



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS TÉCNICAS
MIMO Y BEAMFLEX PARA DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA
PARA EL CAMPUS NORTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CHIMBORAZO**

**Trabajo de Titulación para optar al título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

Autor:

Merino Lluay, Bryan Adrián

Tutor:

Mgs. Alejandra del Pilar Pozo Jara.

Riobamba, Ecuador. 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **Bryan Adrián Merino Luay**, con cédula de ciudadanía **0604060152**, autor del trabajo de investigación titulado: **ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS TÉCNICAS MIMO Y BEAMFLEX PARA DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL CAMPUS NORTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 24 de agosto de 2022.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Bryan Merino', is written over a horizontal line.

Bryan Adrián Merino Luay
C.I: 0604060152

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS TÉCNICAS MIMO Y BEAMFLEX PARA DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL CAMPUS NORTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**, presentado por **Bryan Adrián Merino Luay**, con cédula de identidad número **0604060152**, certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 24 de agosto de 2022.

PhD. Luis Patricio Tello Oquendo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma

Mgs. José Luis Jinez Tapia
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma

Dr. Klever Hernán Torres Rodríguez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma

Mgs. Alejandra del Pilar Pozo Jara
TUTOR


Firma


Bryan Adrián Merino Luay
C.I: 0604060152

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

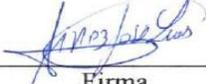
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS TÉCNICAS MIMO Y BEAMFLEX PARA DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL CAMPUS NORTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**, presentado por **Bryan Adrián Merino Luay**, con cédula de identidad número 0604060152, bajo la tutoría de **Mgs. Alejandra del Pilar Pozo Jara**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 24 de agosto de 2022.

PhD. Luis Patricio Tello Oquendo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma

Mgs. José Luis Jinez Tapia
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma

Dr. Klever Hernán Torres Rodríguez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.2C
VERSIÓN 02: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **MERINO LLUAY BRYAN ADRIÁN** con CC: **0604060152**, estudiante de la Carrera **INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS TÉCNICAS MIMO Y BEAMFLEX PARA DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL CAMPUS NORTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**", cumple con el **7%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 22 de agosto de 2022

Mgs. Alejandra Pozo
TUTOR(A) TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación va dedicado a Dios por darme fuerza y salud para cumplir mis sueños. A la memoria de mi abuelita, que con su ejemplo, me enseñó que a pesar de las adversidades siempre se puede salir adelante; allá en el cielo te amo infinito mami Rosi. A mis padres, Nelson y Anita quienes han sido mi motor y motivo para no decaer en este sueño profesional y siempre fueron mis guías en este largo caminar. A mi hermano Steven quien es mi mayor orgullo e inspiración.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de disfrutar este momento en compañía de todos mis seres queridos. A mis padres que con su amor y su apoyo estuvieron acompañándome en todo momento, inclusive en los días donde sentía que ya no podía más, este triunfo también es de ustedes.

Mi gratitud eterna a todos los docentes que pude conocer en toda mi carrera universitaria, gracias por sus enseñanzas y consejos impartidos. De manera especial mi agradecimiento a mi estimada tutora. Mgs. Alejandra Pozo, por su apoyo incondicional y sus conocimientos brindados en el desarrollo de esta investigación, además al Ing. Daniel Haro por creer en mí y ayudarme al inicio de este proyecto.

Finalmente, agradezco a todos mis amigos que mi UNACH me permitió conocer, tantos momentos vividos, buenos y malos, hoy los llevo en mi memoria como uno de los mejores recuerdos, también a Lizbeth Carolina que de una u otra manera ha estado acompañándome a lo largo del desarrollo de esta investigación. Gracias por quedarte cuando menos lo esperaba, pero más necesitaba.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	15
Capítulo I	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Justificación.....	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo General.....	19
1.3.2. Objetivos Específicos.....	19
Capítulo II.....	20
2.1. Marco teórico	20
2.1.1. Estado del arte.....	20
2.2. Fundamentación teórica	22
2.2.1. Introducción a las redes inalámbricas	22
2.2.2. Redes inalámbricas	22
2.2.3. Elementos Básicos de una red WLAN.....	23
2.2.4. Tecnología BEAMFLEX	27
2.2.5. Tecnología MIMO	30
Capítulo III.....	32
3.1. Metodología	32
3.2. Tipo de Investigación.....	32

3.2.1.	Enfoque de la investigación	32
3.2.2.	Alcance de la investigación	33
3.2.3.	Diseño de la Investigación	33
3.3.	Técnicas de recolección de datos	33
3.4.	Población del estudio y tamaño de la muestra	34
3.4.1.	Población.....	34
3.4.2.	Muestra	34
3.4.3.	Operacionalización de las variables.....	34
3.5.	Hipótesis Inductiva.....	35
3.6.	Métodos de análisis	35
3.7.	Procesamiento de datos	35
3.7.1.	Técnicas	35
3.7.2.	Instrumento	35
Capítulo IV	36
4.1.	Resultados y Discusión	36
4.2.	Hipótesis Nula (H0).....	36
4.3.	Hipótesis alternativa (H1)	37
Capítulo V	39
5.1.	Conclusiones y Recomendaciones	39
5.1.1.	Conclusiones:.....	39

5.1.2. Recomendaciones	41
Bibliografía	49
ANEXO I	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa WLAN vs LAN.....	23
Tabla 2 Operacionalización de las variables.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modem/Router.....	24
Figura 2. Wireless Router	25
Figura 3. Access Point	25
Figura 4. Tarjeta de Red	26
Figura 5 Antena	27
Figura 6. Matriz de antenas inteligentes BEAMFLEX.....	29
Figura 7. Algoritmo de evitación de interferencias BEAMFLEX.....	30
Figura 8. Esquema del sistema MIMO	31
Figura 9 Prueba T	38
Figura 10. Campus Norte.....	40
Figura 11. Campus La Dolorosa.....	42
Figura 12. Educación técnica PB-Coliseo	43
Figura 13. Psicología.	44
Figura 14. Teatro.....	45
Figura 15. Teatro.....	46
Figura 16. Ciencias Políticas	47
Figura 17. Educación Técnica	48
Figura 18 Datos Campus Norte	52
Figura 19 Datos Campus la Dolorosa.....	52

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo estudiar y evaluar el rendimiento de las tecnologías inalámbricas MIMO y BEAMFLEX instaladas en la Universidad Nacional de Chimborazo campus Norte y campus La Dolorosa respectivamente, con datos facilitados por la Universidad se procede a realizar un estudio partiendo de tres parámetros de rendimiento (canal, cliente y ruido), dichos datos se van a obtener de los puntos de acceso que se utiliza en las horas denominadas pico, que determinan el tráfico de red, una vez obtenido los datos para cada parámetro expuesto anteriormente nos permitirá conocer el estado actual de las tecnologías implementadas en los diferentes campus de la Universidad y a su vez diseñar una propuesta de solución inalámbrica para las nuevas edificaciones del campus Norte, por ende se recomienda el uso de la tecnología MIMO ya que es una de las tecnologías prometedoras de quinta generación (5G), que pueden brindar eficiencias espectrales y de potencia muy altas, de acuerdo al estudio realizado para poder contar con un sistema Inalámbrico Inteligente de manera eficiente y eficaz.

Para realizar la comparación de los parámetros, se emplea el software SPSS, que realiza una comparación entre las dos tecnologías, para cuando se realice la implementación se cumplan los objetivos para la administración y control del sistema de la red inalámbrica y de esta manera las futuras implementaciones garantizarán una óptima funcionalidad para los dispositivos móviles y fijos que cuenten con tarjeta inalámbrica, con total seguridad sin presentar problema alguno y den una administración y control eficiente.

Palabras claves: MIMO, BEAMFLEX, SOFTWARE, SPSS

ABSTRACT

The current research project aims to study and evaluate the performance of the MIMO and BEAMFLEX wireless technologies installed at the National University of Chimborazo, north and La Dolorosa campuses respectively, with data provided by the University, a study is carried out based on three parameters of performance (channel, client and noise), these data will be obtained from the APs that have the highest user in the so-called peak hours that determine network traffic, once the data for each parameter exposed above has been obtained, it will allow us to know the current status of the technologies implemented in the different campuses of the University and in turn design a proposal for a wireless solution for the new buildings of the North campus, the use of MIMO technology is recommended since it is one of the promising technologies of fifth generation (5G), that can provide very high spectral and power efficiencies, according to the study carried out to be able to count on an Intelligent Wireless system in an efficient and effective way.

To make the comparison of the parameters, the SPSS software is used, which makes a comparison between the two technologies so that when the implementation is carried out, the objectives for the administration and control of the wireless network system are met and, in this way, future implementations will guarantee optimal functionality for mobile and fixed devices that have a wireless card, with total security without presenting any problem and provide efficient administration and control.

Keywords: MIMO, BEAMFLEX, SOFTWARE, SPSS

Reviewed by:



Escrito e detectado con el software
MISHELL
GABRIELA SALAO
ESPINOZA

Lic. Mishell Salao Espinoza
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0650151566

Introducción

Las redes de internet fueron creadas con el objetivo de intercambiar datos e información de un punto a otro, conforme han ido avanzando los años dichas redes han tenido que aumentar su capacidad y su alcance, debido a ello existen distintos tipos de redes tales como: LAN, MAN, WAN, GAN [1]. La Universidad Nacional de Chimborazo dispone de una red troncal que interconecta los distintos campus y sirve para proveer de servicios de internet a todo el personal docente, administrativo y estudiantado que permanece dentro sus instalaciones. La Universidad Nacional de Chimborazo posee dos enlaces con equipos NOKIA y CISCO de 10GB Y 1GB de velocidad respectivamente, en el campus Norte “Ms. Edison Riera R.” se encuentran conectados mediante un firewall de tipo virtual, mientras que en el campus sur “La Dolorosa” los enlaces se encuentran conectados a un firewall de tipo físico, posteriormente estos van conectados a un switch core, mismo que conecta a una controladora WLAN (del inglés Wireless Local Área Network) que permite monitorear y controlar todas las redes LAN de sus respectivas instalaciones [2].

Las controladoras WLAN gestionan todos los Puntos de Acceso (del inglés Access Point) de la institución, en el campus Norte estos APs cuentan con tecnología MIMO (Múltiples Entradas y Múltiples Salidas), entre sus ventajas está su velocidad de datos, cobertura y fiabilidad de las señales, no obstante, su capacidad de clientes es muy reducido (máximo 40 usuarios) y el costo económico es bastante elevado comparado con otros equipos de diferentes tecnologías que ofrecen el mismo servicio [3]. Para el campus La Dolorosa se cuenta con APs que utilizan una tecnología relativamente nueva, llamada BEAMFLEX, la cual posee características mejoradas en cuanto a rendimiento y alcance, además de una mayor capacidad de clientes a un costo relativamente bajo.

Por lo anteriormente expuesto, se pretende realizar una evaluación del rendimiento de las tecnologías MIMO y BEAMFLEX que determine la mejor solución inalámbrica en base a su

costo-beneficio para así optimizar el acceso a internet, mejorar la calidad de servicio y experiencia del usuario en las futuras implementaciones a realizarse en la Universidad Nacional de Chimborazo campus Norte. Además, el presente proyecto pretende contribuir con la investigación tecnológica de las redes inalámbricas enfocado a los de servicios de acceso a Internet.

Capítulo I

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad la mayoría de las autoridades, docentes, trabajadores y estudiantes que acuden a la Universidad Nacional de Chimborazo cuentan con al menos un dispositivo electrónico, mismo que utilizan para realizar diferentes actividades como conferencias, descarga de archivos, uso de la plataforma Moodle y SICOA, además para la navegación de redes sociales. Las nuevas tecnologías inalámbricas poseen características mejoradas en relación con las tecnologías convencionales, la institución cuenta con dos tecnologías inalámbricas una convencional llamada MIMO y otra relativamente nueva llamada BEAMFLEX.

Puesto que la tecnología MIMO (Multiple Input Multiple Output) está vinculada al estándar IEEE 802.11n (WIFI 4), posee características como el uso de múltiples antenas en cada extremo con el fin de minimizar los errores y mejorar la velocidad de transmisión de los datos, permitiendo aprovechar los rebotes de la señal inalámbrica, esto lo hace para mejorar la señal inalámbrica y que los rebotes no sean perjudiciales para la conexión, por lo tanto esta recorre diferentes caminos para llegar a su destino, esto se consigue a través de un desfase de la misma. Por esta razón la mayoría de APs en el mercado tienen esta tecnología para mejorar la calidad de conexión, mejor velocidad y estabilidad [4].

De manera que la tecnología BEAMFLEX denominada relativamente nueva y patentada por Ruckus Networks provee un sistema de antenas inteligentes que mediante algoritmos controla eléctricamente a las antenas para tener una mayor cobertura en ambientes de alta densidad de conexión WIFI. Por lo tanto, los lóbulos de radiación son más dinámicos con los dispositivos conectados al punto de acceso (AP) y la tecnología BEAMFLEX tiene compatibilidad con estándares 802.11 a/b/n/ac/ax. Por consiguiente, dado al óptimo uso de la radiación y propagación

de la señal permite cubrir áreas de forma eficiente en cualquier entorno, reduciendo interferencias y facilitando una conexión de calidad óptima de hasta 100 usuarios con un costo relativamente bajo comparado con las tecnologías existentes [5].

La relevancia de este proyecto conlleva el análisis de ambas tecnologías en entornos diferentes, dado que la Universidad Nacional de Chimborazo utiliza los dos tipos de tecnologías en diferentes campus, se estudiará canales, clientes y ruido. Como antecedente en la Universidad Nacional de Chimborazo se pretendía usar equipos cisco para todos sus campus, pero por la infraestructura del Campus la Dolorosa, por su construcción antigua y paredes gruesas se tuvo que cambiar a equipos Ruckus, por lo que en el proyecto se explicará los entornos en los que se debe usar cada una de las tecnologías, para así seleccionar la mejor y poder realizar el diseño de una propuesta para las futuras edificaciones de la institución y brindar un servicio adecuado a los usuarios de conexión WIFI de la Universidad Nacional de Chimborazo campus Norte.

1.2. Justificación

En la Universidad Nacional de Chimborazo se encuentran instaladas tecnologías de red inalámbrica MIMO y BEAMFLEX en los campus Norte y La Dolorosa, cada tecnología cuenta con parámetros de rendimiento distintos, lo que conlleva a tener un nivel de conectividad variable la una de la otra. La presente investigación pretende analizar en específico el parámetro del ruido sobre las tecnologías de red inalámbrica instaladas en la Universidad Nacional de Chimborazo campus Norte y campus La Dolorosa, a partir de datos facilitados por los puntos de acceso.

El punto de partida es una comparación de parámetros de las tecnologías inalámbricas MIMO y BEAMFLEX instaladas en los campus, una vez finalizada la investigación y realizadas las evaluaciones correspondientes a cada red inalámbrica, se permitirá proporcionar un mejor servicio de conexión a las autoridades, docentes y alumnos para que puedan realizar sus

actividades con total normalidad y las plataformas de comunicación e información no presenten inconvenientes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el rendimiento de las tecnologías MIMO y BEAMFLEX para determinar la mejor solución inalámbrica para la Universidad Nacional de Chimborazo campus Norte.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Estudiar el estado del arte de las tecnologías de redes inalámbricas instaladas en la Universidad Nacional de Chimborazo.
- Comparar y evaluar las tecnologías MIMO y BEAMFLEX en la red inalámbrica de la Universidad Nacional de Chimborazo utilizando parámetros de canales, clientes y ruido.
- Diseñar una propuesta de solución inalámbrica orientada a cubrir los requerimientos y características de tráfico de las nuevas edificaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo campus Norte.

Capítulo II

2.1. Marco teórico

2.1.1. Estado del arte

El artículo de investigación “A Survey on Massive MIMO Systems in Presence of Channel and Hardware Impairments” de [6] , indica que la tecnología Massive Multiple Input Multiple Output (MIMO) es una de las tecnologías prometedoras para las comunicaciones celulares de quinta generación (5G). En esta técnica, cada celda tiene una estación base (BS) con una gran cantidad de antenas, lo que permite el uso simultáneo de los mismos recursos (por ejemplo, frecuencia y/o franjas horarias) por parte de múltiples usuarios de una celda. Por lo tanto, los sistemas MIMO masivos pueden brindar eficiencias espectrales y de potencia muy altas. Sin embargo, esta tecnología enfrenta algunos problemas importantes que deben abordarse. Uno de estos problemas es la degradación del rendimiento debido a las deficiencias del hardware, ya que es necesario emplear cadenas de radio frecuencia (RF) de bajo costo. Otro problema es la estimación del canal y los efectos del envejecimiento, especialmente en entornos de movilidad rápida.

En el documento citado “Sobre la capacidad alcanzable de los sistemas MIMO-OFDM en el entorno del laboratorio de cateterismo” por [7], se expone que la importancia de la tecnología MIMO en la medicina hace énfasis en la evolución de las comunicaciones digitales, aprovechando las aplicaciones médicas. En ese contexto, las comunicaciones inalámbricas son preferibles a las comunicaciones por cable, ya que facilitan el trabajo de los técnicos de salud al reducir el cableado en las camillas. Sin embargo, el uso de comunicaciones inalámbricas es un desafío, especialmente cuando se requieren velocidades de datos altas y latencias bajas. En esos escenarios, las técnicas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) podrían tener un papel importante, gracias a las

ganancias de alta capacidad que pueden exhibir, que idealmente aumentan con el tamaño de MIMO.

Debido al alto aporte que tiene en la medicina, en el documento titulado “Antena MIMO de cuatro elementos de bajo perfil y poco espaciados para redes inalámbricas de área corporal”, [8] propone una antena compacta de cuatro elementos, múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO) para aplicaciones médicas que operan en la banda ISM de 2,4 GHz. El diseño MIMO propuesto ocupa un volumen total de 26 mm×26mm×0,8 mm. Esta antena exhibe una buena adaptación de impedancia a la frecuencia de operación de la banda ISM, cuyos atributos de desempeño incluyen: aislamiento alrededor de 25 dB, coeficiente de correlación de envolvente (ECC) menor a 0.02, pérdida de capacidad de canal promedio (CCL) menor a 0.3 bits/s/ Hz y ganancia de diversidad (DG) de alrededor de 10 dB. La ganancia pico media realizada de la antena MIMO de cuatro elementos es de 2,4 dBi con más del 77 % de eficiencia de radiación en la frecuencia de interés (ISM 2,4 GHz). El volumen compacto y el ancho de banda adecuado, así como la buena ganancia lograda, hacen de esta antena un fuerte candidato para aplicaciones portátiles biomédicas.

Carlos Alfredo Solórzano Ramón [9], en su documento de titulación expresa, que la tecnología BEAMFLEX permite a la red obtener un mayor alcance, para la selección de un diseño de una red WLAN óptima que utiliza 3 métodos de análisis:

El método Descriptivo, mediante el cual permite determinar las falencias que tienen las redes WLAN, con lo cual se establece la mala propagación de esta red.

El método Analítico, donde se va a recopilar toda la información de la red del Centro turístico, hotelero y vacacional.

El método Empírico, ya que, con el conocimiento adquirido durante nuestra formación académica y mediante la utilización del simulador, se proyecta el resultado y ver nuestro diseño optimizado.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Introducción a las redes inalámbricas

Se denomina comunicación inalámbrica a la red que se lleva a cabo sin el uso de cables para la interconexión entre los usuarios; por ejemplo, un intercambio de información con dispositivo móvil por medio de bluetooth que es transmisión de datos inalámbrica, mientras que una comunicación que se lleva a cabo con teléfono fijo tradicional no lo es, de manera que una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar dispositivos mediante tecnología inalámbrica, ondas de Radio o Luz Infrarroja, por tal razón las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde los dispositivos no pueden permanecer en un solo lugar o necesitan de una punto de conexión [10].

Por consiguiente, las redes inalámbricas son asociadas generalmente, a redes de transmisión de datos, en donde anteriormente se utilizaban redes cableadas o de fibra óptica. Las redes inalámbricas que utilizan el estándar IEEE 802.11 tienen una importante ventaja y es que no se necesita licencia de uso y esto ha producido una gran implantación e innovación de las tecnologías inalámbricas, pero a consecuencia de este libre uso de la banda frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz (Wi-Fi, Bluetooth, RFID, etc.) también surge un inconveniente y es que esta banda es utilizada por distintas tecnologías donde pueden producir problemas de interferencias [11].

2.2.2. Redes inalámbricas

Se define a una red inalámbrica como la agrupación de equipos y otros dispositivos interconectados entre sí por enlaces de radio. Esta red utiliza ondas electromagnéticas o enlaces de

radio las cuales se propagan por el espacio y así permiten establecer una comunicación por consiguiente se descarta la utilización de un medio físico de propagación, en las redes inalámbricas el envío y recepción de información se realiza por medio de antenas. Estas redes tienen un campo de aplicación extenso como es en la emisión de señales de televisión, redes de sensores, telefonía, domótica, etc. [12]

2.2.2.1. Ventajas de las redes inalámbricas. Presentan ciertas ventajas frente a las redes LAN o cableadas y se constituyen como una extensión de estas, con el aporte de ciertas ventajas. En la tabla 2.1 se detalla parámetros de rendimiento de cada red inalámbrica, de acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que las redes LAN tienen mejor rendimiento en lo que se refiere a escalabilidad, seguridad y demanda, sin embargo, su costo de instalación es elevado [13].

Tabla 1
Comparativa WLAN vs LAN

PARÁMETROS	WLAN	LAN
Velocidad de transmisión	11 Mbps 54 Mbps	10/100 Mbps
Costo de instalación	Baja	Alto
Movilidad	Si	No
Flexibilidad	Muy Alta	Baja
Escalabilidad	Alta	Muy Alta
Seguridad	Media	Alta
Demanda	Alta	Muy Alta
Configuración e instalación	Fácil	Compleja
Coste de expansión	Bajo	Alto
Licencia	No Regulado	No

Fuente: [13]

2.2.3. Elementos Básicos de una red WLAN

Para la creación de una WLAN con interoperabilidad de un usuario inalámbrico se deben seguir cinco tipos de componentes que son: Modem/Routers ADSL, enrutadores inalámbricos,

puntos de acceso, tarjetas de red inalámbricas y antenas, con el propósito de compartir los recursos necesarios para el usuario y facilitar la comunicación entre personas o procesos industriales garantizando el acceso único y universal a la información [14].

2.2.3.1. Modem/Routers ADSL-Cable. Es el dispositivo para implementar redes inalámbricas como WLAN's, ya que reúne en un solo equipo un Modem ADSL o Cable por el cual se puede acceder a un servicio de Internet de banda ancha por medio de un distribuidor autorizado de servicio y con el Router como punto de acceso se puede configurar una LAN inalámbrica segura y administrar sus usuarios [14].

Figura 1.
Modem/Router



Fuente: [14]

2.2.3.2. Wireless Routers (enrutadores inalámbricos). Es un dispositivo que realiza las funciones de un enrutador, incluyendo las funciones de un punto de acceso inalámbrico. No se requiere un enlace por cable, puesto que la conexión se realiza de manera inalámbrica, a través de ondas. Puede funcionar con LAN cableada (local area network), con una LAN inalámbrica (WLAN), o con una red mixta cableada/inalámbrica, dependiendo del fabricante y el modelo. Con un enrutador inalámbrico se puede conectar equipos a la red usando señales de radio sin la necesidad de cables [15].

Figura 2.
Wireless Router



Fuente: [15]

2.2.3.3. APs (“Access Point”). Reciben información de diferentes dispositivos por medio de ondas de radio frecuencia (RF) y la trasmite a través del cable Ethernet al servidor de la red LAN o viceversa (ver figura 2.18). Los AP’s además de ser la puerta de entrada a la red inalámbrica también funciona como puente ya que tiene una dirección IP asignada para poder ser configurado [11].

Figura 3.
Access Point



Fuente: [15]

2.2.3.4. Tarjeta de red. Dispositivo que permite comunicar nuestro computador de escritorio a internet y se lo denomina tarjeta de red (véase figura 2.19). Para las redes a

través de cables se pueden hacer uso de una tarjeta Ethernet 10/100/1000 mediante un cable UTP de par trenzado. Este cable debe tener como conector un elemento RJ45 para conectarse a la tarjeta. A su vez existen tarjetas de red inalámbricas para evitar el uso de cables y conectores, se las realiza mediante ondas electromagnéticas [16].

Figura 4.
Tarjeta de Red



Fuente: [16]

2.2.3.5. Antenas. Las Antenas son las partes de los sistemas de telecomunicación específicamente diseñadas para radiar o recibir ondas electromagnéticas. También se pueden definir como los dispositivos que adaptan las ondas guiadas, que se transmiten por conductores o guías, a las ondas que se propagan en el espacio libre. Los sistemas de Comunicaciones utilizan antenas para realizar enlaces punto a punto, difundir señales de televisión o radio, o bien transmitir o recibir señales en equipos portátiles [17].

Figura 5
Antena



Fuente: [15]

2.2.4. Tecnología BEAMFLEX

BEAMFLEX consiste en una matriz de antenas inteligente y compacta con múltiples elementos que se pueden combinar en tiempo real para formar patrones de antena únicos. Adicionalmente, el software avanzado del sistema BEAMFLEX aprende continuamente el entorno con todas sus hostilidades y fuentes de interferencia, incluidas las condiciones de RF disruptivas, numerosos dispositivos de comunicación, problemas de rendimiento de la red y flujos de aplicaciones, luego selecciona el patrón de antena óptimo para cada dispositivo de comunicación en tiempo real, mientras evita activamente la interferencia y minimiza el ruido a las redes y dispositivos cercanos [18].

2.2.4.1. Características de BEAMFLEX. A continuación, se detallan parámetros a considerar para la elección de una red inalámbrica.

- Aumento de 3 veces en rendimiento y alcance.
- Rendimiento de red inalámbrica estabilizada para transmisión de video y comunicaciones de voz nítidas.
- Eficiencia energética maximizada.
- Mitigación de interferencias.
- Múltiples elementos direccionales de alta ganancia.

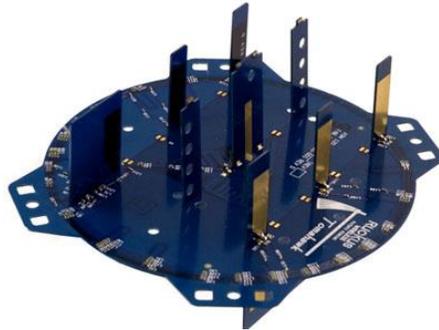
- Sistema experto en optimización en tiempo real.
- De cientos a miles de patrones de haz controlados por software.
- Compatible con redes 802.11a / b / g / n.
- Aprendizaje continuo basado en entradas de las capas de red 0 a 7.
- Gestión de políticas de transmisión y reconfiguración de antena sobre la marcha por paquete, por flujo y por dispositivo receptor.
- Ganancia de señal de hasta 9 dBi y mitigación de interferencia de 17 dB [18].

2.2.4.2. Beneficios de BEAMFLEX. Se exponen parámetros con los que cuenta la red inalámbrica BEAMFLEX y puntos a favor al momento de realizar una elección de red inalámbrica.

- Menos AP llegan más lejos al tiempo que brindan una conectividad de cliente más confiable.
- Sistema de antena de dirección de haz con recuperación y optimización automáticas probado en más de 1 millón de instalaciones.
- Mitiga la interferencia en un entorno de AP y cliente de alta densidad.
- Extiende el alcance y la cobertura de Wi-Fi al enfocar las señales de Wi-Fi hacia el cliente.
- Maximiza el rendimiento de AP y del cliente.
- Elimina los puntos muertos [18].

2.2.4.3. Antenas inteligentes. BEAMFLEX [18], considera que un sistema de antenas ágil con múltiples elementos de antena direccional de alta ganancia, se pueden combinar en tiempo real para ofrecer un aumento exponencial en el orden de diversidad y con un número N de elementos de antena direccional de alta ganancia, de igual manera un conjunto de antenas BEAMFLEX proporciona patrones de radiación únicos $2N-1$ para maximizar el alcance y la cobertura como se muestra en la figura 6. De este modo, un combinador de diversidad compuesto por circuitos controlados por software de bajo costo permite al software BEAMFLEX configurar patrones de antena en tiempo real.

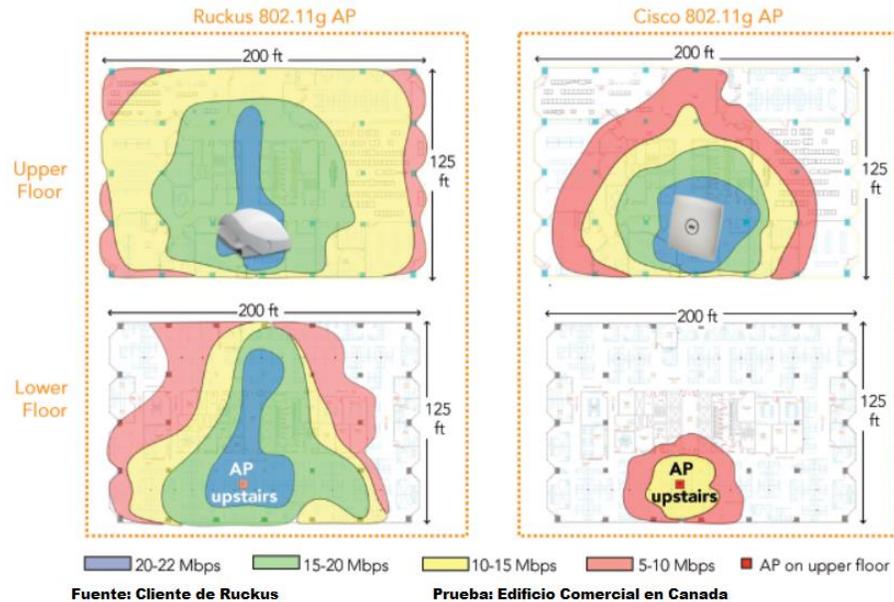
Figura 6.
Matriz de antenas inteligentes BEAMFLEX



Fuente: [18]

2.2.4.4. Cancelación activa de interferencias con BEAMFLEX. Partiendo de las diferencias de las antenas omnidireccionales que irradian señales en todas las direcciones, BEAMFLEX [18], menciona que específicamente la energía de transmisión hacia la mejor ruta y en dirección dispositivo receptor y a diferencia de las antenas direccionales de posición fija, BEAMFLEX configura dinámicamente su haz por estación, por paquete para lograr una cobertura omnidireccional en un hogar. Por consiguiente, al ofrecer lo mejor de ambas tecnologías de antenas, BEAMFLEX maximiza la eficiencia energética al tiempo que minimiza el ruido en las redes y dispositivos cercanos. BEAMFLEX puede seleccionar patrones de antena que desvían la energía de la dirección de la interferencia, atenuando así el ruido a la estación receptora, a continuación, se muestra el poder del algoritmo de evitación de interferencias.

Figura 7.
Algoritmo de evitación de interferencias BEAMFLEX.



Fuente: [18]

2.2.5. Tecnología MIMO

Javier Jiménez [19], comenta que MIMO es el acrónimo de Multiple-input Multiple-output. En español lo podríamos traducir como Múltiple entrada y múltiple salida. Es una tecnología que ayuda a mejorar las redes inalámbricas, ya que permite una mayor cobertura debido a que emitimos señal inalámbrica simultáneamente con varias antenas que tiene el router o punto de acceso WIFI, gracias a MIMO, conseguiremos algo más de cobertura que si solamente tuviéramos una antena.

Otra característica de la tecnología MIMO, es que es capaz de aprovechar los rebotes de la señal Wi-Fi para aumentar la velocidad inalámbrica, evitando que los rebotes de señal sean perjudiciales para la conexión. Gracias a la tecnología MIMO, podremos emitir simultáneamente desde varias antenas y la señal recorre diferentes caminos para llegar al destino, esto se consigue a través de un desfase de señal. Podemos decir que la señal MIMO, no es necesario que nos llegue

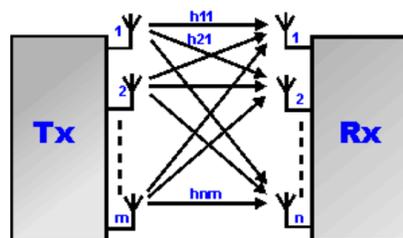
de forma directa, sino que podría llegarnos también al rebotar en paredes o cualquier otro obstáculo. Así, ese rebote lo podemos usar para potenciar el rendimiento WIFI. Sin esta tecnología, esa señal que rebota se destruye y no se puede aprovechar.

La tecnología MIMO está ligada al estándar 802.11n o también conocido como WIFI 4, uno de los grandes avances que supuso este estándar fue la tecnología MIMO, que nos permitirá aumentar el ancho de banda máximo añadiendo dos o más antenas. Hoy en día podemos decir que la gran mayoría de routers son compatibles con MIMO, siempre que sean WIFI 4 o superior, incorporan esta tecnología y permiten optimizar al máximo la señal para lograr una mejor velocidad, estabilidad y calidad de la conexión. Esta tecnología MIMO surgió para ofrecer una mejora considerable en cuanto a la velocidad de transferencia, una cobertura mayor, capacidad de más usuarios conectados y una mayor estabilidad.

MIMO es efectivamente una tecnología de antena de radio, ya que utiliza múltiples antenas en el transmisor y el receptor para permitir una variedad de rutas de señal para transportar los datos, eligiendo rutas separadas para cada antena para permitir el uso de múltiples rutas de señal.

[20]

Figura 8.
Esquema del sistema MIMO



Fuente: [20]

Capítulo III

3.1. Metodología

El objetivo del presente proyecto de investigación es evaluar el rendimiento de las tecnologías inalámbricas MIMO y BEAMFLEX para determinar la mejor solución inalámbrica para la Universidad Nacional de Chimborazo, partiendo de las palabras de Eliana Esther Gallardo Echenique [21], podemos considerar que, metodología es:

El estudio del método o de los métodos, y abarca la justificación y la discusión de su lógica interior, el análisis de los diversos procedimientos concretos que se emplean en las investigaciones y la discusión acerca de sus características y cualidades.

3.2. Tipo de Investigación

La investigación que se va a realizar es de tipo aplicada y práctica, mediante la recopilación de conocimientos y el análisis de los parámetros de rendimiento: canal, cliente y ruido en las tecnologías MIMO y BEAMFLEX ya que los parámetros de: desempeño, cobertura, ancho de banda y jitter no fueron considerados debido a que los dispositivos no facilitaron ese tipo de parámetros al momento de la toma de datos.

Además, los parámetros definidos son de tipo práctico porque se pretende diseñar una propuesta de solución inalámbrica para las futuras edificaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo campus Norte.

3.2.1. Enfoque de la investigación

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo, es decir, de carácter objetivo, ya que se encarga de recopilar, procesar y analizar los datos facilitados por los APs, los resultados exponen parámetros de rendimiento como canal, cliente y ruido en las tecnologías

MIMO y BEAMFLEX, donde se analizará cada uno de éstos para determinar la mejor red inalámbrica e instalar en futuras adecuaciones del campus Norte de la Institución.

3.2.2. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación, tomando en cuenta el objetivo y el grado de conocimiento de los parámetros obtenidos previamente de la Institución, es de tipo explicativo, ya que no solo se realiza una descripción, sino que se explican las razones y causas del por qué cada red inalámbrica arroja ciertos datos en cada uno de sus parámetros. Por el tipo de fuente de donde se adquiere los datos, esta investigación es de tipo documental ya que mediante software se obtiene y se interpreta datos primarios para realizar el análisis respectivo de cada red.

3.2.3. Diseño de la Investigación

La investigación es aplicada, se basa en la comparación de parámetros de rendimiento de la red inalámbrica MIMO y BEAMFLEX con la ayuda del software seleccionado, con el fin de determinar la mejor opción para instalar en futuras adecuaciones de la Institución y de esta manera brindar un mejor servicio al personal docente y alumnado.

3.3. Técnicas de recolección de datos

Medición de Variables: Es la técnica que se utilizará para la recolección de datos necesarios para la realización de este proyecto.

Observación: Es el procedimiento que, a través de diferentes softwares especializados, permitirá realizar la evaluación de los equipos en los que se encuentran instalados las dos tecnologías inalámbricas.

3.4. Población del estudio y tamaño de la muestra

3.4.1. Población

La población de estudio estará compuesta por los datos que se obtendrán respecto a las variables de: canal, cliente y ruido, producidas por las tecnologías MIMO y BEAMFLEX.

3.4.2. Muestra

Se tomará una muestra aleatoria de cada una de las variables, mismas que dependerán de la cantidad de datos obtenidos, previamente en la población, el tamaño muestral se determinará con la adecuada fórmula en relación con el estudio del parámetro promedio (μ) de las variables dependientes.

3.4.3. Operacionalización de las variables

3.4.3.1. Variable Independiente

Tecnología de transmisión implementada en los equipos inalámbricos de la UNACH (MIMO, BEAMFLEX).

3.4.3.2. Variable Dependiente

Rendimiento de la red inalámbrica de la UNACH campus Norte.

Tabla 2
Operacionalización de las variables

Variable	Concepto	Indicadores	Técnicas e Instrumentación
Tecnología de transmisión implementada en los equipos inalámbricos (MIMO, BEAMFLEX).	La tecnología WIFI permite la conexión inalámbrica entre dispositivos electrónicos mediante la aplicación de diferentes tipos de técnicas.	Arreglo de Antenas Tipo de Modulación Estándares Soportados	Analizador de patrón de radiación. Software de Simulación MatLab. Estándar IEEE 802.11
Rendimiento de la red inalámbrica de la UNACH campus Norte.	El rendimiento de la red representa los parámetros que se van a evaluar para posteriormente dar un punto de vista sobre su estado.	Canal Cliente Ruido	Software Cisco Software Ruckus

Fuente: Propia

3.5. Hipótesis Inductiva

¿Para la implementación de las tecnologías MIMO y BEAMFLEX de acuerdo a la comparación de parámetros de rendimiento entre estas tecnologías se puede probar que según la significancia bilateral los valores son mayor o menor que el p-valor 0,5 estándar definiendo si son iguales o diferentes entre los Campus para mejor calidad, seguridad y velocidad en la red de internet?

3.6. Métodos de análisis

Los métodos que se usará es el llamado método práctica empírica, el mismo que se caracteriza por usar los conocimientos adquiridos y de los cuales se obtienen consecuencias prácticas. A su vez esta investigación es un tipo de investigación acción porque tiene como propósito hallar una solución a problemas que una comunidad pueda tener, en donde los afectados participan en la misma. En este caso los docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo, se ven afectados por la falta de cobertura, donde surge la necesidad de diseñar una red inalámbrica mediante la comparación de parámetros de rendimiento de la red inalámbrica MIMO y BEAMFLEX para brindar servicio de calidad, seguridad y velocidad.

3.7. Procesamiento de datos

Los resultados a obtener en este proyecto de titulación serán procesados por medio de una recolección de datos, utilizando el software SPSS y mediante:

3.7.1. Técnicas

Las principales técnicas que se utilizarán en el proyecto de grado son:

- ✓ De campo
- ✓ Análisis documental

3.7.2. Instrumento

- ✓ Guía de análisis documental.

Capítulo IV

4.1. Resultados y Discusión

Después de procesar los datos obtenidos en la investigación en el Software SPSS, se tiene los siguientes resultados con los Campus Norte (tecnología MIMO) y Campus la Dolorosa (tecnología BEAMFLEX) de la Universidad de Chimborazo seleccionados para el estudio y tomando en cuenta los puntos más importantes que se necesita para determinar la red WIFI, podemos resumir en los siguientes puntos:

Se puede observar que los datos obtenidos en el Campus Norte son menores al Campus de Dolorosa (Figura 9), ya que en el campo norte son más compactos y en el Campus la Dolorosa son más dispersos.

De acuerdo a la desviación estándar, se puede deducir $S_n < S_d$, ya que los datos de la desviación estándar del Campus Norte son menores que la desviación del Campus la Dolorosa, determinando que hay diferencia según los datos procesados con la variable de los ruidos.

Según la comparación de las medias obtenidas en el SPSS (Tabla 2), se puede observar que la media en el Campus Norte es de -95.18, con 11 datos y la desviación estándar es de 2.5 mientras que en el Campus Dolorosa es de -74.9 con 21 datos recolectados teniendo como desviación estándar es de 10.8.

Mediante la prueba T (Tabla 3) para muestra independiente, se pudo probar la hipótesis que relacionando los valores con el p-valor 0,5 se deduce lo siguiente:

4.2. Hipótesis Nula (H_0)

$$H_0: \mu_{CN} = \mu_{CD}$$

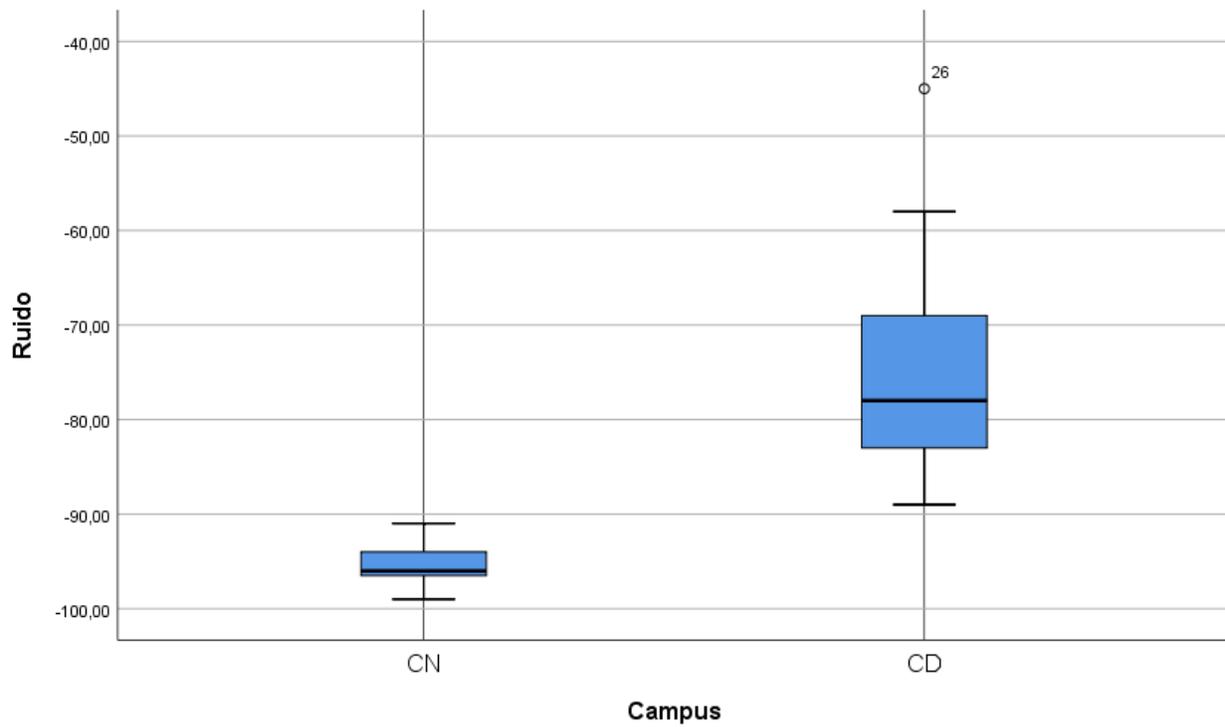
Es decir que los promedios del Campus Norte (μ_{CN}) y del Campus La Dolorosa (μ_{CD}) no tienen estadísticamente una diferencia significativa ($\alpha = 0,5$).

4.3. Hipótesis alternativa (H_1)

$$H_1: \mu_{CN} \neq \mu_{CD}$$

Es decir que los promedios del Campus Norte (μ_{CN}) y del Campus La Dolorosa (μ_{CD}) son estadísticamente diferentes.

Figura 9.
Diagrama de Cajas.



Fuente: [22]

Medias

Resumen de procesamiento de casos

	Incluido		Casos Excluido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Ruido * Campus	32	100,0%	0	0,0%	32	100,0%

Informe

Ruido

Campus	Media	N	Desv. Desviación
CN	-95,1818	11	2,52262
CD	-74,9048	21	10,87614
Total	-81,8750	32	13,19518

Fuente: [23]

Figura 9
Prueba T

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Ruido	Se asumen varianzas iguales	10,528	,003	-6,054	30	,000	-20,27706	3,34936	-27,11736	-13,43675
	No se asumen varianzas iguales			-8,136	23,817	,000	-20,27706	2,49227	-25,42294	-15,13117

Fuente: [24]

Capítulo V

5.1. Conclusiones y Recomendaciones

5.1.1. Conclusiones:

Se puede concluir lo siguiente:

La tecnología BEAMFLEX presenta varias ventajas frente a la tecnología MIMO como son:

- ✓ Reducción de interferencia creada por los mismos equipos debido al patrón de radiación intrínseco lo que permite una mejor intensidad de señal.
- ✓ Permite una mayor cobertura, velocidades optimizadas, y un mayor número de dispositivos a conectar, lo que recae en un número menor de AP a implementar.
- ✓ Posee compatibilidad con todos los estándares de WIFI.
- ✓ Ofrece multiplexación espacial y MU-MIMO.

A través de la presente investigación, se ha llegado a comprobar la hipótesis planteada al inicio: puesto que existe una significancia bilateral entre los ruidos, siendo esta menor al p-valor, mostrando así una diferencia al usar las dos tecnologías inalámbricas.

Se pudo evidenciar durante la evaluación de las tecnologías que el nivel de ruido del Campus Norte (tecnología MIMO) es mayor que el del Campus la Dolorosa (tecnología BEAMFLEX), presentando valores promedios de -95.18 y -74.9 respectivamente, diferencia que se ve reflejada por la diferencia de tecnologías. Para una mejor comparación se tomó el canal 6 de MIMO y el 13 de BEAMFLEX que cuentan con una cantidad conexiones similares 124 y 128 con niveles de ruido -96 y -69 respectivamente.

Terminada la evaluación se puede determinar que la optimización de la red es factible mediante una implementación híbrida entre sistemas MIMO para exteriores y BEAMFLEX para interiores, donde es importante mantener una conectividad optimizada, obteniendo un mayor

alcance y altas eficiencias espectrales, facilitando la navegación y brindando seguridad a cada usuario de la Universidad de Chimborazo en el campus Norte.

La redistribución de los equipos AP en exteriores permite una mayor cobertura del área de la institución evitando la interferencia por patrón de radiación, y la saturación de los equipos por cantidad de conexión de usuarios, mejorando la calidad de la conectividad.

Figura 10.
Campus Norte



5.1.2. Recomendaciones

Permitir la aplicación de la tecnología híbrida BEAMFLEX - MIMO como solución inalámbrica orientada a cubrir los requerimientos y características de tráfico de las nuevas edificaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo campus Norte.

Aprovechar al máximo las instalaciones actuales del campus Norte de la Universidad para acoplarlas con esta tecnología seleccionada y su continua revisión.

Para exteriores se recomienda el uso de equipos Cisco Air Lap1142N-a-k9 debido a sus características como el estándar IEEE 802.11 N versiones a/b/g para clientes y a/g para redes, compatible con Intel Connect, selección de frecuencia dinámica 2.4 GHz y 5 GHz, velocidades 10/100/1000.

Para interiores la recomendación es el uso de equipo RUKUS R310, presenta características como estándar IEEE 802.11 a/b/g/n/ac, cobertura ampliada con BEAMFLEX que utiliza antenas multidireccionales y ChannelFly para selección de canal menos congestionado para la transmisión, selección de frecuencia dinámica 2.4 GHz y 5 GHz.

Para mejorar la tecnología BEAMFLEX en el campus La Dolorosa y disminuir los problemas de conectividad y solapamiento de canales, se recomienda combinar tecnología MIMO para exterior y tecnología BEAMFLEX para el interior de los edificios:

Figura 11.
Campus La Dolorosa



Equipos Exteriores con tecnología MIMO



Equipos Interiores con tecnología BEAMFLEX



Canal 1 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz

Canal 48 Frecuencia 5 Ghz Ancho Canal 40 MHz

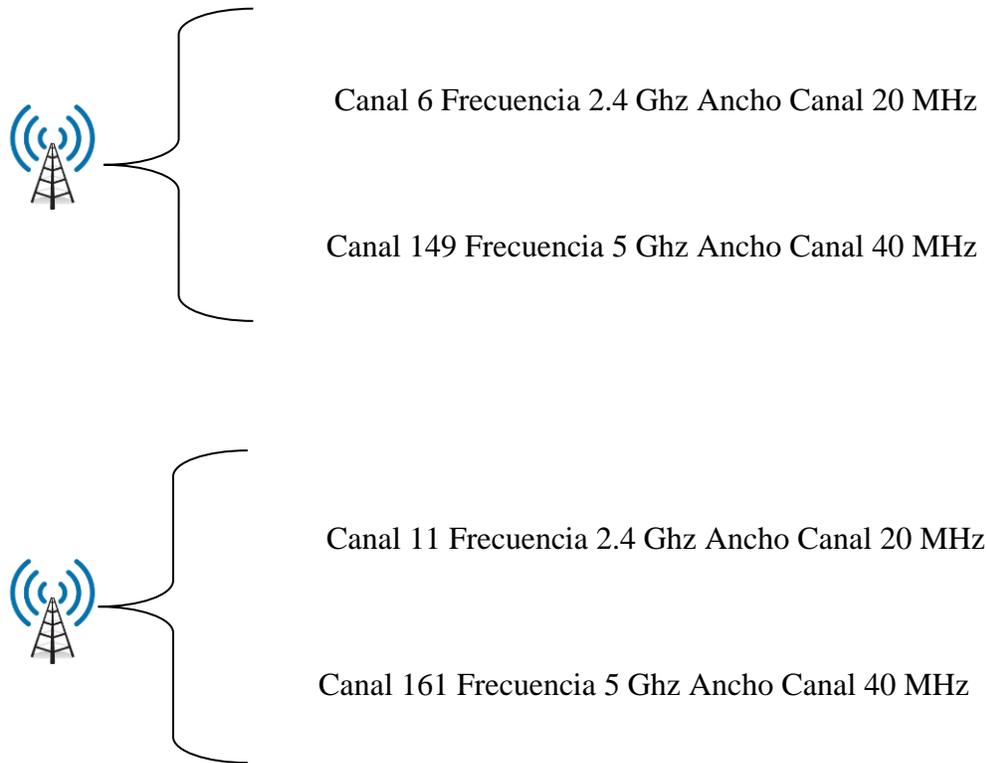
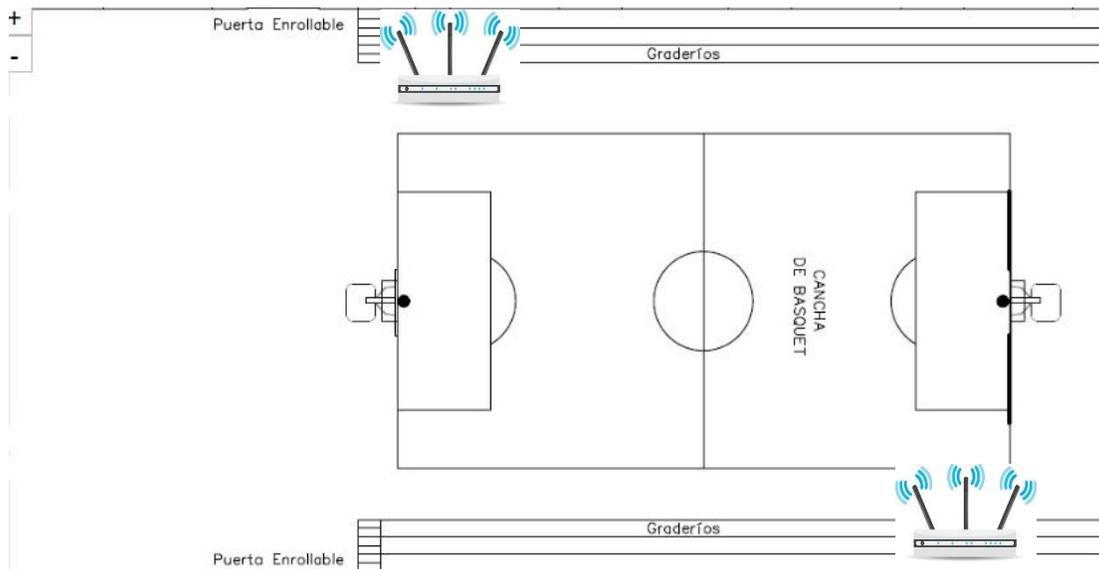
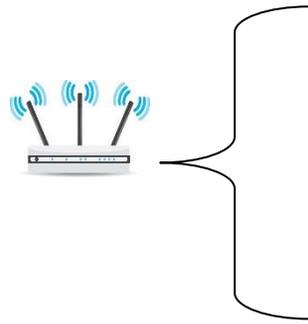
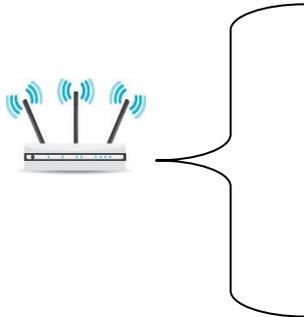


Figura 12.
Educación técnica PB-Coliseo



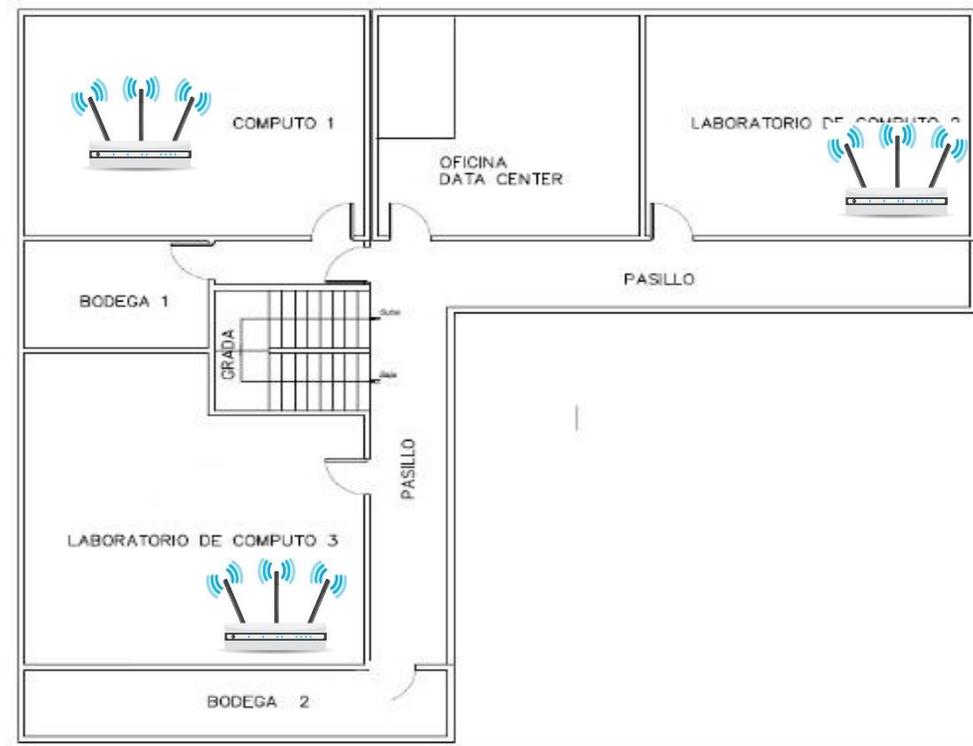


Canal 1 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz
Canal 157 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz
Canal 44 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 80 MHz



Canal 11 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz
Canal 124 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz
Canal 36 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 80 MHz

Figura 13.
Psicología.



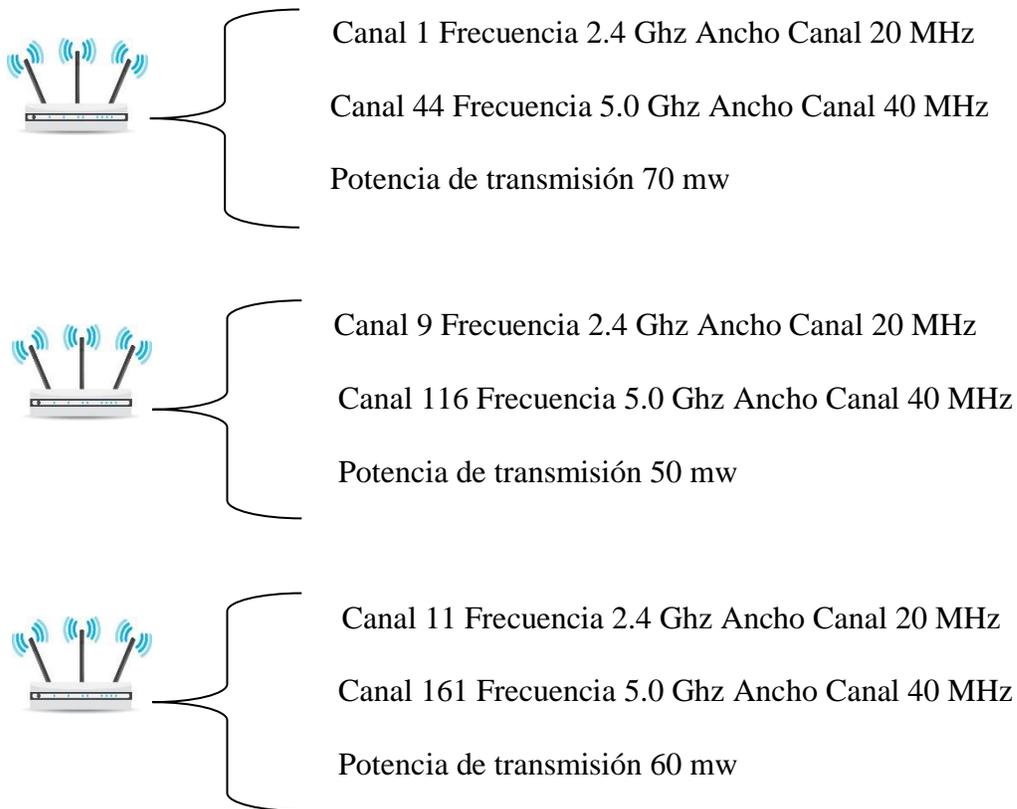
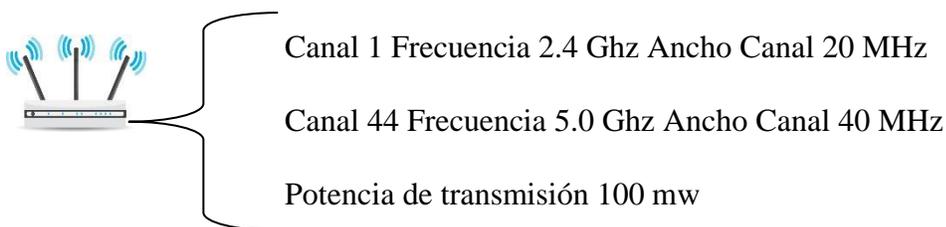
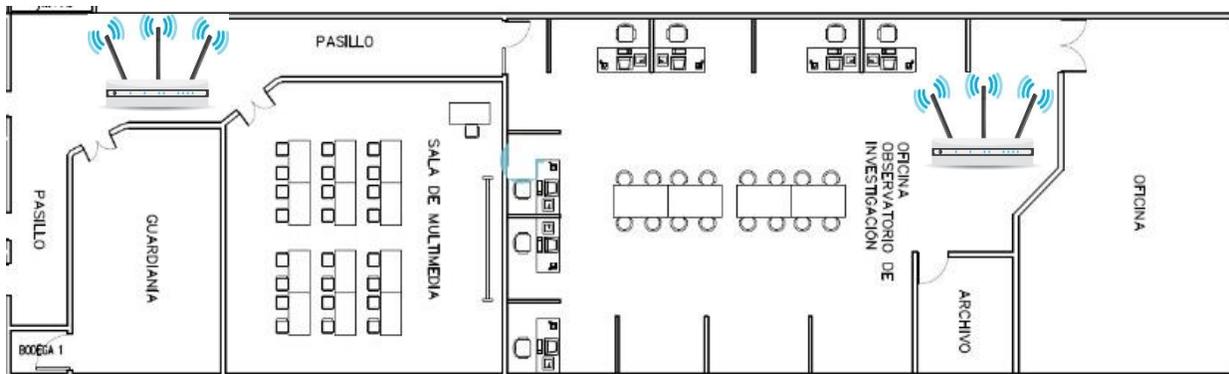


Figura 14.
Teatro



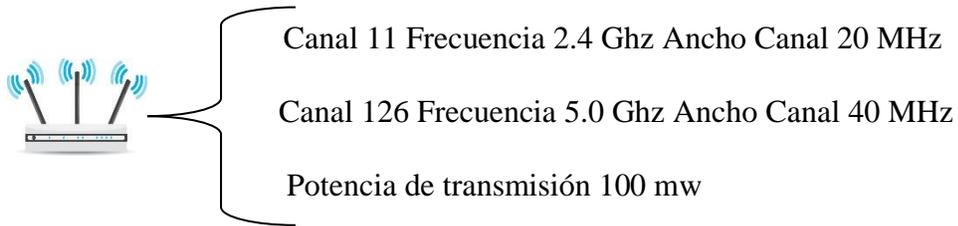


Figura 15.
Teatro

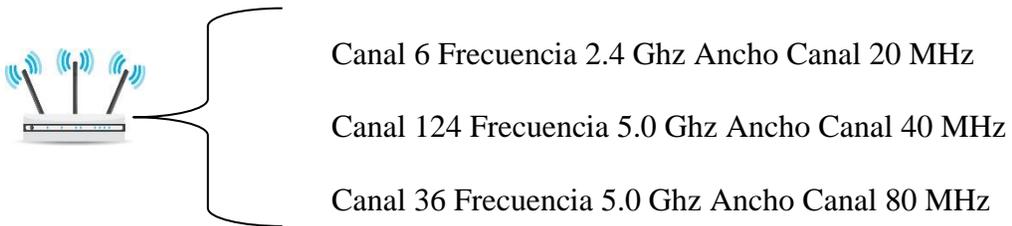
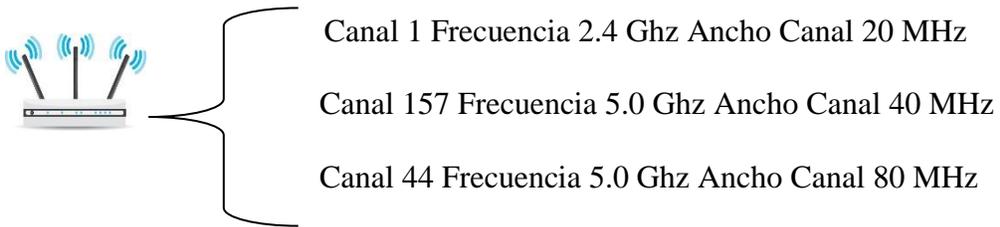
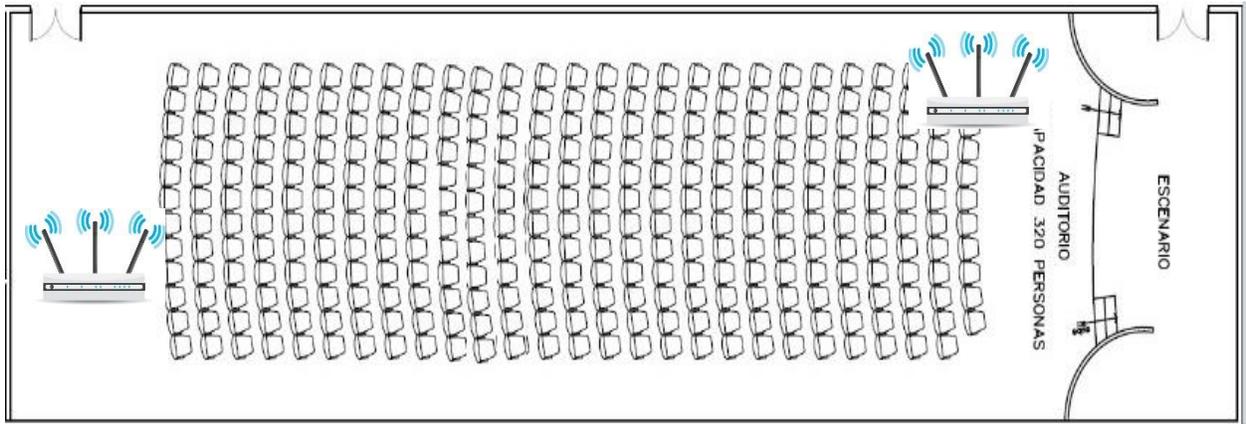
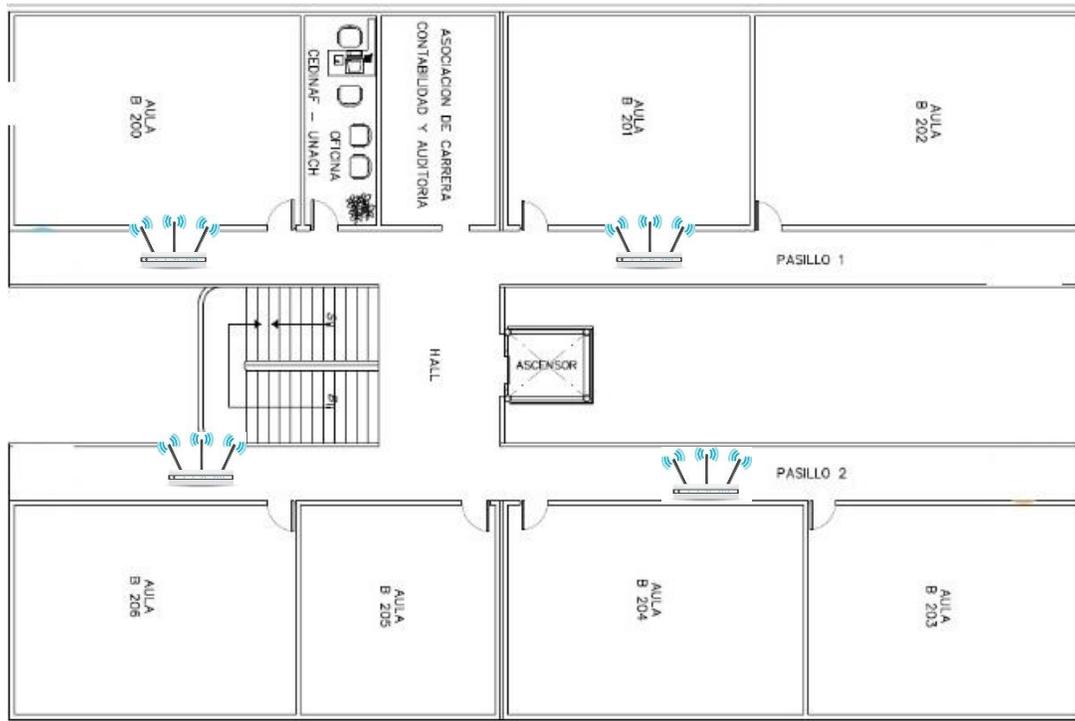


Figura 16.
Ciencias Políticas



Canal 1 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz
 Canal 44 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz
 Potencia de transmisión 100 mw



Canal 6 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz
 Canal 124 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz
 Potencia de transmisión 100 mw



Canal 11 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz
 Canal 161 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz
 Potencia de transmisión 100 mw

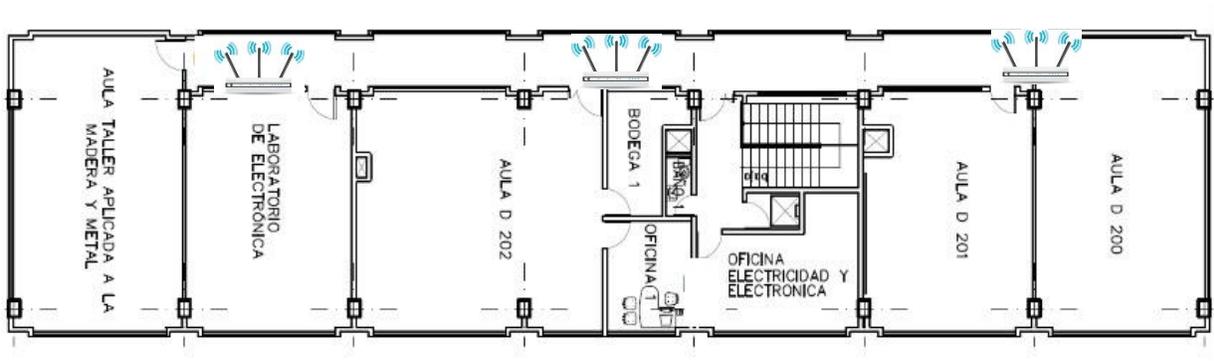


Canal 1 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz

Canal 44 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz

Potencia de transmisión 60 mw

Figura 17.
Educación Técnica



Canal 1 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz

Canal 44 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz

Potencia de transmisión 60 mw



Canal 9 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz

Canal 116 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz

Potencia de transmisión 100 mw



Canal 1 Frecuencia 2.4 Ghz Ancho Canal 20 MHz

Canal 44 Frecuencia 5.0 Ghz Ancho Canal 40 MHz

Potencia de transmisión 60 mw

Bibliografía

- [1] M. C. & J. Beltran, «Prisma Tecnológico,» *Revistas Académicas UTP*, vol. 3, n° 1, pp. 4-8, 2016.
- [2] I. J. Montalvo, Interviewee, *Red Institucional UNACH*. [Entrevista]. 15 abril 2021.
- [3] M. Muñiz Queiruga, «Universidad de Vigo,» 05 junio 2016. [En línea]. Available:
<http://castor.det.uvigo.es:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/164/Marta%20Mu%C3%B1iz%20Queiruga.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 26 junio 2021].
- [4] S. A. Grupalli, M. A. Cabrera, J. D. Bilbao y M. G. Ferreyra, «Sistemas de Comunicación Inalámbricos con Tecnología MIMO,» de *Investigación y Desarrollo*, Tucumán, 2012.
- [5] C. Persand, «COMMSCOPE,» ARRIS ENTERPRISES, 21 abril 2018. [En línea]. Available:
<https://www.commscope.com/press-releases/2018/beamflex-de-ruckus-networks-optimiza-la-cobertura-de-los-puntos-de-acceso-wi-fi/>. [Último acceso: 15 julio 2021].
- [6] Z. Mokhtari, M. Sabbaghian y R. Dinis, «A Survey on Massive MIMO Systems in Presence of Channel and Hardware Impairments,» 4 enero 2019. [En línea]. Available:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6339125/>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [7] J. Guerrero, R. Dinis y L. Campos, «Sobre la capacidad alcanzable de los sistemas MIMO-OFDM en el entorno del laboratorio de cateterismo,» 10 febrero 2020. [En línea]. Available:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7039008/>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [8] I. Elfergani, A. Iqbal, C. Zebiri, A. Basir, J. Rodríguez, M. Sajedin, A. de Oliveira Pereira, W. Mshwat, R. Abd Alhamid y S. Ullah, «Antena MIMO de cuatro elementos de bajo perfil y poco espaciados para redes inalámbricas de área corporal,» 4 febrero 2020. [En línea]. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [9] C. A. Solórzano Ramón, «Diseño de una red WLAN para cobertura en Centro Turístico y Vacacional utilizando el Simulador NS3.,» 12 marzo 2019. [En línea]. Available:
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12721/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-326.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2022].

- [10] V. E. Moncayo Quispe, «Diseño técnico – económico de un sistema de video vigilancia IP, mediante el uso de una red de internet comunitaria que utiliza tecnología de acceso WI-FI en la ciudadela Álamos Norte de Guayaquil.,» 07 marzo 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10268/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-285.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [11] J. D. Montero Baquero, «Diseño de solución de conectividad de WiFi en el Campus de Floridablanca de la Universidad Santo Tomás,» octubre 2016. [En línea]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9456/MonteroBaqueroJuanDavid2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [12] J. C. Cacuango Tandayamo, «Diseño de una red Wifi para proveer servicio de internet inalámbrico en la zona urbana norte del cantón Cayambe,» 24 enero 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5991/1/04%20RED%20139%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [13] G. J. Castillo Díaz, «Estudio y diseño de una red inalámbrica Wi-Fi para servicio de internet público gratuito en el Terminal Terrestre Green Center de la Ciudad de Esmeraldas.,» 10 septiembre 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11341/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-313.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [14] C. A. Amaya Mantilla, «“Diseño de la red inalámbrica y sistema de seguridad mediante cámaras inalámbricas con monitoreo remoto para el edificio de la empresa metropolitana de Obras Públicas de Quito (Emop-Q)”»,» 2007. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/607/1/T-ESPE-014615.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [15] A. Torrez, «Componentes WLAN,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.mindmeister.com/es/778825868/componentes-wlan>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [16] A. E. Valencia León, «Estudio de factibilidad y diseño de una red de Acceso “Punto – Multipunto” para brindar servicios de Internet y Telefonía en el sector Los Almendros Sur de la ciudad de Guayaquil en Banda no Licenciada de 5 GHz.,» 14 marzo 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7681/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-179.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2022].

- [17] C. A. Rivadeneira Gutierrez, «Diseño de una red inalámbrica con tecnología WI-FI para el cuber café @LEJONET,» julio 2088. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2160/1/CD-1979.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [18] BeamFlex, «Ruckus Technology,» BeamFlex, 10 marzo 2021. [En línea]. Available: <https://ruckussecurity.com/BeamFlex.asp>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [19] J. Jiménez, «Tecnología MIMO: qué es y para qué se utiliza,» Redes Zone, 02 junio 2021. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/tecnologia-mimo-red-wifi-que-es/>. [Último acceso: 12 mayo 2022].
- [20] L. Bai, J. Choi y Q. Yu, «Low complexity MIMO receivers. In Low Complexity MIMO receivers,» *Springer International Publishing*, vol. 9783319049847, n° 978-3-319-04984-7-6, pp. 143-174, 2014.
- [21] E. E. Gallardo Echenique, «Universidad Continental,» julio 2017. [En línea]. Available: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf.
- [22] SPSS, *Procesamiento de datos*, 2022.
- [23] SPSS, *Procesamiento de Datos*.
- [24] SPSS, *Procesamiento de datos*, 2022.

ANEXO I

TABLA GENERAL DEL PROCESAMIENTO DE DATOS DE LOS CAMPUS NORTE Y LA DOLOROSA

Figura 18
Datos Campus Norte

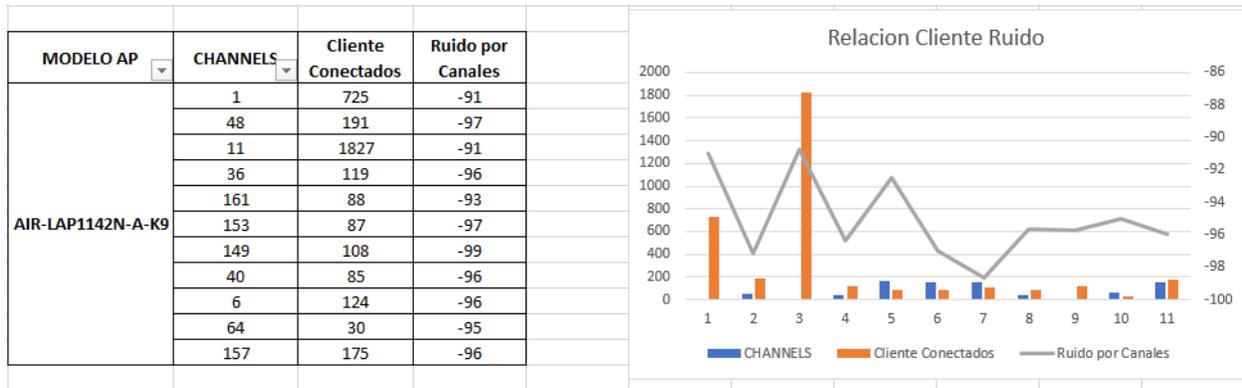


Figura 19
Datos Campus la Dolorosa

