



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS IEEE 802.11a Y 802.11b DE MODO A MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LA RED DE DATOS. CASO PRÁCTICO PROVEEDOR DE INTERNET FASTERCOM”

MÓNICA ALEXANDRA FREIRE VILLAMARÍN

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGÍSTER EN INTERCONECTIVIDAD DE REDES

Riobamba – Ecuador

Enero 2019

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado ***“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS IEEE 802.11a Y 802.11b DE MODO A MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LA RED DE DATOS. CASO PRÁCTICO: PROVEEDOR DE INTERNET FASTERCOM”***, de responsabilidad de la Ing. MÓNICA ALEXANDRA FREIRE VILLAMARÍN, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Lic. Pepita Alarcón Parra; M.Sc.

PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Boris Fernando Sánchez Moreno; M.Sc.

DIRECTOR

FIRMA

Dr. Klever Hernán Torres Rodríguez

MIEMBRO

FIRMA

Marco Enrique Benalcázar Palacios, Ph.D.

MIEMBRO

FIRMA

Riobamba, Enero 2019

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Mónica Alexandra Freire Villamarín, con cédula de identidad 0503348567, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y que el patrimonio intelectual generado por el mismo pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

MÓNICA ALEXANDRA FREIRE VILLAMARÍN

C.C.: 0503348567

©2018, Mónica Alexandra Freire Villamarín

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Mónica Alexandra Freire Villamarín, declaro que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

MÓNICA ALEXANDRA FREIRE VILLAMARÍN

C.C.: 0503348567

DEDICATORIA

A mis padres Paco y Yolanda por su apoyo incondicional y su amor brindado día a día.

Mónica

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, al Instituto de Postgrado, a los miembros del tribunal, a la coordinación del programa de maestría de Interconectividad de Redes, por haber sido entes fundamentales en el transcurso de la maestría. A Fastercom, por abrirme las puertas para la realización de este trabajo investigativo.

Mónica

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I	
1	INTRODUCCIÓN..... 1
1.1	Planteamiento del problema..... 2
1.2	Formulación del problema..... 4
1.3	Preguntas directrices..... 4
1.4	Justificación de la investigación 4
1.5	Objetivos de la investigación 5
1.5.1	<i>Objetivo general</i> 5
1.5.2	<i>Objetivos específicos</i> 6
1.6	Hipótesis 6
1.7	Identificación de variables 6
1.7.1	<i>Variable independiente:</i> 6
1.7.2	<i>Variable dependiente:</i> 7
1.8	Operacionalización de variables 7
1.9	Matriz de consistencia 8
CAPÍTULO II	
2.	REVISIÓN DE LITERATURA 9
2.1	Marco de referencia 9
2.2	Marco teórico 10
2.2.1	<i>Comunicaciones de datos</i> 10
2.2.2	<i>Interconectividad de Redes</i> 10
2.2.3	<i>Redes corporativas</i> 11
2.2.4	<i>Estandarización</i> 11

2.3	Marco conceptual	12
2.3.1	<i>Redes de comunicaciones</i>	12
2.3.1.1	<i>Redes WAN</i>	12
2.3.1.2	<i>Redes MAN</i>	13
2.3.1.3	<i>Redes LAN.....</i>	13
2.3.2	<i>Estándares de telecomunicaciones.....</i>	13
2.3.2.1	<i>Estándar IEEE 802.11</i>	14
2.3.3	<i>Internet</i>	17
2.3.3.1	<i>Datos.....</i>	17
2.3.3.2	<i>Rendimiento</i>	18
2.3.3.3	<i>Tráfico de red.....</i>	18
2.3.3.4	<i>Ancho de banda</i>	18
2.3.3.5	<i>Throughput.....</i>	19
2.3.3.6	<i>QoS.....</i>	19
2.3.3.7	<i>Capacidad de canal</i>	19
2.3.3.8	<i>Jitter.....</i>	20
2.3.3.9	<i>Pérdida de paquetes.....</i>	20
2.3.3.10	<i>Latencia... ..</i>	20
2.3.3.11	<i>Intensidad de señal</i>	21
2.3.3.12	<i>CCQ.....</i>	21
2.3.3.13	<i>Seguridad.....</i>	22
 CAPÍTULO III		
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.1	Enfoque de la investigación	24
3.2	Tipo de investigación.....	24
3.2.1	<i>Bibliográfica</i>	24
3.2.2	<i>Experimental.....</i>	24

3.3	Análisis comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b.....	25
3.3.1	<i>Velocidad de transmisión</i>	25
3.3.2	<i>Retardo de propagación.....</i>	26
3.3.3	<i>Capacidad de canal.....</i>	26
3.3.4	<i>Jitter....</i>	27
3.3.5	<i>Latencia.....</i>	27
3.3.6	<i>Intensidad de señal</i>	28
3.3.7	<i>CCQ.....</i>	28
3.3.8	<i>Utilización del canal</i>	28
3.3.9	<i>Cobertura</i>	29
3.3.10	<i>Nivel de saturación</i>	29
3.3.11	<i>Canales</i>	30
3.3.12	<i>Seguridad</i>	31
3.4	Escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b	32
3.4.1	<i>Coordenadas de los nodos</i>	33
3.4.1.1	<i>Coordenadas nodo principal:</i>	33
3.4.1.2	<i>Coordenadas Llatantoma:</i>	33
3.4.1.3	<i>Coordenadas Lacón:.....</i>	35
3.5	Diseño de escenarios de prueba de IEEE 802.11a y 802.11b en la red ...	36
3.5.1	<i>Simulación en AirlinK.....</i>	36
3.5.1.1	<i>Enlace Nodo Principal-Llatantoma.....</i>	37
3.5.1.2	<i>Enlace Nodo Principal-Lacón</i>	44
3.5.2	<i>Simulación en Pathloss</i>	50
3.6	Implementación de IEEE 802.11a y 802.11b en la red de datos.....	57
3.6.1	<i>Escenario de prueba de IEEE 802.11 b en Nodo principal-Llatantoma.....</i>	58
3.6.2	<i>Escenario de prueba de IEEE 802.11 a en Nodo principal-Llatantoma.....</i>	61
3.6.3	<i>Escenario de prueba de IEEE 802.11 b en Nodo principal-Lacón</i>	67

3.6.4 *Escenario de prueba IEEE 802.11 a en el enlace Nodo principal-Lacón... 69*

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
4.1	Población y muestra	77
4.1.1	<i>Población.....</i>	77
4.1.2	<i>Muestra.. ..</i>	78
4.2	Elección de la prueba estadística.....	89
4.2.1	<i>Determinación del valor alfa (α)</i>	90
4.2.2	<i>Software estadístico utilizado</i>	90
4.3	Prueba t-student para muestras independientes	91
4.3.1	<i>Prueba t-student para la variable “Latencia”</i>	91
4.3.1.1	<i>Prueba de normalidad</i>	91
4.3.1.2	<i>Igualdad de varianzas.....</i>	92
4.3.1.3	<i>Resultados prueba t-student.....</i>	93
4.3.1.4	<i>Decisión estadística</i>	95
4.3.2	<i>Prueba t-student para la variable “Intensidad de señal”</i>	96
4.3.2.1	<i>Determinación de normalidad</i>	96
4.3.2.2	<i>Igualdad de varianzas.....</i>	97
4.3.2.3	<i>Resultados prueba t-student.....</i>	97
4.3.2.4	<i>Decisión estadística</i>	100
4.3.3	<i>Prueba t-student para “Calidad de conexión del cliente CCQ”</i>	101
4.3.3.1	<i>Determinación de normalidad</i>	101
4.3.3.2	<i>Igualdad de varianzas.....</i>	102
4.3.3.3	<i>Resultados prueba t-student.....</i>	102
4.3.3.4	<i>Decisión estadística</i>	105

CAPÍTULO V

5.	PROPUESTA	106
5.1	Establecimiento de los reemplazos de equipos en el nodo principal.....	106

5.2	Establecimiento de los reemplazos de equipos en el nodo Llatantoma .	107
5.3	Establecimiento de los reemplazos de equipos en el nodo Lacón.....	107
5.4	Establecimiento de los reemplazos de equipos de última milla	108
	CONCLUSIONES.....	109
	RECOMENDACIONES.....	110
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Operacionalización de variables	7
Tabla 2-1:	Matriz de consistencia	8
Tabla 1-3:	Canales 802.11 b.....	30
Tabla 2-3:	Canales 802.11 a.....	31
Tabla 3-3:	Resultado comparativo teórico entre las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b.....	32
Tabla 4-3:	Comparativa simulación IEEE 802.11 a y b en Nodo Principal – Llatantoma	44
Tabla 5-3:	Comparativa simulación IEEE 802.11 a y b en Nodo Principal – Lacón	50
Tabla 6-3:	Resultados Pathloss en Nodo principal - Llatantoma con IEEE 802.11 b	51
Tabla 7-3:	Comparativa implementación de los APs en Nodo principal Llatantoma	65
Tabla 8-3:	Comparativa implementación de las estaciones en Nodo principal Llatantoma....	66
Tabla 9-3:	Comparativa de implementación de los APs en el enlace Nodo principal Lacón..	75
Tabla 10-3:	Comparativa de implementación de las estaciones en Nodo principal Lacón	76
Tabla 1-4:	Tabla de apoyo al cálculo del tamaño de una muestra, niveles de confianza	80
Tabla 2-4:	Obtención de elementos de la muestra de la tecnología IEEE 802.11 b.....	82
Tabla 3-4:	Obtención de elementos de la muestra de la tecnología IEEE 802.11 a	84
Tabla 4-4:	Datos muestrales: latencia, intensidad de señal y CCQ.....	87
Tabla 5-4:	Tabla para la elección de la prueba estadística.....	90
Tabla 6-4:	Prueba de normalidad para el indicador "Latencia"	92
Tabla 7-4:	Prueba de igualdad de varianza para el indicador "Latencia".....	93
Tabla 8-4:	Resultados prueba t-student para la variable "latencia".....	94
Tabla 9-4:	Prueba de normalidad para el indicador "Intensidad de señal"	96
Tabla 10-4:	Prueba de igualdad de varianza para el indicador "Intensidad de señal"	97
Tabla 11-4:	Resultados prueba t-student para la variable "intensidad de señal"	99
Tabla 12-4:	Prueba de normalidad indicador "Calidad de conexión del cliente CCQ"	101
Tabla 13-4:	Prueba igualdad de varianza indicador "CCQ"	102
Tabla 14-4:	Resultados prueba t-student para la variable " CCQ"	104
Tabla 1-5:	Reemplazos de los equipos en el nodo principal.....	106
Tabla 2-5:	Reemplazos de los equipos en el nodo Llatantoma	107
Tabla 3-5:	Reemplazos de los equipos en el nodo Lacón	108
Tabla 4-5:	Reemplazos de los equipos de última milla	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Gráfica de consumo en horas pico.....	3
Figura 1-2:	Trama de CSMA/CD.....	15
Figura 2-2:	Tipos de seguridad en 802.11 a y b	22
Figura 1-3:	Coordenadas del nodo principal	34
Figura 2-3:	Coordenadas Llatantoma	34
Figura 3-3:	Coordenadas Lacón	35
Figura 4-3:	Enlace Nodo principal-Llatantoma.....	38
Figura 5-3:	Datos simulador Airlink con IEEE 802.11 b en Nodo Principal-Llatantoma	39
Figura 6-3:	Resultados simulador Airlink IEEE 802.11 b en Nodo Principal-Llatantoma	40
Figura 7-3:	Datos en simulador Airlink con IEEE 802.11 a en Nodo Principal-Llatantoma ..	42
Figura 8-3:	Resultados simulador Airlink IEEE 802.11 a en Nodo Principal-Llatantoma	43
Figura 9-3:	Enlace Nodo principal-Lacón.....	45
Figura 10-3:	Datos en el simulador Airlink con IEEE 802.11 b en Nodo Principal-Lacón	46
Figura 11-3:	Resultados simulador Airlink con IEEE 802.11 b en Nodo Principal-Lacón	47
Figura 12-3:	Datos en el simulador Airlink con IEEE 802.11 a en Nodo Principal-Lacón	48
Figura 13-3:	Resultados simulador Airlink con IEEE 802.11 a en Nodo Principal-Lacón.....	49
Figura 14-3:	AP del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 b.....	59
Figura 15-3:	Estación del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 b.....	61
Figura 16-3:	AP del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 a.....	63
Figura 17-3:	Estación del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 a	64
Figura 18-3:	AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 b.....	68
Figura 19-3:	Estación del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 b	69
Figura 20-3:	AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a (parte 1)	71
Figura 21-3:	AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a (parte 2)	72
Figura 22-3:	Estación del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a (parte 1).....	73
Figura 23-3:	Estación del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a (parte 2).....	74
Figura 1-4:	Árbol de decisión para la elección del tamaño muestral	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Medias de los valores de latencia de las tecnologías IEEE 802.11a y b	95
Gráfico 2-4:	Medias de los valores de intensidad IEEE 802.11 a y 802.11 b	100
Gráfico 3-4:	Medias de los valores de CCQ de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b ..	105

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Datasheet airGrid M HP.
- Anexo B:** Datasheet Rocket M.
- Anexo C:** Datasheet Nano Station M y Nano Station Loco M.
- Anexo D:** Datasheet Dyna Dish 5 MikroTik.
- Anexo E:** Datasheet NanoBeam M.
- Anexo F:** Datasheet SXT Lite5.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue realizar un estudio comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b. El caso práctico fue realizado en el proveedor de internet FASTERCOM, el cual consta de tres nodos: Principal, Llatantoma y Lacón. Se realizó una comparativa teórica entre las dos tecnologías estudiadas IEEE 802.11a y 802.11b, analizando indicadores como: velocidad de transmisión, retardo de propagación, latencia, intensidad de señal, CCQ (Calidad de conexión del cliente), etc. Se realizaron simulaciones de los escenarios de prueba de los dos enlaces principales: Nodo principal – Nodo Llatantoma y Nodo principal – Nodo Lacón, en el software en línea Airlink. Cada enlace fue analizado independientemente con la tecnología IEEE 802.11a y con la tecnología IEEE 802.11b, obteniendo resultados que dieron una gran ventaja a la tecnología IEEE 802.11 a. Además se realizó la implementación de las dos tecnologías en la red de datos de la empresa proveedora de internet FASTERCOM, en los dos enlaces principales. Se obtuvieron resultados que dan ventaja a la tecnología IEEE 802.11 a en varios indicadores tales como calidad de conexión con el cliente, ancho de canal, seguridad, etc. En el capítulo 4 se realizó un estudio estadístico en la última milla, es decir en las antenas de cliente de la empresa, esto es debido a que es en este punto en donde se aprovecha el servicio de internet. Debido a que se obtuvieron varios datos de las antenas cliente fue necesario el cálculo de la muestra para poder aplicar la herramienta estadística t-student para muestras independientes, la cual arrojó resultados favorables para la tecnología IEEE 802.11 a en los tres indicadores analizados.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <REDES INALÁMBRICAS>, <ESTÁNDAR IEEE 802.11>, < LATENCIA>, <INTENSIDAD DE SEÑAL>, <CALIDAD DE CONEXIÓN DEL CLIENTE (CCQ)>, <ÚLTIMA MILLA>, <PRUEBA ESTADÍSTICA (T-STUDENT)>

ABSTRACT

The aim of this research work was to perform a comparative study of the IEEE 802.11a and 802.11b. The application study was carried out at FASTERCOM. The study comprises three nodes: main node, Llatantoma node and Lacon node. A theoretical comparison between the studied technologies IEEE 802.11a and 802.11b was carried out, analyzing indicators such as: transmission speed, propagation delay, latency, signal intensity, CCQ (client connection quality), etc. Simulations of testing scenarios of both main links were performed: Main Node-Llatantoma Node and Main Node-Node Lacon, employing Airlink online software. Each link was independently analyzed with IEEE 802.11a and with IEEE 802.11b technologies. The results showed a great advantage of IEEE 802.11a technology over IEEE 802.11b technology. Additionally, both technologies were implemented upon the data network of FASTERCOM internet provider, in both main links. The results showed an advantage of IEEE 802.11a technology on various indicators such as connection quality with the client, channel width, safety, etc. In chapter 4, a statistical study of the last mille, that is to say, in the client antennas of the enterprise was applied, this, due to that is the point where the internet service is used. Because of several data were collected from client antennas, it was necessary to calculate the sample to allow the application of the t-student for independent samples statistical test, which showed favorable results for IEEE 802.11a for all three indicators analyzed.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <WIRELESS NETWORKS>, <IEEE 802.11 STANDARD>, <LATENCY>, <SIGNAL INTENSITY>, <CLIENT CONNECTION QUALITY (CCQ)>, <LAST MILLE>, <STATISTICAL TEST (T-STUDENT)>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El uso de internet a nivel mundial ha crecido colosalmente en los últimos años, en la actualidad cualquier tipo de trámite, negocio, etc., se lo realiza mayormente mediante internet, ya sea por publicidad o por el simple hecho de comunicarse. De la misma manera, las formas de poseer este valioso servicio son variadas, teniendo redes cableadas o de forma inalámbrica.

En el país, el internet a pesar de haberse introducido por los años 70, se lo empieza a utilizar mayormente en los años 90 principalmente por bancos y politécnicas, convirtiéndose en una prioridad empresarial y académica. Por el año 2005 el uso de las redes sociales se introduce de una manera agigantada (Vera Quintana, 2008). Es por todos estos usos que los usuarios exigen una mayor velocidad de navegación tanto como para descargas y cargas sea cual sea el uso que le den.

En el mundo de las comunicaciones inalámbricas existen varias tecnologías que permiten encaminar de una forma correcta el acceso a internet, siendo el principal objetivo tener una mayor velocidad de navegación para que el cliente esté satisfecho. En la zona centro del país existen muchos proveedores de internet, por lo que cada uno de ellos debe trabajar con la tecnología más avanzada posible para poder competir en el mercado.

El proveedor de internet Fastercom tiene como misión proveer internet de alta calidad, y para ello es necesario que disponga de las mejores tecnologías, es por esta razón que en esta investigación se realiza un estudio comparativo de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b con el objetivo de determinar cuál de las dos le ofrece un mejor rendimiento de la red y en consecuencia un internet de mejor calidad en el usuario.

1.1 Planteamiento del problema

Las Telecomunicaciones y específicamente el uso de Internet a nivel mundial han crecido exponencialmente desde sus inicios alrededor del año 1969 (Leiner, 2016) gracias al desarrollo de la red de computadores ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network* - Red de Agencias de Proyectos Avanzados de Investigación). De igual manera han coexistido las diferentes tecnologías con las que es posible que las telecomunicaciones funcionen de una manera eficaz. Así, para el año de 1997 se publica la tecnología IEEE 802.11 para redes específicamente inalámbricas y posteriormente aparecen las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b, entre otras derivaciones. Es muy necesario estar actualizados en este ámbito teniendo en cuenta que la evolución de las telecomunicaciones no se detiene.

En América Latina y El Caribe países como Chile, Uruguay, Brasil, Costa Rica, México y Argentina han sido punteros en cuanto a tecnología inalámbrica se trata (Chamorro, 2008). Hablando específicamente de la tecnología IEEE 802.11, ésta es utilizada en los países mencionados y casi en la totalidad de América Latina, pero generalmente nos quedarnos estancados en tecnologías anteriores y no avanzamos al siguiente nivel. Se deben hacer análisis, investigaciones, estudios, para saber cuáles son las tecnologías de punta en cuanto a comunicaciones inalámbricas se trata y estar al nivel de países del primer mundo.

Para el año 1991 Internet se introduce a Ecuador (Rodríguez, 2010), las grandes empresas la empiezan a utilizar para negocios. Es por ello que con el pasar del tiempo han ido apareciendo varias proveedoras de este servicio. En la actualidad hay una gran oferta en el mercado así como también alta demanda, por lo que se debe ofrecer el mejor servicio posible para mantenerse en el mercado. En nuestro país las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b y sus variantes son utilizadas por las proveedoras, pero un problema que existe es el limitado conocimiento teórico de las mismas por parte del personal; es por ello que como ecuatorianos debemos inmiscuirnos más en este campo.

La empresa Fastercom está ubicada en la ciudad de Ambato provincia Tungurahua y ofrece el servicio de internet a sectores como Ambato, Salcedo, Yambo, Cunchibamba, entre otros. Debido a que es nueva, tiene relativamente pocos clientes a comparación de otras que ya están funcionando más tiempo, exactamente cuenta con 100 clientes. Fastercom lleva entregando servicios como proveedor de internet a sus clientes alrededor de un año, específicamente desde inicios del año 2016 (Investigación de campo). La misión de la empresa Fastercom se estipula en proveer internet de alta calidad a sus clientes. Refiriéndose a la alta calidad para que ellos tengan un ancho de banda sobre el mínimo aceptable en la navegación que es de 200Kbps (Investigación

de campo), es por eso que esta empresa requiere desde un inicio tener la posibilidad de utilizar tecnología actual para poder lograr su objetivo principal el cual es prestar un servicio de alta calidad a sus clientes y esto se logra si se tiene un buen rendimiento en la red.

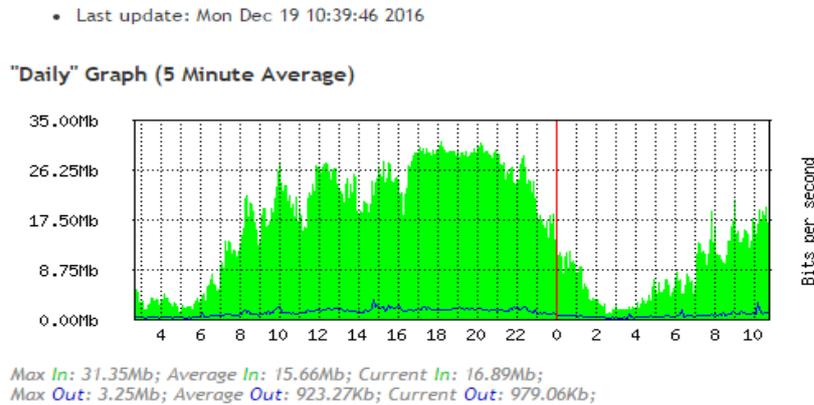


Figura 1-1: Gráfica de consumo en horas pico

Fuente: Sistema de Monitoreo Fastercom

La tecnología que utiliza la red de datos de la empresa Fastercom es la IEEE 802.11b, con la cual han surgido inconvenientes como interferencias entre frecuencias, este problema se da por la saturación en el ambiente debido a que su uso es libre, por esta razón hay gran cantidad de frecuencias solapadas que impiden tener señales sin interferencias. Otro aspecto que se debe tener en cuenta es dar prioridades a planes más altos y también a diferentes contenidos que se deseen descargar o subir. Los planes que ofrece la empresa son de 2, 2.5, 3 y 4 Mbps compartición 8 a 1, es decir que el ancho de banda va a ser dividido para 8 clientes, esta regla se cumple especialmente en horas pico, es decir cuando más se conectan los clientes, esto es desde las 5 de la tarde hasta las 10 de la noche como se muestra en la Figura 1-1. Estos datos se tomaron de los equipos de monitoreo de la empresa Fastercom. En este lapso de tiempo muchas veces se nota la lentitud en el servicio, es decir demoras en la descarga y subida de datos, y esto se da debido a que no se tiene una tecnología avanzada y por ende un buen rendimiento de la red.

Finalmente, si no se cuenta con una tecnología actualizada mucho menos se va a tener calidad en el servicio, por lo que es muy necesario analizar nuevas tecnologías, en este caso la IEEE 802.11 a ya que tiene menor uso que la IEEE 802.11 b y habrá menos interferencias. Haciendo un estudio comparativo no solo en cuanto a interferencias sino un análisis de varios indicadores, se determinará la factibilidad para la propuesta de una migración hacia otra tecnología. Todo esto con el fin de mejorar el rendimiento de la red de datos y con ello el servicio.

1.2 Formulación del problema

¿El estudio comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b incidirá en la mejora del rendimiento de la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom?

1.3 Preguntas directrices

¿Para qué analizar teóricamente las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b?

¿Es necesario diseñar los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom?

¿Para qué implementar los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom?

¿Para qué evaluar los resultados obtenidos de los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom?

¿Es necesario proponer la migración a la tecnología IEEE 802.11a en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom?

1.4 Justificación de la investigación

En el mundo de las telecomunicaciones es muy necesaria la actualización a nuevas tecnologías, las telecomunicaciones son cambiantes y requieren de estudios e investigaciones para poder mantenerse en un ámbito competitivo. Es por ello que en esta investigación se propone un análisis teórico y práctico de dos tecnologías indispensables para las comunicaciones inalámbricas, IEEE 802.11a y 802.11b.

El estudio comparativo de las tecnologías 802.11a y 802.11b aporta en cuanto a resultados experimentales se trata a los trabajos investigativos de igual o similar enfoque principalmente en nuestro medio y los ayuda a enriquecerse, de esta forma se tiene la posibilidad de comparar trabajos y poder realizar versiones mejoradas o a su vez específicas para una compañía. Según

indagaciones en la web, en el país existen trabajos en donde se comparan tecnologías para comunicaciones inalámbricas, pero no específicamente las tecnologías en cuestión las cuales son IEEE 802.11a y 802.11b, siendo estas dos de las más utilizadas a nivel de proveedoras de internet. Es por ello la importancia de este estudio.

Además del sustento teórico de esta investigación se tendrán dos escenarios que permitan valorar cada una de las dos tecnologías que se estudian en este trabajo. Para ello es indispensable partir del diseño con todas las características que previamente se estudian en la parte teórica. El diseño es un apoyo fundamental para proceder con la implementación de estos escenarios. Este punto es clave debido a que permitirá evaluar los resultados obtenidos para lograr comprobar la hipótesis planteada mediante resultados reales del proveedor de internet Fastercom.

Los beneficios que recibirá la empresa Fastercom a mediano y largo plazo se dan debido a que se tiene la posibilidad de poseer una red con una tecnología actual y se tendrá un mejor rendimiento en la misma. Esto conlleva a que esta empresa genere réditos y pueda incrementar la cantidad de abonados gracias a la credibilidad que ganará por ofrecer un mejor servicio, al igual que una correcta adaptabilidad al mundo cambiante y competitivo de las telecomunicaciones, especialmente en la ciudad de Ambato en la que existen empresas de la misma índole.

También se tendrá un beneficio interno tanto para personal administrativo como técnico ya que la red dispondrá de una tecnología que ha sido comprobada teórica, y experimentalmente y por ende una red de datos con mejor rendimiento.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Realizar un estudio comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b de modo a mejorar el rendimiento de la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b para sustentar teóricamente las ventajas de una frente a la otra en los escenarios de prueba a diseñar.
- Diseñar los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom para su posterior implementación.
- Implementar los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom para valorar resultados.
- Evaluar los resultados obtenidos de los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom para comprobar hipótesis.
- Proponer la migración a la tecnología IEEE 802.11a en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom para mejorar el rendimiento de la misma.

1.6 Hipótesis

La implementación de la tecnología IEEE 802.11a mejorará el rendimiento de la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom.

1.7 Identificación de variables

1.7.1 Variable independiente:

Tecnología IEEE 802.11 a

1.7.2 Variable dependiente:

Rendimiento de la red de datos

1.8 Operacionalización de variables

Tabla 1-1: Operacionalización de variables

Hipótesis	Variables	Indicadores
La implementación de la tecnología IEEE 802.11a mejorará el rendimiento de la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom	Independiente: Tecnología IEEE 802.11a Dependiente: Rendimiento de la red de datos	-Velocidad de transmisión -Retardo de propagación -Ventana -Porcentaje de uso del canal -Nivel de potencia -Nivel de saturación -Porcentaje de paquetes transmitidos -Velocidad de datos transmitidos -Tiempo de respuesta -Latencia -SlotTime -Intensidad de la señal -Calidad -Capacidad -Capacidad de descarga -Capacidad de subida -Nivel de satisfacción del cliente

Realizado por: Mónica Freire, 2018

1.9 Matriz de consistencia

Tabla 2-1: Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivo general	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índice	Técnica	Instrumento
¿El estudio comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b incidirá en la mejora del rendimiento de la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom?	Realizar un estudio comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b de modo a mejorar el rendimiento de la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom	La implementación de la tecnología IEEE 802.11a mejorará el rendimiento de la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom	Independiente: Tecnología IEEE 802.11 ^a	-Velocidad de transmisión	-Bits/seg	-Observación	-Software
				-Retardo de propagación	-ms	-Observación	-Software
			Dependiente: Rendimiento de la red de datos	-Ventana	-MHz	-Observación	-Software
				-Porcentaje de uso del canal	-Tanto por ciento (%)	-Observación	-Software
				-Nivel de potencia	-dBm(s)	-Observación	-Software
				-Nivel de saturación	-dBm(s)	-Observación	-Software
				-Porcentaje de paquetes transmitidos	-Tanto por ciento (%)	-Observación	-Software
				-Velocidad de datos transmitidos	-Bits/seg	-Observación	-Software
				-Tiempo de respuesta	-ms	-Observación	-Software
				-Latencia	-ms	-Observación	-Software
				-SlotTime	-ms	-Observación	-Software
				-Intensidad de la señal	-dBm(s)	-Observación	-Software
			-Calidad	-Tanto por ciento (%)	-Observación	-Software	
			-Capacidad	-Tanto por ciento (%)	-Observación	-Software	
			-Capacidad de descarga	-Bits/seg	-Test de velocidad	-Software	
			-Capacidad de subida	-Bits/seg	-Test de velocidad	-Software	

Realizado por: Mónica Freire, 2018

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco de referencia

La presente investigación toma en cuenta el conocimiento previamente construido en torno al tema objeto de estudio y para ello se han encontrado los siguientes trabajos publicados en la literatura científica:

- 1) Autor: Danny Alejandro Ortiz Puga (2015). Tesis de titulación: “Análisis comparativo del desempeño de estándar IEEE 802.11ac respecto al IEEE 802.11n a través de simulación numérica apoyada por software”

El enfoque de la investigación de Ortiz es realizar un estudio comparativo para verificar las mejoras del estándar IEEE 802.11ac, siendo éste el sucesor del IEEE 802.11n. Lo que hace que sea un posible apoyo para el desarrollo del estudio que se propone en esta investigación, ya que también se hace una comparativa entre tecnologías que se utilizan en comunicaciones inalámbricas estipuladas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

- 2) Autor: Mario Rodrigo Camana Acosta (2016). Tesis de titulación: “Estudio comparativo de calidad de servicio utilizando simulación en una WLAN con el estándar IEEE 802.11e para tráfico de voz, video y datos”

Camana en su trabajo pretende comprobar la calidad del servicio con los estándares IEEE 802.11g e IEEE 802.11e mediante diferentes métodos de acceso, a pesar de no exponer el otro estándar en el tema. Algunos conceptos de la investigación de Camana serán de gran ayuda al momento de realizar la propuesta de este anteproyecto ya que trabaja con tecnologías similares y detalla estudios y procedimientos realizados.

2.2 Marco teórico

Se han considerado los siguientes elementos teóricos para la investigación presente.

2.2.1 Comunicaciones de datos

Este concepto es una base fundamental para la presente investigación, ya que engloba todos los conceptos básicos que se están analizando. Este concepto se remonta desde los inicios de la humanidad porque es el proceso de compartir un mensaje. Una conversación entre dos personas es un ejemplo de comunicación.

Específicamente, las comunicaciones de datos se refieren a la compartición de mensajes virtuales. Las comunicaciones electrónicas, correos electrónicos, llamadas de teléfono, son ejemplos de comunicaciones de datos. Particularmente, las comunicaciones de tipo punto a punto, direccional y omnidireccional son los ejemplos que más encajan en esta investigación debido al enfoque que esta tendrá que es en un Proveedor de Internet.

Las comunicaciones de datos suelen usar el proceso de transmisión serie, un mensaje se divide en paquetes menores de datos y se transmiten al destino. Cuando el mensaje llega a su destino, los paquetes se colocan juntos en orden secuencial para volver a montar el mensaje original. (Fennell, 2014)

2.2.2 Interconectividad de Redes

Según (Garduño, 2012), Interconectividad de Redes es un conjunto de tecnologías y servicios en donde se diseñan, desarrollan y mantienen redes modernas, en su mayoría heterogéneas. Interconectividad es el nivel de conexión que ocurre entre dos o más elementos y red hace referencia a un conjunto de equipos informáticos que se conectan usando un medio para poder transmitir información.

Interconectividad de redes es otra base de este trabajo, esto porque la empresa Fastercom está enfocada a la interconectividad directamente, ya que sus clientes reciben el servicio de internet

mediante una interconexión entre, primeramente la red de la empresa y después con la red local de su domicilio. Así que se debe tener muy en cuenta este concepto para poder proseguir en el desarrollo de la propuesta.

2.2.3 Redes corporativas

Una red corporativa permite conectar todas las localizaciones de la empresa de una forma permanente, privada, segura y fiable a través de un medio de comunicación. Permite a la empresa tener todas sus comunicaciones, ya sean datos, voz, vídeo o imágenes, de un modo rápido, seguro y gestionado, esto va a depender estrictamente de cómo esté gestionada cada red. Además, permite a través de un panel de control conocer en cualquier momento el estado de la red, en el caso de Fastercom se dispone de un software llamado The Dude que muestra el estado de toda la red de la empresa y permite saber si alguna parte de ella no está funcionando correctamente.

2.2.4 Estandarización

La estandarización evita las arquitecturas cerradas, los monopolios y los esquemas propietarios. Cuando se adquieren equipos de telecomunicaciones con estándares propietarios no está garantizado que vayan a comunicarse con los demás equipos de la red. La estandarización supone también actualizaciones a nuevas tecnologías, lo que ayuda a una empresa a mantenerse en competencia con otras de su misma índole. Los estándares son la esencia de la interconexión de redes de comunicaciones. Así como también la base de los productos y típicamente son los que marcan la diferencia entre la comunicación y la incompatibilidad.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Redes de comunicaciones

Cuando se habla de redes en el área de las telecomunicaciones, se refiere a una red de computadoras o elementos que permiten la comunicación. Una red es un conjunto de equipos informáticos y software conectados entre sí por medio de dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio para el transporte de datos, con la finalidad de compartir información, recursos y además ofrecer servicios.

Como en todo proceso de comunicación, se requiere de un emisor, un mensaje, un medio y un receptor. La finalidad principal para la creación de una red de computadoras es compartir los recursos y la información a distancia, asegurar la confiabilidad y la disponibilidad de la información, aumentar la velocidad de transmisión de los datos y reducir el costo. Un ejemplo es Internet, la cual es una gran red de millones de computadoras ubicadas en distintos puntos del planeta interconectadas básicamente para compartir información y recursos.

La red informática nombra al conjunto de computadoras y otros equipos interconectados, que comparten información, recursos y servicios. Puede a su vez dividirse en diversas categorías, según su alcance (red de área local o LAN, red de área metropolitana o MAN, red de área amplia o WAN, etc.), su método de conexión (por cable coaxial, fibra óptica, radio, microondas, infrarrojos) o su relación funcional (cliente-servidor, persona a persona), entre otras. (Perez, 2008)

De acuerdo a esta descripción, se procede a analizar las redes WAN que es lo que compete esta investigación de acuerdo a las categorías fundamentales previamente analizadas.

2.3.1.1 Redes WAN

Para continuar con el marco conceptual de esta investigación vamos a referirnos al concepto de WAN que es la sigla de Wide Area Network, una expresión en lengua inglesa que puede traducirse como Red de Área Amplia. Esto quiere decir que la red WAN es un tipo de red que cubre distancias de entre unos 100 y unos 1.000 kilómetros, lo que le permite brindar conectividad a varias ciudades o incluso a un país entero. (Perez, 2008)

Las redes WAN pueden ser desarrolladas por una empresa o una organización para un uso privado, o incluso por un proveedor de Internet (ISP, Internet Service Provider) para brindar conectividad a todos sus clientes, es por esto que se analiza este concepto ya que está estrechamente ligado a la empresa proveedora de internet Fastercom que conecta repetidoras entre ciudades como Ambato y Salcedo.

2.3.1.2 Redes MAN

MAN es la abreviación de Metropolitan Area Network, es decir Red de Área Metropolitana. Una red MAN es aquella que ofrece cobertura en una zona geográfica extensa, como puede ser como una ciudad o un municipio, en el caso de la empresa Fastercom se tiene diferentes repetidores en la ciudad de Ambato y también en Salcedo. Con una red MAN es posible compartir e intercambiar todo tipo de datos mediante el aire, en el caso particular de esta empresa ya que se utiliza radiofrecuencia.

2.3.1.3 Redes LAN

Son las siglas de Local Area Network, es decir Red de área local. Este tipo de redes conectan los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada como una habitación, un edificio, o un conjunto de edificios. En el caso de Fastercom en la red local se encuentran los equipos de monitoreo, servidores, etc.

2.3.2 Estándares de telecomunicaciones

La Organización Internacional para la estandarización ISO define a los estándares como "*acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas u otros criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones de características para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito*". (Fernandez Fassnacht, 2016)

Por lo tanto un estándar de telecomunicaciones es un conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regulan la transmisión en los sistemas de comunicaciones. Los estándares deberán estar documentados, es decir escritos en papel, con el objetivo de que sean difundidos y captados de igual manera por las entidades o personas que los vayan a utilizar.

2.3.2.1 Estándar IEEE 802.11

Primeramente cabe mencionar que la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers- Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas. El estándar IEEE 802.11 es propuesto por la IEEE y define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (Open Systems Interconnection o Interconexión de Sistemas Abiertos) los cuales son: capa física y enlace de datos (Ecured, 2016). En la actualidad se usan sus versiones 802.11a, 802.11b y 802.11g para proporcionar conectividad en redes de hogares, oficinas, establecimientos comerciales o empresas. Lo que se pretende con el desarrollo de esta propuesta es migrar desde la tecnología IEEE 802.11b a la tecnología IEEE 802.11a. Para ello se explicará a continuación las características de cada uno de estos estándares.

Estándar IEEE 802.11b

En julio de 1999 se crea la especificación 802.11b, la cual tiene una velocidad teórica máxima de transmisión de 11 Mbit/s, comparable a una Ethernet tradicional, en la práctica la velocidad máxima de transmisión es de aproximadamente 5.9 Mbit/s para TCP y 7.1 Mbit/s para UDP.

La 802.11b utiliza la misma frecuencia de radio que el tradicional 802.11 (2.4GHz). El problema es que al ser esta una frecuencia sin regulación, se pueden causar interferencias con microondas, teléfonos móviles y otros aparatos que funcionen en la misma frecuencia. Sin embargo, si las instalaciones 802.11b están a una distancia razonable de otros elementos, estas interferencias son fácilmente evitables. Este es un problema para la empresa Fastercom ya que el nodo principal se encuentra en la urbe Ambateña y se empiezan a notar interferencias de las mencionadas, por esto es necesaria la migración a una tecnología más avanzada.

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect)

CSMA/CD son las siglas en inglés de Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection o traducido al español como acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones. Es un protocolo de control de acceso al medio en el cual se verifica la ausencia de tráfico antes de transmitir en un medio compartido como una banda de espectro electromagnético. Tiene una mejora en tanto al rendimiento a comparación de CSMA debido a que finaliza el envío cuando se detecta una colisión. En CSMA/CD, los dispositivos de red escuchan el medio antes de transmitir, es decir se determina si el canal y sus recursos se encuentran disponibles para realizar una transmisión.

La trama empleada en CSMA/CD está formada por ocho campos:



Figura 1-2: Trama de CSMA/CD

Fuente: (Kurose, 2013)

- Preámbulo: es el encargado de que el receptor pueda sincronizarse con el emisor, de forma que pueda localizarse el principio de la trama.
- Delimitador de inicio: empleado para indicar al receptor el inicio de la trama.
- Dirección de destino: contiene la dirección física (MAC) del equipo destinatario de la trama.
- Dirección de origen: contiene la dirección MAC de la estación emisora de la trama y tiene un formato similar al de la dirección de destino.
- Longitud: indica la longitud del campo de datos que se encuentra a continuación. Es necesaria para determinar la longitud del campo de datos en los casos que se utiliza un campo de relleno.

- Información: contiene los datos transmitidos.
- Relleno: es usado para que la trama alcance la longitud mínima requerida.
- Chequeo: contiene un código de redundancia cíclica de 32 bits. Es utilizada como mecanismo de control de errores en la transmisión.

Estándar IEEE 802.11a

La revisión 802.11a al estándar original fue ratificada en 1999. El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 subportadoras OFDM (orthogonal frequency division multiplexing – acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales) con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. 802.11a tiene 12 canales no solapados, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Dado que la banda de 2.4 GHz tiene gran uso, el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso, esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas. Esto no provoca ningún inconveniente en la presente propuesta ya que la red del proveedor de Internet Fastercom posee estas características, por lo que la migración a esta tecnología es viable.

Modulación OFDM

OFDM viene del inglés Orthogonal Frequency Division Multiplexing que quiere decir modulación por división ortogonal de frecuencia, es una modulación que consiste en enviar la información modulando un conjunto de portadoras de diferente frecuencia ya sea en QAM (Modulación de amplitud en cuadratura, es una técnica que transporta dos señales independientes, mediante la modulación de una señal portadora) o en PSK (Phase-shift keying, es una modulación de fase donde la señal moduladora, es decir los datos, es digital).

Normalmente se realiza la modulación OFDM tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión. La modulación OFDM es muy robusta frente al multitrayecto, que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente al desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas y frente a las interferencias de RF.

Debido a las características de esta modulación, las distintas señales con distintos retardos y amplitudes que llegan al receptor contribuyen positivamente a la recepción, por lo que da una clara ventaja de la tecnología IEEE 802.11a frente a la 802.11b.

2.3.3 Internet

Otro concepto fundamental es Internet ya que es el principal servicio que ofrece la empresa Fastercom. Internet es una red internacional de redes, proviene de la abreviatura de INTERnational NETwork. Es un método de interconexión descentralizada de redes de computadoras implementado en un conjunto de protocolos TCP/IP y garantiza que redes físicas heterogéneas funcionen como una red lógica única de alcance mundial. Dicho de modo más sencillo, se trata del conjunto de ordenadores que se encuentran conectados entre sí. (Arranz, 2007)

2.3.3.1 Datos

Del latín datum (“lo que se da”), un dato es un documento, una información o un testimonio que permite llegar al conocimiento de algo o deducir las consecuencias legítimas de un hecho. Para la informática, los datos son expresiones generales que describen características de las entidades sobre las que operan los algoritmos. Estas expresiones deben presentarse de una cierta manera para que puedan ser tratadas por una computadora. En este caso, los datos por sí solos tampoco constituyen información, sino que ésta surge del adecuado procesamiento de los mismos. (Perez, 2008)

Los datos son fundamentales en cualquier empresa de telecomunicaciones ya que transferirlos es el principal objetivo de éstas. Los datos son la información a transmitir de un sitio a otro mediante los elementos que componen una red, en este caso la red de comunicaciones de la empresa Fastercom.

2.3.3.2 Rendimiento

El rendimiento permite saber si una red está funcionando de manera óptima, es medido o cuantificado usando la velocidad de transmisión de datos la cual es una medida concreta y de fácil cálculo. Otras formas de medir el rendimiento en una red, es la cantidad de paquetes de datos que llegan de forma íntegra desde un nodo hacia otro en la red, en el camino los paquetes de datos pueden alterarse debido a factores como interferencias, un elevado porcentaje de paquetes íntegros significan un buen rendimiento de la red. El tiempo de respuesta también es determinante en el rendimiento de una red.

A continuación se detallarán algunos de los parámetros que se deben tomar en cuenta para el estudio comparativo entre las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b en cuanto al rendimiento de la red se trata, específicamente en el proveedor de internet Fastercom que es en donde se van a realizar las pruebas.

2.3.3.3 Tráfico de red

Como descripción general del flujo del tráfico de red se puede decir que los paquetes recorren una ruta para ingresar a un sistema y para salir de él, en este caso de la red. Los paquetes recibidos se transfieren a la pila de red para su posterior procesamiento mientras los paquetes salientes se envían a la red.

2.3.3.4 Ancho de banda

El ancho de banda o bandwidth, puede referirse a varias cosas dependiendo de la aplicación de la que estemos hablando. Cuando hablamos de radio, el bandwidth se suele referir a longitud de onda. En tecnologías ópticas viene marcado por el ancho de una línea del espectro, dentro del rango del espectro total. Bandwidth es una unidad de medida que representa la tasa en que los datos o bits de información pueden pasar a través de un sistema. (Perez, 2008)

Con la creciente incorporación de Internet y las redes a nuestra vida en todas sus facetas, se han generado diversas clases de aplicaciones, y con ellas existen en la actualidad múltiples tipos de

tráfico que demandan diferente ancho de banda para circular por diferentes redes y sobre todo por Internet.

Debido a que siempre se exige al máximo la capacidad de una red, especialmente la conexión a Internet, es que termina siendo importante controlar el uso que se hace de ese factor como es el ancho de banda, para administrarlo adecuadamente según nuestras necesidades.

2.3.3.5 Throughput

El throughput también es definido como la velocidad real de transporte de datos a través de una red de comunicaciones, el cual normalmente se mide en Mbps y siempre será inferior al ancho de banda o bandwidth.

En este punto se puede tocar el concepto de eficiencia del canal, que prácticamente es el porcentaje del throughput. Por ejemplo, si el throughput es 70Mbps en una conexión Ethernet de 100Mbps, la eficiencia del canal sería 70%, es decir que se transmiten 70Mbit de datos cada segundo.

2.3.3.6 QoS

QoS proviene de las siglas de Quality of Service (Calidad de servicio), se define como el conjunto de tecnologías que garantiza la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo determinado a uno o varios dispositivos. Es decir, con QoS activado, el equipo se encarga de distribuir el ancho de banda disponible en función del escenario de uso y de manera automática. Este concepto es muy útil para la optimización de tráfico de la red de comunicaciones del Proveedor de Internet Fastercom.

2.3.3.7 Capacidad de canal

Representa la máxima cantidad de datos transmitidos por unidad de tiempo, es decir, la velocidad a la que se pueden transmitir los datos en un canal de comunicación, depende de varios factores

tales como la capacidad de procesamiento de los transmisores, mecanismos de codificación de canal, características de los equipos a utilizar, la tecnología o estándar de los equipos, etc. La capacidad de los canales con poco ruido será mayor que la de aquellos con mucho ruido.

2.3.3.8 Jitter

El jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. Es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados. Una de las maneras de controlarlo es el aumento de mecanismos de QoS (calidad del servicio).

Si el valor del jitter de la comunicación es menor a 100 ms puede ser compensado de manera apropiada, en caso contrario debe ser minimizado. La solución más ampliamente adoptada es la utilización del jitter buffer que consiste básicamente en asignar una pequeña cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso.

2.3.3.9 Pérdida de paquetes

Cuando en una comunicación existe pérdida de paquetes quiere decir que uno o más trozos de información no han llegado a su destino de la forma esperada. Algunos problemas derivados de la pérdida de paquetes pueden ser información desfasada (más visible en videojuegos), lentitud de carga (visible en redes sociales, YouTube), interrupción en las cargas (por ejemplo que se interrumpa la carga para un correo electrónico), cierre de conexiones (si la conexión se cierra debido al tiempo excesivo de espera), información incompleta (por ejemplo las páginas web podrían no mostrar todos los elementos). (Sánchez Canales, 2017)

2.3.3.10 Latencia

Es el retardo entre el punto inicial y final de una comunicación. Es un problema general de las redes de telecomunicación, en especial las de grandes dimensiones debido a que la información

deberá recorrer más distancias. Las comunicaciones en tiempo real como por ejemplo VoIP y full-duplex son sensibles a este efecto. La latencia se mide con el conocido comando ping y viene dada en milisegundos. Al igual que el jitter, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados.

Debido a que el oído humano puede detectar latencias de 200 a 250 ms, la latencia debería ser de hasta 150 ms para que sea una buena comunicación. Una de las soluciones que se dan para evitar latencia es dar prioridades a los paquetes más importantes, también aumentar el ancho de banda o velocidad del enlace.

2.3.3.11 Intensidad de señal

En el mundo inalámbrico este concepto también es conocido como nivel de potencia, se mide en dBm (conocido también como dBmW o decibelio-milivatio) es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio mW. La utilización de dBs es más simple al momento de comparar y calcular niveles de señal y relaciones de potencia. La relación de los dBs con las unidades de medida convencionales viene dada por la siguiente ecuación: $P(\text{dB})=10\log(P/\text{Pref})$, en donde se relacionan la potencia requerida con una potencia de referencia y así se obtiene en dBs. Los equipos dan los valores de intensidad de señal o potencia en dBs por lo que es necesario tener en conocimiento estos conceptos.

Ahora se analizan los valores permitidos para tener una buena señal. La potencia de señal se considera baja a partir de -80 dBm y los valores óptimos que pueden llegar a un dispositivo inalámbrico está entre -30 y -70 dBm (González, 2016). Cuando la señal es baja las prestaciones se degradan rápidamente, por lo que se procura estar en el valor recomendado para no tener inconvenientes en la comunicación. La velocidad de transmisión va a depender en gran medida de la potencia de la señal, para garantizar una buena intensidad de señal es fundamental elegir correctamente la ubicación de los equipos, cobertura, características de los equipos, etc.

2.3.3.12 CCQ

Son las siglas en inglés de calidad de conexión del cliente (CCQ), es un valor en porcentaje que muestra la eficacia del uso del ancho de banda, se utiliza en relación con el ancho de

banda teórico máximo disponible. Para obtener un mejor CCQ y desempeño, que se traduce en estabilidad de los enlaces es recomendable mantener el rate (tasa de transmisión/recepción) ligeramente superior al valor del ancho de banda útil que se requiere transmitir. (Kilamo, 2011)

Debido a que el CCQ es un cálculo del promedio entre el tiempo estimado de una transmisión y el tiempo real en que la realiza, un valor cercano al 100% sería lo ideal para tener un buen enlace. Sin embargo los valores recomendables oscilan entre 70% y 90%. Hay autores que aceptan valores de CCQ de hasta un mínimo de 50% a pesar de que se va a depender de factores externos para que este valor pase de aceptable a malo.

2.3.3.13 Seguridad

Hablar de seguridad es hablar de una característica fundamental que deben tener todas las redes, ya sean cableadas o inalámbricas como es el caso de las que utilizan el estándar 802.11. En el último caso la información está más insegura que en una red cableada porque las ondas de radio son más susceptibles de ser interceptadas que un cable. Lo que se busca es que la información que se maneja en estas redes no sea revelada a personas no autorizadas. A continuación se detallan los tipos de seguridad que maneja el estándar 802.11.

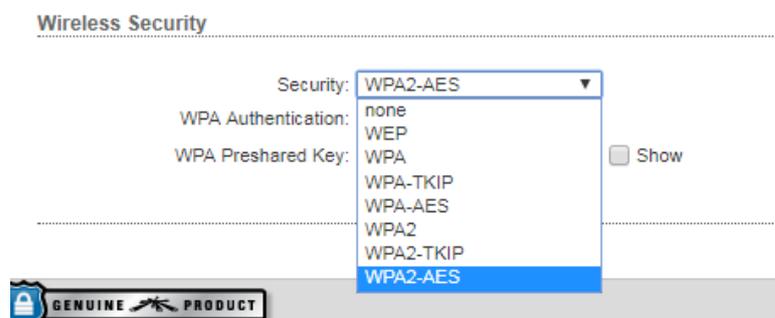


Figura 2-2: Tipos de seguridad en 802.11 a y b

Realizado por: Mónica Freire, 2018

WEP Wired Equivalent Privacy o Privacidad equivalente al cableado

Es un protocolo de cifrado en el estándar IEEE 802.11 para redes wireless que permite cifrar la información que se transmite. Fue presentado en 1999 para proporcionar una confidencialidad comparable a la de una red tradicional cableada. Utiliza el algoritmo de cifrado RC4 (algoritmo

de criptografía diseñado por Ronald Rivest en 1987, su nombre completo es Rivest Cipher 4, el acrónimo tiene un significado alternativo de Ron's Code) que utiliza claves de 64 o 128 bits.

El concepto de WEP consiste en establecer una clave secreta que se debe declarar tanto en el punto de acceso como en los equipos cliente. La clave se usa para crear un número que parece aleatorio y de la misma longitud que la trama de datos a manera de una máscara, se usa una operación "o exclusiva" para combinar la trama y el número que parece aleatorio en un flujo de datos cifrado. (Vialfa, 2016)

WPA Wi-Fi Protected Access o Acceso Wi-Fi protegido

WPA depende de protocolos de autenticación y de algoritmos de cifrado. WPA se utilizó como una mejora de seguridad temporal para WEP, fue formalmente aceptado un año antes de que WEP fuera oficialmente abandonado. La mayoría de las aplicaciones WPA modernas usan una clave WPA personal que es previamente compartida. WPA Enterprise utiliza un servidor de autenticación para la generación de claves.

WPA era una mejora significativa sobre WEP, sin embargo se necesitaban de actualizaciones de firmware en dispositivos con WEP. Además, al igual que WEP, después de ser puesto a prueba de concepto y demostraciones resultó que fue vulnerable a la intrusión.

Las variantes de WPA son las siguientes: WPA-TKIP, WPA-AES, WPA2, WPA2-TKIP, WPA2-AES. TKIP (Protocolo de integridad de clave temporal) es un algoritmo de cifrado cerrado el cual genera claves aleatorias hasta varias veces por segundo para una mayor seguridad. Por su parte AES (Advanced Encryption Standard) necesita más potencia de cálculo lo que repercute en el consumo de algunos dispositivos móviles, sin embargo, esto no es de importancia frente al mayor nivel de seguridad que ofrece, además el hecho de que necesite menos ancho de banda le hace más eficiente. Cabe mencionar que WPA2 es el estándar que sustituyó al WPA.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basa en valores numéricos, tanto para la comparativa teórica como experimental. Se obtienen valores numéricos de los indicadores para realizar la comparativa entre las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b y finalmente el estudio estadístico que está basado en todos los valores numéricos obtenidos en la última milla de la red de datos de la empresa proveedora de servicio de internet FASTERCOM.

3.2 Tipo de investigación

3.2.1 *Bibliográfica*

Esta investigación es de tipo bibliográfico ya que posee un estudio comparativo teórico por lo que se requiere de fuentes bibliográficas que expongan datos para poder realizar la comparación entre las dos tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b.

3.2.2 *Experimental*

Este estudio es de tipo experimental ya que se realizaron pruebas experimentales en la red de datos del proveedor de internet Fastercom, para poder obtener datos numéricos reales y poder realizar el estudio comparativo con los mismos.

3.3 Análisis comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b

En este capítulo se realiza primeramente un estudio comparativo teórico entre las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b, en segunda instancia se realizan simulaciones en los nodos de la empresa Fastercom los cuales son: Nodo Principal – Llatantoma y Nodo Principal - Lacón, finalmente se observan los resultados de la implementación con ambas tecnologías. Para cada caso se realiza una comparativa de los resultados.

En este capítulo se analizan los parámetros que definen los estándares IEEE 802.11a y 802.11b como son la tasa de transmisión, señal, latencia, etc. Con este estudio comparativo se tiene un panorama claro para determinar en qué aspectos una tecnología supera a la otra, sin olvidarnos que depende estrictamente de cual sea el fin o el propósito para usar cada una de ellas.

A manera de introducción a este análisis teórico, como se indicó en el marco teórico, el estándar IEEE 802.11b trabaja en la banda de 2.4 GHz y el IEEE 802.11a con 5 GHz. Esto conlleva desde ya a tener tanto ventajas como desventajas para ambos estándares. Debido a que la banda de 2.4 GHz es muy utilizada, se suele tener más interferencia que con el estándar IEEE 802.11a, aquí surge una ventaja para el estándar IEEE 802.11a. Sin embargo, con la banda de 5 GHz se limita a tener línea de vista ya que no puede penetrar obstáculos como la IEEE 802.11b, esto conlleva a una necesidad mayor de puntos de acceso creándose una desventaja para la IEEE 802.11a. Cabe aclarar que con cualquiera de los dos estándares mientras más libres estén las zonas de Fresnel es mejor.

Como se acaba de analizar, solamente considerando la banda en la que trabajan los estándares se denotan ventajas y desventajas. A continuación se detallan los parámetros que son indispensables para mejorar el rendimiento de una red de comunicaciones, quedando a disposición del criterio de cada administrador de red, tomar las ventajas de los estándares dependiendo su propósito.

3.3.1 Velocidad de transmisión

El estándar 802.11a tiene una velocidad teórica máxima de transmisión de 54 Mbps. Este estándar se basa en la tecnología llamada OFDM (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales) y en la práctica llega a unos 25 Mbps.

Por su parte, el estándar IEEE 802.11b tiene una velocidad teórica máxima de transmisión de 11 Mbps, comparable a una Ethernet tradicional, pero debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect), en la práctica la velocidad máxima de transmisión es de aproximadamente 5.9 Mbit/s para TCP y 7.1 Mbit/s para UDP.

Se puede observar que la velocidad de transmisión teórica de IEEE 802.11a es prácticamente cinco veces la velocidad teórica de IEEE 802.11b, por lo que representa una clara ventaja para el estándar IEEE 802.11a.

3.3.2 Retardo de propagación

Debido a que el retardo de propagación es el tiempo que tarda la información en llegar al destino desde el emisor es lógico pensar que el estándar 802.11a va a tener un menor retardo de propagación debido a que su velocidad de transmisión teórica es de 54 Mbps frente a 11 Mbps del estándar 802.11b. Notablemente su velocidad es mayor, por lo que esto representa una ventaja para el estándar 802.11a en cuanto a retardo de propagación.

3.3.3 Capacidad de canal

Este concepto se refiere a la máxima cantidad de información que puede ser transmitida en un canal de comunicación. El valor designado de la capacidad de canal será mayor al ancho de banda debido a que éste pasará por el canal. La capacidad de canal va a depender de las características de los equipos más no del estándar que se esté utilizando. El valor máximo de la capacidad de canal tanto para IEEE 802.11a e IEEE 802.11b es de 40 MHz. Por lo expuesto, se puede concluir que este concepto no da ventaja de una tecnología sobre la otra.

3.3.4 Jitter

Como se explicó en el capítulo 2, el jitter es la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes. En un estudio llamado “Handbook of research on mobility and computing” los autores María Manuela Cruz y Fernando Moreira realizaron un estudio en el cual obtuvieron un promedio de 0,52 ms de jitter usando la tecnología IEEE 802.11a. (Cruz, 2011)

Por su parte, en el estudio “Comparative Performance Evaluation of Wi-Fi IEEE 802.11 b, g WEP Point-to-Point Links” realizado en London arroja que haciendo pruebas con la tecnología IEEE 802.11b se obtiene un promedio de 4,8 ms de jitter en el envío de paquetes. (Pacheco , Veiga, Marques, Ribeiro, & Reis, 2011)

Se puede claramente notar que se tiene una ventaja para la tecnología IEEE 802.11a con un jitter mucho más bajo que el de la tecnología IEEE 802.11b, cabe mencionar que las pruebas se realizaron con características similares.

3.3.5 Latencia

Este concepto no solo tiene que ver con el estándar que se esté utilizando, los valores de latencia van a depender de varios factores como: el medio de transmisión, la distancia entre los puntos de comunicación, la capacidad de los dispositivos finales, entre otros. Sin embargo, debido a que los equipos de comunicación si tienen una incidencia con este concepto, se puede manifestar que la tecnología IEEE 802.11a tiene una ventaja frente a la IEEE 802.11b debido a que sus equipos tienen mayor robustez. En cuanto al medio de transmisión y la distancia entre los puntos de comunicación no se puede inferir si un estándar es mejor al otro debido a que estos conceptos son aplicados de la misma forma para ambas.

En conclusión, debido a que no se tiene una ventaja completamente acertada en el concepto de latencia para ningún estándar, se le toma como un parámetro neutro en la medida de cual es mejor. Esto se decide debido a que, a pesar de que los equipos del estándar IEEE 802.11a tengan mejores características no quiere decir que las características de los otros equipos no sean buenas. Por dar un ejemplo, la frecuencia de 2.4 GHz tiene la capacidad de pasar obstáculos “livianos” mientras que con 5 GHz no es posible si es que se quiere tener una buena conexión. Es por ello que en el concepto de latencia, ningún estándar tiene la ventaja de acuerdo a este estudio teórico.

3.3.6 Intensidad de señal

La intensidad de señal se considera baja a partir de -80 dBm y los valores óptimos están entre -30 y -70 dBm (González, 2016). Cuando la señal es baja las prestaciones se degradan rápidamente, por lo que se procura estar en el valor recomendado para no tener inconvenientes en la comunicación. La velocidad de transmisión va a depender en gran medida de la potencia de la señal, para garantizar una buena intensidad de señal es fundamental elegir correctamente la ubicación de los equipos, cobertura, características de los equipos, etc.

Después de este análisis sobre el concepto de intensidad de señal o nivel de potencia en el estudio comparativo entre las tecnologías IEEE 802.11 a y b, se concluye que, como se va a depender en gran medida de varios factores como son línea de vista, características de los equipos, ubicación de los mismos, etc., no se puede inferir de manera teórica cuál de las dos tecnologías va a tener mejor intensidad de señal, así que en el capítulo 4 se realizará un estudio estadístico de este indicador.

3.3.7 CCQ

Este parámetro (calidad de conexión del cliente) muestra una evaluación general del enlace. Como se indicó en el capítulo 2, los valores cercanos a 100% representan un buen enlace. Ahora, debido a que este valor va a depender de varios factores como: línea de vista, zona de Fresnel, interferencias del canal utilizado, potencias de los radios, ancho de canal, alineación de las antenas, entre otros, no se puede inferir teóricamente que tecnología se lleva el galardón en cuanto a este indicador. Por ello se realizará un análisis estadístico con datos experimentales en última milla en el capítulo 4.

3.3.8 Utilización del canal

El estándar IEEE 802.11b trabaja en la frecuencia de 2.4 GHz y posee 3 canales que no se superponen, esto implica que hay pocos canales para poder aislarse de otras redes. Por su parte, el estándar IEEE 802.11a trabaja en la frecuencia de 5 GHz y posee 23 canales que no se

superponen, esta frecuencia es más “limpia” en comparación con la de 2.4 GHz ya que la mayor parte de empresas trabajan con el estándar IEEE 802.1b, y no solo eso sino que también hay equipos como microondas, teléfonos inalámbricos y hasta teclados inalámbricos que pueden generar ruido y hacer que la red disminuya su velocidad. En este aspecto al usar el estándar 802.11a se está obteniendo gran ventaja en cuanto a que tiene más canales que usar para no tener mucha interferencia con otras redes.

3.3.9 Cobertura

En este punto se tiene una ventaja para el estándar IEEE 802.11b debido a que la frecuencia de 2.4 GHz es capaz de llegar más lejos que la frecuencia de 5 GHz es decir el estándar IEEE 802.11a. Esta característica se da debido a un concepto básico de que las ondas se atenúan mucho más rápido a frecuencias más altas. Una breve explicación de este concepto sería que la frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda, por lo que la frecuencia de 2.4 GHz tiene mayor longitud de onda que la de 5 GHz. Por esta razón la frecuencia de 5 GHz se va a atenuar más rápido que la de 2.4 GHz dando como resultado una menor distancia para cobertura.

Además, con el estándar IEEE 802.11b la señal tiene la capacidad de pasar obstáculos, a lo que el estándar 802.11a se le imposibilita. En este concepto de cobertura hay una clara ventaja para el estándar IEEE 802.11b tanto por distancia como por la capacidad de pasar obstáculos debido a que se puede cubrir una mayor área de cobertura.

3.3.10 Nivel de saturación

Medir el nivel de saturación resulta algo complejo, ya que se deben analizar varios aspectos como son: la cantidad de clientes conectados, el tipo de páginas que cada cliente usa en ese momento siendo el video una de las principales causantes de la saturación, el ancho de banda contratado, la capacidad de los equipos que conforman la red y hasta virus, entre otros. Es por esta razón que para este estudio este concepto no da una ventaja directa a uno de los dos estándares que están en análisis, el IEEE 802.11a y el IEEE 802.11b.

3.3.11 Canales

Los identificadores de canal, frecuencias centrales y dominios reguladores se pueden apreciar en la Tabla 1-3. Existen 11 canales utilizables por equipos WiFi. Estos canales no son completamente independientes es decir que puede superponerse y provocar interferencias, por ello tradicionalmente se usan los canales 1, 6 y 11, también se ha registrado que el uso de los canales 1, 5, 9 y 13 en dominios europeos no es perjudicial para el rendimiento de la red. La asignación de canales usualmente se hace solo en el punto de acceso ya que los clientes detectan automáticamente el canal.

Por su parte, la 802.11 a provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz. En la Tabla 2-3 se pueden ver los identificadores de canales, frecuencias centrales y dominios reguladores para cada canal usado por la 802.11 a.

Tabla 1-3: Canales 802.11 b

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
1	2412	×	×	—		×
2	2417	×	×	—	×	×
3	2422	×	×	×	×	×
4	2427	×	×	×	×	×
5	2432	×	×	×	×	×
6	2437	×	×	×	×	×
7	2442	×	×	×	×	×
8	2447	×	×	×	×	×
9	2452	×	×	×	×	×
10	2457	×	×	—	×	×
11	2462	×	×	—	×	×
12	2467	—	×	—	—	×
13	2472	—	×	—	—	×
14	2484	—	—	—	—	×

Fuente: (IEEE, 2015)

Tabla 2-3: Canales 802.11 a

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores			
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	Japón (-J)
34	5170	—	—	—	—
36	5180	×	×	×	—
38	5190	—	—	—	—
40	5200	×	×	×	—
42	5210	—	—	—	—
44	5220	×	×	×	—
46	5230	—	—	—	—
48	5240	×	×	×	—
52	5260	×	—	—	×
56	5280	×	—	—	×
60	5300	×	—	—	×
64	5320	×	—	—	×
149	5745	—	—	—	—
153	5765	—	—	—	—
157	5785	—	—	—	—
161	5805	—	—	—	—

Fuente: (IEEE, 2015)

3.3.12 Seguridad

Con los conceptos analizados en el capítulo anterior sobre los tipos de seguridad que existen para las redes inalámbricas es posible llegar a la conclusión de que WEP (Wired Equivalent Privacy) ya quedó como un protocolo de cifrado obsoleto, algo similar sucede con TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) que no es eficiente. Cuando aparece WPA (Wi-Fi Protected Access) reemplaza a WEP y después aparece WPA2 que hasta la fecha es de las más eficientes, acompañada de AES (Advanced Encryption Standard) que ofrece un mayor nivel de seguridad.

Ahora, continuando con el estudio comparativo de IEEE 802.11 a y b, se va a determinar cuál de las dos tecnologías tiene la ventaja en cuanto a seguridad. Se accedió a dos equipos cliente de las dos tecnologías, teniendo como resultado que en los dos equipos se tienen las mismas opciones en tipo de seguridad. Por lo que la seguridad proporcionada va a depender de qué tipo de la misma

se escoja más no de la tecnología así que en este punto no se tiene una ventaja para ninguno de los dos estándares 802.11 a y b.

Para finalizar el análisis comparativo teórico se presenta la tabla 3-3 en la cual se puede apreciar que tecnología tiene ventajas frente a la otra en cuanto a datos teóricos se trata.

Tabla 3-3: Resultado comparativo teórico entre las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b

TECNOLOGÍA	IEEE 802.11 a	IEEE 802.11 b
Velocidad de transmisión	X	
Retardo de propagación	X	
Capacidad de canal	X	X
Jitter	X	
Latencia	X	X
Intensidad de señal	X	X
CCQ	X	X
Utilización de canal	X	
Cobertura		X
Nivel de saturación	X	X
Canales	X	
Seguridad	X	X
TOTAL	11 puntos	7 puntos
PORCENTAJE (%)	91,7	58,3

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.4 Escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b

Para realizar los escenarios de prueba primeramente es necesario tener una perspectiva clara de la estructura de la red en la que se va a hacer el análisis. La empresa Fastercom dispone de tres nodos, el principal ubicado en el barrio American Park de la ciudad de Ambato, y dos puntos de acceso en los sectores de Llatantoma y Lacón, ubicados estratégicamente para tener la mayor cobertura posible.

3.4.1 *Coordenadas de los nodos*

A continuación se detallan las coordenadas de cada uno de los nodos tomadas de Google Earth, están expresadas en grados, minutos y segundos así como también solamente en grados, esta última forma de representación es útil para análisis posteriores.

3.4.1.1 *Coordenadas nodo principal:*

Provincia: Tungurahua

Sector: Cantón Ambato, Barrio American Park

Latitud: 1°15'52,99''S

Longitud: 78°36'55,61''O

G.g: -1.2644444444444445, -78.61527777777778

3.4.1.2 *Coordenadas Llatantoma:*

Provincia: Tungurahua

Sector: Parroquia Augusto Martínez, Pondoá, sector Llatantoma

Latitud: 1°10'0,42''S

Longitud: 78°37'47,67''O

G.g: -1.1666666666666667, -78.62972222222221

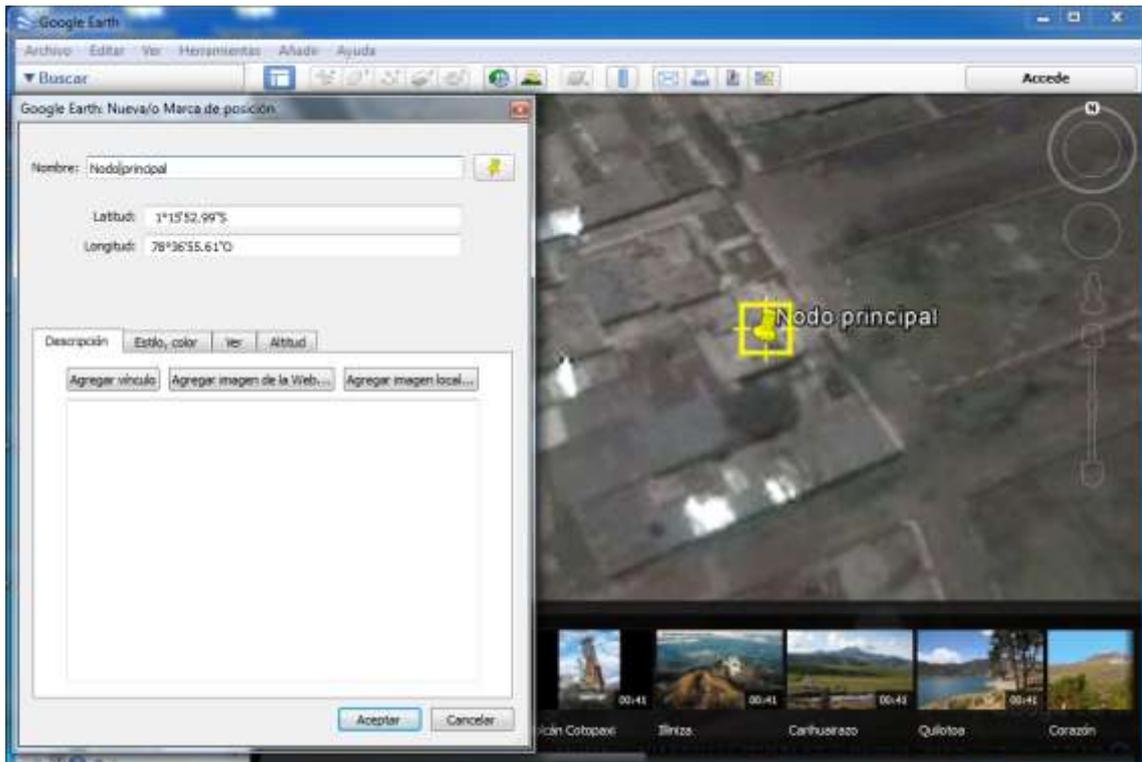


Figura 1-3: Coordenadas del nodo principal

Realizado por: Mónica Freire, 2018

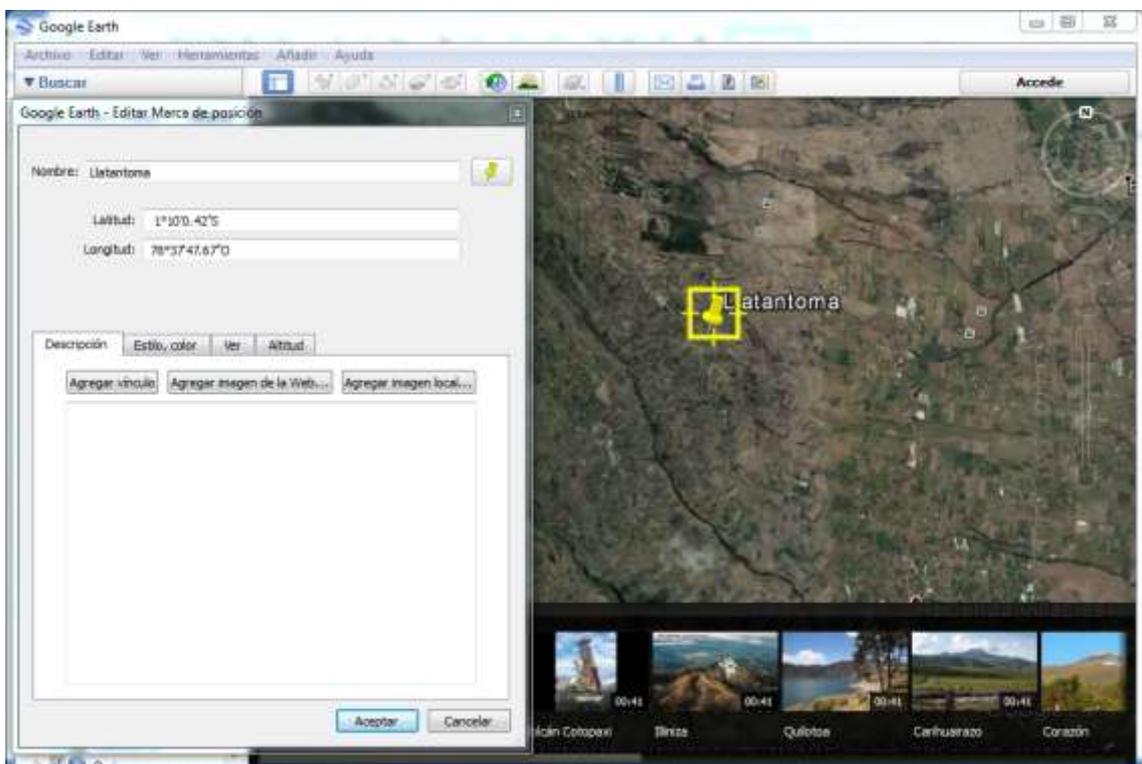


Figura 2-3: Coordenadas Llatantoma

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.4.1.3 Coordenadas Lacón:

Provincia: Tungurahua

Sector: Pinllo, vía a Ambatillo sector Lacón

Latitud: 1°13'27,37''S

Longitud: 78°38'45,18''O

G.g: -1.2241666666666668, -78.64583333333334

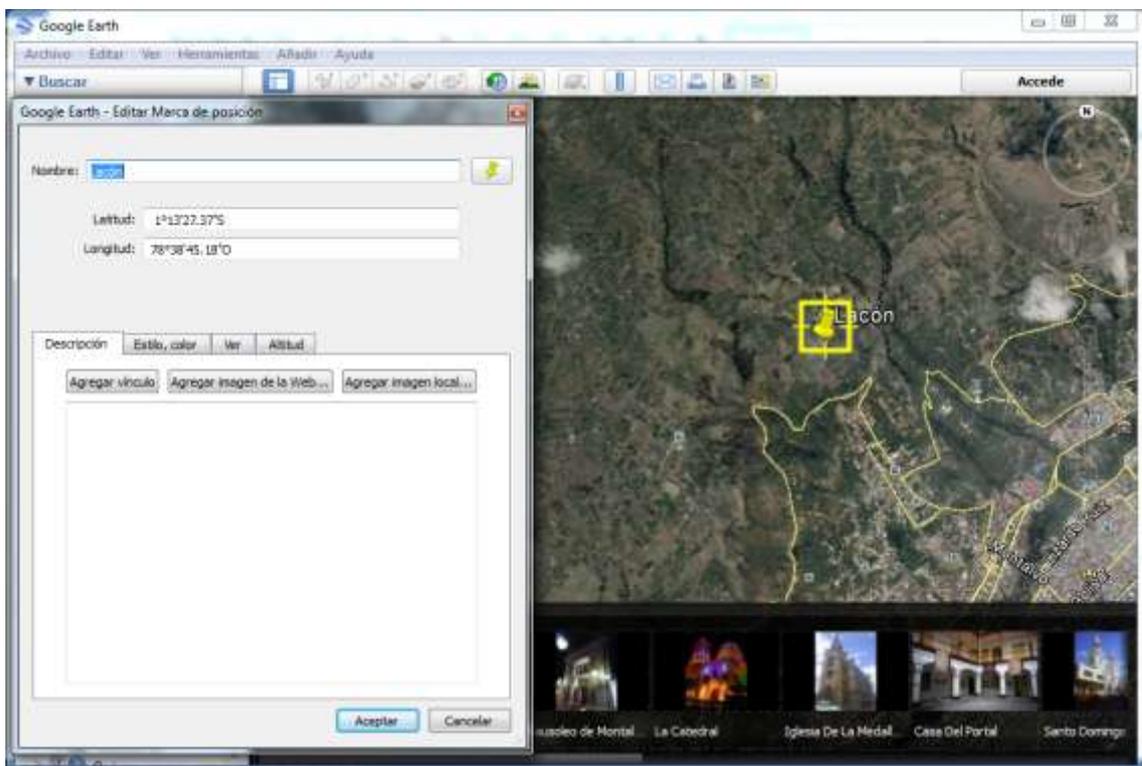


Figura 3-1: Coordenadas Lacón

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.5 Diseño de los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b en la red

3.5.1 Simulación en AirlinK

Las simulaciones para el diseño de los escenarios de prueba se las realizó en el simulador AirlinK que es una aplicación web diseñada por la marca Ubiquiti Networks la cual ayuda a calcular coberturas de red, analizar la viabilidad de un enlace, tipos de equipos, etc.

Los datos ingresados en el simulador web AirlinK son:

- **Coordenadas de los nodos:** las cuales previamente se obtuvieron en Google Earth para cada nodo.
- **Tipo de antena:** el tipo de antena se escoge dependiendo los requerimientos de cada nodo como son distancia, ancho de banda que se requiera utilizar y dependiendo el caso, costos.
- **Potencia del equipo:** la cual va a depender de la distancia.
- **Altura de la antena:** se toma la medida del mástil hasta donde se encuentre la antena con respecto al nivel del terreno.
- **Frecuencia:** depende de la tecnología con la que se va a trabajar, 802.11a a 5.8 GHz y 802.11b a 2.4 GHz.

Una vez ingresados los datos indicados, se obtienen los resultados de la simulación, los cuales son:

- **Interferencia con las zonas de Fresnel:** Las zonas de Fresnel son áreas con forma de elipse entre dos puntos cualesquiera. Se requiere que la zona principal de Fresnel esté al menos un 60% libre de cualquier obstrucción para garantizar el máximo rendimiento del enlace inalámbrico. En el simulador AirlinK se puede apreciar si es que hay o no obstrucción de la onda entre los dos nodos que se analicen. Que en este caso va a ser el nodo principal con cada uno de los nodos secundarios: Lacón y Llatantoma.
- **Capacidad del canal:** Es la cantidad máxima de información que puede transportar dicho canal por unidad de tiempo.

- **Intensidad de señal:** Viene dada en un valor negativo y mientras más se acerca al 0 habrá mejor señal.

Cabe señalar que esta simulación se la realiza idealmente, es decir suponiendo que no exista ruido en el enlace, posteriormente se van a realizar pruebas de campo en las que se tendrán datos más cercanos a la realidad.

A continuación se presentan los enlaces simulados en Airlink, es decir el enlace entre el nodo principal y el nodo ubicado en el sector Llatantoma, y el enlace entre el nodo principal y el nodo ubicado en el sector Lacón.

3.5.1.1 Enlace Nodo Principal-Llatantoma

El nodo principal ubicado en el sector American Park en la ciudad de Ambato está conectado al punto de acceso localizado en el sector rural denominado Llatantoma como lo muestra la Figura 4-3. El enlace trabaja con 2.4 GHz que es la frecuencia utilizada en la tecnología IEEE 802.11 b.

Primeramente se realizará la simulación de este enlace con la tecnología IEEE 802.11 b y después con la 802.11 a para poder realizar un análisis comparativo de los resultados que se obtienen.

Enlace Nodo Principal- Llatantoma con IEEE 802.11 b

En la Figura 5-3 se pueden observar todos los datos que se ingresan en el simulador web Airlink como son la frecuencia, que en este caso es 2.4 GHz porque se está simulando el estándar existente que es el IEEE 802.11 b; además se selecciona la tecnología Airmax debido a que reduce la latencia en momentos de alto tráfico y le da mayor robustez a la red de acuerdo a algunos técnicos en redes; se escoge también el ancho de canal de 20MHz que es la que soportan los equipos que están ubicados en la red para tener valores más a cercados a la realidad; la ganancia depende del modelo de antena que se escoja ya que es un valor que establecido de fábrica, la altura de la antena se ubica con respecto al nivel del suelo. La EIRP (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) es la cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica, es decir aquella que distribuye la potencia exactamente igual en todas las direcciones. Finalmente se ubica el valor en grados de las coordenadas tanto del AP como la estación, en este caso el nodo principal y Llatantoma.

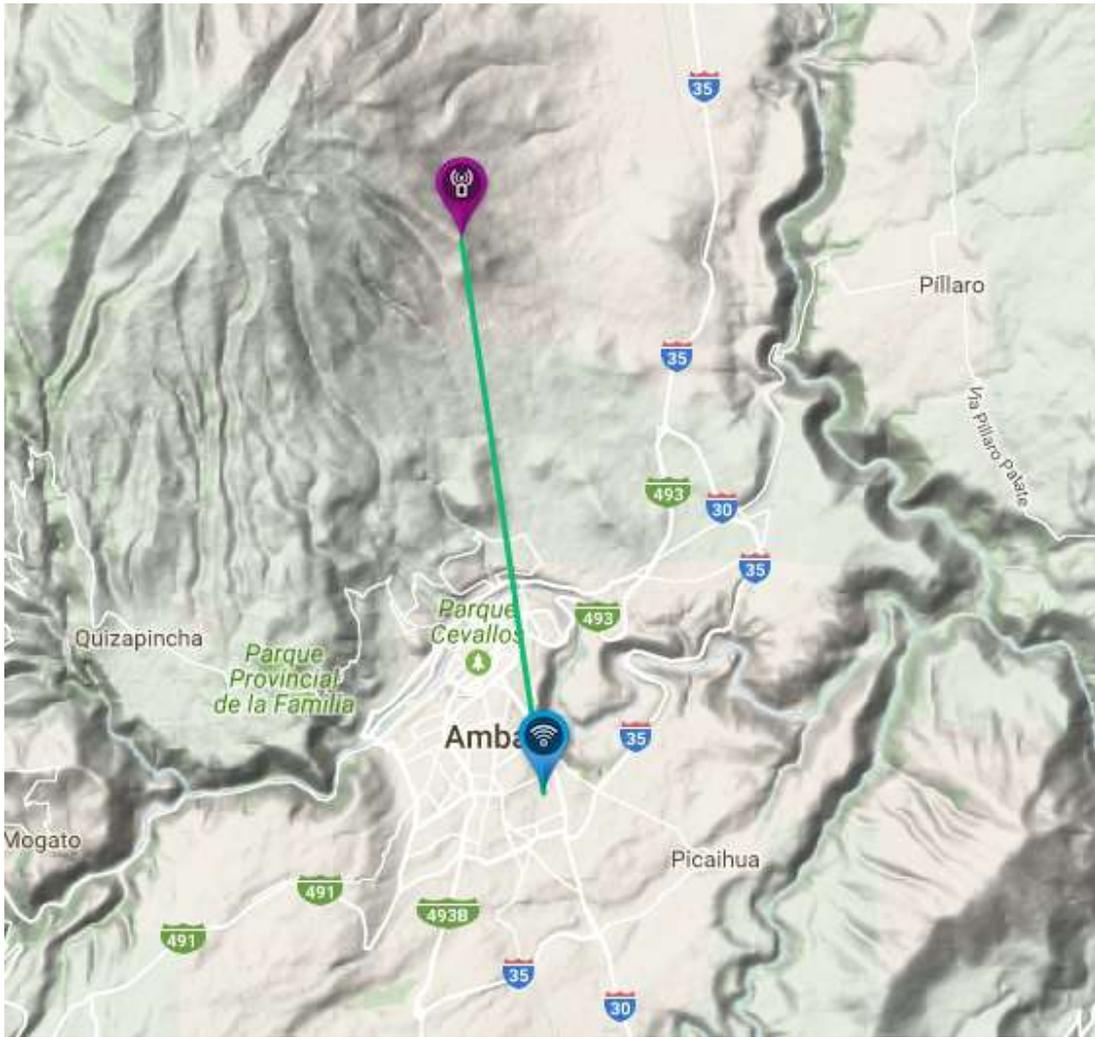


Figura 4-3: Enlace Nodo principal-Llatantoma

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Frequency

900 MHz 2.4 GHz 3 GHz 4 GHz 5 GHz 11 GHz 24 GHz

Technology

AIRFIBER AIRFIBER X AIRFIBER FX AIRMAX AIRMAX AC

Channel Width

20 MHz

ACCESS POINT

STATION

Antenna Gain

24dBi 24dBi

ROCKET M2 RD-2G-24 ROCKET M2 RD-2G-24

Height **EIRP** **Height** **EIRP**

20 m 20 dBm 12 m 20 dBm

AP Location **Station Location**

-1.2644444444444445, -78.61 -1.1666666666666667, -78.62

Figura 5-3: Datos ingresados en el simulador Airlink IEEE 802.11 b en el enlace Nodo Principal-Llatantoma

Realizado por: Mónica Freire, 2018

En la Figura 6-3 se pueden apreciar ya los resultados obtenidos en el simulador Airlink, en primera instancia se tiene el gráfico de las zonas de Fresnel en el cual se puede visualizar si es que se tiene una línea de vista directa entre los dos nodos, tanto el principal como el ubicado en Llatantoma, cabe mencionar que si se tiene un 60% libre de cualquier obstrucción es ideal para un radio enlace según el concepto de zona de despeje de Fresnel.

También se puede observar la distancia entre dichos puntos, en este caso es de 10,95 Km. Además se encuentra el dato de intensidad de la señal o nivel de potencia, que como se analizó en el marco teórico se considera bajo a partir de -80 dBm, que en este caso se obtuvo un valor de -76,84 dBm lo cual es un valor aceptable, sin embargo en la práctica se puede buscar la mejor señal apuntando de una mejor manera los equipos.

En cuanto a la modulación en este simulador se tiene 16 QAM que viene del inglés Quadrature Amplitude Modulation o modulación de amplitud en cuadratura, es una modulación digital en la que el mensaje está contenido tanto en la amplitud como en la fase de la señal transmitida, se basa en la transmisión de dos mensajes independientes por un único camino esto se consigue

modulando una misma portadora desfasada 90° entre uno y otro mensaje lo que mejora la eficiencia del ancho de banda. (Hernández Rioja)

Finalmente se observa el valor de la capacidad total del canal que es la cantidad máxima de información que puede transportar dicho canal por unidad de tiempo, en esta simulación se tiene una capacidad total de 50,70 Mbps. Todos estos datos son necesarios para determinar si las antenas a ubicar tienen las características adecuadas o se tiene que buscar otra opción.

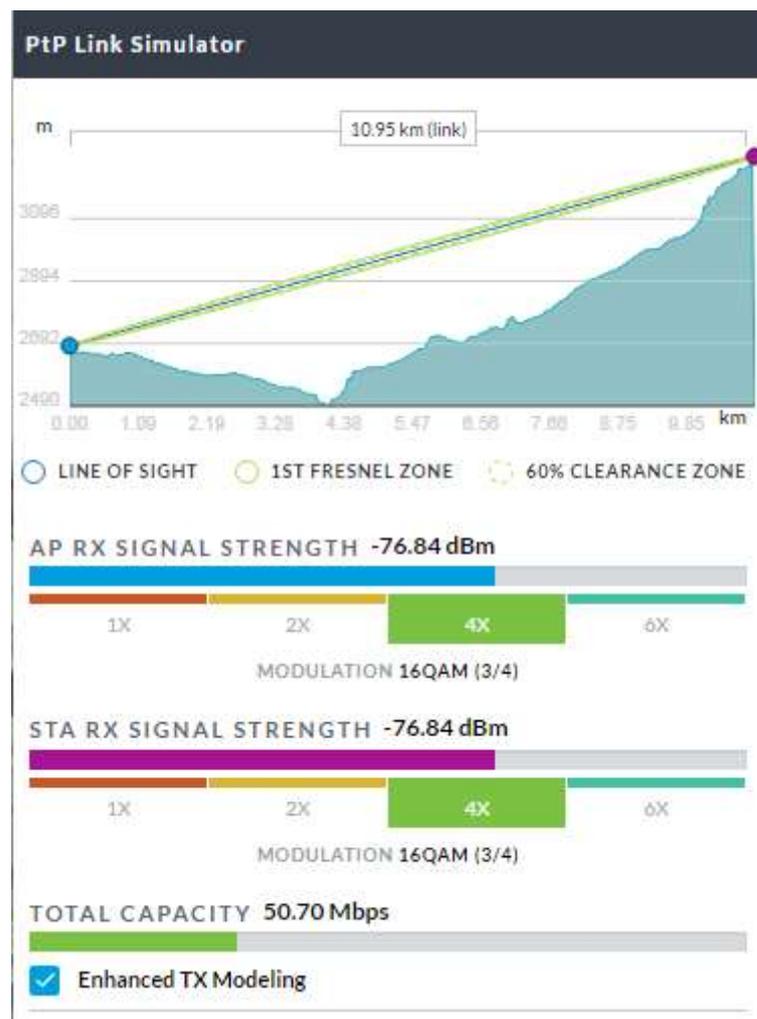


Figura 6-3: Resultados obtenidos en el simulador Airlink con IEEE 802.11 b en el enlace Nodo Principal-Llatantoma

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Enlace Nodo Principal- Llatantoma con IEEE 802.11 a

A continuación se presenta la simulación del enlace Nodo principal – Llatantoma con el estándar IEEE 802.11 a. En la Figura 7-3 se pueden observar todos los datos ingresados al simulador, en este caso se ubica una frecuencia de 5 GHz que corresponde al estándar IEEE 802.11 a. Se ingresaron también los datos del tipo de tecnología, ganancia, altura de la antena, potencia isotrópica y las coordenadas de la ubicación de los nodos en grados de una manera similar a la de la simulación con el estándar IEEE 802.11 b. Se debe tener en cuenta que dependiendo del tipo de tecnología se van a ubicar algunos valores como son la ganancia de la antena, que en este caso es de 34 dBi a diferencia de los 24 dBi que se ubicó en la anterior simulación, otros valores que varían son la potencia y el ancho de canal. Todos estos valores dependen de las características que soporten los equipos y se pueden observar las especificaciones de ellos en los datasheet de cada modelo de antena, así como también en las configuraciones de los mismos.

Frequency

900 MHZ	2.4 GHZ	3 GHZ	4 GHZ	5 GHZ	11 GHZ
---------	---------	-------	-------	--------------	--------

24 GHZ

Technology

AIRFIBER	AIRFIBER X	AIRFIBER FX	AIRMAX	AIRMAX AC
----------	------------	-------------	---------------	-----------

Channel Width

40 MHz

ACCESS POINT

Antenna Gain

34dBi



ROCKET M5 2
RD-5G-34

Height: 20 m EIRP: 30 dBm

AP Location: -1.2644444444444445,-78.61!

STATION

Antenna Gain

34dBi



ROCKET M5 2
RD-5G-34

Height: 12 m EIRP: 30 dBm

Station Location: -1.167192270603177,-78.629!

Figura 7-3: Datos ingresados en el simulador Airlink con IEEE 802.11 a en el enlace Nodo Principal-Llatantoma

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Después de haber sido ingresados los valores indicados en la Figura 7-3 se obtuvieron los resultados de la simulación que están plasmados en la Figura 8-3 los cuales corresponden al estándar IEEE 802.11 a. Se observan las zonas de Fresnel que están despejadas para poder realizar el enlace, la distancia entre los nodos de 10,90 Km que coincide con los resultados de la simulación con el estándar IEEE 802.11 b. Se tiene una intensidad de señal de -63,17 dBm frente a un -76,84 obtenido previamente en la simulación con el estándar 802.11 b, también se puede observar la capacidad de canal de 157,96 Mbps con el estándar 802.11 a frente a un 50,70 Mbps con el estándar 802.11 b. Cabe mencionar que en la aplicación real la capacidad total baja debido al ruido existente sobre todo en las zonas más pobladas.

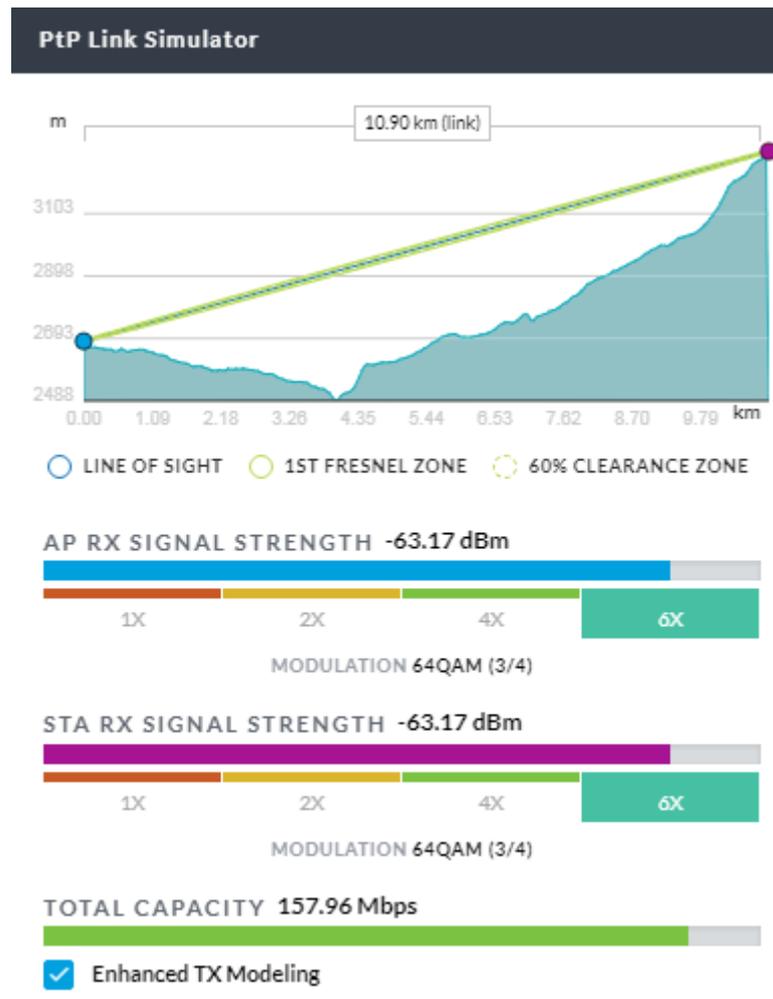


Figura 8-3: Resultados obtenidos en el simulador Airlink con IEEE 802.11 en el enlace Nodo Principal-Llatantoma

Realizado por: Mónica Freire, 2018

En la Tabla 4-3 se puede apreciar un resumen de los valores obtenidos en el simulador Airlink tanto para la tecnología IEEE 802.11 a como IEEE 802.11 b en el enlace Nodo Principal - Llatantoma. Se observa que tanto la intensidad de señal como la capacidad de canal tienen una mejora notable con la IEEE 802.11 a.

Tabla 4-3: Comparativa de resultados de simulación entre IEEE 802.11 a y b en el enlace Nodo Principal – Llatantoma

INDICADOR	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 a
Frecuencia	2.4 GHz	5 GHz
Ancho de canal	20 MHz	40 MHz
Ganancia de la antena tx/rx	24 dBi	34 dBi
Altura de la antena tx	20 m	20 m
Altura de la antena rx	12 m	12 m
Potencia del equipo	20 dBm	30 dBm
Interferencia con las zonas de Fresnel	Libre	Libre
Intensidad de señal tx/rx	-76.84 dBm	-63.17 dBm
Capacidad del canal	50.70 Mbps	157.96 Mbps

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.5.1.2 Enlace Nodo Principal-Lacón

El nodo principal ubicado en el sector American Park en la ciudad de Ambato está conectado al punto de acceso localizado en el sector rural denominado Lacón como lo muestra la Figura 9-3. El enlace trabaja con 2.4 GHz que es la frecuencia utilizada en la tecnología IEEE 802.11 b.

Primeramente se realizará la simulación de este enlace con la tecnología IEEE 802.11 b y después con la 802.11 a para poder realizar un análisis comparativo de los resultados que se esperan obtener.

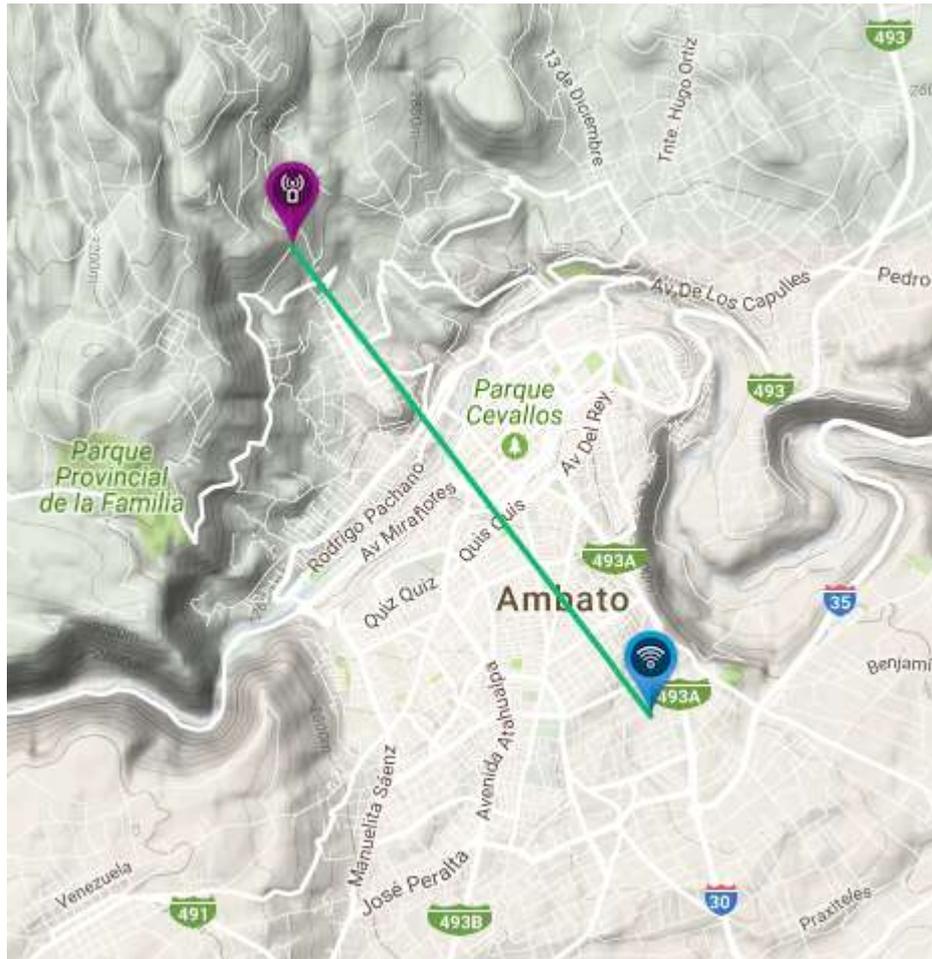


Figura 9-3: Enlace Nodo principal-Lacón

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Enlace Nodo Principal- Lacón con IEEE 802.11 b

En la Figura 10-3 se pueden observar todos los datos que se ingresaron en el simulador web Airlink como son la frecuencia, que en este caso es 2.4 GHz porque se está simulando el estándar existente que es el IEEE 802.11 b; además se selecciona la tecnología Airmax debido a que reduce la latencia en momentos de alto tráfico y le da mayor robustez a la red de acuerdo a algunos técnicos en redes; se escoge también el ancho de canal de 20MHz que es la que soportan los equipos que están ubicados en la red para tener valores más a cercados a la realidad; la ganancia depende del modelo de antena que se escoja y de la capacidad de la misma, la altura de la antena se ubica con respecto al nivel del suelo. La EIRP (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) es la cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica, es decir aquella que distribuye la potencia exactamente igual en todas las direcciones, también es un valor que va a depender del estándar y de las características del equipo. Finalmente se ubica el valor en grados de las

coordenadas tanto del AP como la estación, en este caso el nodo principal y Lacón. Esta descripción es muy similar a la que se realizó en el enlace principal con Llatantoma ya que se trabaja con equipos similares y se están analizando los mismos estándares.

The image shows the configuration interface of the Airlink simulator. It is divided into several sections:

- Frequency:** A row of buttons for 900 MHz, 2.4 GHz (selected), 3 GHz, 4 GHz, 5 GHz, 11 GHz, and 24 GHz.
- Technology:** A row of buttons for AIRFIBER, AIRFIBER X, AIRFIBER FX, AIRMAX (selected), and AIRMAX AC.
- Channel Width:** A slider set to 20 MHz.
- ACCESS POINT:**
 - Antenna Gain: 18dBi (dropdown menu)
 - Image of a NANOBIDGE M2 antenna with a '2' icon.
 - Height: 20 m
 - EIRP: 18 dBm
 - AP Location: -1.2644444444444445, -78.61
- STATION:**
 - Antenna Gain: 18dBi (dropdown menu)
 - Image of a NANOBIDGE M2 antenna with a '2' icon.
 - Height: 8 m
 - EIRP: 18 dBm
 - Station Location: -1.2241666666666668, -78.64

Figura 10-3: Datos ingresados en el simulador Airlink con IEEE 802.11 b en el enlace Nodo Principal-Lacón

Realizado por: Mónica Freire, 2018

En la Figura 11-3 se pueden apreciar ya los resultados obtenidos en el simulador Airlink, en primera instancia se tiene el gráfico de las zonas de Fresnel en el cual se puede visualizar si es que se tiene una línea de vista directa entre los dos nodos, tanto el principal como el ubicado en Lacón, en este caso si se tiene la zona despejada. También se puede observar la distancia entre dichos puntos, en este caso es de 5,61 Km. Además se encuentra el dato de intensidad de la señal o nivel de potencia, en este caso se obtuvo un valor de -79,03 dBm lo cual es un valor no muy aceptable porque se acerca a los -80 dBm que es el límite del valor aceptable. En esta simulación se tiene de igual manera la modulación 16 QAM lo que mejora la eficiencia del ancho de banda.

Finalmente se tiene el valor de la capacidad total del canal que es la cantidad máxima de información que puede transportar dicho canal por unidad de tiempo, en esta simulación se tiene una capacidad total de 33,80 Mbps. Al igual que en la simulación del enlace principal con Llatantoma, todos estos datos son necesarios para determinar si las antenas a ubicar tienen las características adecuadas.

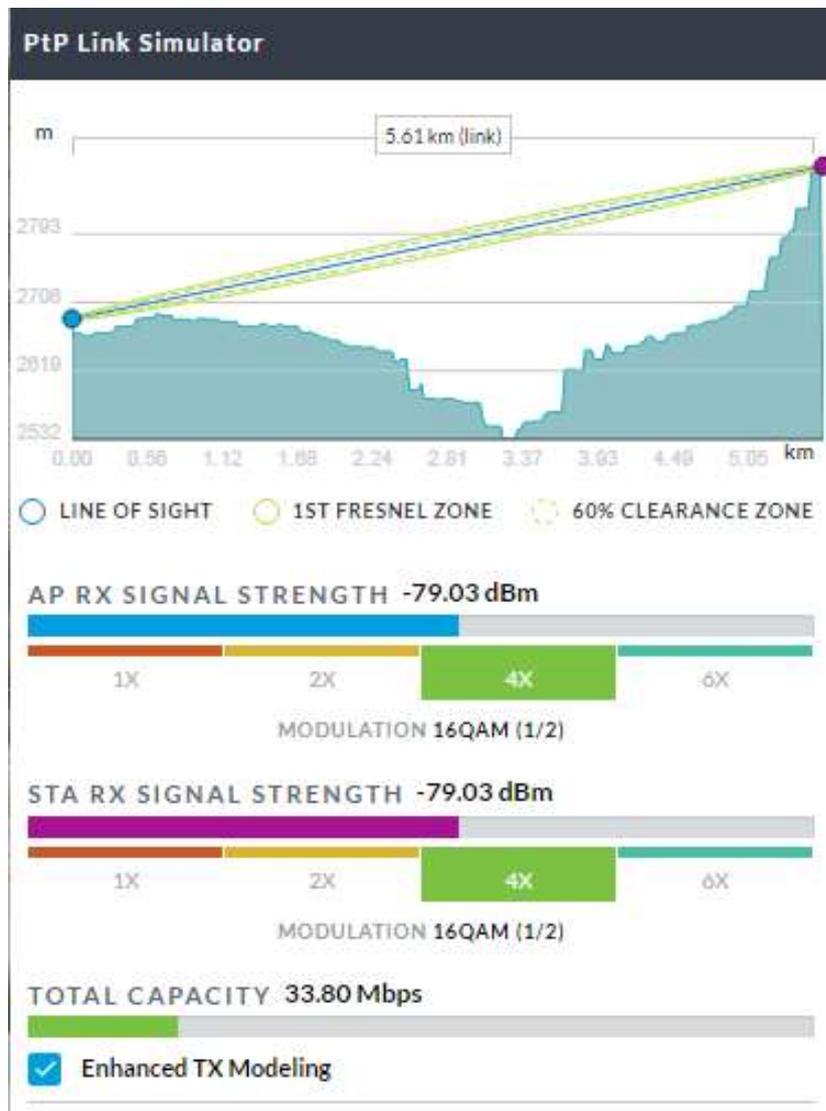


Figura 11-3: Resultados obtenidos en el simulador Airlink con IEEE 802.11 b en el enlace Nodo Principal-Lacón

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Enlace Nodo Principal- Lacón con IEEE 802.11 a

A continuación se presenta la simulación del enlace Nodo principal – Lacón con el estándar IEEE 802.11 a, es decir a 5.8 GHz. En la Figura 12-3 se pueden observar todos los datos ingresados al

simulador, en este caso se ubica una frecuencia de 5 GHz que corresponde al estándar IEEE 802.11 a. Se ingresaron también los datos del tipo de tecnología, ganancia, altura de la antena, potencia isotrópica y las coordenadas de la ubicación de los nodos en grados de manera similar a las simulaciones anteriores. Teniendo en cuenta que los valores de ganancia, potencia y ancho de canal van a depender de la capacidad real de cada equipo y de la tecnología que soportan los mismos. En cuanto a alturas y coordenadas se mantienen los mismos valores obviamente porque las simulaciones son para el mismo sitio.

The image shows the configuration interface of the Airlink simulator. It is divided into several sections:

- Frequency:** A row of buttons for 900 MHz, 2.4 GHz, 3 GHz, 4 GHz, 5 GHz (selected), and 11 GHz. Below this is a text input field containing "24 GHz".
- Technology:** A row of buttons for AIRFIBER, AIRFIBER X, AIRFIBER FX, AIRMAX (selected), and AIRMAX AC.
- Channel Width:** A horizontal slider set to 30 MHz.
- ACCESS POINT:**
 - Icon: Wi-Fi symbol.
 - Antenna Gain: A dropdown menu set to 25dBi.
 - Image: A spherical antenna labeled "NANOBRIDGE M5 NB-5G25" with a blue "2" icon.
 - Height: 20 m.
 - EIRP: 30 dBm.
 - AP Location: -1.2644444444444445,-78.61!
- STATION:**
 - Icon: Mobile phone symbol.
 - Antenna Gain: A dropdown menu set to 25dBi.
 - Image: A spherical antenna labeled "NANOBRIDGE M5 NB-5G25" with a purple "2" icon.
 - Height: 8 m.
 - EIRP: 30 dBm.
 - Station Location: -1.2241666666666668,-78.64

Figura 12-3: Datos ingresados en el simulador Airlink con IEEE 802.11 a en el enlace Nodo Principal-Lacón

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Una vez ingresados los datos mostrados en la Figura 12-3 se obtienen los resultados plasmados en la Figura 13-3. En la parte superior se puede apreciar la distancia de nodo a nodo que es de 5,61 Km. En cuanto a las zonas de Fresnel, el área si se encuentra despejada para tener una línea de vista directa entre el nodo principal y el nodo ubicado en Lacón. La intensidad de la señal está

por los -66,41 dBm que en comparación a la simulación con el estándar IEEE 802.11 b está mucho mejor. Finalmente, la capacidad total del canal es de 114,08 Mbps que de igual forma en comparación con la 802.11 b es mucho mayor, lo que supone un mejor rendimiento en la red. No olvidar que son valores ideales, en la práctica estos valores variarán pero la comparativa es válida debido a que se aplican las mismas métricas para uno y otro estándar, es decir IEEE 802.11 a y 802.11 b.

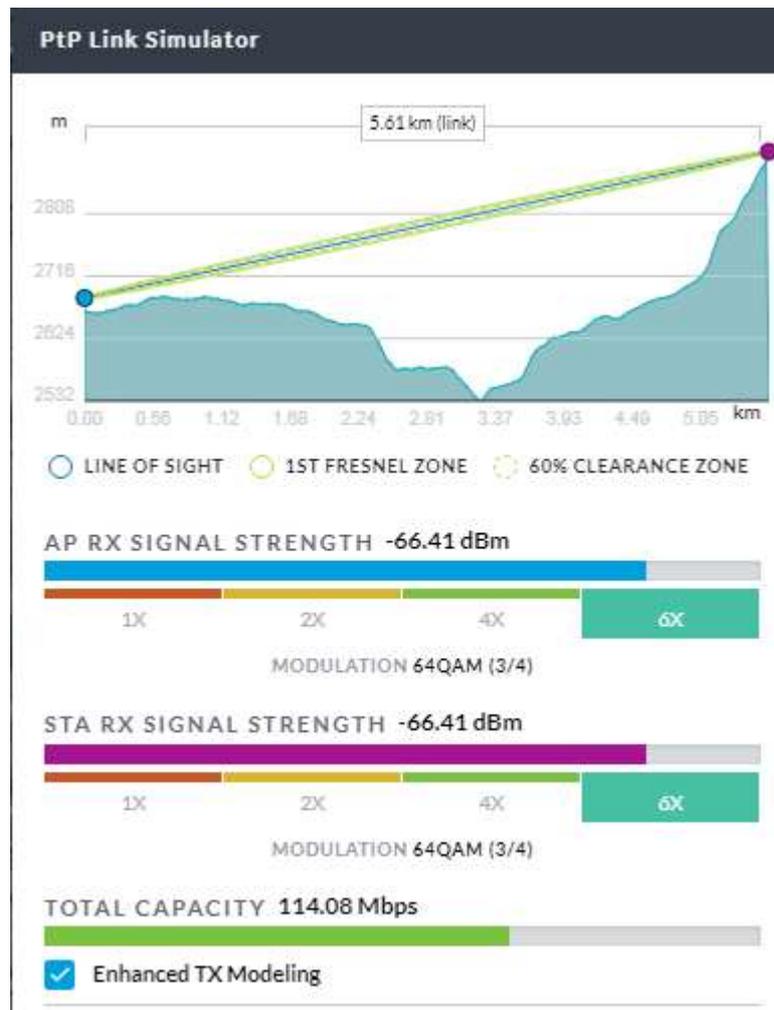


Figura 13-3: Resultados obtenidos en el simulador Airlink con IEEE 802.11 a en el enlace Nodo Principal-Lacón

Realizado por: Mónica Freire, 2018

De igual manera como se observó en la Tabla 4-3 ahora se tiene la Tabla 5-3 en la que se observa un resumen de los resultados obtenidos en el simulador Airlink en el enlace Nodo Principal – Lacón. Se comparan las tecnologías IEEE 802.11 a y b, y se puede observar que aquí también mejoran notablemente la intensidad de señal y la capacidad del canal con IEEE 802.11 a.

Tabla 5-3: Comparativa de resultados de simulación entre IEEE 802.11 a y b en el enlace Nodo Principal – Lacón

INDICADOR	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 a
Frecuencia	2.4 GHz	5 GHz
Ancho de canal	20 MHz	30 MHz
Ganancia de la antena tx/rx	18 dBi	25 dBi
Altura de la antena tx	20 m	20 m
Altura de la antena rx	8 m	8 m
Potencia del equipo	18 dBm	30 dBm
Interferencia con las zonas de Fresnel	Libre	libre
Intensidad de señal x/rx	-79.03 dBm	-66.41 dBm
Capacidad del canal	33.80 Mbps	114.08 Mbps

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.5.2 Simulación en Pathloss

Después de realizar las simulaciones con Airlink se van a cotejar algunos datos con el software denominado Pathloss que es muy usado para simulaciones de enlaces de microondas dentro del entorno del campo de radiofrecuencia. Los datos que se utilizaron son los siguientes:

- Las coberturas de red con frecuencia de 2.4 GHz para IEEE 802.11 b y frecuencia de 5 GHz para IEEE 802.11 a
- Coordenadas nodo principal:
 Provincia: Tungurahua
 Sector: Cantón Ambato, Barrio American Park
 Latitud: 1°15'52,99''S

Longitud: 78°36'55,61''O

G.g: -1.2644444444444445, -78.61527777777778

- Coordenadas Llatantoma:

Provincia: Tungurahua

Sector: Parroquia Augusto Martínez, Pondoá, sector Llatantoma

Latitud: 1°10'0,42''S

Longitud: 78°37'47,67''O

G.g: -1.1666666666666667, -78.62972222222221

- Coordenadas Lacón:

Provincia: Tungurahua

Sector: Pinllo, vía a Ambatillo sector Lacón

Latitud: 1°13'27,37''S

Longitud: 78°38'45,18''O

G.g: -1.2241666666666668, -78.64583333333334

- 70 Mbps para el enlace Nodo principal - Llatantoma
- 50 Mbps para el enlace Nodo principal - Lacón

Después de ingresar los datos detallados, se obtienen los resultados siguientes:

Enlace Nodo Principal-Llatantoma

Tabla 6-3: Resultados obtenidos en Pathloss en el enlace Nodo principal - Llatantoma con IEEE 802.11 b

	Llatantoma	nodo principal
Latitude	01 10 00.42 S	01 15 52.99 S
Longitude	078 37 47.67 W	078 36 55.61 W

	Llatantoma	nodo principal
True azimuth (°)	171.55	351.55
Vertical angle (°)	-3.35	3.28
Elevation (m)	3298.66	2665.04
Antenna model	SP2-2.4 (TR)	SP2-2.4 (TR)
Antenna file name	sp2-24-nsma	sp2-24-nsma
Antenna gain (dBi)	23.00	23.00
Antenna height (m)	5.00	5.00
Frequency (MHz)	5787.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	10.97	
Free space loss (dB)	128.52	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.09	
Net path loss (dB)	82.61	82.61
Radio model	Aurora 2400	Aurora 2400
Radio file name	aurora_24_1e1	aurora_24_1e1
TX power (dBm)	10.00	10.00
EIRP (dBm)	33.00	33.00
TX channel assignments	5740.00V	5835.00V
RX threshold criteria	1E-3 VER	1E-3 BER
RX threshold level (dBm)	-85.00	-85.00
Receive signal (dBm)	-72.61	-72.61
Thermal fade margin (dB)	12.39	12.39
Dispersive fade margin (dB)	60.00	60.00
Dispersive fade occurrence factor	2.00	
Effective fade margin (dB)	12.39	12.39
Geoclimatic factor	4.375E-006	
Path inclination (mr)	57.81	
Average annual temperature (°C)	15.57	
Fade occurrence factor (Po)	8.628E-008	
Worst month multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Worst month multipath unavailability (sec)	0.01	0.01
Annual multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Annual multipath unavailability (sec)	0.05	0.05
Annual 2 way multipath availability (%)	100.00000	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)	0.09	
Polarization	Vertical	

	Llatantoma	nodo principal
0.01% rain rate (mm/hr)	58.79	
Flat fade margin - rain (dB)	12.39	
Rain attenuation (dB)	12.39	
Annual rain availability (%)	100.00000	
Annual rain unavailability (min)	0.00	
Annual rain + multipath availability (%)	100.00000	
Annual rain + multipath unavailability (min)	0.00	

Multipath fading method - Rec. ITU-R P.530-13/16

Rain fading method - Rec. ITU-R P.530-14/16 (R837-5)

	Llatantoma	nodo principal
Latitude	01 10 00.42 S	01 15 52.99 S
Longitude	078 37 47.67 W	078 36 55.61 W
True azimuth (°)	171.55	351.55
Vertical angle (°)	-3.35	3.28
Elevation (m)	3298.66	2665.04
Antenna model	SP2-2.4 (TR)	SP2-2.4 (TR)
Antenna file name	sp2-24-nsma	sp2-24-nsma
Antenna gain (dBi)	24.00	24.00
Antenna height (m)	5.00	5.00
Miscellaneous loss (dB)	2.00	2.00
Frequency (MHz)	2437.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	10.97	
Free space loss (dB)	121.01	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.07	
Net path loss (dB)	77.08	77.08
Radio model	Aurora 2400	Aurora 2400
Radio file name	aurora_24_1e1	aurora_24_1e1
TX power (dBm)	5.00	5.00
EIRP (dBm)	27.00	27.00
TX channel assignments	2412.00V	2462.00V
RX threshold criteria	1E-3 VER	1E-3 BER
RX threshold level (dBm)	-85.00	-85.00
Receive signal (dBm)	-72.08	-72.08

	Llatantoma	nodo principal
Thermal fade margin (dB)	12.92	12.92
Dispersive fade margin (dB)	60.00	60.00
Dispersive fade occurrence factor	2.00	
Effective fade margin (dB)	12.92	12.92
Geoclimatic factor	4.375E-006	
Path inclination (mr)	57.81	
Average annual temperature (°C)	15.57	
Fade occurrence factor (Po)	4.320E-008	
Worst month multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Worst month multipath unavailability (sec)	0.01	0.01
Annual multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Annual multipath unavailability (sec)	0.02	0.02
Annual 2 way multipath availability (%)	100.00000	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)	0.04	
Polarization	Vertical	
0.01% rain rate (mm/hr)	58.79	
Flat fade margin - rain (dB)	12.92	
Annual rain availability (%)	100.00000	
Annual rain unavailability (min)	0.00	
Annual rain + multipath availability (%)	100.00000	
Annual rain + multipath unavailability (min)	0.00	

Multipath fading method - Rec. ITU-R P.530-13/16

Rain fading method - Rec. ITU-R P.530-14/16 (R837-5)

	nodo principal	Lacón
Latitude	01 15 52.99 S	01 13 27.37 S
Longitude	078 36 55.61 W	078 38 45.18 W
True azimuth (°)	322.86	142.86

	nodo principal	Lacón
Vertical angle (°)	2.26	-2.30
Elevation (m)	2665.04	2893.33
Antenna model	SP1-2.4 (TR)	SP1-2.4 (TR)
Antenna file name	sp1-24-nsma	sp1-24-nsma
Antenna gain (dBi)	14.00	14.00
Antenna height (m)	9.76	5.00
Miscellaneous loss (dB)	3.00	3.00
Frequency (MHz)	2437.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	5.62	
Free space loss (dB)	115.19	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.04	
Net path loss (dB)	93.23	93.23
Radio model	Aurora 2400	Aurora 2400
Radio file name	aurora_24_1e1	aurora_24_1e1
TX power (dBm)	15.00	15.00
EIRP (dBm)	26.00	26.00
TX channel assignments	2412.00V	2462.00V
RX threshold criteria	1E-6 VER	1E-6 BER
RX threshold level (dBm)	-90.00	-90.00
Receive signal (dBm)	-78.23	-78.23
Thermal fade margin (dB)	11.77	11.77
Dispersive fade margin (dB)	60.00	60.00
Dispersive fade occurrence factor	2.00	
Effective fade margin (dB)	11.77	11.77
Geoclimatic factor	4.350E-006	
Path inclination (mr)	39.82	
Average annual temperature (°C)	15.69	
Fade occurrence factor (Po)	6.372E-009	
Worst month multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Worst month multipath unavailability (sec)	0.00	0.00
Annual multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Annual multipath unavailability (sec)	0.00	0.00
Annual 2 way multipath availability (%)	100.00000	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)	0.01	
Polarization	Vertical	
0.01% rain rate (mm/hr)	58.53	
Flat fade margin - rain (dB)	11.77	

	nodo principal	Lacón
Annual rain availability (%)	100.00000	
Annual rain unavailability (min)	0.00	
Annual rain + multipath availability (%)	100.00000	
Annual rain + multipath unavailability (min)	0.00	

Multipath fading method - Rec. ITU-R P.530-13/16

Rain fading method - Rec. ITU-R P.530-14/16 (R837-5)

	nodo principal	Lacón
Latitude	01 15 52.99 S	01 13 27.37 S
Longitude	078 36 55.61 W	078 38 45.18 W
True azimuth (°)	322.86	142.86
Vertical angle (°)	2.26	-2.30
Elevation (m)	2665.04	2893.33
Antenna model	SP4-5.9 (TR)	SP4-5.9 (TR)
Antenna file name	sp4-59-nsma	sp4-59-nsma
Antenna gain (dBi)	16.00	16.00
Antenna height (m)	9.76	5.00
Miscellaneous loss (dB)	3.00	3.00
Frequency (MHz)	5840.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	5.62	
Free space loss (dB)	122.79	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.05	
Net path loss (dB)	96.83	96.83
Radio model	Aurora 2400	Aurora 2400
Radio file name	aurora_24_1e1	aurora_24_1e1
TX power (dBm)	15.00	15.00
EIRP (dBm)	28.00	28.00
TX channel assignments	5740.00V	5940.00V
RX threshold criteria	1E-6 VER	1E-6 BER
RX threshold level (dBm)	-90.00	-90.00
Receive signal (dBm)	-81.83	-81.83
Thermal fade margin (dB)	8.17	8.17
Dispersive fade margin (dB)	60.00	60.00
Dispersive fade occurrence factor	2.00	
Effective fade margin (dB)	8.17	8.17

	nodo principal	Lacón
Geoclimatic factor	4.350E-006	
Path inclination (mr)	39.82	
Average annual temperature (°C)	15.69	
Fade occurrence factor (Po)	1.282E-008	
Worst month multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Worst month multipath unavailability (sec)	0.01	0.01
Annual multipath availability (%)	100.00000	100.00000
Annual multipath unavailability (sec)	0.02	0.02
Annual 2 way multipath availability (%)	100.00000	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)	0.04	
Polarization	Vertical	
0.01% rain rate (mm/hr)	58.53	
Flat fade margin - rain (dB)	8.17	
Rain attenuation (dB)	8.17	
Annual rain availability (%)	100.00000	
Annual rain unavailability (min)	0.00	
Annual rain + multipath availability (%)	100.00000	
Annual rain + multipath unavailability (min)	0.00	

Multipath fading method - Rec. ITU-R P.530-13/16

Rain fading method - Rec. ITU-R P.530-14/16 (R837-5)

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.6 Implementación de los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11a y 802.11b en la red de datos del proveedor de internet Fastercom

Primeramente se analiza la tecnología existente en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom la cual es la IEEE 802.11 b y después la tecnología propuesta IEEE 802.11 a, esto primeramente para el enlace Nodo principal-Llatantoma y finalmente para en enlace Nodo principal-Lacón. Posteriormente se realizará un resumen de los resultados obtenidos en los indicadores.

3.6.1 Escenario de prueba de la tecnología IEEE 802.11 b en el enlace Nodo principal-Llatantoma

En la Figura 14-3 se aprecia la interfaz de la antena del AP (Punto de acceso) principal de la red que está ubicado en el barrio American Park en la ciudad de Ambato. Como primera instancia se tiene el nombre del dispositivo que depende de cada usuario. A continuación el equipo se configura en modo bridge (puente) con el objetivo de transmitir la información sin realizar algún otro tipo de configuración, es decir haciendo que el equipo opere a nivel de la capa 2 del modelo OSI es decir enlace de datos. Wireless Mode está en modo AP es decir punto de acceso (Access Point).

El SSID (Service Set Identifier) es un nombre con el que se identifica al equipo en la red. La seguridad, como ya se explicó en el capítulo II, puede ser escogida entre WEP, WPA, WPA-TKIP, WPA-AES, WPA2, WPA2-TKIP O WPA2-AES, en el caso de este equipo ha sido configurado con la seguridad WPA-AES. A continuación se tiene la versión del firmware del equipo que en este caso es la 5.3.3. El uptime se refiere al tiempo de actividad de la antena, es decir el tiempo en el que está conectada a la energía eléctrica. Date se refiere a la fecha en la que se configuró el firmware.

El número de canal identifica el rango de frecuencias de trabajo. En este caso, como se está trabajando con 2.4 GHz que corresponde a la IEEE 802.11 b y como se dio a conocer en el capítulo II se tienen canales libres del 1 al 11 para América, se ha escogido el canal 2 que corresponde a una frecuencia de 2417 MHz. El ancho de canal es de 10 MHz que han sido previamente seleccionados, con un ancho de canal bajo lo que se consigue es tener mayor penetración de la señal y mayor distancia en el enlace; por supuesto estas características van a depender del enlace, en este caso como la señal tiene que pasar por la ciudad y la distancia es considerable ha sido escogido ese ancho de canal.

Continuando con la descripción, se tiene el ACK acknowledgement o acuse de recibo el cual es un mensaje corto para informar al transmisor que han llegado datos al destino deseado. Distance o distancia es la distancia que hay desde el AP hasta la estación del enlace, en este caso, desde el nodo principal hasta el nodo Llatantoma. En “antena” se tienen las dimensiones y ganancia de la misma. A continuación se observan las WLAN MAC y LAN MAC que son las MAC (Media Access Control, identificador que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red) de la interfaz inalámbrica y de la local respectivamente. En la parte de LAN se identifica si está

conectada o no la red local a la antena, además se indica la velocidad en Mbps. La AP MAC es la MAC del AP hacia donde está conectada la estación.

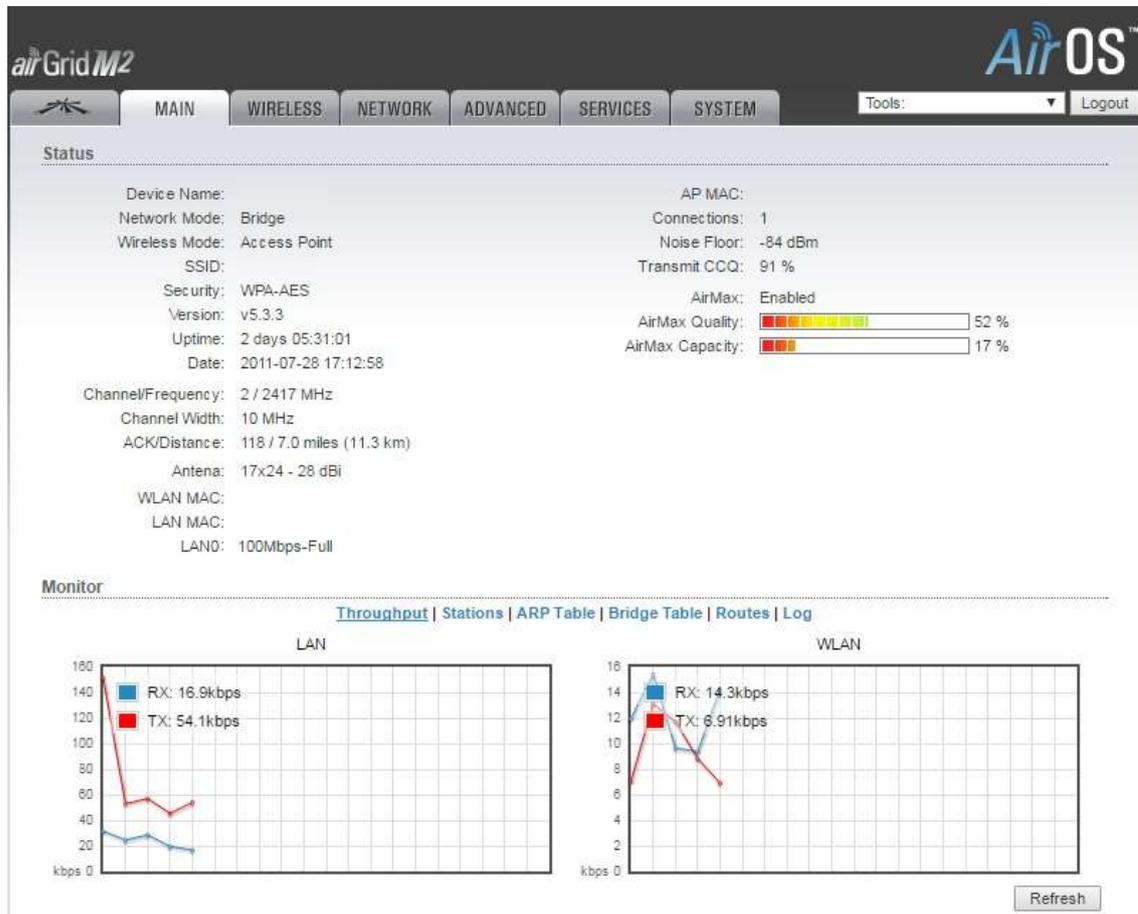


Figura 14-3: AP del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 b

Realizado por: Mónica Freire, 2018

En “Connections” se puede observar el número de conexiones que tiene el AP, en este caso solamente va a estar una conexión porque se trata de un punto a punto. Noise Floor o ruido base es la medida de la señal creada a partir de la suma de todas las fuentes de ruido y las señales no deseadas. Transmit CCQ (Client Connection Quality) corresponde a la calidad de conexión del enlace, en otras palabras el porcentaje del enlace que va a estar en funcionamiento. AirMax es un protocolo de Ubiquiti para mejorar los enlaces, se puede observar la calidad y la capacidad del enlace, teniendo en cuenta que mientras más alto es el porcentaje mejor será el enlace. La calidad del Airmax evalúa la calidad del enlace respecto a varios parámetros como son CCQ, ruido, etc. La capacidad del Airmax representa el porcentaje de la capacidad máxima que tiene el equipo respecto a la capacidad entregada por en el enlace.

En la Figura 15-3 se aprecia la estación del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 b. De la misma manera que el AP, se tiene el nombre del dispositivo, el modo de conexión que es en modo bridge (puente) con el objetivo de transmitir la información sin realizar algún otro tipo de configuración, es decir haciendo que el equipo opere a nivel de la capa 2 del modelo OSI es decir enlace de datos. Ahora en Wireless Mode se tiene en modo estación (station). La seguridad puede ser escogida entre WEP, WPA, WPA-TKIP, WPA-AES, WPA2, WPA2-TKIP O WPA2-AES, en este equipo se ha seleccionado la seguridad WPA-AES.

A continuación se tiene la versión del firmware del equipo que es la misma del AP del enlace, es decir la v5.3.3. El uptime es el tiempo de actividad de la antena, en este caso ha estado conectada a la energía eléctrica por un lapso de 2 días, 3 horas, 30 minutos y 21 segundos. La fecha en la que se configuró el firmware ha sido el 28 de julio de 2011 a las 15 horas 12 minutos 18 segundos. En la estación también se ha escogido el canal 2 con una frecuencia de 2417 MHz. El ancho de canal también es de 10 MHz al igual que el AP del enlace.

La distancia que hay desde el AP hasta la estación del enlace, es decir, desde el nodo principal hasta el nodo Llatantoma es de 11.3 Km según lo muestra la Figura 15-3. Las dimensiones de la antena son 24 x 17 pulgadas y la ganancia es de 28 dBi. Se observa además que se tiene -79 dBm que es la relación señal a ruido, este valor está casi en el límite así que no es una señal recomendada para un enlace. La polarización horizontal tiene -79 dBm de señal y la polarización vertical -87 dBm de señal. El ruido base o noise floor está por los -96 dBm. La calidad de conexión del enlace está en 92.5 %. La velocidad de transmisión es de 19.5 Mbps y la velocidad de recepción de 13 Mbps. La calidad del Airmax está en 51% y la capacidad 19 %, estos valores están por el límite inferior aceptable, así que si se los mejora sería la mejor opción.



Figura 15-3: Estación del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 b

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.6.2 Escenario de prueba de la tecnología IEEE 802.11 a en el enlace Nodo principal-Llatantoma

Una vez estudiado el enlace Nodo principal-Llatantoma con la tecnología IEEE 802.11 b, lo siguiente es realizar el análisis del mismo nodo ahora con la tecnología IEEE 802.11 a para posteriormente realizar un consolidado comparativo de los dos estándares.

En la Figura 16-3 se aprecia la interfaz principal del AP del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 a en el cual está el resumen de todas las configuraciones realizadas en el equipo. Algunos datos como los nombres de los dispositivos y las MACs han sido borrados por cuestiones de seguridad de la empresa colaboradora. En este caso también se tiene el modo puente que, como

ya se indicó, el objetivo es transmitir la información sin realizar algún otro tipo de configuración. El modo inalámbrico está como Punto de acceso o AP. Para este enlace la seguridad que ha sido escogida es la WPA2-AES que hasta la fecha es de las más eficientes. En cuanto a la versión del firmware se tiene la v5.5.6 que es más avanzada que la utilizada en el enlace con IEEE 802.11 b y ha sido cargada el 30 de mayo de 2013. El tiempo de conexión de la antena es de 2 días, 5 horas, 12 minutos y 53 segundos.

En esta configuración se ha escogido el canal de frecuencia 140 con una frecuencia de 5700 MHz, el ancho de canal es de 30 MHz. La distancia del enlace es de 11.1 Km. En cadenas Tx/Rx si el valor es 2x2 quiere decir que el equipo puede recibir y enviar información al mismo tiempo, trabajando a modo dúplex; en el caso de que el valor sea 1x1 o bien envía o bien recibe información. El valor de 100 Mbps indica la conexión LAN, cuando indica desenchufado, obviamente no hay conexión LAN. En conexiones indica el valor de 1 debido a que es una conexión punto a punto.

Finalmente, el ruido base está por los -89 dBm con un CCQ de transmisión de 97,8 % que es un valor aceptable correspondiente a la calidad de conexión del enlace. El Airmax que está directamente ligado con la interferencia del enlace se encuentra de la siguiente manera: la calidad está por el 86% y la capacidad en el 54% que son valores buenos para el enlace Nodo Principal-Llatantoma.

Después de analizar el AP del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 a, corresponde el análisis del otro extremo, es decir, la estación del enlace, la configuración de la misma se puede visualizar en la Figura 17-3. La descripción de esta configuración viene a ser muy similar a la de las anteriores antenas. De igual manera está configurada en modo puente, en este caso es una estación, la seguridad es WPA2-AES. La versión es la v5.5.9 que ha sido cargada el 6 de mayo de 2014. El tiempo de actividad de la antena es de algo más de 32 días, el canal de frecuencia que se ha escogido es el 140 con una frecuencia de 5700 MHz y el ancho de canal de 30 MHz al igual que en el AP de este enlace.



Figura 16-3: AP del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 a

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Las cadenas Tx/Rx tienen un valor de 2x2 que quiere decir que el equipo puede recibir y enviar información al mismo tiempo, es decir a modo dúplex, además las intensidades de señal son de -57 y -56 dBm para las dos cadenas respectivamente, lo cual está en el rango requerido ya que se recomienda una diferencia de máximo 3 dBm en estas mediciones. La LAN si está conectada porque hay tráfico. La intensidad de la señal es de -54 dBm que es un valor muy bueno de señal para el enlace. El ruido base es de -100 dBm y el CCQ de 94.1 %, en valor absoluto son valores similares lo que denota un buen enlace.

La tasa de transmisión y recepción está en los 58,5 Mbps, normal e idealmente se tienen valores iguales pero dependiendo del apuntamiento o de la configuración de algunos parámetros pueden ser diferentes, también va a depender del objetivo de cada usuario. En cuanto a los valores de calidad y capacidad se tienen 85% y 54% respectivamente, lo que representan valores buenos para el enlace como ya se explicó anteriormente en este mismo capítulo.

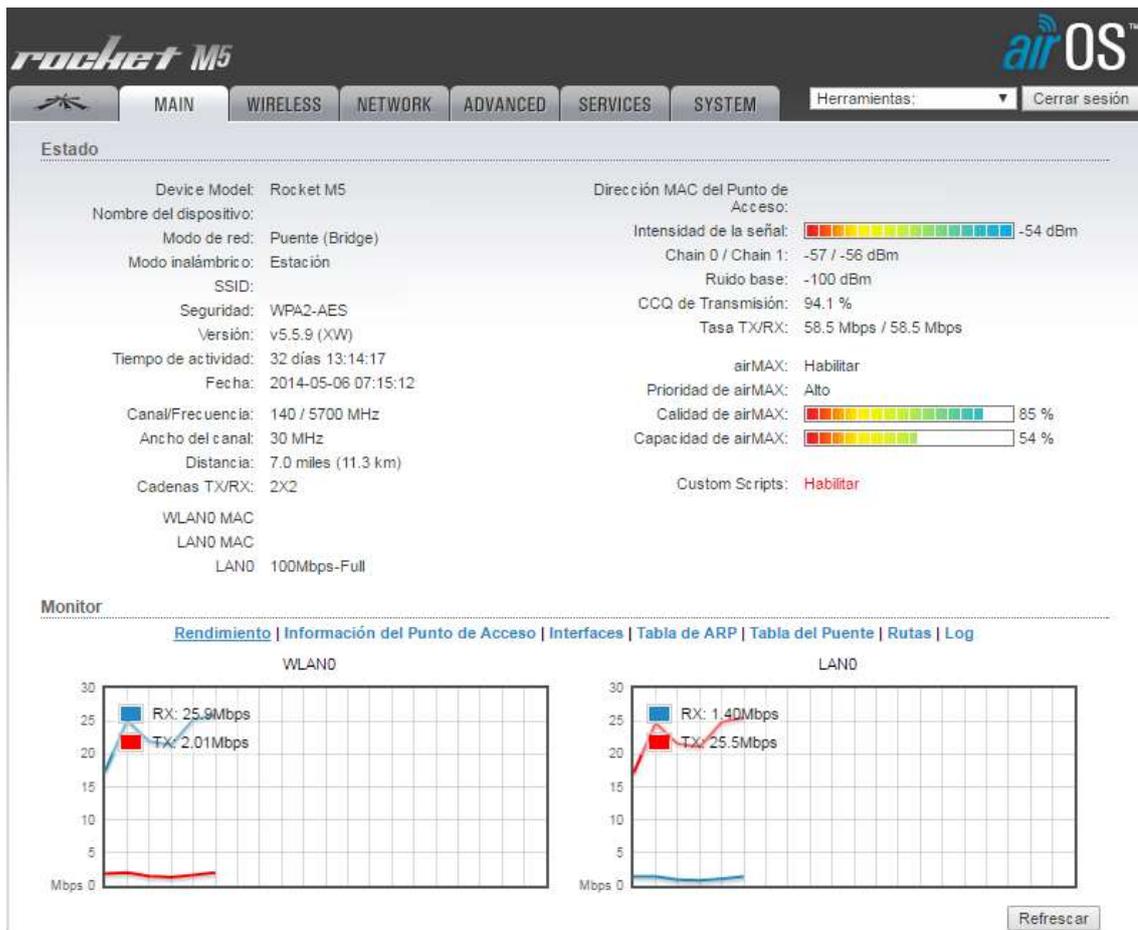


Figura 17-3: Estación del enlace Nodo Principal-Llatantoma con IEEE 802.11 a

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Después de haber realizado las pruebas en la red con el estándar IEEE 802.11 a y b en el enlace Nodo principal-Llatantoma se realizó una comparativa de los resultados obtenidos, en primera instancia se tiene la Tabla 7-3 que corresponde a la comparativa de los APs en dicho enlace.

Cabe mencionar que algunos valores como ganancia y potencia de la antena son valores nominales que se los encuentran en los datasheet de cada antena. En este documento los podemos encontrar en los anexos 1, 2, 3 y 4.

Tabla 7-3: Comparativa de resultados de implementación de los APs con IEEE 802.11 a y b en el enlace Nodo principal Llatantoma

INDICADOR	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 a
Banda	2.4 GHz	5 GHz
Ancho de canal	10 MHz	30 MHz
Ancho de banda	70 Mbps	70 Mbps
Ganancia de la antena tx/rx	20 dBi	30 dBi
Altura de la antena (AP)	20 m	20 m
Potencia del equipo	28 dBm	28 dBm
Seguridad	WPA-AES	WPA2-AES
Versión del Firmware	5.3.3	5.5.6
Número de canal de frecuencias/Frecuencia	2/2417 MHz	140/5700 MHz
Conexiones	1	1
Noise floor (Ruido Base)	-84 dBm	-89 dBm
CCQ (Client Connection Quality)	91,0%	97,80%
AirMax	Habilitado	Habilitado
Línea de vista	SI	SI
Calidad del Airmax	52%	86%
Capacidad del Airmax	17%	54%
Cadenas Tx/Rx		2x2

Realizado por: Mónica Freire, 2018

A continuación se realizó una comparativa de los resultados obtenidos en la implementación de las tecnologías IEEE 802.11 a y b en las estaciones del enlace Nodo principal-Llatantoma. Dichos resultados se pueden apreciar en la Tabla 8-3.

Tabla 8-3: Comparativa de resultados de implementación de las estaciones con IEEE 802.11 a y b en el enlace Nodo principal Llatantoma

INDICADOR	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 a
Banda	2.4 GHz	5 GHz
Ancho de canal	10 MHz	30 MHz
Ancho de banda	50 Mbps	50 Mbps
Ganancia de la antena tx/rx	27 dBi	30 dBi
Altura de la antena (Estación)	12 m	12 m
Potencia del equipo	28 dBm	28 dBm
Intensidad de la señal	-79 dBm	-54 dBm
Seguridad	WPA-AES	WPA2-AES
Versión del Firmware	5.3.3	5.5.9
Número de canal de frecuencias/Frecuencia	2/2417 MHz	140/5700 MHz
Conexiones	1	1
Noise floor (Ruido Base)	-96 dBm	-100 dBm
CCQ (Client Connection Quality)	92,5%	94,1%
Tasa de Tx/Rx	19,5 Mbps/ 13,0 Mbps	58,5 Mbps/ 58,5 Mbps
AirMax	Habilitado	Habilitado
Línea de vista	SI	SI
Calidad del Airmax	51%	85%
Capacidad del Airmax	19%	54%
Cadenas Tx/Rx		2x2
Cadena 0 / Cadena 1		-57 / -56 dBm

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.6.3 Escenario de prueba de la tecnología IEEE 802.11 b en el enlace Nodo principal-Lacón

Después de realizar el análisis del enlace Nodo principal-Llatantoma tanto con la tecnología IEEE 802.11 b como con 802.11 a, ahora se procede al análisis de las dos tecnologías pero en el enlace Nodo principal-Lacón. Se analizan las configuraciones tanto del AP como de la estación en cada caso. Para empezar se tiene el AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 b como se indica en la Figura 18-3, los valores de la ventana Main de este AP en este punto ya son familiares porque se han venido desarrollando interfaces similares.

Para empezar se tiene en modo bridge para mayor facilidad de diseño de la red, el modo inalámbrico es Access Point ya que es el punto de acceso o AP del enlace. La seguridad de esta antena es WPA-AES, cabe mencionar que es muy necesario que exista algún tipo de seguridad para evitar la adherencia de intrusos. La versión del firmware es la v5.3.3 que ha sido cargada a la fecha 26 de julio 2011. El tiempo último de actividad es de 4 horas, 55 minutos, 5 segundos.

El canal de frecuencia escogido es el 33 con una frecuencia de 2602 MHz y el canal de frecuencia es de 10 MHz, como es bajo el canal lo que supone es un mayor alcance. La distancia desde el nodo principal hasta el nodo ubicado en Lacón es de 7.7 Km. Las cadenas de transmisión recepción están trabajando a modo dúplex, es decir que el equipo puede transmitir y recibir información al mismo tiempo. En el número de conexiones se va a tener siempre 1, ya que en este tipo de enlace se está hablando de un punto a punto.

El ruido base está en los -95 dBm y un CCQ de 99,1% los cuales muestran valores aceptables para el enlace. Finalmente se tienen valores de calidad y capacidad de 79% y 37% respectivamente, el valor de calidad está bien mientras que el valor de capacidad se podría subir para que mejore el enlace, esto se puede lograr con un mejor apuntamiento de la antena siempre y cuando no se perjudique a los demás valores.



Figura 18-3: AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 b

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Después de haber analizado el AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 b, lo que corresponde ahora es fijarse en la estación correspondiente a este enlace, cuya ventana Main se puede apreciar en la Figura 19-3. Como es la estación se tiene el modo station en la parte de Wireless mode, también está en modo bridge, la seguridad es WPA-AES. La versión del firmware es la v5.3.3 cargada en julio 2011. El canal de frecuencia es el mismo que el AP es decir el canal 33 con una frecuencia de 2602 MHz. El ancho de canal es de 10 MHz que coincide con el ancho de canal del AP, la distancia del AP a la estación de este enlace es de 7.7 Km y las cadenas de transmisión y recepción trabajan a modo dúplex.

La intensidad de la señal es de -66 dBm que es un valor aceptable para el enlace pero se lo puede mejorar. La polarización horizontal tiene -72 dBm de señal y -67 dBm, son valores que están en el límite del valor aceptable así que se debe buscar la mejora. El ruido base está por los -93 dBm y un CCQ de 99,1%, estos valores si son aceptables para el enlace. La tasa de transmisión y recepción está por los 26 Mbps que es la capacidad teórica máxima que puede tener el enlace,

según las especificaciones del administrador de la red se requiere de una capacidad de 30 Mbps, por lo que esta capacidad no estaría cumpliendo con los requerimientos de la empresa y puede perjudicar el rendimiento de la red. En cuanto a los valores de calidad y capacidad, 80% y 38% respectivamente, el valor de capacidad se buscaría mejorar mientras que el porcentaje de calidad se trataría de mantenerlo.

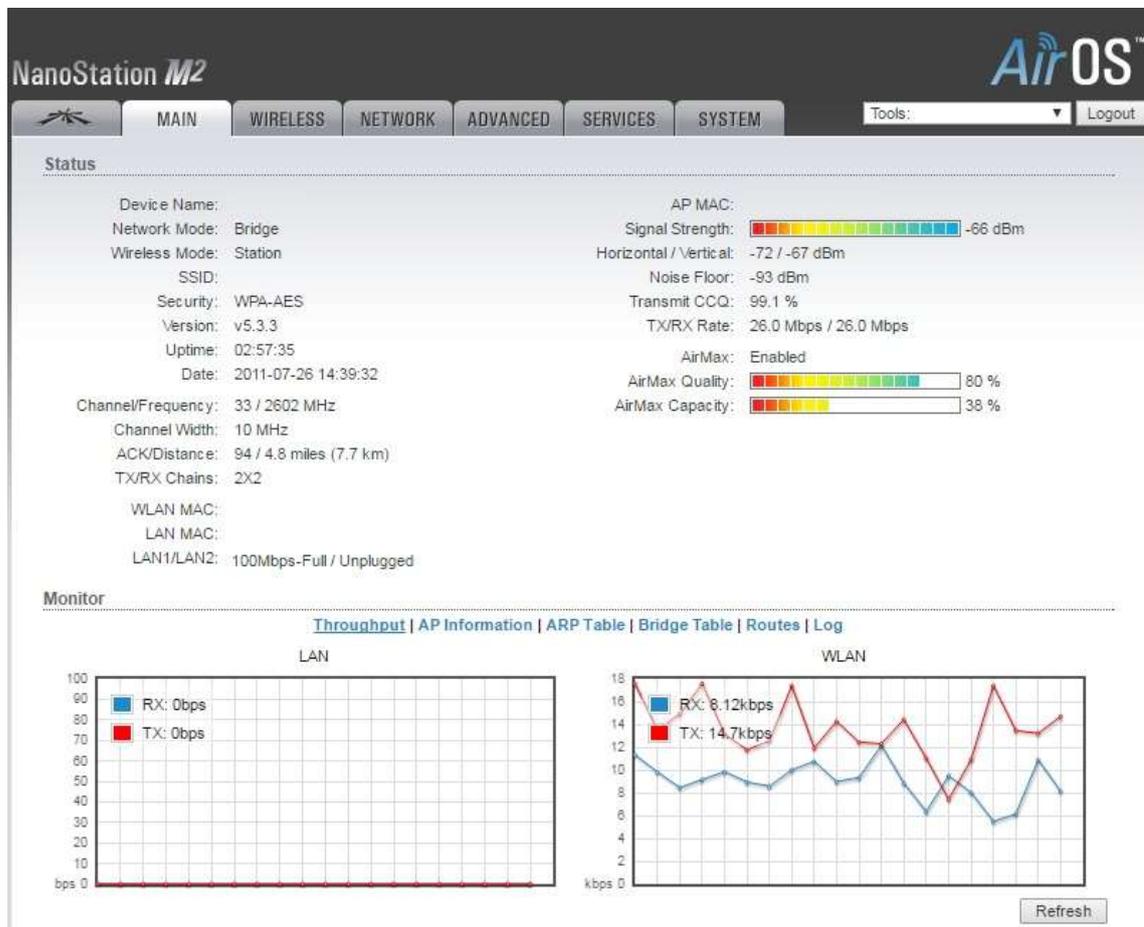


Figura 19-3: Estación del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 b

Realizado por: Mónica Freire, 2018

3.6.4 Escenario de prueba de la tecnología IEEE 802.11 a en el enlace Nodo principal-Lacón

Finalmente se ha llegado al análisis del enlace Nodo principal-Lacón con la tecnología IEEE 802.11 a. En primera instancia se tiene la interfaz principal del AP del enlace en la Figura 20-3. Cabe mencionar que esta vez se visualiza otra interfaz, esto es debido a que la antena es de otra marca. Para determinar que sea punto de acceso en Wireless bridge mode se tiene en modo servidor o AP.

Ahora, hay una particularidad de cada marca de tener protocolos para la mejora de la conexión, en este caso se tienen los protocolos nstreme y nv2 que son utilizados con el fin de evitar interferencias del ambiente, en este caso está seleccionado el protocolo nstreme debido a que se está utilizando 802.11 a y se ajusta mejor a sus necesidades. Según (Anrrango, 2017), Nstreme es un protocolo propietario de MikroTik (incompatible con otros fabricantes) que mejora el desempeño de los enlaces inalámbricos, pues reduce el tiempo de acceso al medio y reduce las tramas aumentando así la velocidad de transmisión.

El protocolo Nv2 es un protocolo inalámbrico patentado desarrollado también por MikroTik, se basa en la tecnología de acceso a medios TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo) en lugar de la tecnología de acceso a medios CSMA (acceso múltiple por detección de portadora) utilizada en dispositivos 802.11 normales. La tecnología de acceso a medios TDMA resuelve el problema de los nodos ocultos y mejora el uso de los medios, lo que mejora el rendimiento y la latencia, especialmente en las redes PtMP. (Anrrango, 2017)

La frecuencia utilizada en este enlace es de 5745 MHz, en la banda de 5GHz debido a que se está trabajando con 802.11 a, esta banda también corresponde a los estándares 802.11 n y 802.11 ac como lo indica la Figura 20-3.

El ancho de canal es de 40 MHz, en la Figura 20-3 se puede apreciar lo siguiente: 20/40 MHz Ce, donde: C: canal principal y e: canal de extensión, indicando la posición del canal, en este caso como la C mayúscula se encuentra en la posición de 40 entonces el canal principal es el de 40 MHz. En el apartado “country” está seleccionado Estados Unidos debido a que de esta forma el equipo ofrece más frecuencias disponibles con respecto a Ecuador. Use Access list ACL es para que solamente ciertos equipos con ciertas MACs se puedan conectar al AP.

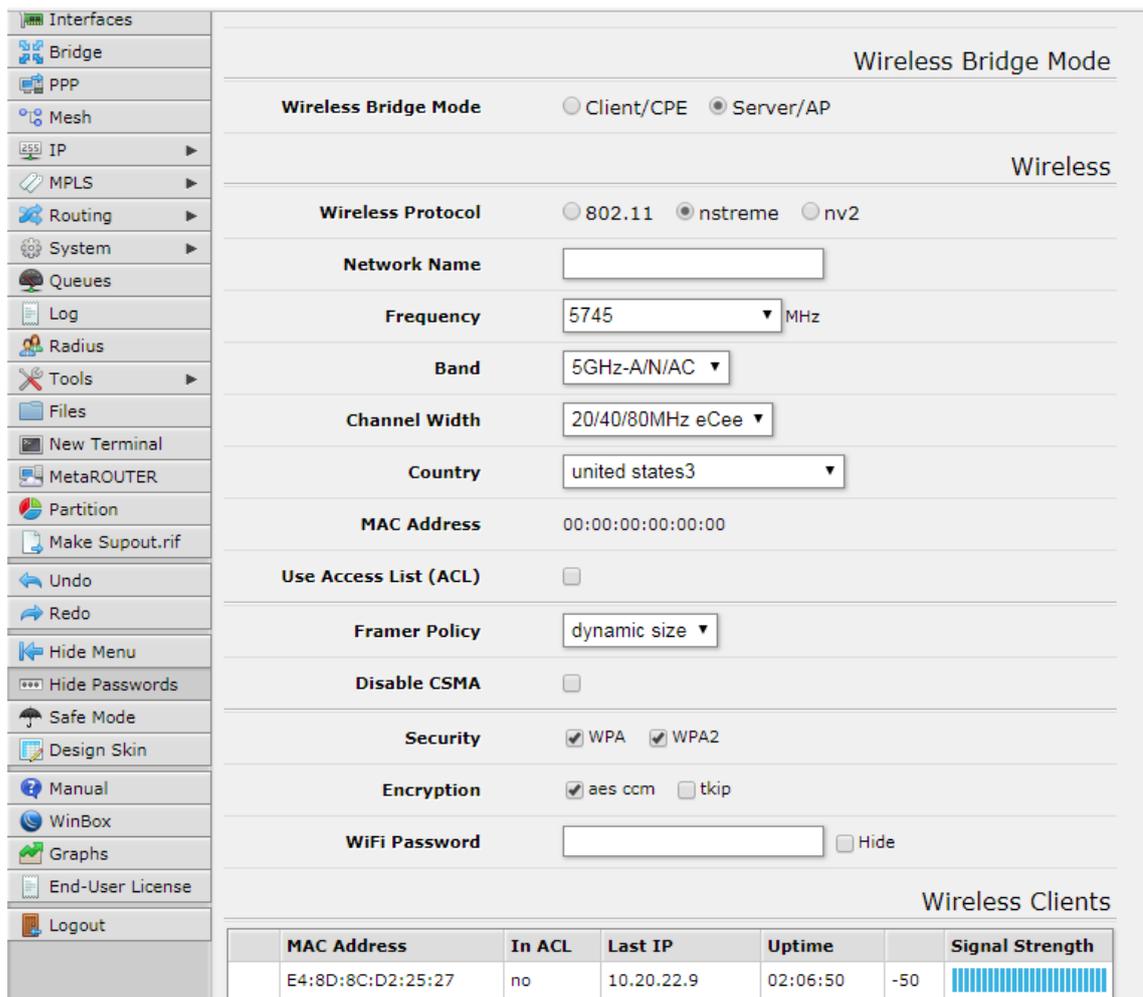


Figura 20-3: AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a (parte 1)

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Framer policy trata de un método para combinar tramas, un número de tramas se puede combinar en un paquete grande para reducir la sobrecarga del protocolo y por lo tanto aumentar la velocidad. Hay varios métodos:

- None: No combinar tramas.
- Best-fit: Poner tantas tramas como sea posible en un paquete, sin fragmentación.
- Exact size: Poner tantas tramas como sea posible en un paquete, incluso si se necesita fragmentación.
- Dynamic size: Elegir el mejor tamaño de la trama de forma dinámica.

En el caso del AP del enlace Nodo Principal-Lacón se tiene la opción “Dynamic size”.

CSMA como ya se explicó en el capítulo II es un protocolo de control de acceso al medio en el cual se verifica la ausencia de tráfico antes de transmitir en un medio compartido como una banda

del espectro. En este caso el protocolo está habilitado debido a que “disable CSMA” está inhabilitado. Finalmente la seguridad es WPA2 AES y está con una señal de -50 dBm.

La Figura 21-3 es la continuación del AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a, en la cual se aprecian algunos valores que son necesarios para la comparativa que se puede ver en la Tabla 9-3 como son número de conexiones, CCQ, ruido base, entre otros.

Last Link Down Time	Jan/18/2018 15:44:24		
Last Link Up Time	Jan/18/2018 15:44:24		
Link Downs	0		
Channel	5745/20-eCee/ac		
Registered Clients	1		
Authenticated Clients	1		
Overall Tx CCQ	86 %		
Distance			
Noise Floor	-102 dBm		
Tx/Rx Rate	1338.2 kbps	/	1031.7 kbps
Tx/Rx Packet Rate	253 p/s	/	303 p/s
FP Tx/Rx Rate	1335.4 kbps	/	1031.7 kbps
FP Tx/Rx Packet Rate	260 p/s	/	303 p/s
Tx/Rx Bytes	653.0 GB	/	35.6 GB
Tx/Rx Packets	628 016 766	/	432 40E 993
Tx/Rx Drops	0	/	0
Tx/Rx Errors	0	/	0

Figura 21-3: AP del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a (parte 2)

Realizado por: Mónica Freire, 2018

A continuación se tiene la estación del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a que se puede observar en la Figura 22-3. El modo se encuentra en cliente o CPE (Equipo local del cliente) ya que es la estación del enlace. En status se encuentra que ya la estación se encuentra enganchada. La señal de Tx/Rx es de -48/-50 dBm con un CCQ de Tx/Rx de 82/73 % y la relación señal a ruido es de 52 dB.

En la estación también se ha escogido el protocolo inalámbrico nstreme para que se pueda comunicar con el AP. Tanto en la señal de transmisión como en la de recepción se tiene la señal actual, promedio y máxima como se puede apreciar en la Figura 22-3.

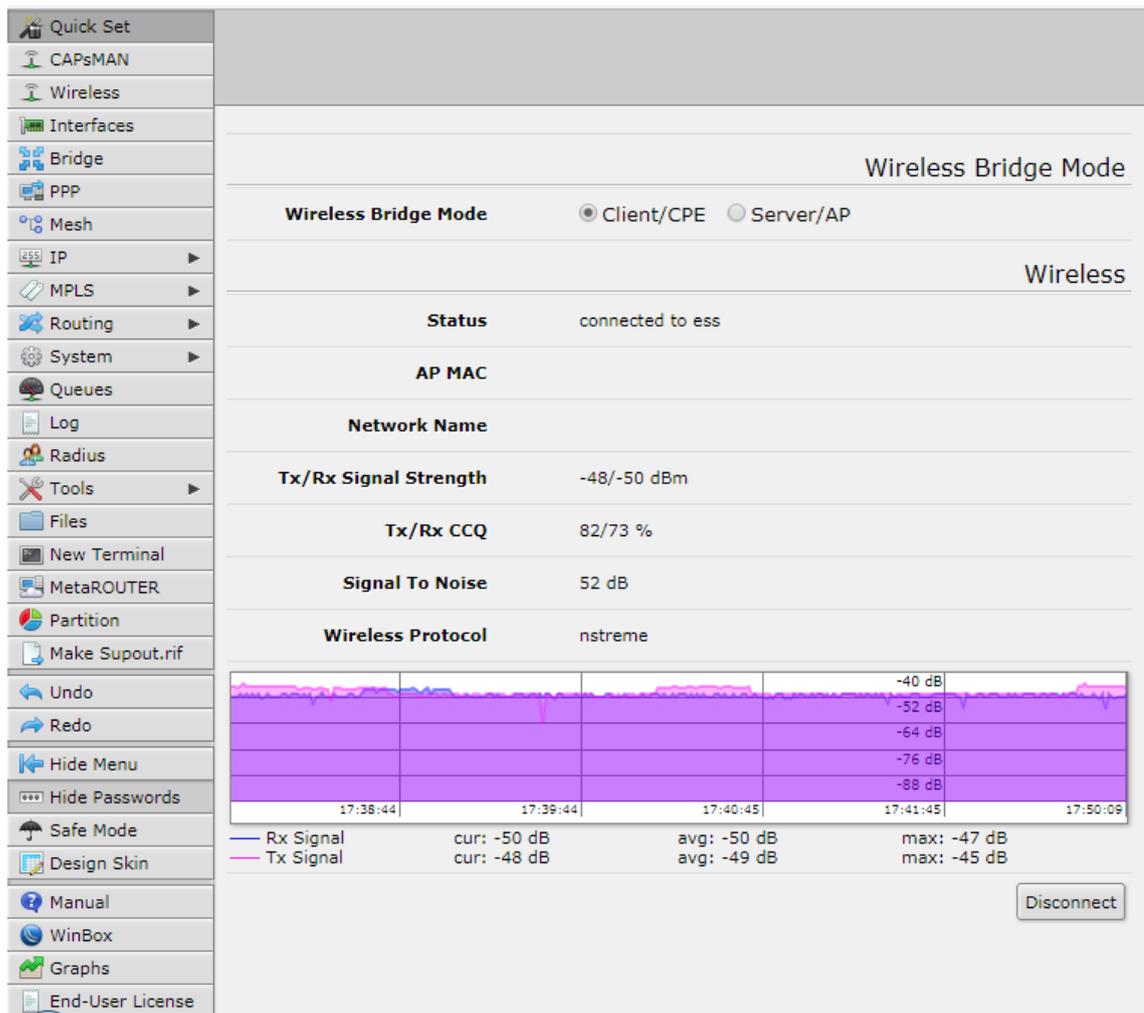


Figura 22-3: Estación del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a (parte 1)

Realizado por: Mónica Freire, 2018

En la Figura 23-3 se aprecian más datos que son de importancia para la comparativa que se realiza en la Tabla 10-3, como lo son el protocolo utilizado, que es el mismo del AP, el CCQ (Client Connection Quality), ruido base, etc.

Last Link Up Time	Jan/12/2018 23:25:59
Link Downs	4
Channel	5745/20-eCee/ac
Wireless Protocol	nstreme
Tx Rate	180Mbps-40MHz/2S/SGI
Rx Rate	180Mbps-40MHz/2S/SGI
SSID	
BSSID	
Radio Name	E48D8CD22583
Tx/Rx Signal Strength	-51/-51 dBm
Tx/Rx Signal Strength Ch0	-54/-53 dBm
Tx/Rx Signal Strength Ch1	-53/-53 dBm
Tx/Rx Signal Strength Ch2	
Noise Floor	-102 dBm
Signal To Noise	51 dB
Tx/Rx CCQ	83/63 %
Overall Tx CCQ	83 %
Distance	
RouterOS Version	6.33.5

Figura 23-3: Estación del enlace Nodo Principal-Lacón con IEEE 802.11 a (parte 2)

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Del mismo modo que se realizaron las comparativas de los resultados de la implementación en el enlace Nodo principal-Llatantoma, se tienen los resultados de una manera similar para el enlace Nodo principal-Lacón. En la Tabla 9-3 se pueden apreciar los resultados de implementación de los APs con IEEE 802.11 a y b en el enlace Nodo principal Lacón.

Tabla 9-3: Comparativa de resultados de implementación de los APs con IEEE 802.11 a y en el enlace Nodo principal Lacón

INDICADOR	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 a
Banda	2.4 GHz	5 GHz
Ancho de canal	10 MHz	40 MHz
Ancho de banda	50 Mbps	50 Mbps
Ganancia de la antena tx/rx	10,4-11,2 dBi	25 dBi
Altura de la antena (AP)	20 m	20 m
Potencia del equipo	28 dBm	28 dBm
Seguridad	WPA-AES	WPA2-AES
Versión del Firmware/RouterOS	5.3.3	6.33.5
Número de canal de frecuencias/Frecuencia	33/2602 MHz	5745 MHz
Conexiones	1	1
Noise floor (Ruido Base)	-95 dBm	-102 dBm
CCQ (Client Connection Quality)	99,1%	86%
AirMax	Habilitado	Nstreme
Línea de vista	SI	SI
Calidad del Airmax	79%	
Capacidad del Airmax	37%	
Cadenas Tx/Rx		2x2

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Del mismo modo se tiene una tabla con los resultados de implementación de las estaciones con IEEE 802.11 a y b en el enlace Nodo principal Lacón, cuyos datos se pueden apreciar en la Tabla 10-3.

Tabla 10-3: Comparativa de resultados de implementación de las estaciones con IEEE 802.11 a y b en el enlace Nodo principal Lacón

INDICADOR	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 a
Banda	2.4 GHz	5 GHz
Ancho de canal	10 MHz	40 MHz
Ancho de banda	50 Mbps	50 Mbps
Ganancia de la antena tx/rx	10,4-11,2 dBi	25 dBi
Altura de la antena (Estación)	8 m	8 m
Potencia del equipo	28 dBm	28 dBm
Intensidad de la señal	-66 dBm	-48 / -50 dBm (Tx/Rx)
Seguridad	WPA-AES	WPA2-AES
Versión del Firmware/RouterOS	5.3.3	6.33.5
Número de canal de frecuencias/Frecuencia	33/2602 MHz	5745 MHz
Conexiones	1	1
Noise floor (Ruido Base)	-93 dBm	-102 dBm
CCQ (Client Connection Quality)	99,1%	83 %
Tasa de Tx/Rx	26,0 Mbps/ 26,0 Mbps	180 Mbps/ 180 Mbps
AirMax	Habilitado	Nstreme
Línea de vista	SI	SI
Calidad del Airmax	80%	
Capacidad del Airmax	38%	
Cadenas Tx/Rx		2x2
Cadena 0 / Cadena 1		-54 / -53 dBm

Realizado por: Mónica Freire, 2018

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el capítulo 3 se realizó un análisis comparativo teórico de indicadores entre las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b donde se pudo cotejar ventajas y desventajas entre ambas tecnologías en los nodos de la red de la empresa Fastercom. Además se realizaron escenarios de prueba en donde se analizaron las tecnologías mediante simulaciones. Finalmente se realizaron pruebas en la red física de la empresa proveedora de internet Fastercom, en donde se logró obtener comparativas entre los resultados.

Este capítulo se basa en la comparativa de ambas tecnologías en la última milla, es decir en los efectos que causa cada tecnología en las antenas cliente de la empresa Fastercom, ya que es ahí en donde se notarán los resultados. Los indicadores que se van a analizar en la última milla son: latencia, intensidad de señal y calidad de conexión del cliente CCQ (Client Connection Quality). Para ello lo primero que se necesita saber es la cantidad de datos con los que se va a trabajar, es por esto que el punto de partida para el análisis de los resultados es el cálculo de la muestra.

4.1 Población y muestra

4.1.1 Población

Según (Morillas, 2015), la población es un colectivo objeto del estudio formado por un conjunto de elementos con características similares y sobre el que se pretenden inferir regularidades.

En esta investigación se analiza a la última milla de la red que en este caso son los clientes de la empresa Fastercom, ya que ahí se ve reflejado todo el desempeño de la red. Se tienen dos poblaciones que son objeto de estudio.

Primeramente se tienen las antenas cliente que trabajan con la tecnología IEEE 802.11 b que corresponde a una población de 105.

$N_b=105$

En segunda instancia se tiene la población que corresponde a las antenas cliente que han sido migradas a la tecnología IEEE 802.11 a que corresponde a una población de 90.

$N_a=90$

4.1.2 Muestra

Según (Morillas, 2015), muestra es un subconjunto de la población o colectivo que se investiga y debe ser representativa del conjunto de la población.

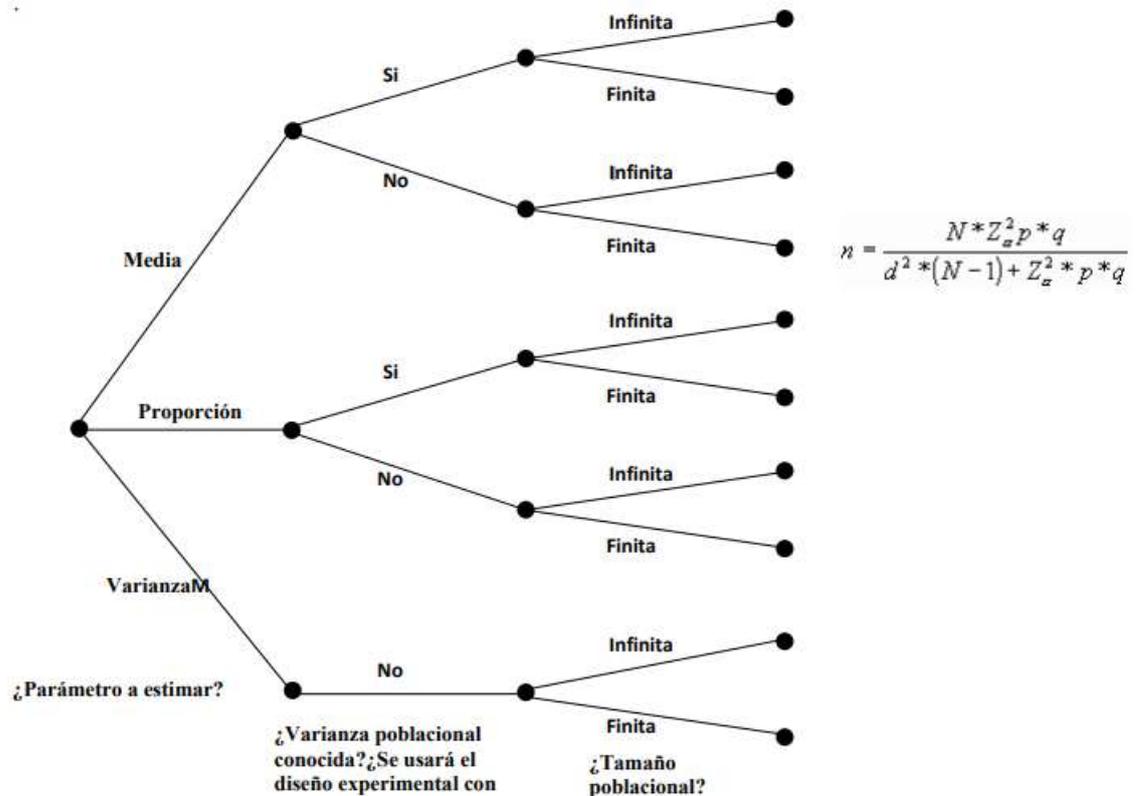


Figura 1-4: Árbol de decisión para la elección del tamaño muestral

Fuente: (Valdivieso Taborga, 2011)

(Valdivieso Taborga, 2011) propone el uso de árboles de decisión para poder determinar el tamaño muestral para las poblaciones dadas. El árbol de decisión es una excelente ayuda para la elección entre varios cursos de acción, ya que proveen una estructura efectiva dentro de la cual estimar cuales son las opciones más adecuadas.

El árbol de decisión para la elección del tamaño muestral en primera instancia pregunta que parámetro se va a estimar, en el caso de esta investigación se va a trabajar con la media. Continuando con los ramales la pregunta es si se conoce la varianza poblacional, en este caso no. Y, finalmente si la población es finita o infinita, en esta investigación si se conoce la población por lo que se sigue el ramal llegando así a determinar la fórmula para el cálculo de la muestra como lo muestra la figura 1-4.

$$n = \frac{N Z_{\alpha}^2 pq}{d^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 pq}$$

Donde:

$$n = \text{muestra}$$

$$N = \text{Total de la población}$$

$$Z_{\alpha} = 1,96 \text{ (si la certeza o intervalo de confianza es del 95\%)}$$

$$p = \text{proporción esperada (en este caso } 50\% = 0,5)$$

$$q = 1 - p \text{ (en este caso } 1 - 0,5 = 0,5)$$

$$d = \text{precisión (usar 5\%)}$$

Z_{α} representa el nivel de confianza que son intervalos aleatorios que se usan para acotar un valor con una determinada probabilidad alta. Por ejemplo un intervalo de confianza de 95% significa que los resultados de una acción probablemente cubrirán las expectativas el 95% de las veces, según (Pickers, 2015). Estos valores se los puede apreciar en la tabla 1-4.

Tabla 1-4: Tabla de apoyo al cálculo del tamaño de una muestra por niveles de confianza

Coef. Confianza	Z
80 %	1,29
85%	1,44
90%	1,64
95%	1,96
99%	2,27

Fuente: (Poveda, 2017)

La proporción esperada (p) y su complemento ($q=1-p$) es la probabilidad de éxito o fracaso de un valor muestral. Tomando las recomendaciones de (Morillas, 2015), en esta investigación se toma un valor de 0,5 tanto para p como para q , lo que conduce al máximo valor exigible de la muestra, ya que cualquier otra combinación de valores de p y q , al multiplicarlos daría un valor inferior a 0,25. Finalmente, la precisión es el error que se espera obtener, generalmente se ubica un valor del 5%.

Una vez explicados todos los parámetros que se utilizan en la fórmula de la muestra se procede al cálculo de la misma. Lo que se pretende con esta investigación es determinar cuál de las tecnologías representa un mayor rendimiento para la red de datos de la empresa Fastercom, en dicha empresa, de los 195 clientes existentes, 90 han sido migrados a la tecnología IEEE 802.11 a, y 105 continúan con la tecnología IEEE 802.11 b. Lo que se pretende es realizar este análisis estadístico para determinar cuál de las dos tecnologías supera a la otra en cuanto al rendimiento de la red.

Se empieza calculando la muestra para la tecnología IEEE 802.11 b cuyos datos son los siguientes:

$$N = 105$$

$$Z_{\alpha} = 1,96$$

$$p = 0,5$$

$$q = 1 - p ; q = 1 - 0,5 = 0,5$$

$$d = 0,05$$

$$n = \frac{N Z_{\alpha}^2 pq}{d^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 pq}$$

$$n = \frac{105(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(0,05)^2(104) + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$$n = 82,63 \approx 83$$

$$\mathbf{n = 83}$$

A continuación se realiza el cálculo de la muestra para la tecnología IEEE 802.11 a cuyos datos son los siguientes:

$$N = 90$$

$$Z_{\alpha} = 1,96$$

$$p = 0,5$$

$$q = 1 - p ; q = 1 - 0,5 = 0,5$$

$$d = 0,05$$

$$n = \frac{N Z_{\alpha}^2 pq}{d^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 pq}$$

$$n = \frac{90(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(0,05)^2(89) + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$$n = 73,07 \approx 74$$

$$\mathbf{n = 74}$$

El valor del decimal es aproximado al inmediato superior, esto es debido a que no se puede tener un elemento de la muestra que no sea entero.

Una vez calculadas las muestras se procede a la obtención de los elementos de las mismas, es decir, de qué antenas de última milla se toman los datos, es decir, de qué clientes de la empresa Fastercom. Se ha realizado una tabla de la población por cada una de las dos tecnologías, la cual sirve para la obtención de los elementos de la muestra mediante un generador de números aleatorios en línea. Cabe mencionar que los datos personales de los clientes han sido obviados por políticas de la empresa e internamente fueron ordenados alfabéticamente.

Tabla 2-4: Obtención de elementos de la muestra de la tecnología IEEE 802.11 b, mediante un generador aleatorio en línea

POBLACIÓN	MUESTRA
Ciente 1	Ciente 1
Ciente 2	Ciente 2
Ciente 3	Ciente 3
Ciente 4	Ciente 4
Ciente 5	Ciente 5
Ciente 6	Ciente 7
Ciente 7	Ciente 8
Ciente 8	Ciente 9
Ciente 9	Ciente 10
Ciente 10	Ciente 11
Ciente 11	Ciente 12
Ciente 12	Ciente 13
Ciente 13	Ciente 14
Ciente 14	Ciente 15
Ciente 15	Ciente 16
Ciente 16	Ciente 18
Ciente 17	Ciente 20
Ciente 18	Ciente 21
Ciente 19	Ciente 22
Ciente 20	Ciente 23
Ciente 21	Ciente 24
Ciente 22	Ciente 25
Ciente 23	Ciente 26
Ciente 24	Ciente 27
Ciente 25	Ciente 28
Ciente 26	Ciente 29
Ciente 27	Ciente 30
Ciente 28	Ciente 31
Ciente 29	Ciente 32
Ciente 30	Ciente 33
Ciente 31	Ciente 34
Ciente 32	Ciente 37
Ciente 33	Ciente 38
Ciente 34	Ciente 39
Ciente 35	Ciente 41
Ciente 36	Ciente 42
Ciente 37	Ciente 44
Ciente 38	Ciente 45
Ciente 39	Ciente 46

POBLACIÓN	MUESTRA
Cliente 40	Cliente 48
Cliente 41	Cliente 50
Cliente 42	Cliente 51
Cliente 43	Cliente 52
Cliente 44	Cliente 53
Cliente 45	Cliente 54
Cliente 46	Cliente 56
Cliente 47	Cliente 58
Cliente 48	Cliente 59
Cliente 49	Cliente 60
Cliente 50	Cliente 61
Cliente 51	Cliente 62
Cliente 52	Cliente 63
Cliente 53	Cliente 64
Cliente 54	Cliente 65
Cliente 55	Cliente 66
Cliente 56	Cliente 67
Cliente 57	Cliente 71
Cliente 58	Cliente 72
Cliente 59	Cliente 74
Cliente 60	Cliente 75
Cliente 61	Cliente 78
Cliente 62	Cliente 79
Cliente 63	Cliente 80
Cliente 64	Cliente 81
Cliente 65	Cliente 82
Cliente 66	Cliente 83
Cliente 67	Cliente 84
Cliente 68	Cliente 85
Cliente 69	Cliente 86
Cliente 70	Cliente 87
Cliente 71	Cliente 89
Cliente 72	Cliente 90
Cliente 73	Cliente 91
Cliente 74	Cliente 92
Cliente 75	Cliente 93
Cliente 76	Cliente 94
Cliente 77	Cliente 95
Cliente 78	Cliente 97
Cliente 79	Cliente 99
Cliente 80	Cliente 101
Cliente 81	Cliente 102
Cliente 82	Cliente 104

POBLACIÓN	MUESTRA
Cliente 83	Cliente 105
Cliente 84	
Cliente 85	
Cliente 86	
Cliente 87	
Cliente 88	
Cliente 89	
Cliente 90	
Cliente 91	
Cliente 92	
Cliente 93	
Cliente 94	
Cliente 95	
Cliente 96	
Cliente 97	
Cliente 98	
Cliente 99	
Cliente 100	
Cliente 101	
Cliente 102	
Cliente 103	
Cliente 104	
Cliente 105	

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Tabla 3-4: Obtención de elementos de la muestra de la tecnología IEEE 802.11 a mediante un generador aleatorio en línea

POBLACIÓN	MUESTRA
Cliente 1	Cliente 1
Cliente 2	Cliente 2
Cliente 3	Cliente 4
Cliente 4	Cliente 6
Cliente 5	Cliente 7
Cliente 6	Cliente 8
Cliente 7	Cliente 9
Cliente 8	Cliente 10
Cliente 9	Cliente 12
Cliente 10	Cliente 13
Cliente 11	Cliente 15
Cliente 12	Cliente 16

POBLACIÓN	MUESTRA
Cliente 13	Cliente 17
Cliente 14	Cliente 18
Cliente 15	Cliente 20
Cliente 16	Cliente 21
Cliente 17	Cliente 22
Cliente 18	Cliente 23
Cliente 19	Cliente 24
Cliente 20	Cliente 25
Cliente 21	Cliente 26
Cliente 22	Cliente 27
Cliente 23	Cliente 28
Cliente 24	Cliente 29
Cliente 25	Cliente 31
Cliente 26	Cliente 32
Cliente 27	Cliente 33
Cliente 28	Cliente 34
Cliente 29	Cliente 35
Cliente 30	Cliente 36
Cliente 31	Cliente 37
Cliente 32	Cliente 38
Cliente 33	Cliente 39
Cliente 34	Cliente 40
Cliente 35	Cliente 42
Cliente 36	Cliente 43
Cliente 37	Cliente 45
Cliente 38	Cliente 46
Cliente 39	Cliente 47
Cliente 40	Cliente 48
Cliente 41	Cliente 49
Cliente 42	Cliente 50
Cliente 43	Cliente 51
Cliente 44	Cliente 52
Cliente 45	Cliente 53
Cliente 46	Cliente 54
Cliente 47	Cliente 56
Cliente 48	Cliente 57
Cliente 49	Cliente 58
Cliente 50	Cliente 59
Cliente 51	Cliente 60
Cliente 52	Cliente 62
Cliente 53	Cliente 63
Cliente 54	Cliente 64
Cliente 55	Cliente 65

POBLACIÓN	MUESTRA
Cliente 56	Cliente 66
Cliente 57	Cliente 69
Cliente 58	Cliente 70
Cliente 59	Cliente 71
Cliente 60	Cliente 72
Cliente 61	Cliente 74
Cliente 62	Cliente 76
Cliente 63	Cliente 77
Cliente 64	Cliente 78
Cliente 65	Cliente 79
Cliente 66	Cliente 80
Cliente 67	Cliente 81
Cliente 68	Cliente 82
Cliente 69	Cliente 84
Cliente 70	Cliente 86
Cliente 71	Cliente 87
Cliente 72	Cliente 88
Cliente 73	Cliente 89
Cliente 74	Cliente 90
Cliente 75	
Cliente 76	
Cliente 77	
Cliente 78	
Cliente 79	
Cliente 80	
Cliente 81	
Cliente 82	
Cliente 83	
Cliente 84	
Cliente 85	
Cliente 86	
Cliente 87	
Cliente 88	
Cliente 89	
Cliente 90	

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Una vez determinados los equipos de última milla lo siguiente es obtener datos de los indicadores de cada equipo o antena: latencia, intensidad de la señal y calidad de conexión del cliente CCQ (Client Connection Quality). Estos indicadores son los que van a expresar de forma directa el

rendimiento de la red, ya que en la última milla se ve reflejado el buen o mal funcionamiento de la misma.

Tabla 4-4: Datos muestrales obtenidos de los indicadores: latencia, intensidad de señal y calidad de conexión del cliente CCQ

Latencia (ms)		Intensidad de señal (dBm)		Calidad de conexión del cliente CCQ (%)	
IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 ^a	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 ^a	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11a
73	36	-64	-57	73,3	83,2
60	29	-65	-65	89,8	95,3
72	30	-72	-64	77,1	69
37	20	-63	-62	78,3	77,1
64	53	-66	-60	90	79,4
60	38	-65	-59	62,1	69,3
56	16	-64	-51	60,1	82,9
75	34	-70	-56	80,1	90,5
68	39	-68	-58	83,5	88,6
66	37	-67	-57	67,2	69
99	42	-75	-64	76,4	87
63	50	-63	-61	64	92,5
60	21	-65	-56	49	67,4
58	44	-60	-57	78,6	73,1
89	31	-75	-53	68,4	59,7
59	37	-60	-55	70,3	87,6
62	43	-63	-58	88,2	96,3
60	53	-61	-60	89,3	77,6
59	19	-59	-50	94	68,4
73	45	-70	-62	67,3	94,7
58	35	-59	-59	88,2	78,4
88	36	-76	-62	89	69
85	20	-74	-57	56	79,3
78	17	-70	-56	48	79
73	51	-69	-68	76,4	96,8
68	18	-67	-69	89,6	78,6
68	23	-68	-60	67,4	49,3
75	30	-70	-62	70,2	90
88	49	-71	-65	83,3	96,2
67	36	-66	-63	65,4	58,7
78	24	-69	-59	78,4	78,5
65	23	-64	-56	67,3	89,9
67	42	-67	-63	76,4	93
81	50	-69	-65	80,9	61,4

Latencia (ms)		Intensidad de señal (dBm)		Calidad de conexión del cliente CCQ (%)	
IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 ^a	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 ^a	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11a
89	39	-75	-62	71,9	78,2
90	25	-74	-59	59	96,1
58	40	-60	-63	80,6	78,5
67	52	-68	-66	85,7	64,3
62	38	-64	-55	79,4	86,5
76	46	-70	-53	68,5	78,6
68	58	-67	-63	67	90,1
56	36	-57	-54	56	94,3
86	28	-70	-55	79	58,3
73	38	-69	-57	68,2	89,4
69	46	-68	-61	67,4	90,1
96	34	-73	-59	59,7	89,5
87	57	-71	-67	67,5	76,5
75	41	-70	-52	78,6	89,6
68	53	-68	-66	96	61,2
56	35	-62	-61	70,1	78,6
72	49	-69	-69	68,6	87,8
88	28	-71	-50	60,2	83,4
55	39	-61	-60	59,5	85,8
64	57	-66	-64	60,6	72,1
91	46	-71	-53	69	96,2
72	59	-69	-63	78,2	57
65	46	-66	-61	88	90,5
60	38	-64	-56	67,2	76,5
72	49	-70	-59	78,3	78,9
59	26	-64	-54	68,5	95,3
61	50	-65	-60	79,6	76,4
76	27	-72	-54	78,6	65,8
69	33	-68	-61	63	88,2
67	26	-66	-53	74	71,8
58	57	-60	-59	58	75,6
79	45	-74	-60	67,9	67,9
56	29	-59	-57	94	78,8
63	37	-67	-64	89,6	95,4
73	25	-71	-52	88	79,6
54	48	-58	-57	79,4	58,6
62	36	-62	-61	67,8	70,4
60	47	-65	-64	89	68,6
58	40	-59	-57	96	91,5
70	51	-69	-63	89,4	75,6

Latencia (ms)		Intensidad de señal (dBm)		Calidad de conexión del cliente CCQ (%)	
IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 ^a	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 ^a	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11a
62		-66		56	
57		-64		73	
71		-73		71	
68		-69		68,9	
55		-65		88,5	
43		-64		73	
69		-70		57,9	
70		-72		53	
59		-63		74,8	

Realizado por: Mónica Freire, 2018

4.2 Elección de la prueba estadística

Para el análisis del rendimiento de la red de datos se han tomado datos de los indicadores: latencia, intensidad de señal y calidad de conexión del cliente CCQ en la última milla, es decir los clientes de la empresa Fastercom, los cuales van a determinar el rendimiento de la red. Para ello se realiza un proceso estadístico por cada indicador.

Se necesita determinar cuál es el método estadístico que más se ajuste a los datos obtenidos. En el caso de estudio se comparan dos tecnologías distintas, la IEEE 802.11 b y 802.11 a, en ambos casos se tomaron valores de los indicadores bajo las mismas condiciones para evitar sesgo. Además es un estudio transversal porque se están analizando las dos tecnologías en el mismo momento. Se están comparando dos grupos independientes y son variables paramétricas numéricas, es decir cuantitativas por lo cual se obtiene que la prueba para este caso es la t-student-Fisher como se observa en la tabla 5-4.

Tabla 5-4: Tabla para la elección de la prueba estadística

Factor de estudio	Variable de respuesta			
	Cualitativa nominal (dos categorías)	Cualitativa nominal (> 2 categorías)	Cualitativa ordinal	Cuantitativa*
Cualitativo (dos grupos)				
Independientes	Z de comparación de proporciones Ji al cuadrado Prueba exacta de Fisher	Ji al cuadrado	U de Mann-Whitney	t de Student-Fisher
Apareados	Prueba de McNemar	Q de Cochran	Prueba de los signos	t de Student-Fisher para datos apareados
	Prueba exacta de Fisher		Prueba de los rangos signados de Wilcoxon	
Cualitativo (más de dos grupos)				
Independientes	Ji al cuadrado	Ji al cuadrado	Prueba de Kruskal-Wallis	Análisis de la variancia
Apareados	Q de Cochran	Q de Cochran	Prueba de Friedman	Análisis de la variancia de dos vías
Cuantitativo	t de Student-Fisher	Análisis de la variancia	Correlación de Spearman Tau de Kendall	Correlación de Pearson Regresión lineal

Fuente: (España, 2013)

4.2.1 Determinación del valor alfa (α)

Para los cálculos de la prueba t-student es necesario conocer el nivel alfa, que es el porcentaje de error que se está dispuesto a correr, en el cálculo de la muestra se utilizó un valor del 5% por lo que para los cálculos de debe utilizar el mismo valor.

$$\text{Alfa} = \alpha = 5\% = 0,05$$

4.2.2 Software estadístico utilizado

El software escogido es IBM SPSS, un programa estadístico informático que ofrece IBM (International Business Machines Corporation). Es el acrónimo de Producto de Estadística y Solución de Servicio (SPSS), utilizado para realizar la captura y análisis de datos para crear tablas

y gráficas con data compleja. El SPSS es conocido por su capacidad de gestionar grandes volúmenes de datos y es capaz de llevar a cabo análisis de texto entre otros formatos más.

4.3 Prueba t-student para muestras independientes

La prueba t-student se la realiza en el software IBM SPSS. Una vez ingresados los valores obtenidos de cada variable se calcula el P-valor de la prueba T student para muestras independientes, el valor P es el nivel de significancia más pequeño que conduce al rechazo de la hipótesis nula H_0 . A continuación se realiza esta prueba para cada variable: latencia, intensidad de señal y calidad de conexión del cliente CCQ.

4.3.1 Prueba t-student para la variable “Latencia”

Para poder realizar la prueba t-student se debe primeramente corroborar la prueba de normalidad y la prueba de igualdad de varianzas.

4.3.1.1 Prueba de normalidad

Para poder aplicar la prueba t-student es necesario que los valores se comporten normalmente, es decir que los valores obtenidos cumplan con la distribución normal. Para ello se utiliza el siguiente criterio:

- P-valor $\geq \alpha$ Rechazar H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.
- P-valor $< \alpha$ No rechazar H_0 : Los datos no provienen de una distribución normal.

La comprobación de normalidad se realiza en el software estadístico SPSS. Después de ingresados los datos de las variables en la “vista de datos” se obtienen los resultados.

Tabla 6-4: Prueba de normalidad para el indicador "Latencia"

Pruebas de normalidad							
	Tecnología	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
LATENCIA (ms)	IEEE 802.11 b	,097	83	,054	,959	83	,010
	IEEE 802.11 a	,068	74	,200 [*]	,975	74	,143

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Se observa el nivel de significancia en la prueba de Kolmogorov-Smirnov debido a que es para muestras grandes (mayores a 30 individuos) que es el caso de este estudio. En la tabla 6-4 se observan los valores del nivel de significancia para poder compararlos con el nivel alfa como se observa a continuación:

$$P\text{-valor (IEEE 802.11 b)}=0,054 > \alpha = 0,05$$

$$P\text{-valor (IEEE 802.11 a)}=0,200 > \alpha = 0,05$$

Dado que P-valor es mayor que alfa se rechaza H_0 : Los datos provienen de una distribución normal. Es decir, la variable "latencia" en las dos tecnologías se comporta normalmente y se cumple una de las condiciones para realizar la prueba t-student.

4.3.1.2 Igualdad de varianzas

Otra condición para aplicar la prueba t-student es corroborar la igualdad de varianza entre los grupos. Si se cumple el criterio de que las varianzas son iguales además de haber cumplido con la prueba de normalidad, se puede proceder a realizar la prueba t-student para el análisis de hipótesis. Se utiliza el siguiente criterio:

- P-valor $\geq \alpha$; Rechazar H_0 : Las varianzas son iguales
- P-valor $< \alpha$ No rechazar H_0 : Existe diferencia significativa en las varianzas

Además de los valores ya ingresados, se requiere ingresar el valor del intervalo de confianza, debido a que el porcentaje de error (α) es del 5%, el intervalo de confianza será de 95%, ya que sumados son 100%.

Tabla 7-4: Prueba de igualdad de varianza para el indicador "Latencia"

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	
		F	Sig.
LATENCIA (ms)	Se han asumido varianzas iguales No se han asumido varianzas iguales	,026	,871

Realizado por: Mónica Freire, 2018

La igualdad de varianza se corrobora mediante la “Prueba de Levene para la igualdad de varianzas”, se observa el nivel de significancia, que en este caso es de 0,871

P-valor=0,871 > $\alpha=0.05$

- P-valor $\geq \alpha$; Rechazar H_0 : Las varianzas son iguales
- P-valor $< \alpha$ No rechazar H_0 : Existe diferencia significativa en las varianzas

Debido a que el nivel de significancia es mayor que alfa se rechaza H_0 , es decir: Las varianzas son iguales.

4.3.1.3 Resultados prueba t-student

Se utiliza el siguiente criterio para la decisión estadística:

Si P-valor $\leq \alpha$ se rechaza H_0

Si P-valor $< \alpha$ no se rechaza H_0

H_1 : Existe una diferencia significativa entre la media de los valores de latencia con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de latencia con la tecnología 802.11 a.

H_1 : $\mu_a \neq \mu_b$

H_0 : No existe una diferencia significativa entre la media de los valores de latencia con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de latencia con la tecnología 802.11 a.

H_0 : $\mu_a = \mu_b$

En el software IBM SPSS se analizan los resultados, se toma el valor de la significancia bilateral de la prueba t-student. Como se han asumido varianzas iguales se toma el valor correspondiente a tal característica a pesar de que en este caso son valores iguales pero es necesario aclararlo. El valor es de 0,00 como se aprecia en la tabla 8-4.

Tabla 8-4: Resultados prueba t-student para la variable "latencia"

Estadísticos de grupo					
	Tecnología	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
LATENCIA (ms)	IEEE 802.11 b	83	68,51	11,631	1,277
	IEEE 802.11 a	74	38,18	11,242	1,307

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
LATENCIA (ms)	Se han asumido varianzas iguales	,026	,871	16,569	155	,000	30,330	1,831	26,714	33,946
	No se han asumido varianzas iguales			16,601	153,974	,000	30,330	1,827	26,721	33,940

Realizado por: Mónica Freire, 2018

P-valor=0,00 \leq α =0.05

Debido a que P-valor es menor que alfa se rechaza H_0 , es decir, H_1 : Existe una diferencia significativa entre la media de los valores de latencia con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de latencia con la tecnología 802.11 a. En el gráfico 1-4 se puede apreciar

descriptivamente la diferencia entre las medias de ambas tecnologías. La media para la tecnología IEEE 802.11 b es de 68,51 ms y 38,18 ms para la tecnología IEEE 802.11 a, estos valores exactos fueron tomados de la tabla 8-4.

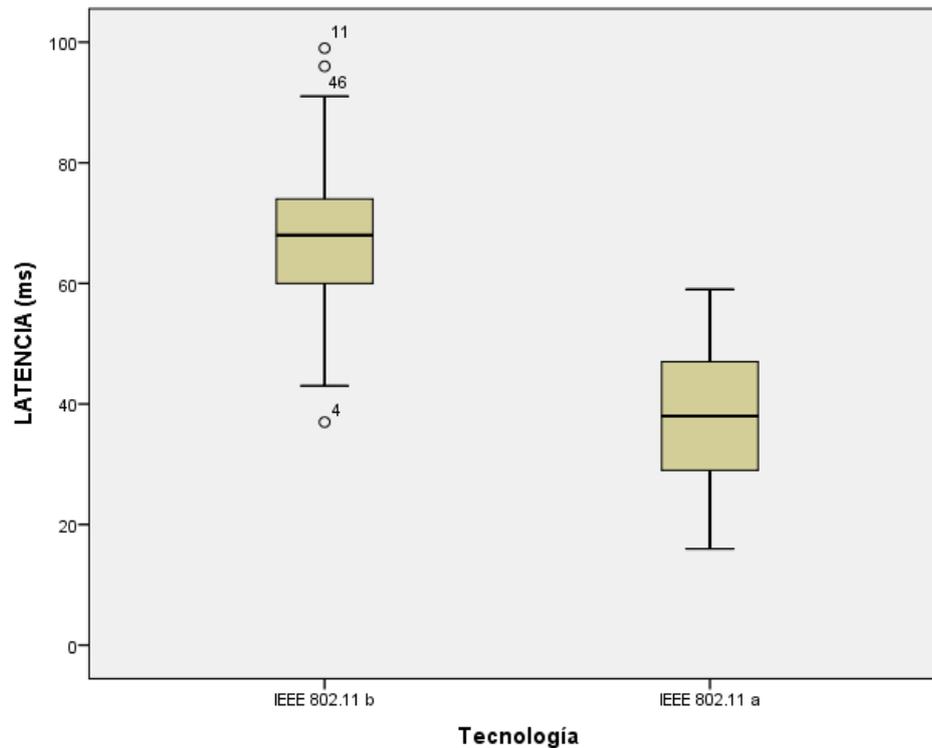


Gráfico 1-4: Medias de los valores de latencia de las tecnologías IEEE802.11 a y 802.11 b

Realizado por: Mónica Freire, 2018

4.3.1.4 Decisión estadística

Después de realizada la prueba t-student para la variable “latencia” se concluye que existe una diferencia significativa entre la media de los valores de latencia con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de latencia con la tecnología 802.11 a. Esto quiere decir que a más de observar que la media de los valores con tecnología IEEE 802.11 a es menor, la prueba t-student indica que es significativamente menor, lo que indica que se puede asegurar que en cuanto a la variable latencia, la tecnología IEEE 802.11 a tiene una gran ventaja frente a la IEEE 802.11 b, ya que los valores obtenidos son menores, y si recordamos el concepto de latencia expuesto en el capítulo 2 se sabe que mientras menor es el tiempo de retardo de transmisión de paquetes es mejor para la red.

4.3.2 Prueba t-student para la variable “Intensidad de señal”

Del mismo modo que para la variable latencia, se debe corroborar las pruebas de normalidad e igualdad de varianzas.

4.3.2.1 Determinación de normalidad

La comprobación de normalidad se realiza en el software estadístico SPSS. Después de ingresados los datos de las variables en la “vista de datos” se obtienen los resultados para la prueba de normalidad.

Tabla 9-4: Prueba de normalidad para el indicador "Intensidad de señal"

Pruebas de normalidad							
	Tecnología	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
INTENSIDAD DE SEÑAL (dBm)	IEEE 802.11 b	,089	83	,157	,980	83	,208
	IEEE 802.11 a	,077	74	,200*	,985	74	,556

Realizado por: Mónica Freire, 2018

De igual manera que en la variable “latencia” se observa el nivel de significancia en la prueba de Kolmogorov-Smirnov en la tabla 9-4 para poder compararlos con el nivel alfa como se observa a continuación:

$$P\text{-valor (IEEE 802.11 b)}=0,157 > \alpha = 0,05$$

$$P\text{-valor (IEEE 802.11 a)}=0,200 > \alpha = 0,05$$

Dado que P-valor es mayor que alfa se rechaza H_0 , es decir: Los datos provienen de una distribución normal. Es decir, la variable “intensidad de señal” en las dos tecnologías se comporta normalmente y se cumple una de las condiciones para realizar la prueba t-student.

4.3.2.2 Igualdad de varianzas

Para determinar la igualdad de varianzas para la variable o indicador “Intensidad de señal” también se ingresa el valor del intervalo de confianza, debido a que el porcentaje de error (α) es del 5%, el intervalo de confianza será de 95%, ya que sumados son 100%, es decir se trabaja con los mismos valores en todos los indicadores para tener un análisis estadístico imparcial.

Tabla 10-4: Prueba de igualdad de varianza para el indicador "Intensidad de señal"

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	
		F	Sig.
INTENSIDAD DE SEÑAL (dBm)	Se han asumido varianzas iguales No se han asumido varianzas iguales	,001	,969

Realizado por: Mónica Freire, 2018

La igualdad de varianza se corrobora mediante la “Prueba de Levene para la igualdad de varianzas”, se observa el nivel de significancia, que en este caso es de 0,969

$$P\text{-valor}=0,969 > \alpha=0.05$$

- $P\text{-valor} \geq \alpha$; Rechazar H_0 : Las varianzas son iguales
- $P\text{-valor} < \alpha$ No rechazar H_0 : Existe diferencia significativa en las varianzas

Debido a que el nivel de significancia es mayor que alfa se rechaza H_0 , es decir: Las varianzas son iguales. Con esta corroboración si se puede realizar la prueba t-student.

4.3.2.3 Resultados prueba t-student

Se utiliza el siguiente criterio para la decisión estadística:

Si $P\text{-valor} \leq \alpha$ se rechaza H_0

Si $P\text{-valor} < \alpha$ no se rechaza H_0

H₁: Existe una diferencia significativa entre la media de los valores de intensidad de señal con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de intensidad de señal con la tecnología 802.11 a.

$$H_1: \mu_a \neq \mu_b$$

H₀: No existe una diferencia significativa entre la media de los valores de intensidad de señal con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de intensidad de señal con la tecnología 802.11 a.

$$H_0: \mu_a = \mu_b$$

En el software IBM SPSS se analizan los resultados de igual manera que se realizó al analizar la variable latencia, se toma el valor de la significancia bilateral de la prueba t-student. Se toma el valor correspondiente a “se han asumido varianzas iguales”. El valor es de 0,00 como se aprecia en la tabla 11-4.

$$P\text{-valor}=0,00 \leq \alpha=0.05$$

Debido a que P-valor es menor que alfa se rechaza H₀: Existe una diferencia significativa entre la media de los valores de intensidad de señal con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de intensidad de señal con la tecnología 802.11 a. En el gráfico 2-4 se puede apreciar la diferencia entre las medias de intensidad de señal para las dos tecnologías. La media para la tecnología IEEE 802.11 b es de -66,89 dBm y para la 802.11 a es de -59,36 dBm, estos valores exactos fueron tomados de la tabla 11-4.

Tabla 11-4: Resultados prueba t-student para la variable "intensidad de señal"

Estadísticos de grupo

	Tecnología	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
INTENSIDAD DE SEÑAL (dBm)	IEEE 802.11 b	83	66,89	4,534	,498
	IEEE 802.11 a	74	59,36	4,544	,528

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
INTENSIDAD DE SEÑAL (dBm)	Se han asumido varianzas iguales	,001	,969	-10,372	155	,000	-7,527	,726	8,960	-6,093
	No se han asumido varianzas iguales			-10,371	152,884	,000	-7,527	,726	8,961	-6,093

Realizado por: Mónica Freire, 2018

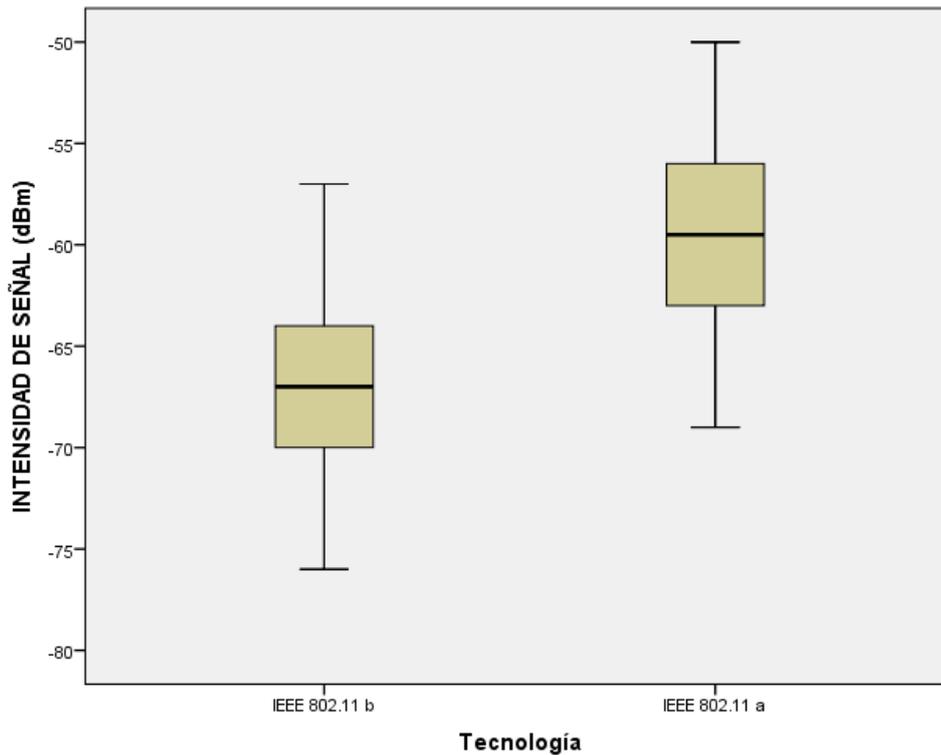


Gráfico 2-4: Gráfica de las medias de los valores de intensidad de señal de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b

Realizado por: Mónica Freire, 2018

4.3.2.4 Decisión estadística

Después de realizada la prueba t-student para la variable “intensidad de señal” se concluye que si existe una diferencia significativa entre la media de los valores de intensidad con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de intensidad con la tecnología 802.11 a. Esto quiere decir que a más de observar que la media de la tecnología IEEE 802.11 a es mayor, la prueba t-student indica que es significativamente mayor, por lo que se puede asegurar que en cuanto a la variable intensidad de señal, la tecnología IEEE 802.11 a tiene una gran ventaja frente a la IEEE 802.11 b, ya que los valores obtenidos son mayores, en este caso se tiene una media de -59,36 dBm para la tecnología IEEE 802.11 a frente a -66,89 dBm para IEEE 802.11 b. Si recordamos el concepto de intensidad de señal expuesto en el capítulo 2 recordamos que si el valor de la señal es alto, se tendrá un mejor servicio.

4.3.3 Prueba t-student para la variable “Calidad de conexión del cliente CCQ”

Del mismo modo que para las variables anteriores, se debe corroborar las pruebas de normalidad e igualdad de varianzas para proceder con la prueba t-student.

4.3.3.1 Determinación de normalidad

La comprobación de normalidad se realiza en el software estadístico SPSS, en el cual se ingresaron los datos de las variables en la “vista de datos” y se obtuvieron los resultados para la prueba de normalidad.

Tabla 12-4: Prueba de normalidad para el indicador "Calidad de conexión del cliente CCQ"

Pruebas de normalidad							
	Tecnología	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CALIDAD DE CONEXIÓN DEL CLIENTE (%)	IEEE 802.11 b	,095	83	,063	,975	83	,105
	IEEE 802.11 a	,102	74	,053	,954	74	,009

Realizado por: Mónica Freire, 2018

Se observa el nivel de significancia en la prueba de Kolmogorov-Smirnov en la tabla 12-4 para poder compararlos con el nivel alfa como se observa a continuación:

$$P\text{-valor (IEEE 802.11 b)}=0,063 > \alpha = 0,05$$

$$P\text{-valor (IEEE 802.11 a)}=0,053 > \alpha = 0,05$$

Dado que P-valor es mayor que alfa se rechaza H_0 : Los datos provienen de una distribución normal. Es decir, la variable “calidad de conexión del cliente CCQ” en las dos tecnologías se comporta normalmente y se cumple una de las condiciones para realizar la prueba t-student.

4.3.3.2 Igualdad de varianzas

Para determinar la igualdad de varianzas para la variable o indicador “Calidad de conexión del cliente CCQ” también se ingresa el valor del intervalo de confianza que es 95%, se trabaja con los mismos valores en todos los indicadores.

Tabla 13-4: Prueba de igualdad de varianzas para el indicador "Calidad de conexión del cliente CCQ"

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	
		F	Sig.
CALIDAD DE CONEXIÓN DEL CLIENTE (%)	Se han asumido varianzas iguales	,001	,981
	No se han asumido varianzas iguales		

Realizado por: Mónica Freire, 2018

La igualdad de varianzas se corrobora mediante la prueba de Levene para la igualdad de varianzas que se la realiza en SPSS, se observa el nivel de significancia, que en este caso es de 0,981.

P-valor=0,981 > $\alpha=0.05$

- P-valor $\geq \alpha$; Rechazar H_0 : Las varianzas son iguales
- P-valor $< \alpha$ No rechazar H_0 : Existe diferencia significativa en las varianzas

Debido a que el nivel de significancia es mayor que alfa se rechaza H_0 , es decir: Las varianzas son iguales. Con esta corroboración se puede realizar la prueba t-student.

4.3.3.3 Resultados prueba t-student

Se utiliza el siguiente criterio para la decisión estadística:

Si P-valor $\leq \alpha$ se rechaza H_0

Si P-valor $< \alpha$ no se rechaza H_0

H₁: Existe una diferencia significativa entre la media de los valores de calidad de conexión del cliente CCQ con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de calidad de conexión del cliente CCQ con la tecnología 802.11 a.

$$H_1: \mu_a \neq \mu_b$$

H₀: No existe una diferencia significativa entre la media de los valores de calidad de conexión del cliente CCQ con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de calidad de conexión del cliente CCQ con la tecnología 802.11 a.

$$H_0: \mu_a = \mu_b$$

Una vez ingresados los valores de la muestra en el software IBM SPSS se analizan los resultados, se toma el valor de la significancia bilateral de la prueba t-student. Se toma el valor correspondiente a “se han asumido varianzas iguales”. El valor es de 0,00 como se aprecia en la tabla 14-4.

$$P\text{-valor}=0,02 \leq \alpha=0.05$$

Debido a que P-valor es menor que alfa se rechaza H₀: Existe una diferencia significativa entre la media de los valores de calidad de conexión del cliente CCQ con la tecnología 802.11 b y la media de los valores de calidad de conexión del cliente CCQ con la tecnología 802.11 a. En el gráfico 3-4 se aprecia la diferencia entre las medias de calidad de conexión del cliente para ambas tecnologías y en la tabla 14-4 las medias, para la tecnología IEEE 802.11 b es se tiene 73,814 % y para la tecnología IEEE 802.11 a un 79,651%.

Tabla 14-4: Resultados prueba t-student para la variable "Calidad de conexión del cliente CCQ"

Estadísticos de grupo

	Tecnología	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
CALIDAD DE CONEXIÓN DEL CLIENTE (%)	IEEE 802.11 b	83	73,814	11,5695	1,2699
	IEEE 802.11 a	74	79,651	11,7369	1,3644

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
CALIDAD DE CONEXIÓN DEL CLIENTE (%)	Se han asumido varianzas iguales	,001	,981	-3,134	155	,002	-5,8369	1,8624	9,5158	-2,1580
	No se han asumido varianzas iguales			-3,132	152,427	,002	-5,8369	1,8639	9,5194	-2,1544

Realizado por: Mónica Freire, 2018

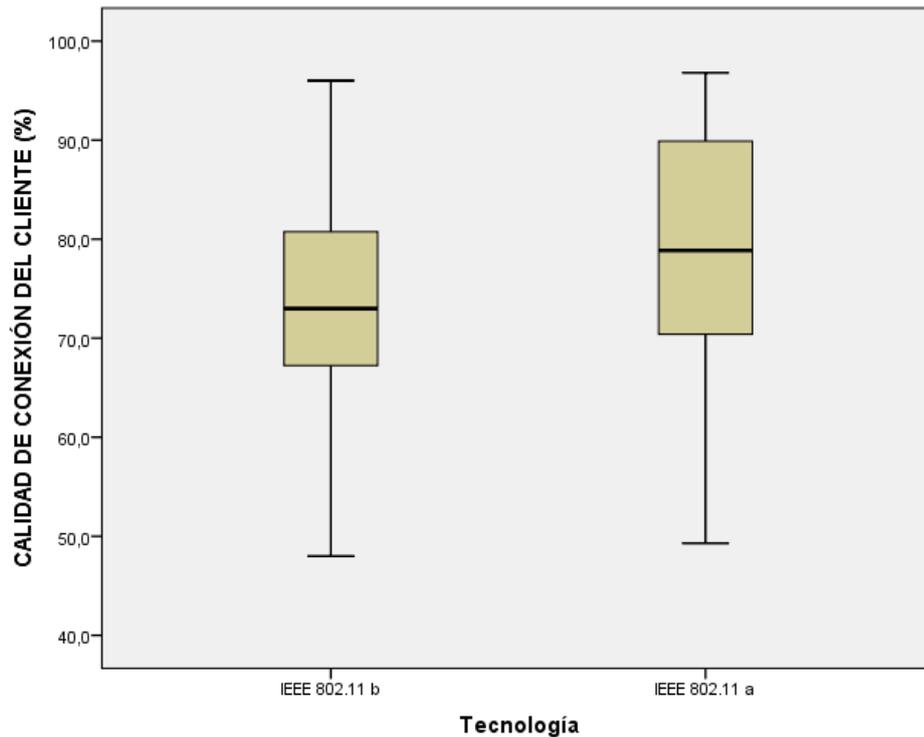


Gráfico 3-4: Gráfica de las medias de los valores de calidad de conexión del cliente CCQ de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b

Realizado por: Mónica Freire, 2018

4.3.3.4 Decisión estadística

Después de realizada la prueba t-student para la variable “calidad de conexión del cliente CCQ” se concluye que si existe una diferencia significativa entre la media de los valores de CCQ con IEEE 802.11 b y la media de los valores de CCQ con IEEE 802.11 a. La prueba t-student indica que es significativamente mayor, por lo que se puede asegurar que en cuanto a la variable calidad de conexión del cliente CCQ la tecnología IEEE 802.11 a tiene una gran ventaja frente a la IEEE 802.11 b. El concepto de calidad de conexión del cliente CCQ expuesto en el capítulo 2 nos indica que en cuanto más se acerque a 100% el enlace es mejor.

Se han realizado las pruebas estadísticas de las variables: latencia, intensidad de señal y CCQ (Calidad de conexión del cliente) en la última milla, es decir en las antenas cliente, obteniendo como resultado que de los tres indicadores analizados, los tres son en ventaja de la tecnología IEEE 802.11 a.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

La propuesta que se realiza a la empresa Fastercom se plasma en este capítulo, se propone implementar los equipos con tecnología IEEE 802.11 a en lugar de los equipos que trabajan con IEEE 802.11 b. Los datos obtenidos teóricamente, en simulaciones y en los escenarios de prueba de esta investigación impulsaron a la implementación inicial de la tecnología IEEE 802.11 a en la empresa, desde ahí progresivamente se la ha estado implementando, gracias a ello se logró realizar el estudio estadístico en la última milla, la inversión de tiempo es necesaria, por lo que la propuesta de tener migrada la red al 100% es hacia un futuro. Los reemplazos de los equipos se realizan en el nodo principal, nodo Llatantoma, nodo Lacón y en los equipos de última milla.

5.1 Establecimiento de los reemplazos de los equipos en el nodo principal

La propuesta de migración para los equipos del nodo principal se plasma en la tabla 1-5, los reemplazos se los realiza en el punto a punto tanto con el nodo Llatantoma como Lacón, además un switch con mejores prestaciones que el anterior.

Tabla 1-5: Reemplazos de los equipos en el nodo principal

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	EQUIPO ANTERIOR	REEMPLAZO
1	AP (Punto de acceso) del PTP (punto a punto) al nodo Llatantoma	AirGridM2 HP	Rocket M5 500 mW 5.8 GHz MIMO con Dish de 30 dBi
1	AP (Punto de acceso) del PTP (punto a punto) al nodo Lacón	Nano Station M2	Dina Dish 5GHz
1	Switch	10/100 Fast Ethernet Switch 8 puertos	Switch Gigabit 16 puertos 10/100/1000 Mbps

5.2 Establecimiento de los reemplazos de los equipos en el nodo Llatantoma

Así como se realizan migraciones en el nodo principal es necesario realizar los respectivos reemplazos en los nodos. La propuesta de migración para el nodo Llatantoma es la que se muestra en la tabla 2-5. La migración se realiza en el punto a punto hacia el nodo principal, el AP (punto de acceso) punto-multipunto para acceso de antenas cliente, en este caso son dos, para tener más cobertura y opciones de dos tipos de antenas, también el switch con más prestaciones que su predecesor.

Tabla 2-5: Reemplazos de los equipos en el nodo Llatantoma

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	EQUIPO ANTERIOR	REEMPLAZO
1	Estación del PTP (punto a punto) al Nodo principal	Air Grid M2 HP	Rocket M5 500 mW 5.8 GHz MIMO con Dish de 30 dBi
1	AP multipunto para marca 1		Rocket M5 500 mW 5.8 GHz MIMO con sectorial de 90°
1	AP multipunto para marca 2		BaseBox y sectorial de 90°
1	Switch	10/100 Fast Ethernet Switch 8 puertos	Switch Gigabit 16 puertos 10/100/1000 Mbps

Realizado por: Mónica Freire, 2018

5.3 Establecimiento de los reemplazos de los equipos en el nodo Lacón

Los reemplazos para la migración en el nodo Lacón se muestran en la tabla 3-5, se migra el punto a punto hacia el nodo principal, los APs (puntos de acceso) para antenas cliente y el switch, de la misma manera que en el nodo Llatantoma.

Tabla 3-5: Reemplazos de los equipos en el nodo Lacón

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	EQUIPO ANTERIOR	REEMPLAZO
1	Estación del PTP (punto a punto) al Nodo principal	Nano Station M2	Dina Dish 5GHz
1	1 AP multipunto para marca		Rocket M5 500 mW 5.8 GHz MIMO con sectorial de 90°
1	2 AP multipunto para marca		BaseBox y sectorial de 90°
1	Switch	10/100 Fast Ethernet Switch 8 puertos	Switch Gigabit 16 puertos 10/100/1000 Mbps

Realizado por: Mónica Freire, 2018

5.4 Establecimiento de los reemplazos de los equipos de última milla

Para finalizar con la propuesta de migración, se exponen los cambios pertinentes para la última milla, es decir para las antenas cliente. Al finalizar esta investigación la empresa Fastercom ya se encuentra trabajando con las dos tecnologías, y la propuesta que se realiza es que se migre por completo a la tecnología IEEE 802.11 a. En la tabla 4-5 se observan los tipos de antena cliente: NanoStation M2 para IEEE 802.11 b y Nanobeam y SXT Lite para IEEE 801.11 a, se tienen dos tipos de antena para 802.11 a porque en los nodos se está trabajando con dos tipos de AP (punto de acceso) para tener más cobertura y opciones de marca y precios.

Tabla 4-5: Reemplazos de los equipos de última milla

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	EQUIPO ANTERIOR	REEMPLAZO
1	Antena cliente	NanoStation M2	Nanobeam M5 19
1	Antena cliente	NanoStation M2	SXT Lite

Realizado por: Mónica Freire, 2018

CONCLUSIONES

- Después del análisis comparativo teórico entre las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b, de los 12 indicadores investigados, 11 fueron a favor de la tecnología IEEE 802.11 a y 7 de la 802.11 b, es decir se tiene un 91,7% frente a un 58,3%.
- Las simulaciones realizadas de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b ayudaron a tener claro el panorama para la implementación de las mismas en los enlaces: Nodo principal-Lacón y Nodo principal-Llatantoma.
- Mediante la implementación de los escenarios de prueba de las tecnologías IEEE 802.11 a y 802.11 b en la red de datos del Proveedor de Internet Fastercom se obtuvieron resultados favorables para la tecnología IEEE 802.11 a, los cuales fueron plasmados en tablas.
- La aplicación de la herramienta t-student ayudó a valorar resultados de los datos obtenidos en la última milla de la empresa, teniendo como resultado que de los 3 indicadores analizados, todos fueron a favor de la tecnología IEEE 802.11 a.
- Después de todos estos análisis finalizando con el estadístico, la tecnología IEEE 802.11 a tiene ventaja frente a la 802.11 b tanto en comparativa teórica como experimental, por lo que se propone a la empresa FASTERCOM realizar la migración a la tecnología IEEE 802.11 a en su red de datos para tener un mejor rendimiento de la misma.

RECOMENDACIONES

- Para tener resultados fehacientes en un análisis comparativo teórico es recomendable buscar fuentes confiables en la investigación, de este modo se evita inferencias equívocas.
- Es recomendable utilizar al menos dos simuladores antes de realizar cualquier tipo de implementación, de esta manera se pueden corroborar resultados previos antes de constatarlos con la implementación.
- Para tener resultados claros en una implementación con aplicación de tecnologías, se recomienda tener un registro de todo lo realizado para poder constatar ventajas y desventajas de las mismas.
- Se recomienda la aplicación de la herramienta estadística t-student para muestras independientes para cualquier estudio comparativo, ya que aporta con un análisis estadístico profundo, además utilizar el software SPSS para mayor facilidad.
- Para migrar a la tecnología IEEE 802.11 a se requieren equipos que soporten la misma, por ello se recomienda realizar los reemplazos de los equipos en los nodos y última milla con equipos compatibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Anrrango, R.** (Octubre de 2017). *Configurar Mikrotik Wireless*. Obtenido de <http://configurarmikrotikwireless.com/blog/configurar-mikrotik-wireless-nstreme.html>
- Arranz, J.** (2007). *Internet y su historia*. Recuperado el octubre de 2016
- Camana Acosta, M. R.** (2016). Estudio comparativo de calidad de servicio utilizando simulación en una WLAN con el estándar IEEE 802.11e para tráfico de voz, video y datos. Quito, Ecuador.
- Chamorro, L.** (diciembre de 2008). *Redes inalámbricas para el desarrollo en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.apc.org/es/pubs/redes-inal%C3%A1mbricas-para-el-desarrollo-en-am%C3%A9rica-latina-y-el-caribe>
- Cruz, M. M.** (2011). *Handbook of research on mobility and computing*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=qWjIQm8iYJgC&pg=PA440&lpg=PA440&dq=jitter+en+ieee+802.11a&source=bl&ots=jY4fucD9Z2&sig=nyx5JLOAXhdMnezAx5KtGy4NAkY&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipwN3kz97VAhXH7SYKHWDDQgQ6AEIMDAB#v=onepage&q=jitter%20en%20ieee%20802.11a&f=false>
- Diario de Planificación y Diseño de Redes y Servicios.* (2012). Obtenido de <https://diarioredesyservicios.wordpress.com/2012/01/11/conceptos-basicos-sobre-planificacion-de-redes/>
- Ecured.** (2016). *Ecured*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Est%C3%A1ndar_inal%C3%A1mbrico_802.11b
- España, E.** (2013). *Elección de la prueba estadística*. Obtenido de <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/sp/wp-content/uploads/2013/12/Anexo-6A.-Armigon-A.-Amexo-9.-Eleccion-de-la-Prueba-Estadistica.pdf>
- Fennell, Z.** (2014). Comunicaciones de datos. 2.
- Fernandez Fassnacht, E.** (2016). *Polilibros*. Obtenido de http://148.204.211.134/polilibros/portal/polilibros/P_Terminados/AdmonInfor_I/CAI/UNIDAD%20VI/PUNTO6.4.HTML
- Gallardo Moreno, J. P.** (06 de Junio de 2006). *Estudio de un sistema OFDM-CDMA*. Obtenido de

http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11244/fichero/Volumen+1%252F5_MODULACION_OFDM.pdf

Garduño, H. (5 de mayo de 2012). Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de <http://ya-interconectividad-de-redes.blogspot.com/>

Globales, R. I. (s.f.). *Redes locales y globales*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/redeslocalesyglobales/2-aspectos-fisicos/1-principios-de-la-comunicacion/3-transmision-de-datos/4-capacidad-del-canal-de-transmision>

González, M. S. (2016). *Redes Telemáticas*. Obtenido de <http://redestelematicas.com/cual-es-la-velocidad-real-de-las-conexiones-wi-fi-ieee-802-11g/>

Hernández Rioja, I. (s.f.). *Modulación QAM*. Obtenido de <http://aholab.ehu.es/users/inma/psc/tema3.pdf>

IEEE. (1 de diciembre de 2015). *IEEE 802.11n Approval*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#Canales_y_frecuencias

Kilamo. (junio de 2011). Obtenido de <http://kilamo.blogspot.com/2011/06/que-es-la-ccq-y-como-se-determinan-los.html>

Kurose, J. (2013). *Computer Networking: a top down approach*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Carrier_sense_multiple_access

Leiner, B. M. (2016). *Internet Society*. Obtenido de <https://www.internetsociety.org/es/breve-historia-de-internet>

Martínez, E. (2015). *Eveliux.com*. Recuperado el 12 de 2016, de <http://www.eveliux.com/mx/Diseno-de-una-red.html>

Morillas, A. (2015). *Muestreo en poblaciones finitas*. Obtenido de <http://webpersonal.uma.es/~morillas/muestreo.pdf>

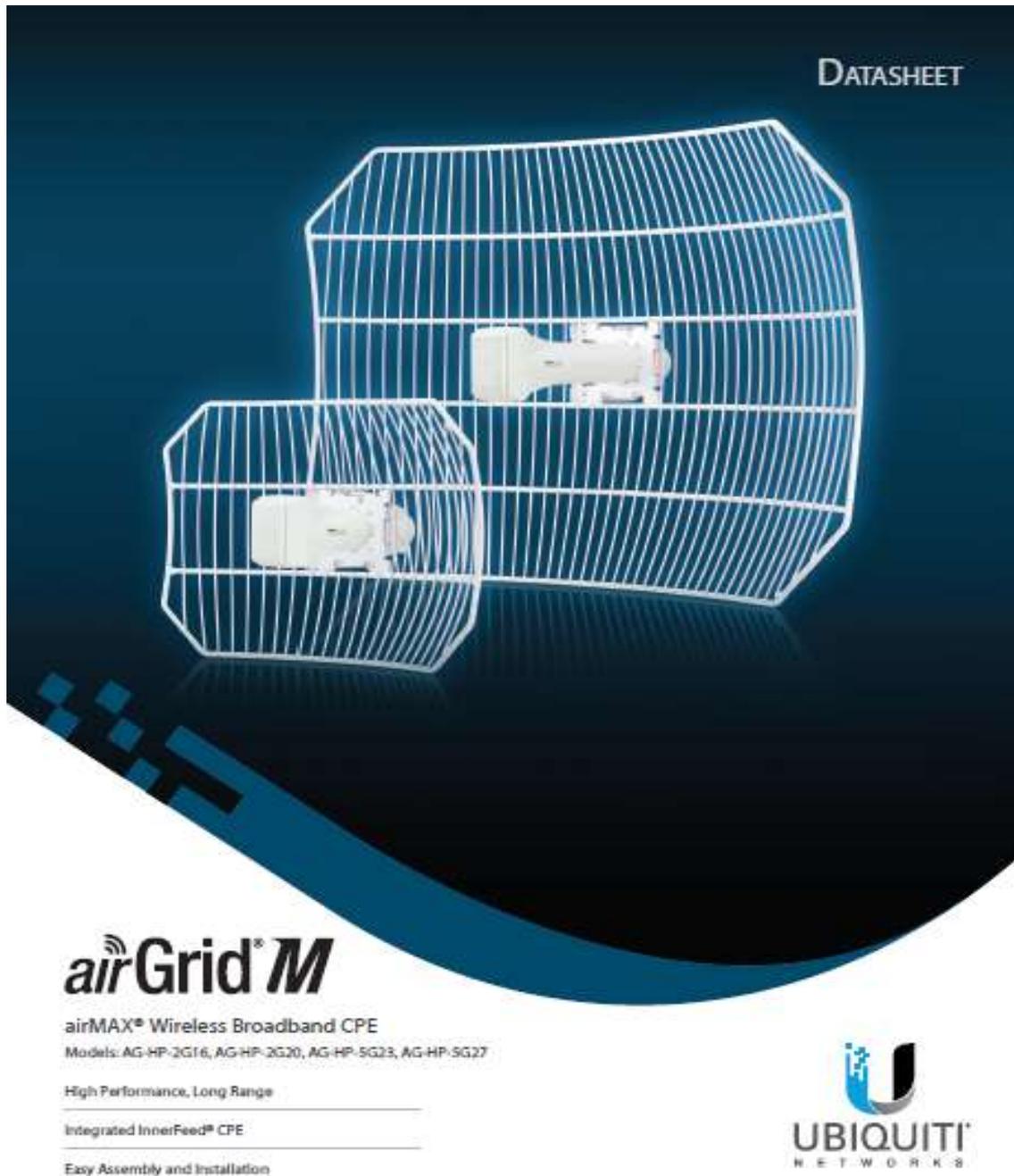
Ortiz Puga, D. A. (2015). Análisis comparativo del desempeño de estándar IEEE 802.11ac respecto al IEEE 802.11n a través de simulación numérica apoyada por software. Quito, Ecuador.

Pacheco, J., Veiga, H., Marques, N., Ribeiro, C., & Reis, A. (2011). *Comparative Performance Evaluation of Wi-Fi IEEE 802.11 b, g WEP Point-to-Point Links*. Obtenido de http://www.iaeng.org/publication/WCE2011/WCE2011_pp1745-1750.pdf

- Perez, J.** (2008). Recuperado el octubre de 2016, de Redes:
<http://publicaciones.ua.es/publica/ficha.aspx?fndCod=LI9788479086640>
- Pickers, S.** (2015). *psyma*. Obtenido de
<http://www.psyma.com/de/unternehmen/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>
- Poveda, J.** (2017). Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/5646582/>
- Redes locales y globales.** (s.f.). *Redes locales y globales*. Obtenido de
<https://sites.google.com/site/redeslocalesyglobales/2-aspectos-fisicos/1-principios-de-la-comunicacion/3-transmision-de-datos/4-capacidad-del-canal-de-transmision>
- Rodríguez, C.** (6 de 12 de 2010). *Distrogeek*. Obtenido de
<http://www.distrogeek.com/2010/12/historia-del-internet-en-ecuador/>
- Sánchez Canales, A.** (3 de mayo de 2017). *PANDORAFMS*. Obtenido de
<https://blog.pandorafms.org/es/perdida-de-paquetes/>
- Santos Gonzáles, M.** (2013). *redestelemáticas.com*. Obtenido de <http://redestelematicas.com/la-ultima-milla/>
- TP-LINK.** (s.f.). *TP-LINK.EC*. Obtenido de <http://www.tp-link.ec/FAQ-499.html>
- Valdivieso Taborga, C.** (2011). *Determinación del Tamaño Muestral mediante el uso de Árboles de Decisión*. Obtenido de <ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/iad/wpaper/0311.pdf>
- Vargas, C.** (24 de 03 de 2014). *Informática*.
- Vera Quintana, C.** (2008). <https://es.slideshare.net/cveraq/historia-internet-ecuador>.
- Vialfa, C.** (21 de 10 de 2016). *CCM*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/793-seguridad-de-red-inalambrica-wi-fi-802-11o-wifi>

ANEXOS

Anexo A: Datasheet airGrid M HP. Tipo de antena utilizada tanto para el AP como para la estación del enlace Nodo principal-Llatantoma con IEEE 802.11 b.



airGrid[®] M

airMAX[®] Wireless Broadband CPE
Models: AG-HP-2G16, AG-HP-2G20, AG-HP-5G23, AG-HP-5G27

High Performance, Long Range

Integrated InnerFeed[®] CPE

Easy Assembly and Installation

UBIQUITI
NETWORKS

airGrid M

Utilizing InnerFeed technology, the new airGrid M HP Series from Ubiquiti Networks represents the latest evolution of outdoor wireless broadband devices. The revolutionary InnerFeed technology integrates the entire radio system into the feedhorn of the antenna, airGrid M combines Ubiquiti's InnerFeed and airMAX® (TDMA protocol) technologies to create a simple, yet extremely powerful and robust wireless CPE (Customer Premises Equipment).

Complete antenna and radio system integration provides affordable cost/performance solutions to the wireless broadband industry. airGrid M operates in the worldwide, license-free frequency range of either 2 GHz or 5 GHz, and features breakthrough performance of up to 100+ Mbps in real outdoor throughput and incredible range of up to 30+ km.

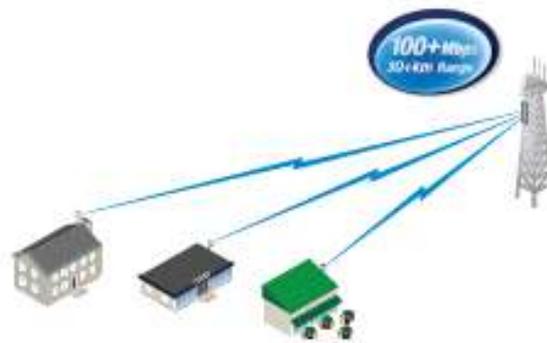
The low-cost, high-performance, robust "all-in-one" design and light weight of airGrid M make it versatile and ideal in several different applications.

Integrated airMAX Technology

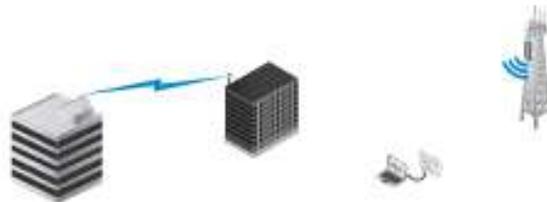
Unlike standard Wi-Fi protocol, the exclusive Ubiquiti Networks® airMAX Time Division Multiple Access (TDMA) protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots managed by an intelligent AP controller. This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency.

Compared to other systems in its class, the airGrid M delivers superior performance in reduced latency, throughput, and scalability.

- **Intelligent QoS** Priority is given to voice/video for seamless access.
- **Scalability** High capacity and scalability.
- **Long Distance** Capable of high-speed, 30+ km links.



airGrid M as a cost-effective CPE in an airMAX Point-to-Multi-Point network.

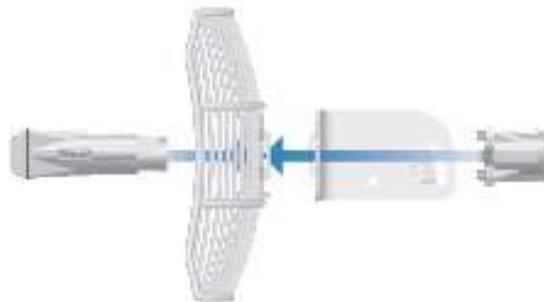


Use an airGrid M on each side of a Point-to-Point link to create a reliable connection.

airGrid M as a powerful wireless client.

Easy, No-Tool Assembly

With its updated mechanical design, assembling and disassembling the airGrid M is literally a snap. No tools are required.



You simply snap the feed, antenna, mounting bracket and rear housing together for a secure, solid assembly.

Models

airGrid M2 HP

Model: AG-HP-2G16

- 2412 - 2462 MHz
- 16 dBi
- Antenna Size: 370 x 270 mm



Front View



Side View

airGrid M2 HP

Model: AG-HP-2G20

- 2412 - 2462 MHz
- 20 dBi
- Antenna Size: 620 x 460 mm



Front View



Side View

Models

airGrid M5 HP

Model: AG-HP-5G23

- Worldwide: 5170 – 5875 MHz
- India: 5825 – 5875 MHz
- USA: 5725 – 5850 MHz
- 23 dBi
- Antenna Size: 370 x 270 mm



Front View



Side View

airGrid M5 HP

Model: AG-HP-5G27

- Worldwide: 5170 – 5875 MHz
- India: 5825 – 5875 MHz
- USA: 5725 – 5850 MHz
- 27 dBi
- Antenna Size: 620 x 460 mm



Front View



Side View

Specifications

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz
Memory Information	64 MB DDR2, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory / Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	Yes

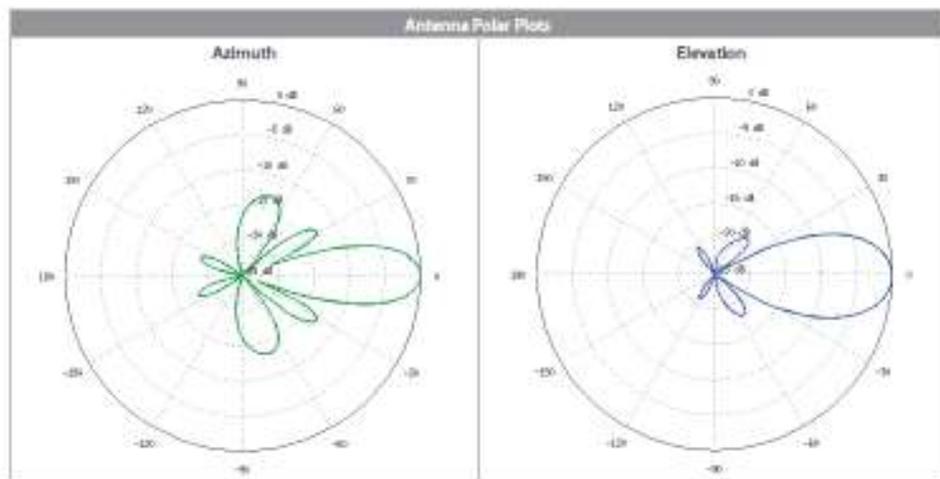
Physical / Electrical / Environmental	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit (Included)
Max. Power Consumption	3W
Power Supply	24V, 0.5A PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Temperature	-30 to 75° C (-23 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4
ETSI Specification	EN 302 326 DN2



Specifications

AG-HP-3G16	
Dimensions (Mount Included)	370 x 270 x 270 mm (14.57 x 10.63 x 10.63")
Weight (Mount Included)	1478 g (3.258 lb)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	58 N @ 200 km/h (13 lbf @ 125 mph)
Operating Frequency	2412 - 2462 MHz
Max. VSWR	1.5:1
Gain	16 dBi

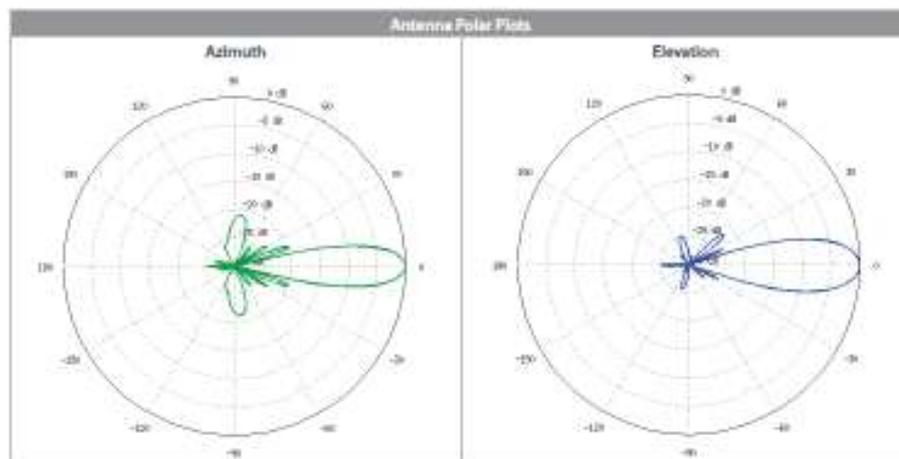
AG-HP-3G16 Output Power: 28 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11G	1 - 24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	11G	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n / airtMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	11n / airtMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB



Specifications

AG-HP-2G20	
Dimensions (Mount Included)	620 x 460 x 390 mm (24.41 x 18.11 x 15.35")
Weight (Mount Included)	2603 g (5.739 lb)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	102 N @ 200 km/h (23 lbf @ 125 mph)
Operating Frequency	2412 - 2462 MHz
Max. VSWR	1.5:1
Gain	20 dBi

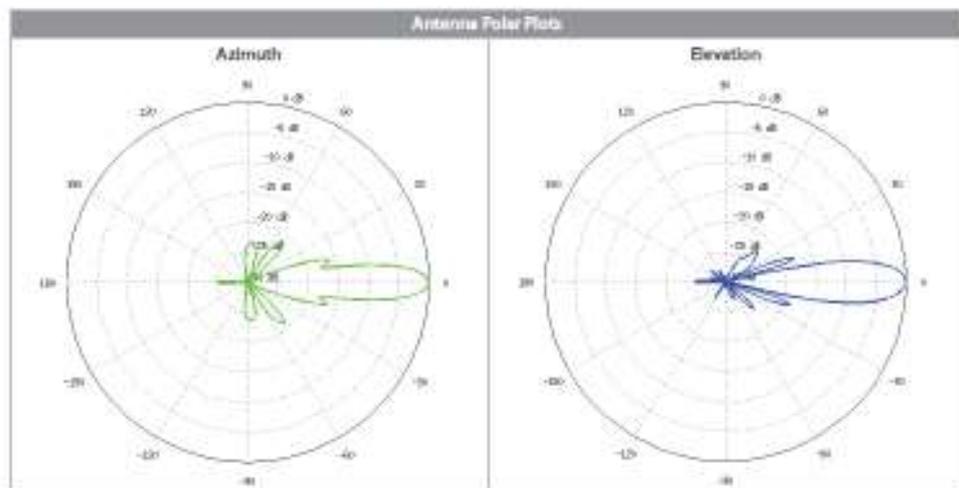
AG-HP-2G20 Output Power: 28 dBm						
TX Power Specifications				RX Power Specifications		
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity
11g	1 - 24 Mbps	38 dBm	± 2 dB	11g	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm
11n / airtMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	11n / airtMAX	MCS0	-96 dBm
	MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm
	MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm
	MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm
	MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm
	MCS7	22 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm



Specifications

AG-HP-SG23	
Dimensions (Mount Included)	370 x 270 x 260 mm (14.57 x 10.63 x 10.24")
Weight (Mount Included)	1452 g (3.201 lb)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	58 N @ 200 km/h (13 lbf @ 125 mph)
Operating Frequency	Worldwide: 5170 – 5875 MHz USA: 5725 – 5850 MHz
Max. VSWR	1.5:1
Gain	23 dBi

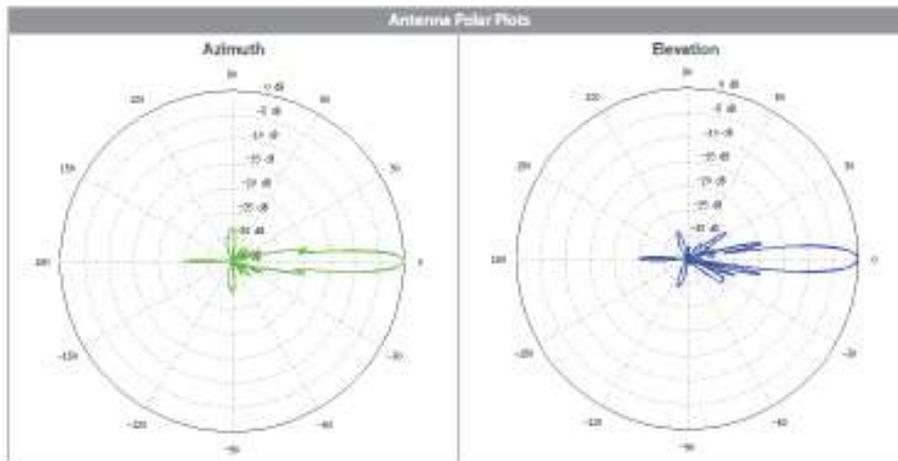
AG-HP-SG23 Output Power: 25 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11a	1 - 24 Mbps	25 dBm	± 2 dB	11a	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.	± 2 dB
	36 Mbps	24 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-90 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	22 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-86 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	21 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-84 dBm	± 2 dB
11n/airMAX	MCS0	25 dBm	± 2 dB	11n/airMAX	MCS0	-97 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-96 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-93 dBm	± 2 dB
	MCS3	24 dBm	± 2 dB		MCS3	-91 dBm	± 2 dB
	MCS4	23 dBm	± 2 dB		MCS4	-87 dBm	± 2 dB
	MCS5	22 dBm	± 2 dB		MCS5	-84 dBm	± 2 dB
	MCS6	21 dBm	± 2 dB		MCS6	-78 dBm	± 2 dB
	MCS7	19 dBm	± 2 dB		MCS7	-75 dBm	± 2 dB



Specifications

AG-HP-5G27	
Dimensions (Mount Included)	620 x 460 x 360 mm (24.41 x 18.11 x 14.17")
Weight (Mount Included)	2585 g (5.699 lb)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	102 N @ 200 km/h (23 lbf @ 125 mph)
Operating Frequency	Worldwide: 5170 – 5875 MHz USA: 5725 – 5830 MHz
Max. VSWR	1.5:1
Gain	27 dBi

AG-HP-5G27 Output Power: 25 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11a	1 - 24 Mbps	25 dBm	± 2 dB	11a	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.	± 2 dB
	36 Mbps	24 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-90 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	22 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-86 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	21 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-84 dBm	± 2 dB
11n / airMAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	11n / airMAX	MCS0	-97 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-96 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-93 dBm	± 2 dB
	MCS3	24 dBm	± 2 dB		MCS3	-91 dBm	± 2 dB
	MCS4	23 dBm	± 2 dB		MCS4	-87 dBm	± 2 dB
	MCS5	22 dBm	± 2 dB		MCS5	-84 dBm	± 2 dB
	MCS6	21 dBm	± 2 dB		MCS6	-78 dBm	± 2 dB
MCS7	19 dBm	± 2 dB	MCS7	-75 dBm	± 2 dB		



Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at www.ubnt.com/support/learn-more.
 ©2015-2018 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti logo, the Ubiquiti beam logo, airMAX, airOS, and UniFi are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks, Inc. in the United States and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.



Anexo B: Datasheet Rocket M. Tipo de antena utilizada tanto para el AP como para la estación del enlace Nodo principal-Llatantoma con IEEE 802.11 a.



rocket M
Datasheet

rocket M

rocket M
Powerful 2x2 MIMO AirMax BaseStation Platforms
Models: M2, M2GPS, M3, M365, M365GPS, M5, M5GPS, M900

Ultimate in RF Performance

Seamlessly Integrates with AirMax BaseStation and Rocket Antennas

Incredible Range and Speed

UBIQUITI
NETWORKS

Overview

Versatile

Rocket M is a rugged, hi-power, very linear 2x2 MIMO radio with enhanced receiver performance. It features incredible range performance (50+km) and breakthrough speed (150+Mbps real TCP/IP).

Rocket M combines the "brains" in one robust unit; it can be paired with your choice of AirMax BaseStation or Rocket Antennas. This versatility gives network architects unparalleled flexibility and convenience.

On the right is one example of how Rockets can be deployed:

- 1 Internet Backbone
- 2 ISP Network
- 3 RocketDish with Rocket M
- 4 RocketDish with Rocket M
- 5 AirMax BaseStation with Rocket M
- 6 Corporate building with NanoStation M client.
- 7 House with NanoStation M client.
- 8 Small business with NanoStation M client.
- 9 Lightpole with NanoStation M daisy-chained to a PicoStation M to create a wireless hotspot.



Integrated AirMax Technology

Unlike standard WiFi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) AirMax protocol allows each client to send & receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This "time slot" method eliminates hidden node collisions & maximizes air time efficiency. It provides many magnitudes of performance improvements in latency, throughput, & scalability compared to all other outdoor systems in its class.

Intelligent QoS Priority is given to voice/video for seamless access.

Scalability High capacity and scalability.

Long Distance Capable of high speed 50km+ links

Latency Multiple features dramatically reduce noise.

GPS Synchronization*

Rocket M GPS units have integrated Ubiquiti AirSync technology. AirSync enhances the hardware and software of Rocket M to utilize GPS signals for precision timing.

GPS Signal Reporting AirOS was upgraded to take full advantage of the new GPS hardware in Rocket M GPS units; easily manage/monitor GPS satellite signals.

No Co-location Interference Synchronized transmission among Rocket M GPS powered BaseStations effectively eliminates co-location interference.

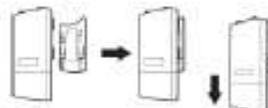
External GPS Antenna Included weather-proof external GPS Antenna (Rocket M GPS).

Two Ethernet Ports Second Ethernet port (only Rocket M GPS) capable of providing power to a secondary device using PoE.

Channel Re-use Frequency reuse for increased scalability.

Easy Installation

Rocket M and AirMax BaseStation/ Rocket Antennas have been designed to seamlessly work together.



Installing Rocket M on AirMax BaseStation and Rocket Antennas requires no special tools, you simply snap it securely into place with the universal Rocket mount built into the antenna.

* Only Rocket M GPS Models

Models



[top - Rocket M GPS Series] RM2-GPS (2.4 GHz), RM365-GPS (3.65-3.875 GHz), RM6-GPS (5 GHz)
[bottom - Rocket M Series] RM2 (2.4 GHz), RM3 (2.4-3.7 GHz), RM365 (3.65-3.875 GHz), RM6 (5GHz), RM900 (900 MHz)

Software

airOS

AirOS is an intuitive, versatile, highly developed Ubiquiti firmware technology. It is exceptionally intuitive and was designed to require no training to operate. Behind the user interface is a powerful firmware architecture which enables hi-performance outdoor multipoint networking.

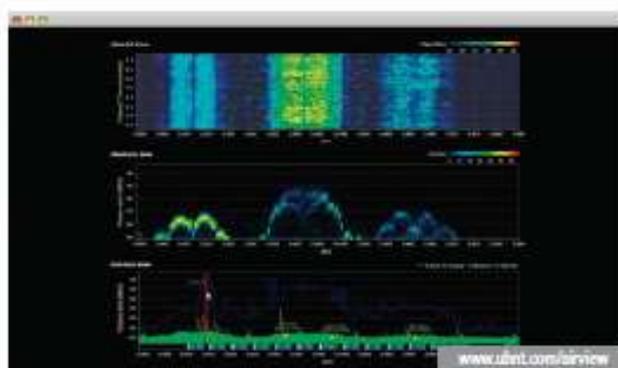
- Protocol Support**
- Ubiquiti Channelization**
- Spectral Width Adjust**
- ACK Auto-Timing**
- AAP Technology**
- GPS Signal Reporting***



airView

Integrated on all Ubiquiti M products, AirView provides Advanced Spectrum Analyzer Functionality. Waterfall, waveform, and real-time spectral views allow operators to identify noise signatures and plan their networks to minimize noise interference.

- Waterfall** Aggregate energy over time for each frequency.
- Waveform** Aggregate energy collected.
- Real-time** Energy is shown real-time as a function of frequency.
- Recording** Automize AirView to record and report results.



airControl

AirControl is a powerful and intuitive web-based server network management application which allows operators to centrally manage entire networks of Ubiquiti devices.

- Network Map**
- Monitor Device Status**
- Mass Firmware Upgrade**
- Web UI Access**
- Manage Groups of Devices**
- Task Scheduling**



* Only Rocket M GPS Models

Specifications

System Information		
Processor Specs	Atheros MIPS 24Kc, 400MHz	
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash	
M M GPS		
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet	2 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet

Regulatory / Compliance Information			
M000, M2, M5, M2 GPS, M5 GPS		M3	M365, M365 GPS
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Y
RoHS Compliance	YES		

Physical / Electrical / Environmental		
Enclosure Size	17 x 8 x 3cm (length, width, height)	
Weight	0.5kg	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic	
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included	
Power Supply	24V, 1A POE Supply included	
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)	
Operating Temperature	-30C to 75C	
Operating Humidity	5 to 95% Condensing	
Shock and Vibration	ETSG00-019-1.4	
M M GPS		
RF Connector	2x RP-SMA (Waterproof)	2x RP-SMA and 1x SMA (Waterproof)
M (Except M3), M GPS (Except M3 GPS)		
M5, M5 GPS		
Max Power Consumption	6.5 Watts	8 Watts

Compatible Antennas				
M000	M2, M2 GPS	M3	M365, M365 GPS	M5, M5 GPS
AirMax Sector 900M-13-120	AirMax Sector 2G-16-90 2G-15-120	AirMax Sector 3G-18-120	AirMax Sector 3G-18-120	AirMax Sector 5G-17-90 5G-16-120 5G-20-90 5G-19-120
	Rocket Dish 2G-24	Rocket Dish 3G-26	Rocket Dish 3G-26	Rocket Dish 5G-30 5G-34

Specifications (cont.)

06

Operating Frequency Summary (MHz)				
MX00	M2, M2 GPS	M3	M3G5, M3G5 GPS	M5, M5 GPS
902-928	2412-2462	3400-3700	3850-3875	5740-5825*

Rocket MX00 - Operating Frequency 902-928 MHz							
OUTPUT POWER: 28 dBm							
900 MHz TX POWER SPECIFICATIONS				900 MHz RX POWER SPECIFICATIONS			
Antenna	Model	Power	Tolerance	Antenna	Model	Power	
	MC20	28 dBm	+/- 2 dB		MC20	56 dBm	+/- 2 dB
	MC21	28 dBm	+/- 2 dB		MC21	56 dBm	+/- 2 dB
	MC22	28 dBm	+/- 2 dB		MC22	57 dBm	+/- 2 dB
	MC23	28 dBm	+/- 2 dB		MC23	56 dBm	+/- 2 dB
	MC24	28 dBm	+/- 2 dB		MC24	66 dBm	+/- 2 dB
	MC25	24 dBm	+/- 2 dB		MC25	67 dBm	+/- 2 dB
	MC26	27 dBm	+/- 2 dB		MC26	77 dBm	+/- 2 dB
	MC27	27 dBm	+/- 2 dB		MC27	74 dBm	+/- 2 dB
	MC28	28 dBm	+/- 2 dB		MC28	66 dBm	+/- 2 dB
	MC29	28 dBm	+/- 2 dB		MC29	67 dBm	+/- 2 dB
	MC310	28 dBm	+/- 2 dB		MC310	56 dBm	+/- 2 dB
	MC311	28 dBm	+/- 2 dB		MC311	67 dBm	+/- 2 dB
	MC312	28 dBm	+/- 2 dB		MC312	64 dBm	+/- 2 dB
	MC313	24 dBm	+/- 2 dB		MC313	75 dBm	+/- 2 dB
MC314	27 dBm	+/- 2 dB	MC314	75 dBm	+/- 2 dB		
MC315	27 dBm	+/- 2 dB	MC315	75 dBm	+/- 2 dB		

Rocket M2 / M2 GPS - Operating Frequency 2412-2462 MHz							
OUTPUT POWER: 28 dBm							
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
11g	Default	Avg TX	Tolerance	11g	Default	Sensitivity	
	1.24 Mbps	28 dBm	+/- 2 dB		1.24 Mbps	-97 dBm	+/- 2 dB
	30 Mbps	28 dBm	+/- 2 dB		30 Mbps	60 dBm	+/- 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	+/- 2 dB		48 Mbps	77 dBm	+/- 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	+/- 2 dB		54 Mbps	75 dBm	+/- 2 dB
11n / Antenna	Model	Power	Tolerance	11n / Antenna	Model	Power	
	MC20	28 dBm	+/- 2 dB		MC20	56 dBm	+/- 2 dB
	MC21	28 dBm	+/- 2 dB		MC21	56 dBm	+/- 2 dB
	MC22	28 dBm	+/- 2 dB		MC22	57 dBm	+/- 2 dB
	MC23	28 dBm	+/- 2 dB		MC23	56 dBm	+/- 2 dB
	MC24	27 dBm	+/- 2 dB		MC24	66 dBm	+/- 2 dB
	MC25	25 dBm	+/- 2 dB		MC25	67 dBm	+/- 2 dB
	MC26	25 dBm	+/- 2 dB		MC26	77 dBm	+/- 2 dB
	MC27	27 dBm	+/- 2 dB		MC27	74 dBm	+/- 2 dB
	MC28	28 dBm	+/- 2 dB		MC28	66 dBm	+/- 2 dB
	MC29	28 dBm	+/- 2 dB		MC29	67 dBm	+/- 2 dB
	MC310	28 dBm	+/- 2 dB		MC310	56 dBm	+/- 2 dB
	MC311	28 dBm	+/- 2 dB		MC311	67 dBm	+/- 2 dB
	MC312	27 dBm	+/- 2 dB		MC312	64 dBm	+/- 2 dB
	MC313	25 dBm	+/- 2 dB		MC313	75 dBm	+/- 2 dB
MC314	25 dBm	+/- 2 dB	MC314	75 dBm	+/- 2 dB		
MC315	27 dBm	+/- 2 dB	MC315	75 dBm	+/- 2 dB		

* Only 5745 - 5825 MHz is supported in the USA

Ubiquiti Networks, Inc. Copyright © 2011, All Rights Reserved

 www.ubnt.com

Specifications (cont.)

Rocket M3 - Operating Frequency 3400-3700 MHz							
OUTPUT POWER: 25 dBm							
TX POWER SPECIFICATIONS				RX POWER SPECIFICATIONS			
ARX0x	Model	Power (dBm)	Tolerance	ARX0x	Model	Power (dBm)	
	MCS0	25 dBm	± 2 dB		MCS0	94 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	95 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	96 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	89 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	92 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	85 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	20 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	25 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-91 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-88 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB		MCS13	-75 dBm	± 2 dB
MCS14	22 dBm	± 2 dB	MCS14	-78 dBm	± 2 dB		
MCS15	20 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

Rocket M8S / M8S GPS - Operating Frequency 3650-3875 MHz							
OUTPUT POWER: 25 dBm							
TX POWER SPECIFICATIONS				RX POWER SPECIFICATIONS			
ARX0x	Model	Power (dBm)	Tolerance	ARX0x	Model	Power (dBm)	
	MCS0	25 dBm	± 2 dB		MCS0	94 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	95 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	96 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	89 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	88 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	85 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	20 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	25 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-91 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-88 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB		MCS13	-75 dBm	± 2 dB
MCS14	22 dBm	± 2 dB	MCS14	-78 dBm	± 2 dB		
MCS15	20 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

Specifications (cont.)

Rocket M5 / M5-DPS - Operating Frequency 5470-5825 MHz*							
OUTPUT POWER: 27 dBm							
5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
Tx	Default	Avg TX	Tolerance	Tx	Default	Sensitivity	Tolerance
		0-24 Mbps	27 dBm		+/- 2 dB		0-24 Mbps
Tx	30 Mbps	25 dBm	+/- 2 dB	Tx	30 Mbps	-88 dBm	+/- 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	+/- 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	+/- 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	+/- 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	+/- 2 dB
Tx / Antenna	MCS0	27 dBm	+/- 2 dB	Tx / Antenna	MCS0	-96 dBm	+/- 2 dB
	MCS1	27 dBm	+/- 2 dB		MCS1	-86 dBm	+/- 2 dB
	MCS2	27 dBm	+/- 2 dB		MCS2	-80 dBm	+/- 2 dB
	MCS3	27 dBm	+/- 2 dB		MCS3	-80 dBm	+/- 2 dB
	MCS4	26 dBm	+/- 2 dB		MCS4	-80 dBm	+/- 2 dB
	MCS5	24 dBm	+/- 2 dB		MCS5	-85 dBm	+/- 2 dB
	MCS6	22 dBm	+/- 2 dB		MCS6	-77 dBm	+/- 2 dB
	MCS7	21 dBm	+/- 2 dB		MCS7	-74 dBm	+/- 2 dB
	MCS8	27 dBm	+/- 2 dB		MCS8	-86 dBm	+/- 2 dB
	MCS9	27 dBm	+/- 2 dB		MCS9	-85 dBm	+/- 2 dB
	MCS10	27 dBm	+/- 2 dB		MCS10	-80 dBm	+/- 2 dB
	MCS11	27 dBm	+/- 2 dB		MCS11	-87 dBm	+/- 2 dB
	MCS12	26 dBm	+/- 2 dB		MCS12	-84 dBm	+/- 2 dB
	MCS13	24 dBm	+/- 2 dB		MCS13	-75 dBm	+/- 2 dB
	MCS14	22 dBm	+/- 2 dB		MCS14	-78 dBm	+/- 2 dB
	MCS15	21 dBm	+/- 2 dB		MCS15	-75 dBm	+/- 2 dB

* Only 5745 - 5825 MHz is supported in the USA

Misc

TOUGH Cable

OUTDOOR CARRIER CLASS SHIELDED

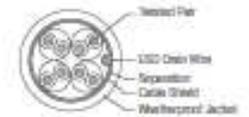
Protect your networks from the most brutal environments with Ubiquiti's industrial-grade shielded ethernet cable, TOUGH Cable.

Increase Performance: Dramatically improve your ethernet link status, speeds, and overall performance with Ubiquiti TOUGH Cables.

Extreme Weatherproof: TOUGH Cables have been built to perform even in the harshest weather and environments.

Eliminate ESD Attacks: Protect your networks from devastating ESD Attacks, TOUGH Cables eliminate ESD attacks and ethernet hardware damage.

Extended Cable Support: TOUGH Cables have been developed to have increased power handling performance for extended cable run lengths.



LEVEL 1
SHIELDING PROTECTION



LEVEL 2
SHIELDING PROTECTION

Bulletproof your networks

TOUGH Cable is currently available in two versions: Level 1 Shielding Protection and Level 2 Shielding Protection.

Level 1 is a Category 5e (100Mbps Ethernet Support) Outdoor Carrier Class Shielded Cable.

Level 2 is a Category 6 (1Gbps Ethernet Support) Outdoor Carrier Class Shielded Cable that is also capable of providing enhanced Category 5e performance.

Additional Information:

- 24 AWG copper conductor pairs
- ESD Drain Wire: 26 AWG integrated ESD Drain wire to prevent ESD attacks & damage.
- PVC outdoor rated jacket
- 0.35um foil shield
- Multi-Layered Shielding
- 1000ft (304.8m) length

Learn more:
www.ubnt.com/toughcable

ESD Attacks are overwhelmingly the leading cause for device failures. The diagram below illustrates the areas vulnerable to ESD Attacks in a defenseless network.



By using a grounded Ubiquiti POE adapter (included) along with Ubiquiti TOUGH Cable (sold separately), you can effectively eliminate ESD Attacks.





TERMS OF USE: The Ubiquiti radio device must be professionally installed. Shielded ethernet cable and earth grounding must be used as conditions of product warranty. It is the installers responsibility to follow local country regulations including operation within legal frequency channels, output power, and Dynamic Frequency Selection (DFS) requirements.

For further information, please visit www.ubnt.com.

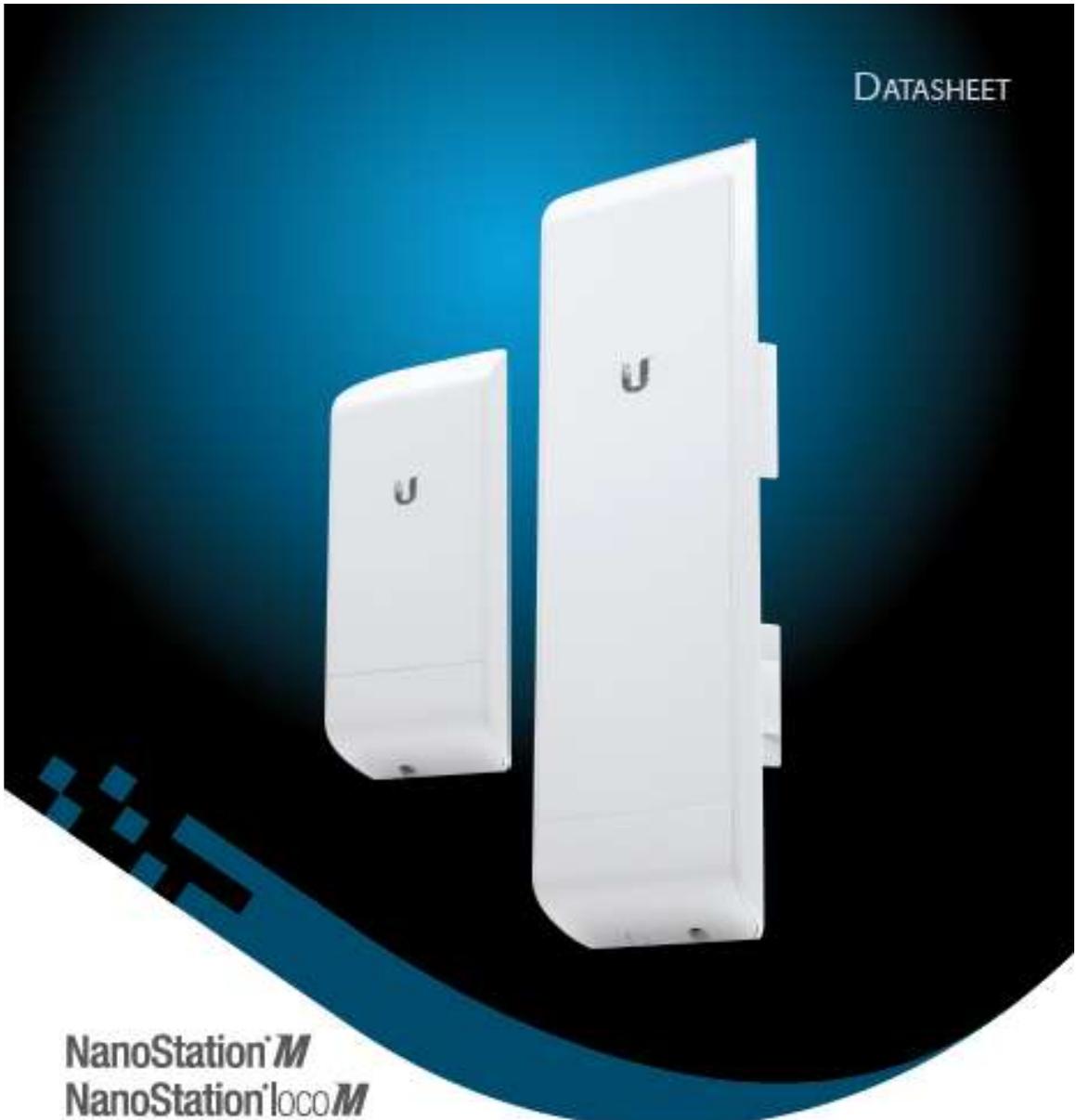
All specifications in this document are subject to change without notice.

RM-DS-080511

Ubiquiti Networks, Inc. Copyright © 2011, All Rights Reserved

 www.ubnt.com

Anexo C: Datasheet Nano Station M y Nano Station Loco M. Tipo de antena utilizada tanto para el AP como para la estación del enlace Nodo principal-Lacón y para antena cliente (NanoStation M2) con IEEE 802.11 b.



DATASHEET

NanoStation *M*
NanoStation loco*M*

Indoor/Outdoor airMAX® CPE
Models: NSM2, NSM3, NSM365, NSM5, locoM2, locoM5, locoM9

Cost-Effective, High-Performance

Compact and Versatile Design

Powerful Integrated Antenna



UBIQUITI
NETWORKER

Overview

Leading-Edge Industrial Design

Ubiquiti Networks sets the bar for the world's first low-cost and efficient broadband Customer Premises Equipment (CPE) with the original NanoStation®. The NanoStationM and NanoStationlocoM take the same concept to the future with sleek and elegant form factors, along with integrated airMAX® (MIMO TDMA protocol) technology.

The low cost, high performance, and small form factor of NanoStationM and NanoStationlocoM make them extremely versatile and economical to deploy.



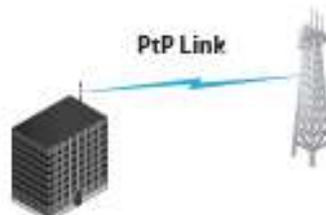
NanoStationM used as powerful clients in an airMAX PtMP (Point-to-Multi-Point) network setup.

Wireless Client



NanoStationM as a powerful wireless client.

PtP Link



Use two NanoStationM to create a PtP link.

Utilize airMAX Technology

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides many magnitudes of performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

Intelligent QoS Priority is given to voice/video for seamless streaming.

Scalability High capacity and scalability.

Long Distance Capable of high-speed, carrier-class links.

Latency Multiple features dramatically reduce noise.

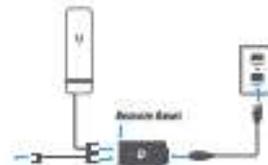
Dual Ethernet Connectivity¹

The NanoStationM provides a secondary Ethernet port with software-enabled PoE output for seamless IP video integration.



Intelligent PoE²

The remote hardware reset circuitry of the NanoStationM allows the device to be remotely reset from the power supply location.



The NanoStationM may also be powered by the Ubiquiti Networks® EdgeSwitch™. In addition, any NanoStationM can easily become 48V, 802.3af compliant through use of the Ubiquiti® Instant 802.3af Adapter (sold separately).

¹ Only NanoStationM models.

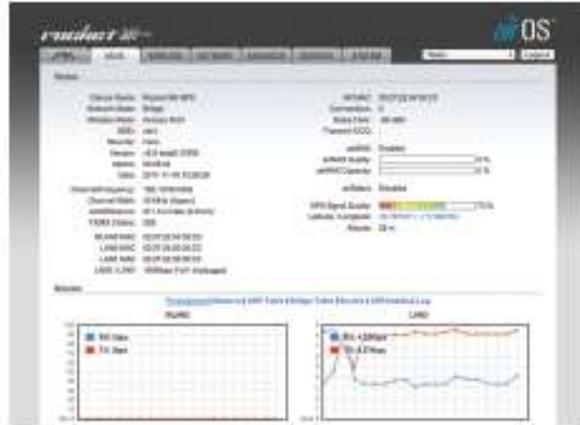
² Remote reset is an option that is sold separately via the POF-24. The NanoStationM includes a 2W PoE adapter without remote reset.

Software

airOS®

airOS® is an intuitive, versatile, highly developed Ubiquiti firmware technology. It is exceptionally intuitive and was designed to require no training to operate. Behind the user interface is a powerful firmware architecture, which enables high-performance, outdoor multi-point networking.

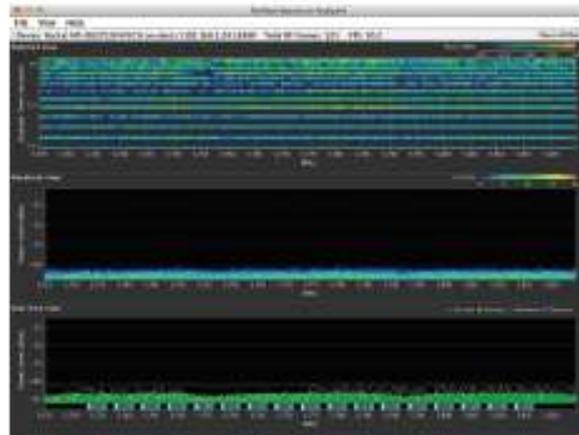
- Protocol Support
- Ubiquiti Channelization
- Spectral Width Adjustment
- ACK Auto-Tuning
- AAP Technology
- Multi-Language Support



airView®

Integrated on all Ubiquiti M products, airView® provides advanced spectrum analyzer functionality: waterfall, waveform, and real-time spectral views allow operators to identify noise signatures and plan their networks to minimize noise interference.

- Waterfall: Aggregate energy over time for each frequency.
- Waveform: Aggregate energy collected.
- Real-time: Energy is shown in real time as a function of frequency.
- Recording: Automize AirView to record and report results.



airControl®

airControl® is a powerful and intuitive, web-based server network management application, which allows operators to centrally manage entire networks of Ubiquiti devices.

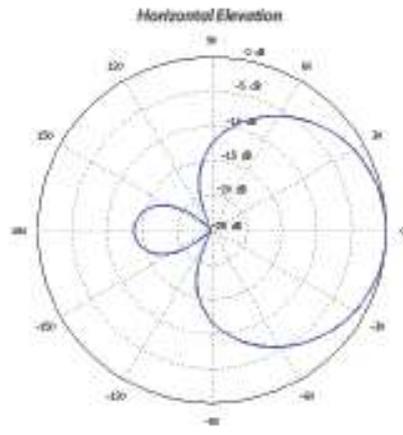
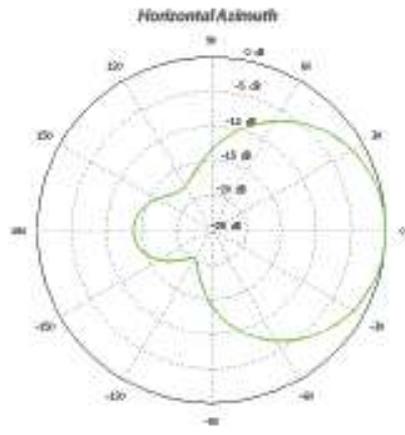
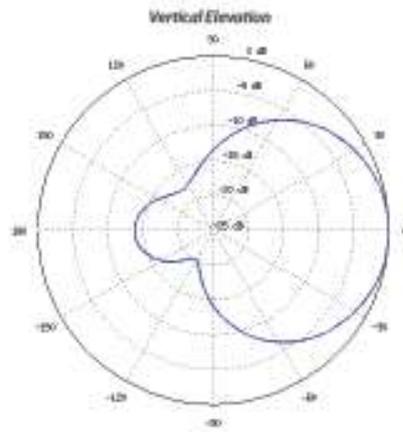
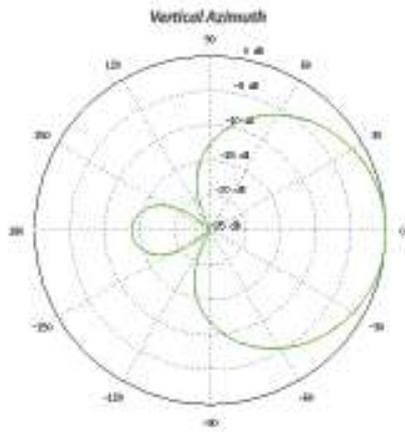
- Network Map
- Monitor Device Status
- Mass Firmware Upgrade
- Web UI Access
- Manage Groups of Devices
- Task Scheduling



Specifications

locoM	
Dimensions	164 x 72 x 199 mm (6.46 x 2.83 x 7.83")
Weight	900 g (0.98 lb)
Power Supply (PoE)	24V 0.5A
Max. Power Consumption	6.5W
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5; 7, 8 Return)
Operating Frequency	900-920 MHz
Gain	0 dBi
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Processor Specs	Athlon MIPS 24K; 400 MHz
Memory	64 MB SDRAM, 0 MB Flash
Frequency	900 MHz
Cross-polarization	26 dB Minimum
Max. VSWR	1.3:1
Beamwidth	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevation)
Polarization	Dual Linear
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)
RF Connector	External RP-SMA
Operating Temperature	-30 to 70° C (-22 to 160° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Wireless Approach	FCC Part 15.247, IC R5210
RoHS Compliance	Yes
Shock & Vibration	ETD000419-1.4

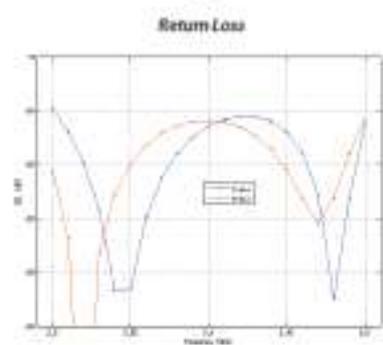
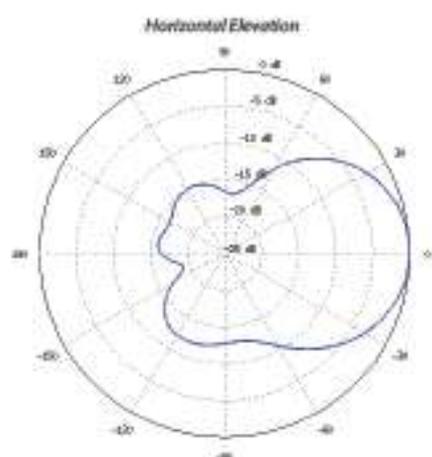
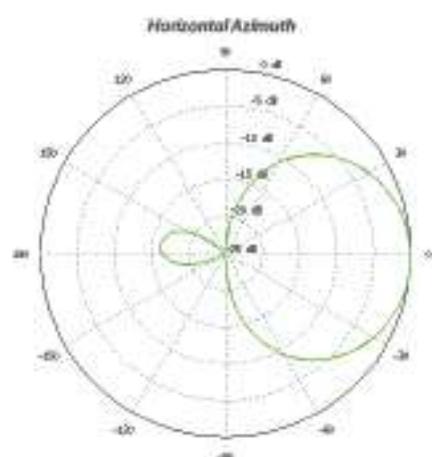
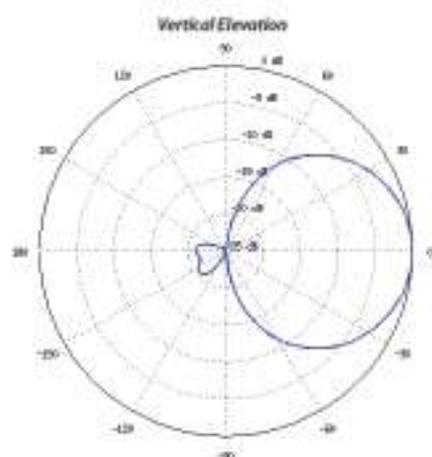
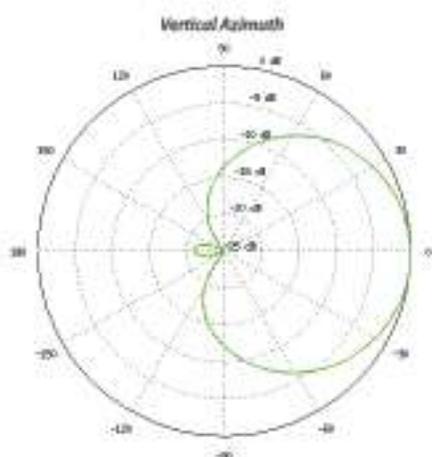
Output Power: 20 dBm							
900 MHz TX Power Specifications				900 MHz RX Power Specifications			
Modulation	MCS Index	Avg. TX	Tolerance	Modulation	MCS Index	Sensitivity	Tolerance
dB-MAX	MCS0	20 dBm	± 2 dB	dB-MAX	MCS0	-46 dBm	± 2 dB
	MCS1	20 dBm	± 2 dB		MCS1	-45 dBm	± 2 dB
	MCS2	20 dBm	± 2 dB		MCS2	-40 dBm	± 2 dB
	MCS3	20 dBm	± 2 dB		MCS3	-40 dBm	± 2 dB
	MCS4	20 dBm	± 2 dB		MCS4	-40 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-40 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	20 dBm	± 2 dB		MCS8	-45 dBm	± 2 dB
	MCS9	20 dBm	± 2 dB		MCS9	-40 dBm	± 2 dB
	MCS10	20 dBm	± 2 dB		MCS10	-40 dBm	± 2 dB
	MCS11	20 dBm	± 2 dB		MCS11	-47 dBm	± 2 dB
	MCS12	20 dBm	± 2 dB		MCS12	-64 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-74 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-70 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		



Specifications

locoM2	
Dimensions	161 x 21 x 80 mm (6.31 x 1.22 x 3.15")
Weight	100 g (3.52 oz)
Power Supply PoD	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	1.5W
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+, 7, 8 Return)
Operating Frequency	2412-2462 MHz
Gain	6.5 dBi
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Processor Specs	Atheros MIPS 24Kc, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Frequency	2.4 GHz
Cross-poll isolation	20 dB Minimum
Max. VSWR	1.4:1
Bandwidth	60° 90-pd / 60° (V-pd) / 60° (Elevation)
Polarization	Dual Linear
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)
Operating Temperature	-20 to 75° C (-28 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC R5210, CE
RoHS Compliance	Yes
Shock & Vibration	ETS300-019-14

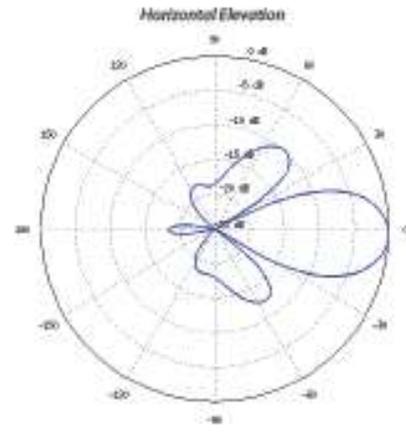
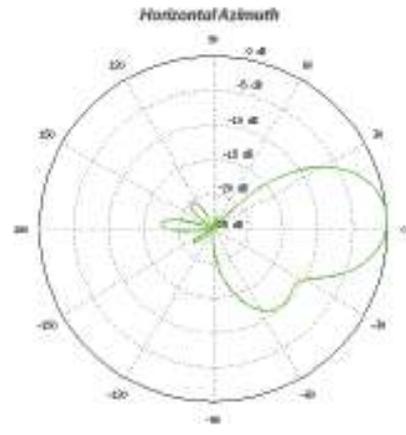
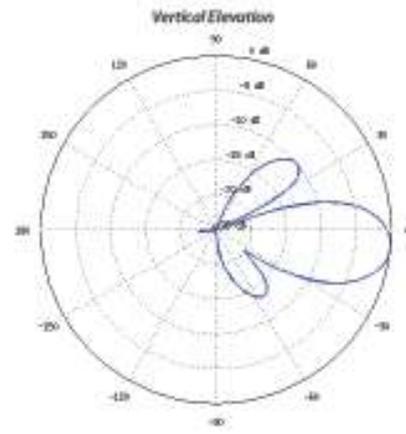
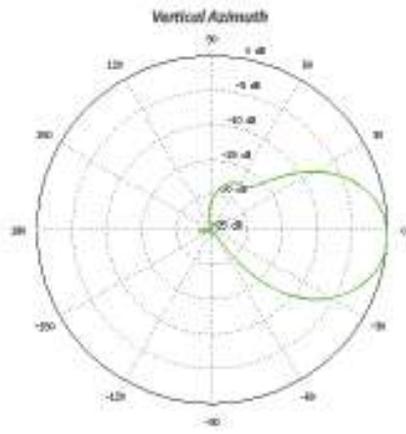
Output Power: 23 dBm							
2.4 GHz TX Power Specifications				2.4 GHz RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11b/g	1-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	11b/g	1-24 Mbps	-60 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-60 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 3 dB
	54 Mbps	16 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 3 dB
air-MAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	air-MAX	MCS0	-66 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB		MCS1	-65 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-60 dBm	± 3 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-60 dBm	± 3 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB		MCS4	-66 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB		MCS5	-60 dBm	± 3 dB
	MCS6	16 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 3 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 3 dB
	MCS8	23 dBm	± 2 dB		MCS8	-65 dBm	± 3 dB
	MCS9	22 dBm	± 2 dB		MCS9	-61 dBm	± 3 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-60 dBm	± 3 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-60 dBm	± 3 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB		MCS12	-64 dBm	± 3 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 3 dB
	MCS14	16 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 3 dB
MCS15	17 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 3 dB		



Specifications

loco™			
Dimensions	161 x 31 x 80 mm (6.31 x 1.22 x 3.15")		
Weight	180 g (6.25 oz)		
Power Supply (PoE)	24V 0.5A		
Max. Power Consumption	5.5W		
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)		
Operating Frequency	Worldwide	USA	USA DFS
	5170-5875 MHz	5725-5850 MHz	5250-5850 MHz
Gain	13 dBi		
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port		
Processor Specs	Athlon MIPS 740; 560 MHz		
Memory	64 MB DDR2; 4 MB Flash		
Frequency	5 GHz		
Cross-polarization	20 dB Minimum		
Max. VSWR	1.4:1		
Beamwidth	45° H-pol / 45° V-pol / 45° (Elevation)		
Polarization	Dual Linear		
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)		
Operating Temperature	-30 to 70° C (-22 to 157° F)		
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing		
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC R5213, CE		
RoHS Compliance	Yes		
Shock & Vibration	ETSI 300-019-1-4		

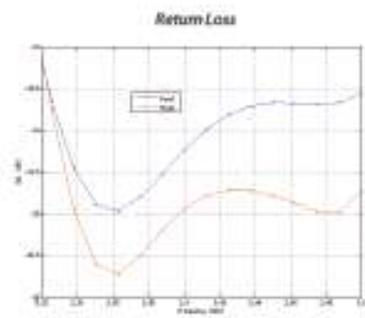
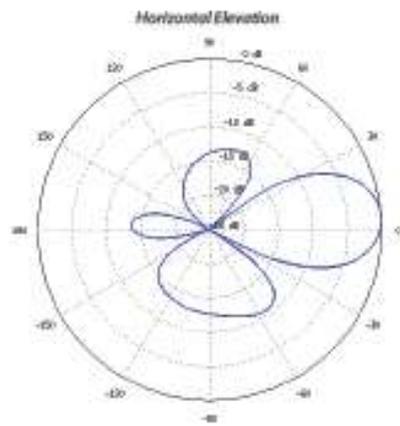
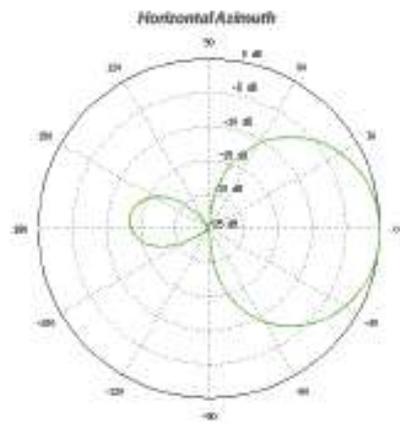
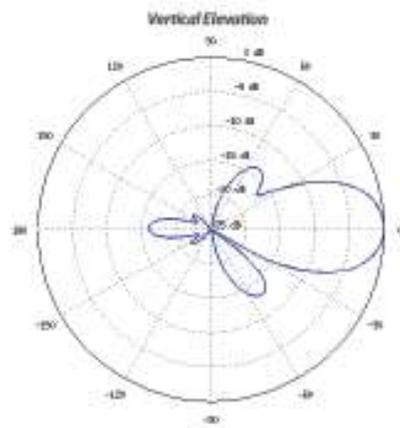
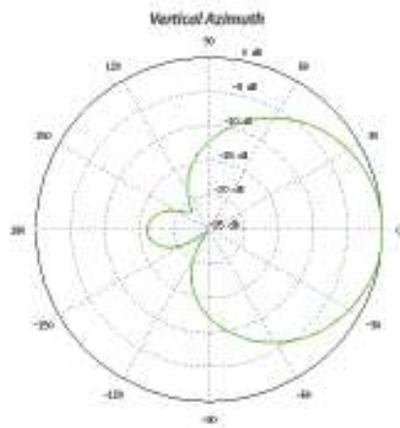
Output Power 23 dBm							
5 GHz TX Power Specifications				5 GHz RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	11a	6-24 Mbps	-61 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-60 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	16 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n/11nMAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	11n/11nMAX	MCS0	-66 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB		MCS1	-65 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-62 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-60 dBm	± 2 dB
	MCS4	23 dBm	± 2 dB		MCS4	-66 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB		MCS5	-63 dBm	± 2 dB
	MCS6	16 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	23 dBm	± 2 dB		MCS8	-65 dBm	± 2 dB
	MCS9	23 dBm	± 2 dB		MCS9	-60 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-60 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-67 dBm	± 2 dB
	MCS12	23 dBm	± 2 dB		MCS12	-64 dBm	± 2 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB		MCS13	-74 dBm	± 2 dB
	MCS14	16 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	17 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		



Specifications

NSM2	
Dimensions	294 x 31 x 80 mm (11.57 x 1.22 x 3.15")
Weight	400 g (14.11 oz)
Power Supply (PoE)	34% DSA
Max. Power Consumption	8W
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Frequency	2412-2462 MHz
Gain	16.4-11.2 dBi
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports
Processor Speed	Athlon MIPS 24K; 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 6 MB Flash
Frequency	2.4 GHz
Cross-poll Isolation	23 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1
Beamwidth	55° (H-pol) / 51° (V-pol) / 22° (Elevation)
Polarization	Dual Linear
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Wireless Approval	FCC Part 15.247, IC RSG10, CE
RoHS Compliance	Yes
Shock & Vibration	ETS300019-14

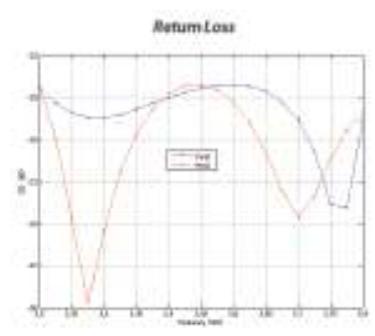
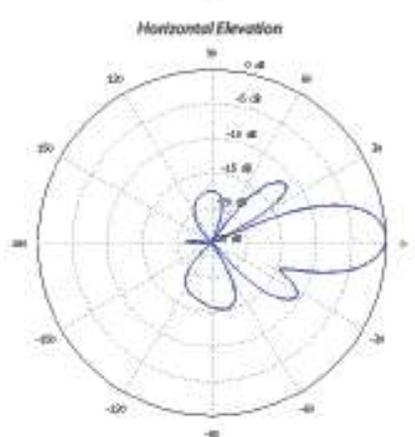
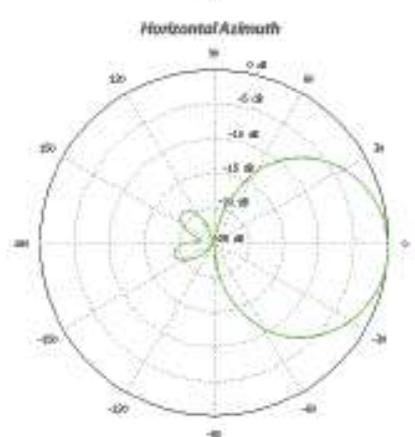
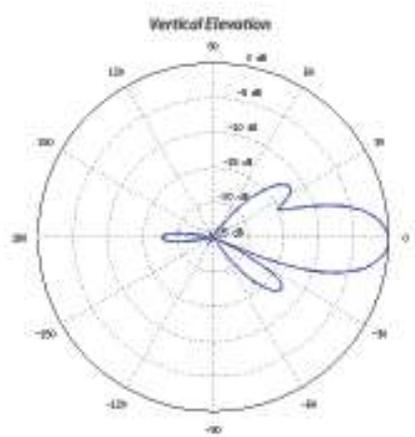
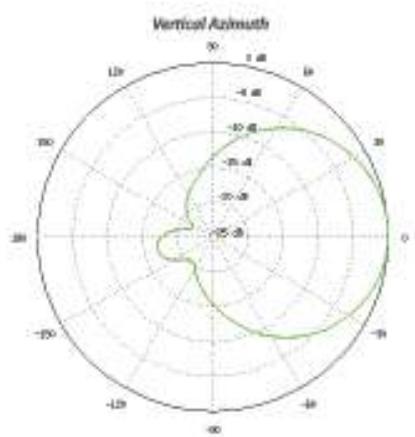
Output Power: 20 dBm							
2.4 GHz TX Power Specifications				2.4 GHz RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11b/g	1-24 Mbps	26 dBm	± 2 dB	11b/g	1-24 Mbps	-63 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-60 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
airMAX	MCS0	26 dBm	± 2 dB	airMAX	MCS0	-63 dBm	± 2 dB
	MCS1	26 dBm	± 2 dB		MCS1	-65 dBm	± 2 dB
	MCS2	26 dBm	± 2 dB		MCS2	-60 dBm	± 2 dB
	MCS3	26 dBm	± 2 dB		MCS3	-60 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-66 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-63 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	20 dBm	± 2 dB		MCS8	-65 dBm	± 2 dB
	MCS9	20 dBm	± 2 dB		MCS9	-60 dBm	± 2 dB
	MCS10	20 dBm	± 2 dB		MCS10	-60 dBm	± 2 dB
	MCS11	20 dBm	± 2 dB		MCS11	-67 dBm	± 2 dB
	MCS12	27 dBm	± 2 dB		MCS12	-64 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	22 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		



Specifications

NSM3/MS65		
Dimensions	294 x 31 x 60 mm (11.57 x 1.22 x 2.37")	
Weight	500 g (1.1 lbs)	
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	
Max. Power Consumption	9W	
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)	
Operating Frequency	NSM3	NSM30S
	1400-1700 MHz	3650-3675 MHz
Gain	12.3 (-0.7 dB)	
Networking Interface	2x 10/100 Ethernet Ports	
Processor Speed	Athlon MP75 2400, 400 MHz	
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	
Frequency	NSM3	NSM30S
	3 GHz	3.65 GHz
Cross-poll Isolation	20 dB Minimum	
Max. VSWR	1.4:1	
Beamwidth	HP (H-pol) / 90° (V-pol) / 30° (Elevation)	
Polarization	Dual Linear	
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic	
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)	
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)	
Operating Humidity	1 to 95% Noncondensing	
Wireless Approvals	NSM3	NSM30S
	Not Applicable	FCC Part 15.2
RoHS Compliance	Yes	
Shock & Vibration	E70 300-010-1.4	

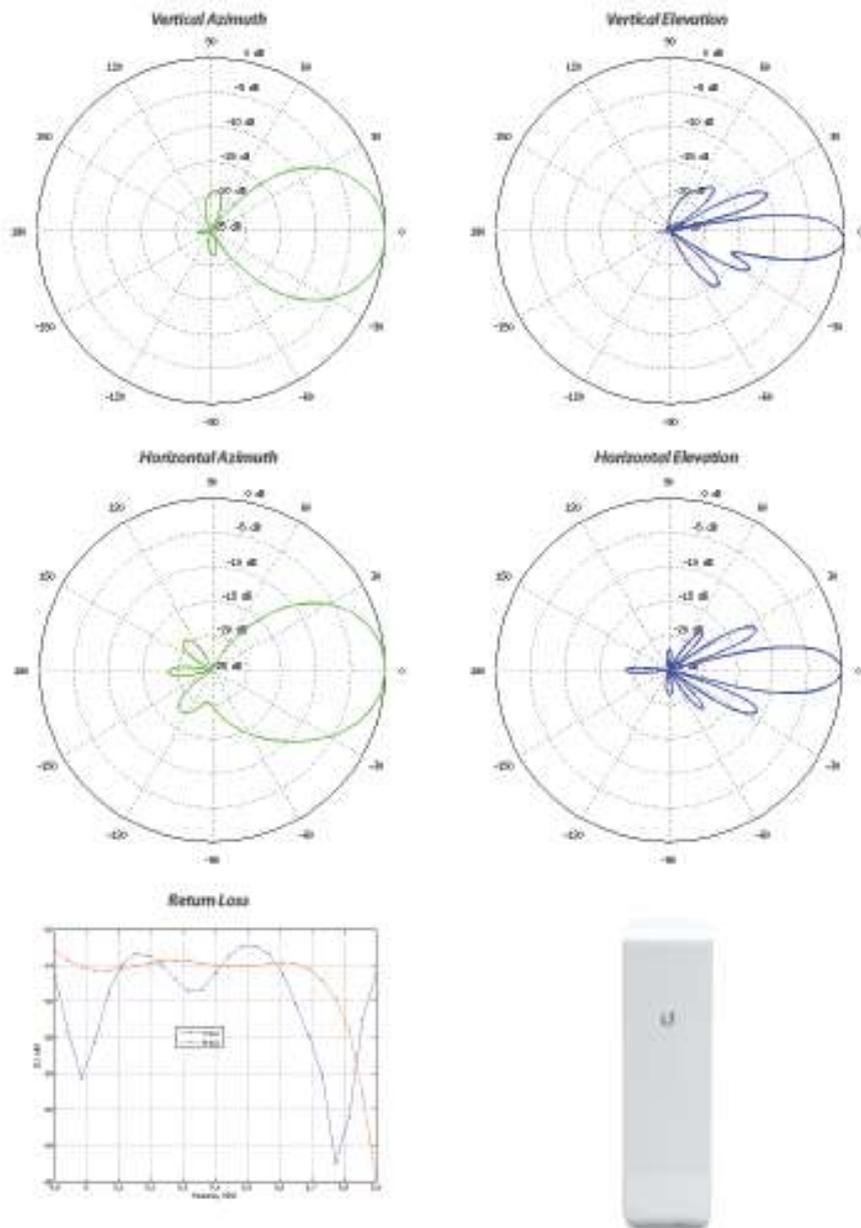
Output Power: 25 dBm							
Modulation	Tx Power Specifications			Modulation	Rx Power Specifications		
	MCS Index	Avg. Tx	Tolerance		MCS Index	Sensitivity	Tolerance
802.11n HT/MAX	MCS0	25 dBm	± 2 dB	802.11n HT/MAX	MCS0	-94 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-93 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-90 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	-89 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	23 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	20 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	25 dBm	± 2 dB		MCS8	-80 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-81 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-84 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	23 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	20 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		



Specifications

NEM5			
Dimensions	294 x 31 x 86mm (11.57 x 1.22 x 3.35")		
Weight	400g (14.11oz)		
Power Supply (PoE)	24V, USA		
Max. Power Consumption	8W		
Power Method	Passive PoE (Pins 4, 5+, 7, 8 Return)		
Operating Frequency	Worldwide	USA	USA DFS
	5725-5875 MHz	5725-5850 MHz	5250-5850 MHz
Gain	14.6-16.1 dBi		
Networking Interface	2x 10/100 Ethernet Ports		
Processor Specs	Athlon MIPS 740, 560 MHz		
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash		
Frequency	5 GHz		
Cross-polarization	20 dB Minimum		
Max. VSWR	1.6:1		
Beamwidth	47° (H-Plane) / 41° (V-Plane) / 15° (Elevation)		
Polarization	Dual Linear		
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)		
Operating Temperature	-30 to 70° C (-22 to 162° F)		
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing		
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC R6210, CE		
RoHS Compliance	Yes		
Shock & Vibration	E70300-019-1.4		

Output Power: 27 dBm							
Modulation	5 GHz TX Power Specifications			Modulation	5 GHz RX Power Specifications		
	Data Rate/MCS	Avg. TXE	Tolerance		Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11n	6-24 Mbps	27 dBm	± 2 dB	11n	6-24 Mbps	-44 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-40 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-37 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-35 dBm	± 2 dB
11nairMAX	MCS0	27 dBm	± 2 dB	11nairMAX	MCS0	-46 dBm	± 2 dB
	MCS1	27 dBm	± 2 dB		MCS1	-45 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-40 dBm	± 2 dB
	MCS3	27 dBm	± 2 dB		MCS3	-40 dBm	± 2 dB
	MCS4	26 dBm	± 2 dB		MCS4	-40 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-40 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-37 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-34 dBm	± 2 dB
	MCS8	27 dBm	± 2 dB		MCS8	-45 dBm	± 2 dB
	MCS9	27 dBm	± 2 dB		MCS9	-40 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-40 dBm	± 2 dB
	MCS11	27 dBm	± 2 dB		MCS11	-40 dBm	± 2 dB
	MCS12	26 dBm	± 2 dB		MCS12	-44 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-39 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-39 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-35 dBm	± 2 dB		



Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold as-is without warranty described at www.ubnt.com/warranty.
 ©2014-2015 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti logo, UNUS, UN24, UN24C, UN24S, NanoStation, and NanoStation M are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks, Inc. in the United States and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.



Anexo D: Datasheet Dyna Dish 5 MikroTik. Tipo de antena utilizada tanto para el AP como para la estación del enlace Nodo principal-Lacón con IEEE 802.11 a.

DynaDish 5

The DynaDish 5 is a new 802.11ac outdoor device with an integrated antenna. Compact in its design, it is a simple and completely integrated product with everything you need to quickly install a reliable point to point link.

The DynaDish 5 is powered by a new 720MHz CPU from Qualcomm.

New 802.11ac outdoor device

- Ideal for long distance point-to-point links
- 5GHz dual chain board integrated into 25dBI dish antenna with 8 degree beam width
- 720MHz CPU 300MHz DDR2
- one Gigabit Ethernet port.



The antenna is a 8 degree 25dBI dish, and it includes a precise alignment mount, ideal for long range point to point wireless links.

Specifications

Product code	RBDynaDish5-5HacD
CPU nominal frequency	720 MHz
CPU core count	1
Size of RAM	128 MB
10/100/1000 Ethernet ports	1
Wireless	Built-in 5 GHz 802.11ac, dual-chain
Antenna gain	25dBi
Antenna beam width	8°
Wireless chip model	QCA9882-8R4A-R
PoE in	Yes
Supported input voltage	11V - 60V passive PoE or 802.3af/at with unshielded cable
Voltage Monitor	Yes
PCB temperature monitor	Yes
CPU temperature monitor	No
Dimensions	Ø 404mm, height 175mm (without mount)
License level	3
Operating System	RouterOS
CPU	QCA9557-AT4A-R
Max Power consumption	16W
Supported channels	20/40/80MHz
Suggested price	\$179

Included



24V 0.8A Power adapter



Precision mount



U Kit



Gigabit PoE injector

Wireless specifications

RATE	Tx (dBm)	Rx (dBm)
6MBit/s	31	-96
54MBit/s	28	-81
MCS0	30	-96
MCS7	27	-77
MCS9	22	-72

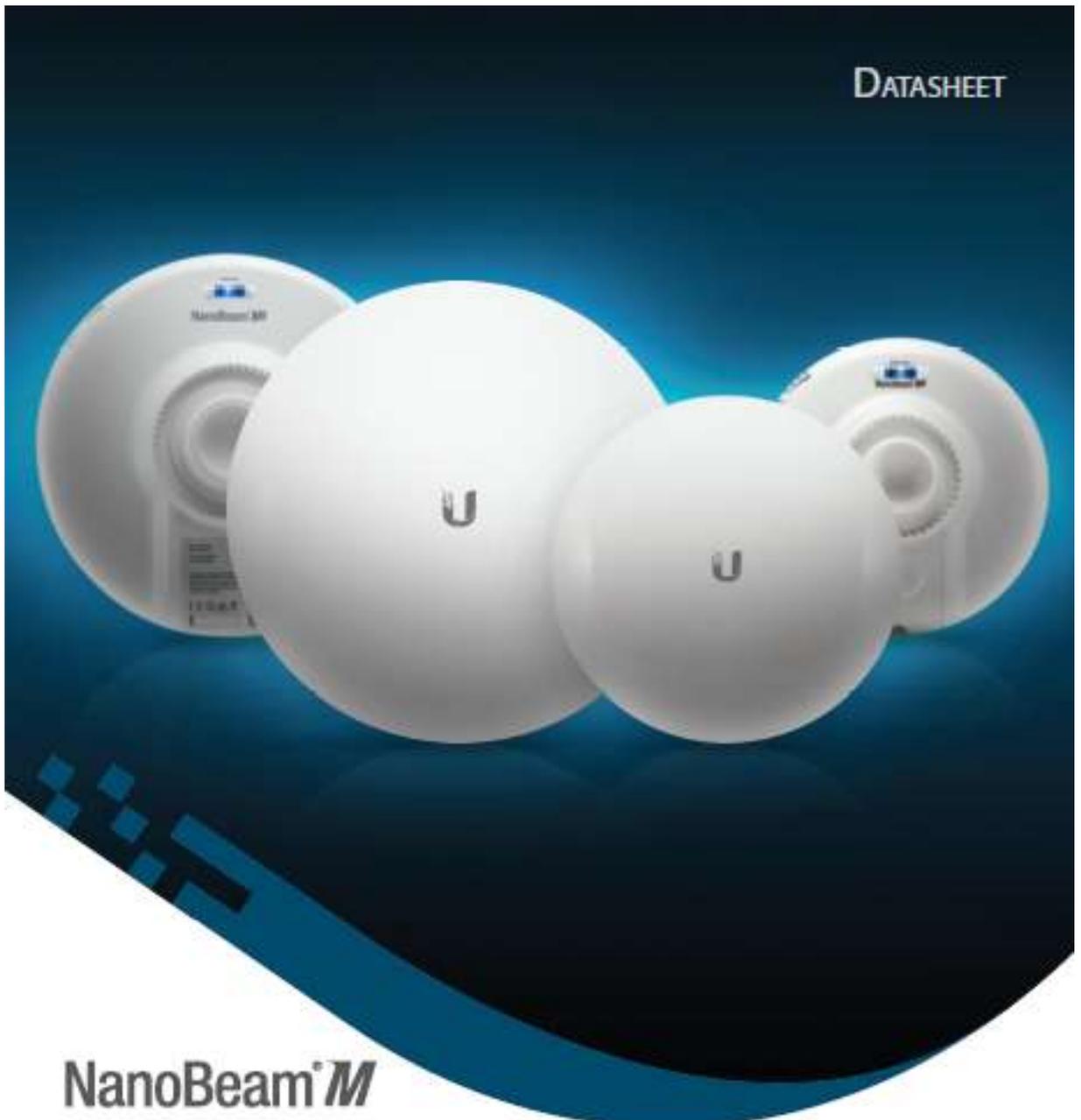


Horizontal polarization



Vertical polarization

Anexo E: Datasheet NanoBeam M. Antena cliente utilizada con IEEE 802.11 a.



NanoBeam^M

High-Performance airMAX[®] Bridge

Models: NBE-M2-13, NBE-M5-16, NBE-M5-19

Uniform Beamwidth Maximizes Noise Immunity

Innovative Mechanical Design

High-Speed Processor for Superior Performance



Overview

Starting with the first-generation NanoBridge®, Ubiquiti Networks pioneered the all-in-one design for an airMAX® product functioning as a CPE (Customer Premises Equipment). Now Ubiquiti Networks launches the latest generation of CPE, the NanoBeam®.

Improved Noise Immunity

Available for the 2.4 and 5 GHz frequency bands, the NanoBeam directs RF energy in a tighter beamwidth. With the focus in one direction, the NanoBeam blocks or spatially filters out noise, so noise immunity is improved. This feature is especially important in an area crowded with other RF signals of the same or similar frequency.

Integrated Design

The Ubiquiti® Research and Development team combined the radio and antenna to create a more efficient and compact CPE. The NanoBeam gets maximum gain out of the smallest footprint.

Providing increased performance from its faster processor and innovative mechanical design at a low cost, the NanoBeam is extremely versatile and cost-effective to deploy.

airMAX Technology Included

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This time slot method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides significant performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

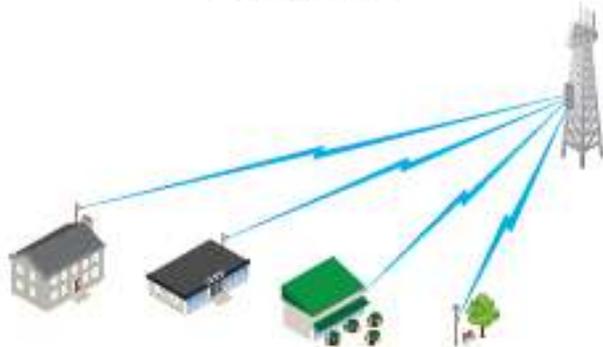
Intelligent QoS Priority is given to voice/video for seamless streaming.

Scalability High capacity and scalability.

Long Distance Capable of high-speed, carrier-class links.

Application Examples

PIMP Client Links



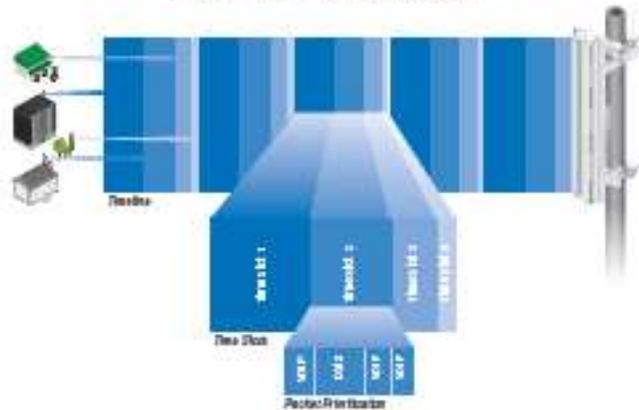
The NanoBeam used as a CPE device for each client in an airMAX PIMP network.

PtP Link



Use a NanoBeam on each side of a PtP link.

airMAX TDMA Technology



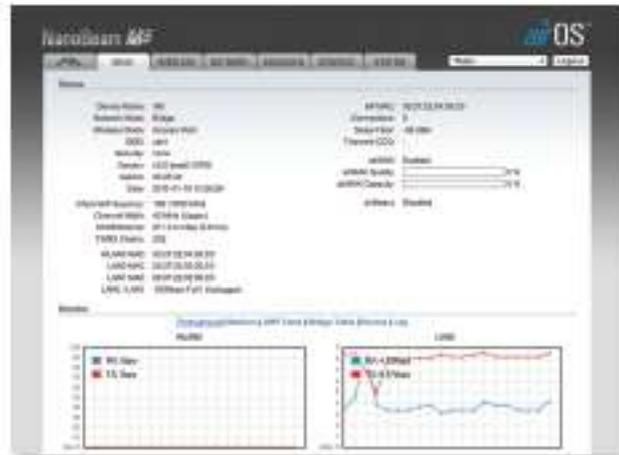
Up to 100 airMAX stations can be connected to an airMAX Sector; four airMAX stations are shown to illustrate the general concept.

Software

airOS[®]

airOS[®] is an intuitive, versatile, highly developed Ubiquiti firmware technology. It is exceptionally intuitive and was designed to require no training to operate. Behind the user interface is a powerful firmware architecture, which enables high-performance, outdoor multi-point networking.

- Protocol Support
- Ubiquiti Channelization
- Spectral Width Adjustment
- ACK Auto-Timing
- AAP Technology
- Multi-Language Support



airView[®]

Integrated on all Ubiquiti M products, airView[®] provides advanced spectrum analyzer functionality: waterfall, waveform, and real-time spectral views allow operators to identify noise signatures and plan their networks to minimize noise interference.

- Waterfall: Aggregate energy over time for each frequency.
- Waveform: Aggregate energy collected.
- Real-time: Energy is shown in real time as a function of frequency.
- Recording: Automate airView to record and report results.



airControl[®]

airControl[®] is a powerful and intuitive, web-based server network management application, which allows operators to centrally manage entire networks of Ubiquiti devices.

- Network Map
- Monitor Device Status
- Mass Firmware Upgrade
- Web UI Access
- Manage Groups of Devices
- Task Scheduling



Hardware Overview

Innovative Mechanical Design

- **All-in-one design** The NanoBeam provides both the radio and antenna in the smallest possible footprint.
- **Quick and easy installation** No fasteners are required for pole-mounting, and a single wall fastener (not included) is required for wall-mounting.
- **Convenient alignment** The NanoBeam pivots on its ball joint for easy aiming.

Compact Form Factor

- **Efficient footprint** The radio and antenna are combined into a single body that takes up minimal space.
- **Versatile mounting** The NanoBeam can be mounted in almost any position needed for line of sight.
- **Aesthetics** The NanoBeam is small enough to blend discreetly into the background at a customer's location.



NBE-M5-19 with Mounting Hardware

Optional Isolator Shield Accessory



IsoBeam™

Model	NBE-M2-13	NBE-M5-16	NBE-M5-19
ISO-BEAM-16		✓	
ISO-BEAM-19	✓		✓

An RF isolator shield is available as an optional accessory to enhance signal isolation.



Installation Using the IsoBeam™

Optional Mounting Accessories

NanoBeam[®] Wall Mount Kit



Model	NBE-M2-13	NBE-M5-16	NBE-M5-19
NBE-WMK	✓	✓	✓

A wall mount kit is available as an optional accessory to enhance stability for wall-mounting.



Installation Using the NanoBeam Wall Mount Kit

NanoBeam[®] Window Mount



Model	NBE-M2-13	NBE-M5-16	NBE-M5-19
NBE-16-WM		✓	
NBE-19-WM	✓		✓

A suction cup mount is available as an optional accessory to mount the NanoBeam on a window.

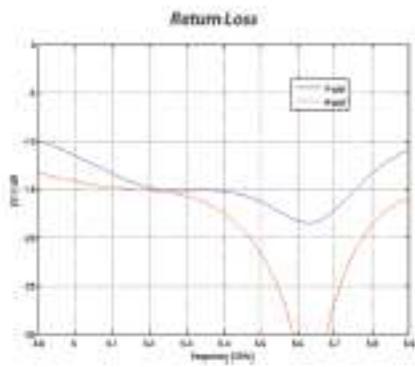
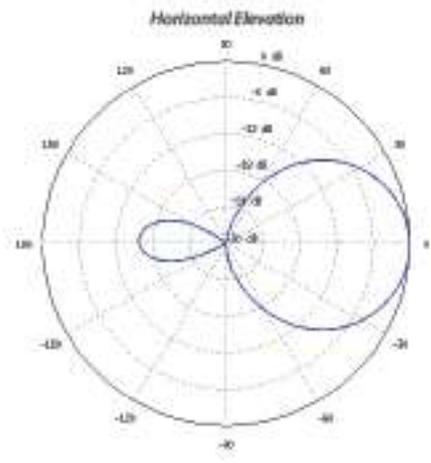
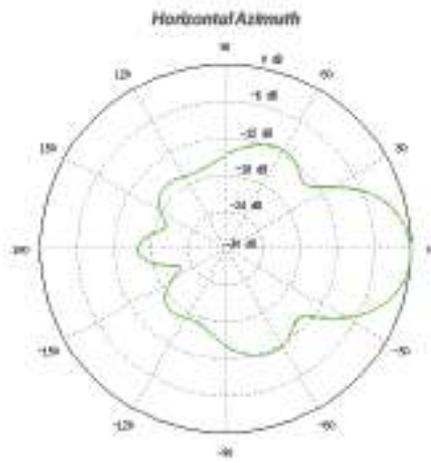
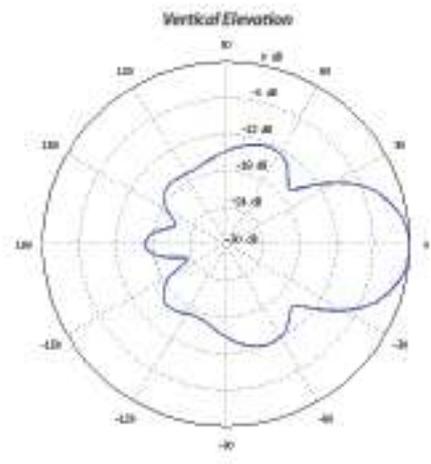
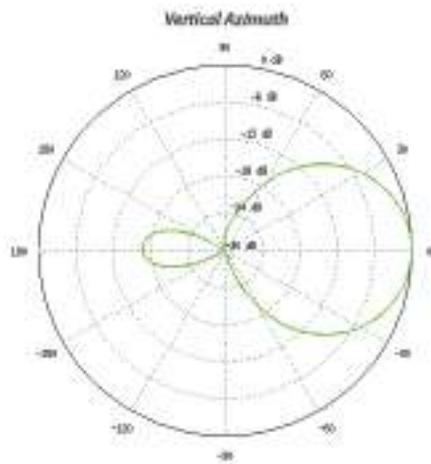


Installation Using the NanoBeam Window Mount

Specifications

NBE-M2-13	
Dimensions	106 x 189 x 125 mm (2.44 x 7.44 x 4.92")
Weight	0.530 kg (1.17 lb)
Power Supply	24V, 0.5A PoE
Max. Power Consumption	9W
Operating Frequency	2405 - 2475 MHz
Gain	13 dB
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Processor Spec	Athlon™ MP5240, 500 MHz
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (8) WLAN
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels
Channel Size	5W/10/20/30MHz
Polarization	Dual Linear
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting	Pole-Mount (Kit Included), Wall-Mount
Wind Loading	45.4 N @ 3.00 acft/s (10.2 lbf @ 1.25 mph)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
ESD/EMP Protection	Alt. ± 24 kV Contact ± 24 kV
Operating Temperature	-40 to 60° C (-40 to 170° F)
Operating Humidity	5 to 90% Noncondensing
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes
Salt Fog Test	IEC 60-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-883C Method 506.5
Vibration Test	IEC 60-2-6
Temperature Shock Test	IEC 60-2-14
UV Test	IEC 60-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-883C Method 506.5

NBE-M2-13 Output Power: 20 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11g	1 - 24 Mbps	26 dBm	± 2 dB	802.11g	1 - 24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-90 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/40MHz	MCS0	26 dBm	± 2 dB	802.11n/40MHz	MCS0	-94 dBm	± 2 dB
	MCS1	26 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-90 dBm	± 2 dB
	MCS3	26 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	25 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	26 dBm	± 2 dB		MCS8	-96 dBm	± 2 dB
	MCS9	26 dBm	± 2 dB		MCS9	-95 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	26 dBm	± 2 dB		MCS11	-90 dBm	± 2 dB
	MCS12	25 dBm	± 2 dB		MCS12	-86 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-83 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-77 dBm	± 2 dB
MCS15	22 dBm	± 2 dB	MCS15	-74 dBm	± 2 dB		

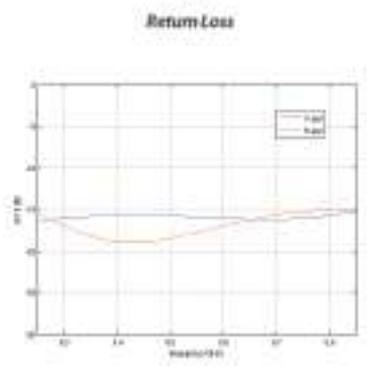
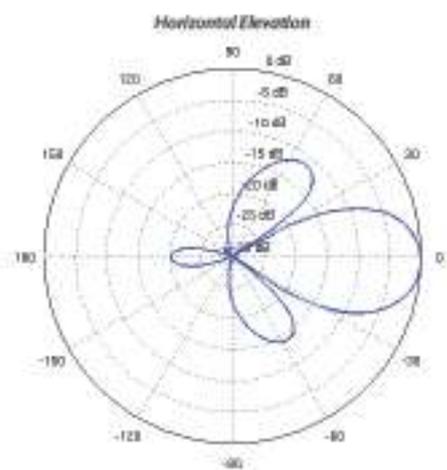
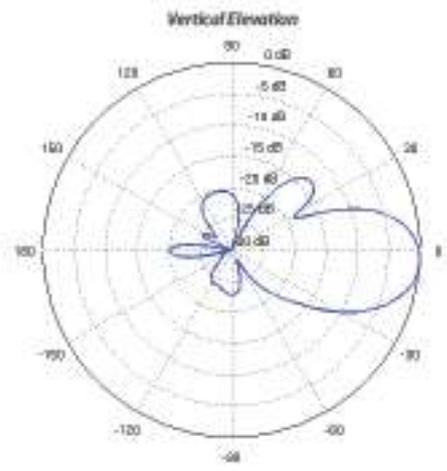
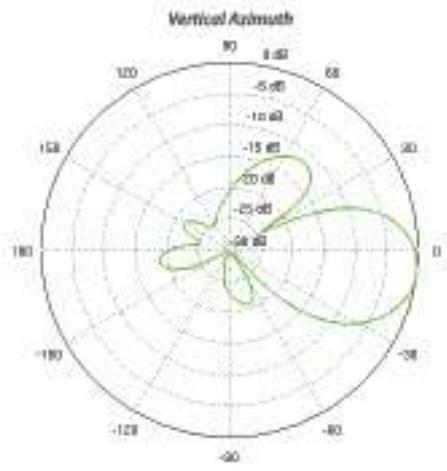


Specifications

NBE-M5-16					
Dimensions	140 x 140 x 54 mm (5.51 x 5.51 x 2.127")				
Weight	0.320 kg (0.71 lb)				
Power Supply	3AC 0.5A PoE				
Max. Power Consumption	6W				
Operating Frequency	Worldwide	USA U-NB-1	USA U-NB-2A	USA U-NB-2C	USA U-NB-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	16 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port				
Processor Specs	Athlon MIPS 24K, 560 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (6) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Size	5MHz/20MHz/40 MHz				
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (Kit Included), Wall-Mount				
Wind Loading	21.4 N @ 300 km/h (4.8 lbf @ 125 mph)				
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
ESD/EMP Protection	Air @ 24 kV Contact @ 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 60-2-11 (ASTM B117), Equivalent MIL-STD-883C Method 509.5				
Vibration Test	IEC 60-2-6				
Temperature Shock Test	IEC 60-2-14				
UV Test	IEC 60-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent MIL-STD-883C Method 506.5				

NBE-M5-16 Output Power: 20 dBm							
Modulation	13 Power Specifications			Modulation	13 Power Specifications		
	Data Rate	Avg. TX	Tolerance		Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11b	1-11 Mbps	20 dBm	± 1 dB	802.11b	1-11 Mbps	-98 dBm @ 60%	± 1 dB
	18 Mbps	20 dBm	± 1 dB		18 Mbps	-95 dBm	± 1 dB
	24 Mbps	20 dBm	± 1 dB		24 Mbps	-92 dBm	± 1 dB
	31 Mbps	20 dBm	± 1 dB		31 Mbps	-89 dBm	± 1 dB
802.11n (MIMO MAX)	MC10	20 dBm	± 1 dB	802.11n (MIMO MAX)	MC10	-95 dBm	± 1 dB
	MC11	20 dBm	± 1 dB		MC11	-92 dBm	± 1 dB
	MC12	20 dBm	± 1 dB		MC12	-89 dBm	± 1 dB
	MC13	20 dBm	± 1 dB		MC13	-86 dBm	± 1 dB
	MC14	20 dBm	± 1 dB		MC14	-83 dBm	± 1 dB
	MC15	20 dBm	± 1 dB		MC15	-80 dBm	± 1 dB
	MC16	20 dBm	± 1 dB		MC16	-77 dBm	± 1 dB
	MC17	20 dBm	± 1 dB		MC17	-74 dBm	± 1 dB
	MC18	20 dBm	± 1 dB		MC18	-71 dBm	± 1 dB
	MC19	20 dBm	± 1 dB		MC19	-68 dBm	± 1 dB
	MC20	20 dBm	± 1 dB		MC20	-65 dBm	± 1 dB
	MC21	20 dBm	± 1 dB		MC21	-62 dBm	± 1 dB
	MC22	24 dBm	± 1 dB		MC22	-59 dBm	± 1 dB
	MC23	20 dBm	± 1 dB		MC23	-56 dBm	± 1 dB
	MC24	20 dBm	± 1 dB		MC24	-53 dBm	± 1 dB
	MC25	20 dBm	± 1 dB		MC25	-50 dBm	± 1 dB

* Some frequencies may require activation; visit <https://www.ubnt.com/fcc/labelrequest>

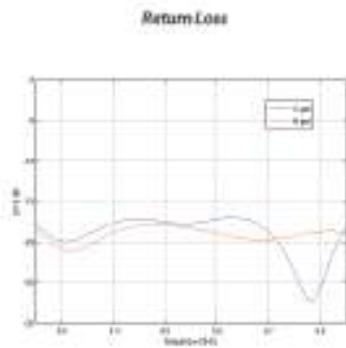
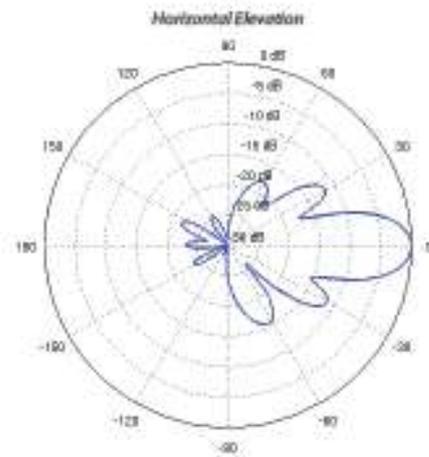
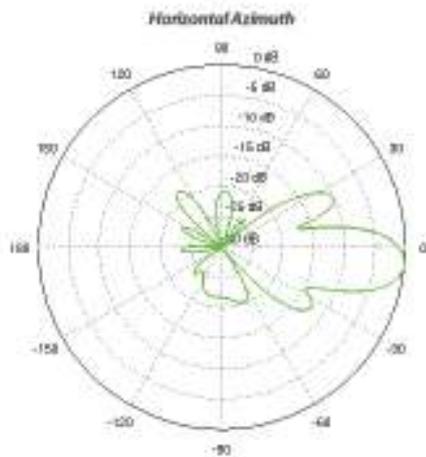
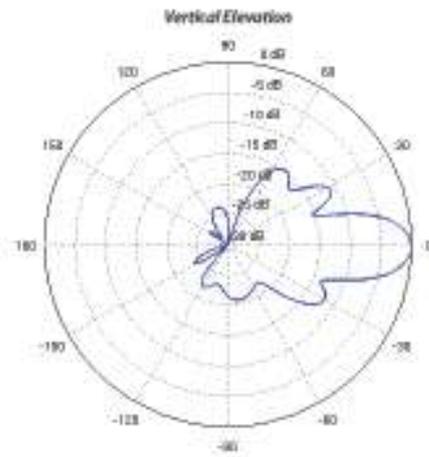
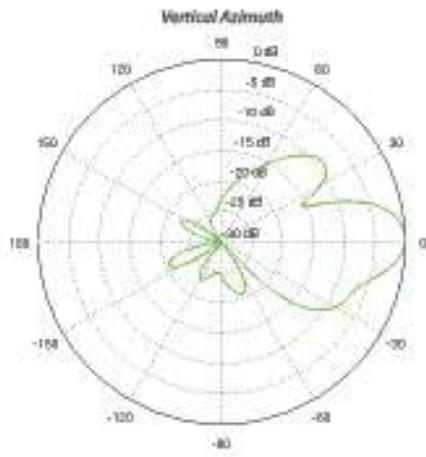


Specifications

NBE-M5-19					
Dimensions	188 x 188 x 125 mm (7.44 x 7.44 x 4.92")				
Weight	0.530 kg (1.17 lb)				
Power Supply	24V, 0.5A PoE				
Max. Power Consumption	8W				
Operating Frequency	Worldwide	USA U-NB-1	USA U-NB-2A	USA U-NB-2C	USA U-NB-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	19 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port				
Processor Specs.	Athlon MP5 740; 560 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Size	5W/100/20/40 MHz				
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (B) Included, Wall-Mount				
Wind Loading	65.4 N @ 100 km/h (10.2 lbf @ 1.25 mph)				
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 14 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 60-2-11 (ASTM B117), Equivalent MIL-STD-883C Method 506.5				
Vibration Test	IEC 60-2-6				
Temperature Shock Test	IEC 60-2-14				
UV Test	IEC 60-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent MIL-STD-883C Method 506.5				

NBE-M5-19 Output Power: 26 dBm							
Modulation	11 Power Specifications			Modulation	80 Power Specifications		
	Data Rate	Avg. TX	Tolerance		Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11b	5 - 24 Mbps	26 dBm	± 2 dB	802.11g	5 - 24 Mbps	-64 dBm @ 5m	± 2 dB
	18 Mbps	25 dBm	± 2 dB		18 Mbps	-60 dBm	± 2 dB
	18 Mbps	24 dBm	± 2 dB		18 Mbps	-71 dBm	± 2 dB
	24 Mbps	23 dBm	± 2 dB		24 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n (MIMO) MAX	MCS0	26 dBm	± 2 dB	802.11n (MIMO) MAX	MCS0	-64 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-61 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-61 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	-60 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	-60 dBm	± 2 dB
	MCS5	23 dBm	± 2 dB		MCS5	-61 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	23 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	26 dBm	± 2 dB		MCS8	-61 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-61 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-60 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-61 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-64 dBm	± 2 dB
	MCS13	23 dBm	± 2 dB		MCS13	-70 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-70 dBm	± 2 dB
	MCS15	23 dBm	± 2 dB		MCS15	-71 dBm	± 2 dB

* Some frequencies may require activation; visit <http://www.usbt.com/nb26dbmrequest>



Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at www.ubnt.com/warranty. ©2015 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti logo, the Ubiquiti Networks logo, airControl, airMAX, airOS, airPlus, NanoBeam, and NanoBeam M are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks, Inc. in the United States and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.



Anexo F: Datasheet SXT Lite5. Antena cliente utilizada con IEEE 802.11 a.



SXT Lite5

Our best price/performance 5GHz CPE. The SXT Lite5 (product code RBSXT5nDr2), 5GHz 16dBi integrated antenna with 600MHz CPU, 64MB RAM and RouterOS L3 installed.

SXT Lite5 is a low cost, high transmit power 5GHz outdoor wireless device. It can be used for point to point links or as a CPE for point to multipoint installations.

Model	RBSXT5nDr2
CPU	Atheros AR9344 600MHz CPU
Memory	64MB DDR2 SDRAM onboard memory
Ethernet	One 10/100 Ethernet port, L2MTU frame size up to 4096
Wireless cards	Onboard dual chain 5GHz 802.11a/h Atheros wireless module; 10kV ESD protection on each RF port
Extras	Reset switch, buzzer
LEDs	Power LED, Ethernet LED, 5 wireless signal LED
Power options	Power over Ethernet: 8-30V DC Packaged with 24V DC 0.36A power adapter and passive PoE injector
Dimensions	140x140x56mm. Weight without packaging, adapters and cables: 265g
Power consumption	Up to 6W
Operating Temp	-30C . . +50C
OS	MikroTik RouterOS, Linux license
Package contains	one SXT Lite5 unit, PoE injector, 24V power adapter, mounting bracket, metallic mounting loop
Certifications	FCC, CE, RoHS

Antenna	Dual polarization 5GHz antenna, 16dBi, -35 dB port to port isolation
RX sensitivity	802.11a: -95 dBm @ 6Mbps to -80 dBm @ 54 Mbps 802.11n: -95 dBm @ MCS0 20MHz to -77 dBm @ MCS7 40MHz
TX power	802.11a: 27dBm @ 6Mbps to 23dBm @ 54 Mbps 802.11n: 27dBm @ MCS0/6 to 23dBm @ MCS7/15
Modulations	OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM DSSS: DSSS, DQPSK, CCK

Anexo G: Presupuesto

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
4	Rocket M5	150	600
2	Dish 30 dBi	300	600
2	Dina Dish 5 GHz	189	378
2	BaseBox 5	131	262
4	Antena sectorial AM-5G20-90	247	988
6	Antena cliente SXT Lite5	75	450
4	Antena cliente NanoBeam 19 dBi	95	380
2	Switch Gigabit 16 puertos 10/100/1000 Mbps	100	200
1	Rollo de cable para exteriores Cat 6	185	185
100	Conectores Rj-45 Cat 6 blindados	0,45	45
		SUBTOTAL	4088
		IVA 12%	4578,56
		IMPREVISTOS	
		5%	228,93
		TOTAL	4807,49