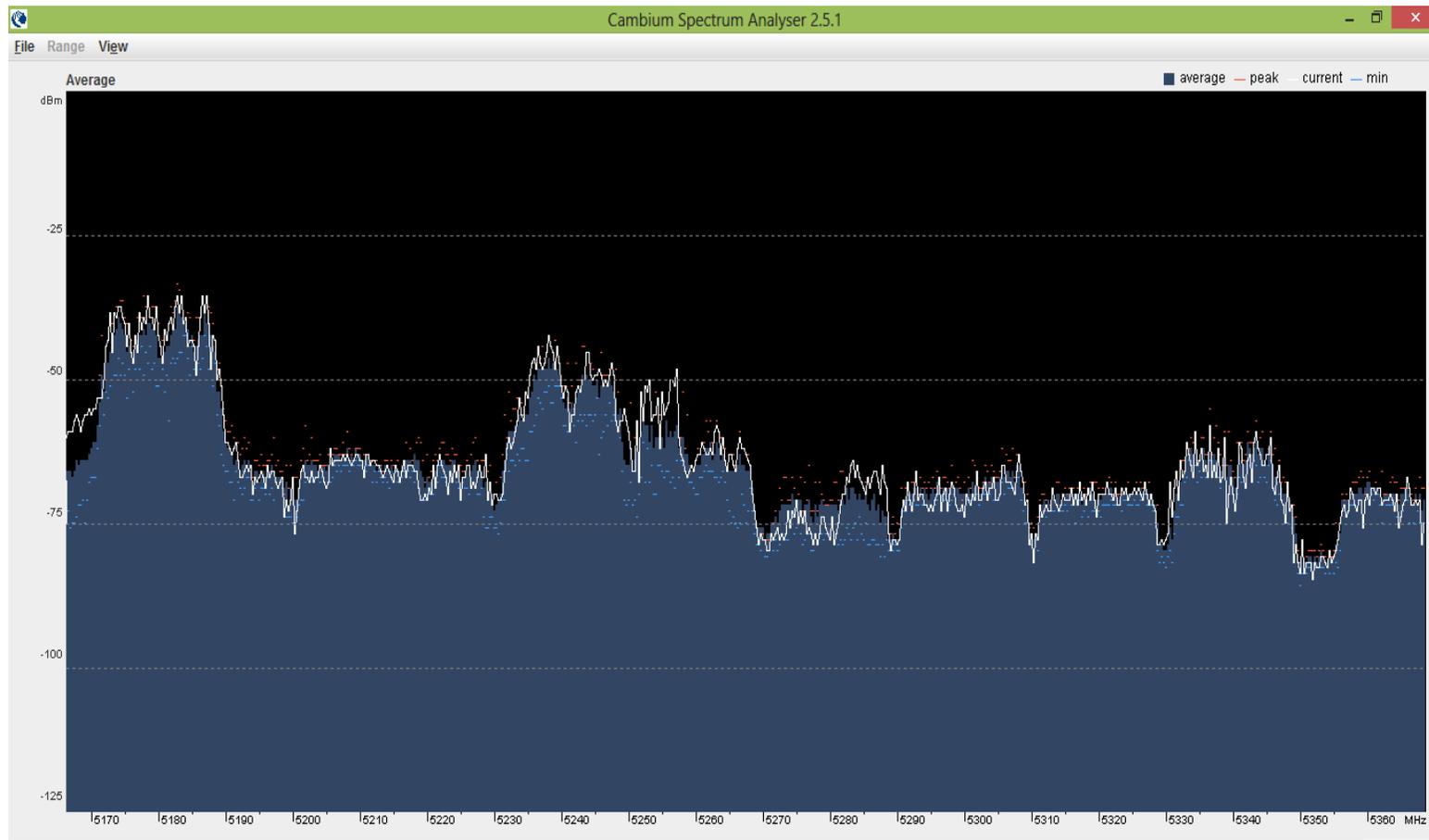
PROGRAMA: Cambium Spectrum Analyser, opción Average: Esta herramienta muestra nivel de potencia de todos los dispositivos que están usando el medio analizado.



UBICACIÓN: Lomas de Azaya

RANGO: 5170 – 5360 MHz

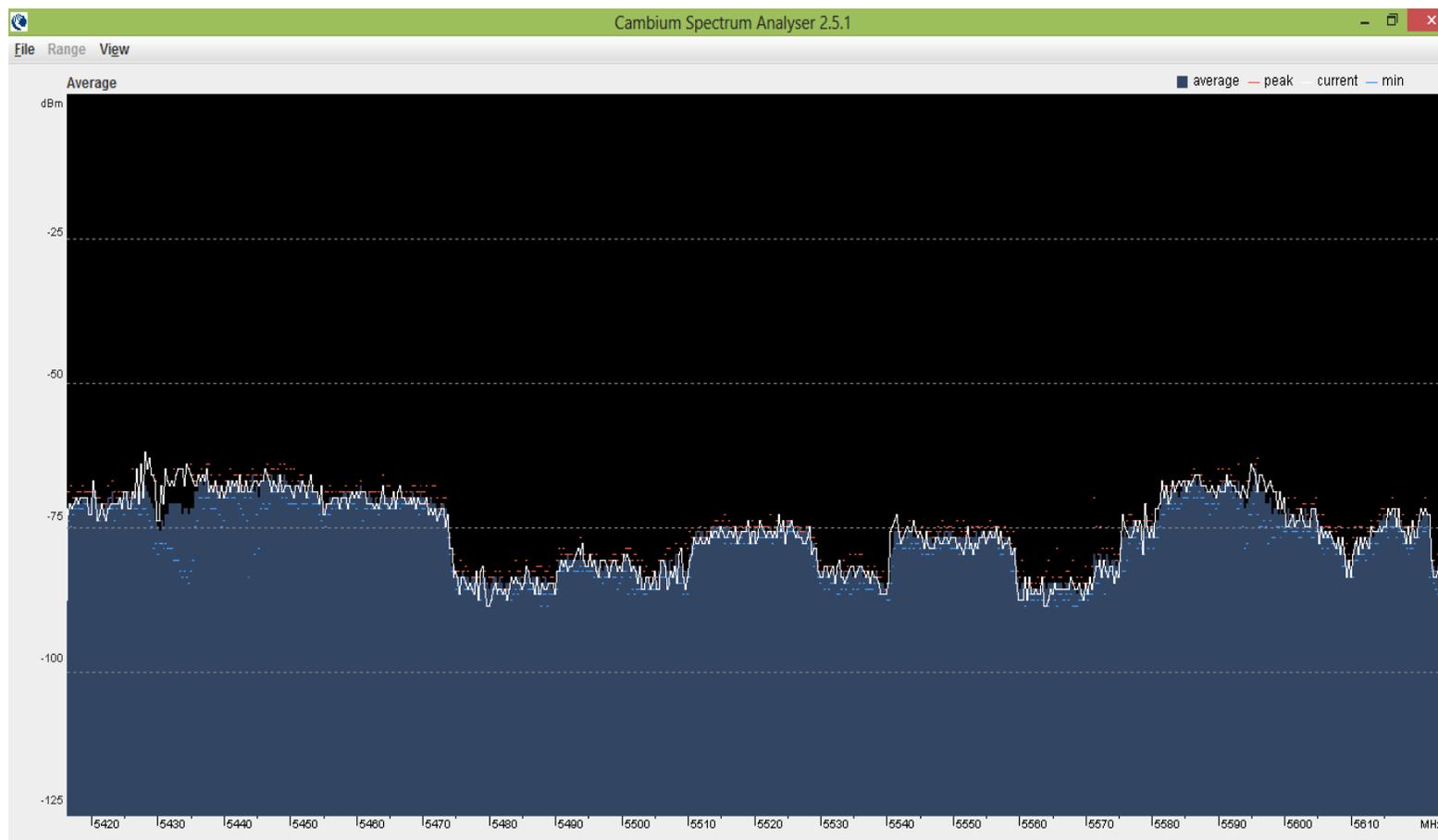
PROGRAMA: Cambium Spectrum Analyser, opción Average: Esta herramienta muestra nivel de potencia de todos los dispositivos que están usando el medio analizado.



UBICACIÓN: Lomas de Azaya

RANGO: 5420 – 5610 MHz

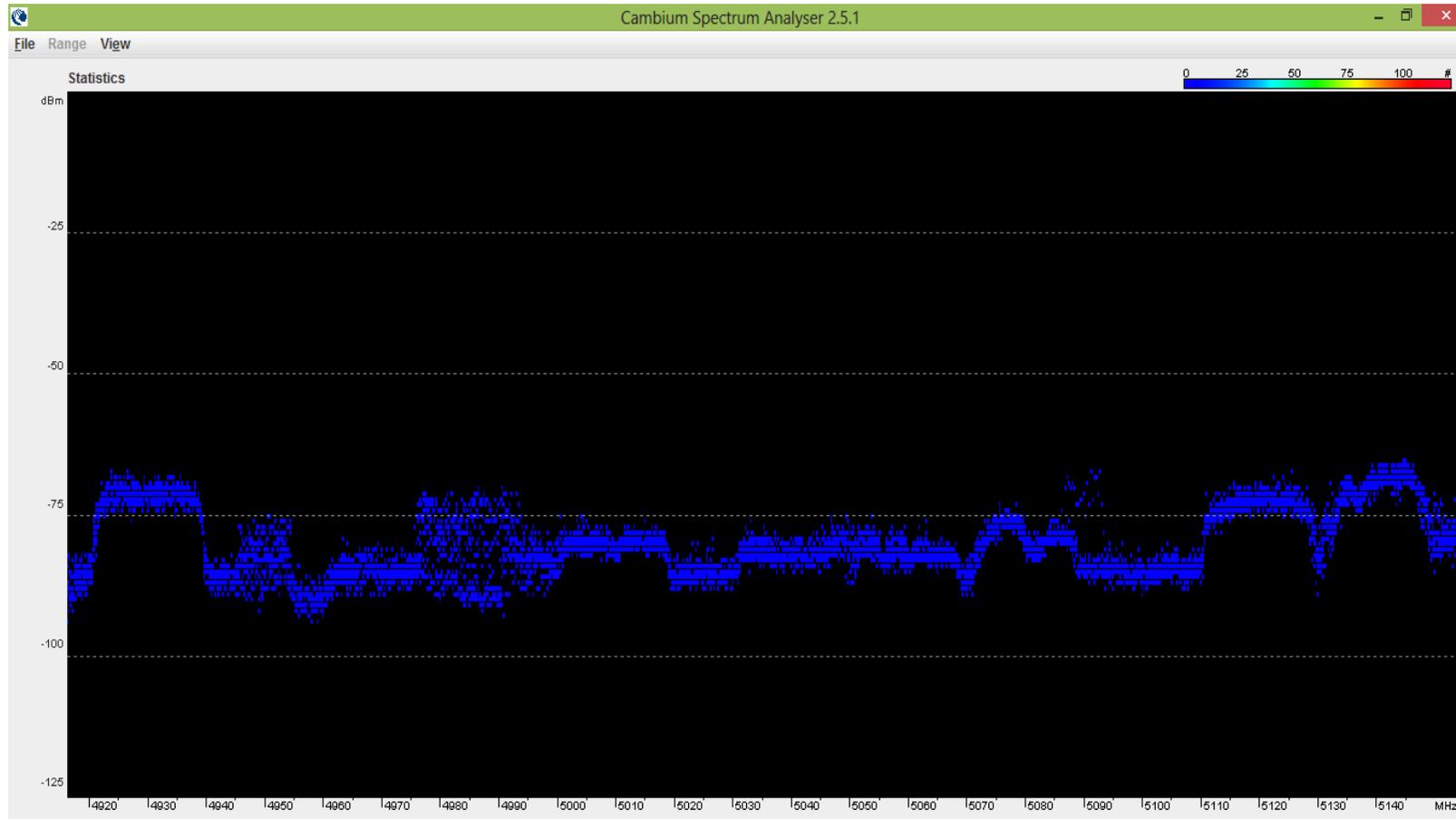
PROGRAMA: Cambium Spectrum Analyser, opción Average: Esta herramienta muestra nivel de potencia de todos los dispositivos que están usando el medio analizado.



UBICACIÓN: Lomas de Azaya

RANGO: 4920 – 5150 MHz: El programa muestra desde la primera frecuencia que encuentra en el medio.

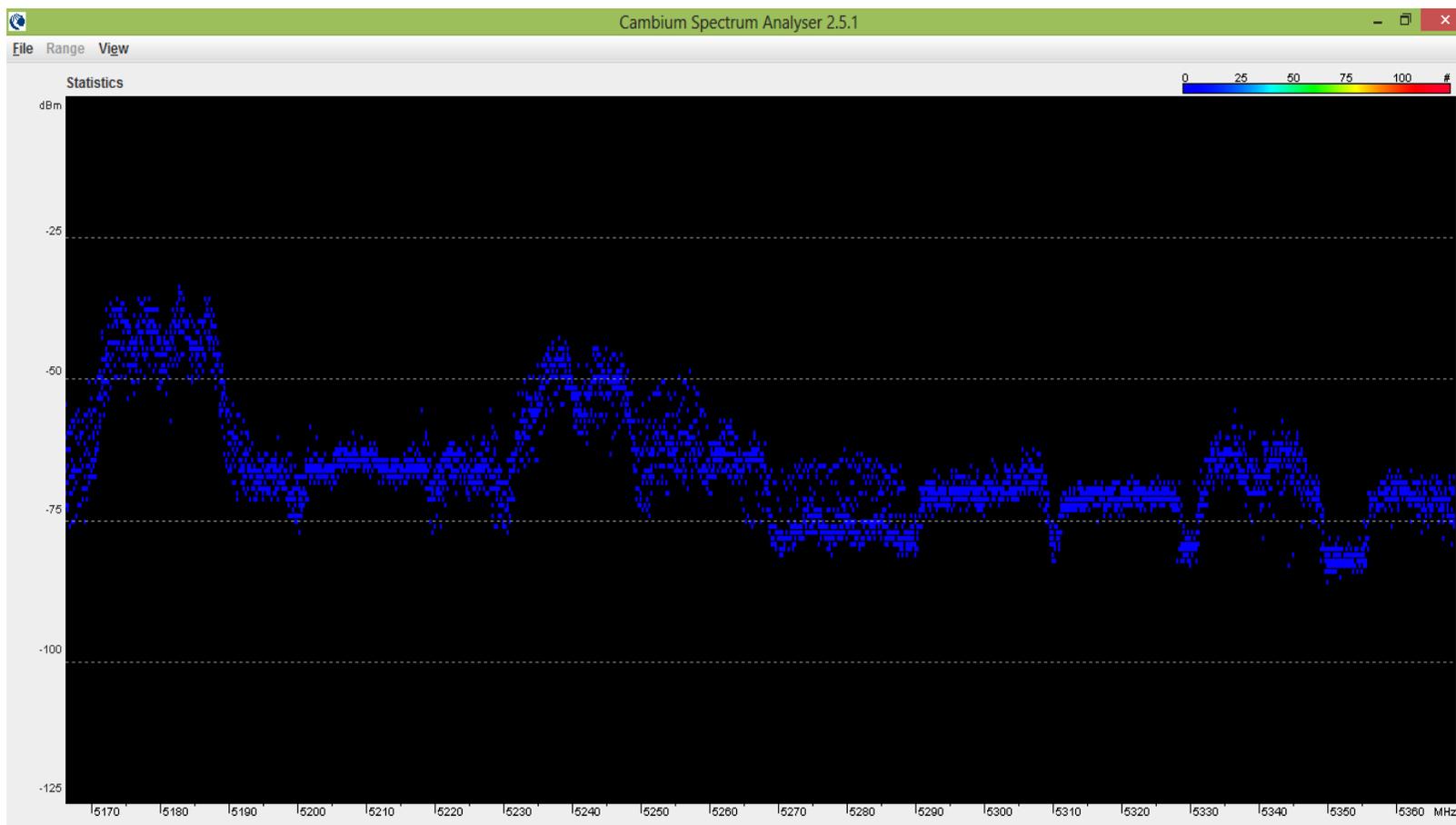
PROGRAMA: Cambium Spectrum Analyser, opción Statics: Esta herramienta muestra la cantidad de dispositivos usando el medio analizado.



UBICACIÓN: Lomas de Azaya

RANGO: 5170 – 5380 MHz: El programa muestra desde la primera frecuencia que encuentra en el medio.

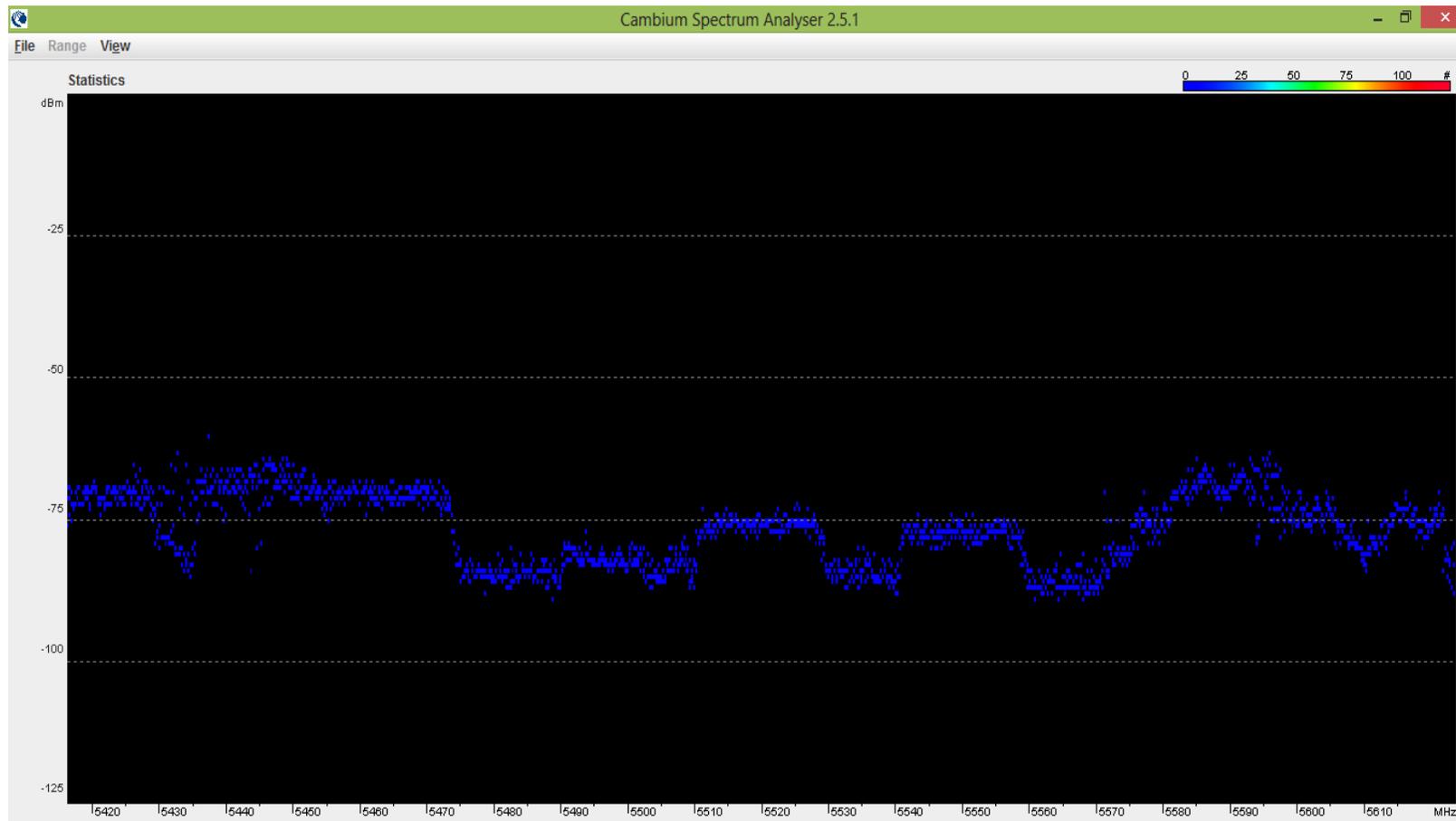
PROGRAMA: Cambium Spectrum Analyser, opción Statics: Esta herramienta muestra la cantidad de dispositivos usando el medio analizado.



UBICACIÓN: Lomas de Azaya

RANGO: 5420 – 5610 MHz: El programa muestra desde la primera frecuencia que encuentra en el medio.

PROGRAMA: Cambium Spectrum Analyser, opción Statics: Esta herramienta muestra la cantidad de dispositivos usando el medio analizado.



UBICACIÓN: Lomas de Azaya

RANGO: 5640 – 5810 MHz: El programa muestra desde la primera frecuencia que encuentra en el medio.

PROGRAMA: Cambium Spectrum Analyser, opción Statics: Esta herramienta muestra la cantidad de dispositivos usando el medio analizado. Al respecto de esta imagen se puede apreciar que el uso en este rango de frecuencias esta totalmente vacío, sería recomendable emitir en este rango antes mencionado.

