



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN
REDES DE COMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MASTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.
MENCIÓN REDES DE COMUNICACIONES**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS PARA EL
DISEÑO DE RED WLAN PARA EL LABORATORIO DE
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN DE
LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR EMPLEANDO
ESTÁNDAR 802.11N”**

AUTOR: DANIEL VARGAS VALLEJO

QUITO, 2020 ABRIL

Agradecimiento

La maestría me dio la bienvenida al nuevo entorno profesional como tal, las oportunidades y conocimientos generados son incomparables, y antes de todo esto ni pensaba en las posibilidades que algún día me podría brindar para mi crecimiento personal y profesional.

Agradezco la ayuda de los docentes que me impartieron clases, mis compañeros, y a la universidad en general por todo lo anterior en conjunto con todos los nuevos conocimientos adquiridos.

Dedicatoria

El trabajo de titulación presente, es dedicada a todas las personas que han colaborado y aportado para lograr realizar del desarrollo del mismo, sin mas que decir a todas estas grandes personas, muchas gracias por su aporte.

Tabla de contenido

1. Marco Teórico	5
1.1. Espectro electromagnético y radioeléctrico	5
1.2. Radiocomunicación.....	8
1.3. Redes Inalámbricas	10
1.4. Estándar en redes inalámbricas	13
1.5. WIFI.....	14
1.6. Antenas, tipos y características.....	15
1.7. Elementos activos de red	18
1.8. Simuladores de redes de datos.....	19
1.9. Laboratorio	20
2. LTIC Situación Actual.....	21
2.1. Historia	21
2.2. Misión	21
2.3. Visión.....	21
2.4. Organigrama	22
2.5. Infraestructura física del LTIC	23
2.6. Infraestructura tecnológica del LTIC	23
2.7. Servicios del LTIC.....	25
2.8. Horarios y días de atención.....	25
2.9. Usuarios objetivos actuales.....	25
2.10. Proyección a Futuro	26
3. Requerimientos funcionales y no funcionales de WLAN	27
3.1. Requerimientos funcionales	27
3.1.1. RF1: Cobertura.....	27
3.1.2. RF2: Características funcionales.....	27
3.1.3. RF3: Ancho de banda	29
3.1.4. RF4: Garantía.....	30
3.1.5. RF5: Actualización	30
3.2. Requerimientos no funcionales	30
4. Diseño de WLAN 802.11N para LTIC.....	31
4.1. Metodología del diseño de red	31
4.2. Selección de topología y arquitectura de red wifi	31
4.3. Selección estándar de conexión, espectro de banda WIFI y seguridad WIFI	32
4.4. Selección del tipo de antenas o equipos WIFI.....	34
4.5. Designación de zonas de cobertura	35

5. Simulación.....	39
5.1. Selección y comparativa del software simulador.....	39
5.2. Simulación y análisis de la red propuesta.....	40
6. Conclusiones y recomendaciones.....	46
6.1. Conclusiones.....	46
6.2. Recomendaciones.....	46
Anexos.....	48
Glosario.....	49
Bibliografía.....	52



1. Marco Teórico

Este capítulo se enfocará en exponer los términos utilizados para la mejor comprensión del presente proyecto.

Revisaremos términos sobre la parte de tecnología y sistemas de información necesarios para el proyecto como los mencionados a continuación.

1.1. Espectro electromagnético y radioeléctrico

Campo Electromagnético

El campo electromagnético es generado por fenómenos eléctricos y magnéticos que se producen en conductores energizados eléctricamente que transportan corriente, así como las antenas las cuales son fuentes a la vez de campos eléctricos al ser el soporte de cargas eléctricas, y de campos magnéticos, al estar dichas cargas en movimiento. Por este motivo, se habla de campo electromagnético (CEM, o EMF en inglés), al estar en presencia simultánea de ambos campos. Por ejemplo, las líneas de transmisión y las de distribución de energía eléctrica, así como las antenas son generadoras de estos campos electromagnéticos: servicios de Radiodifusión de AM, FM, TV, telefonía móvil, dispositivos de UHF, VHF, radioaficionados, etc. (Pandora, 2019)

Campo Eléctrico

El campo eléctrico es el campo de fuerza causado por la acción de cargas eléctricas (electrones, protones o iones) o un sistema de ellos. Las cargas eléctricas en un campo eléctrico están sujetas y causan fuerzas eléctricas. Dicho campo solo puede detectarse a partir de su interacción con una carga eléctrica. Si no hay interacción con la carga, podemos decir que el campo no existe en esa ubicación. Cuando el campo eléctrico se crea con una carga positiva, por convención, tendrá un sentido de distancia, mientras si se crea con una carga negativa, por convención, tendrá un sentido de aproximación. La forma de representación de estas fuerzas se puede representar mediante líneas como se muestra en la figura 1-01 (PAUL & MOSCA, 2005)

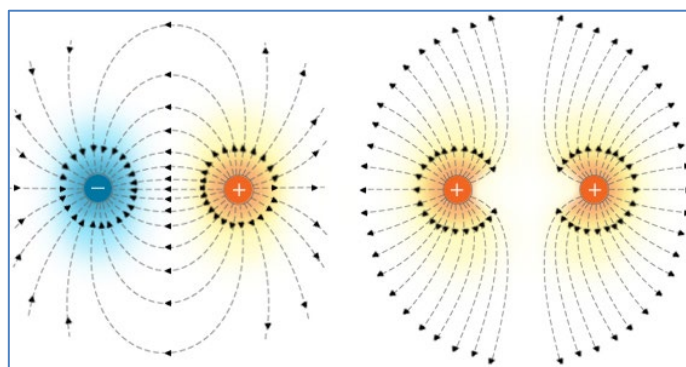


Figura 1-01 Comportamiento Campo Eléctrico (PAUL & MOSCA, 2005)

Campo Magnético

Un campo magnético es una región alrededor de una carga donde tienen lugar las interacciones de fuerzas atraídas ante otra carga, estas fuerzas se conocen como magnéticas. El campo es creado por la influencia de corrientes eléctricas e imanes en movimiento, dichos campos son dipolares, poseen un polo Norte y un polo Sur, a los

que también se les dice polo positivo y polo negativo. Siempre que exista una fuente de energía magnética, habrá a su alrededor un campo magnético, que describe cómo actúan estas fuerzas magnéticas, las cuales se muestran en la figura 1-02. (PAUL & MOSCA, 2005)

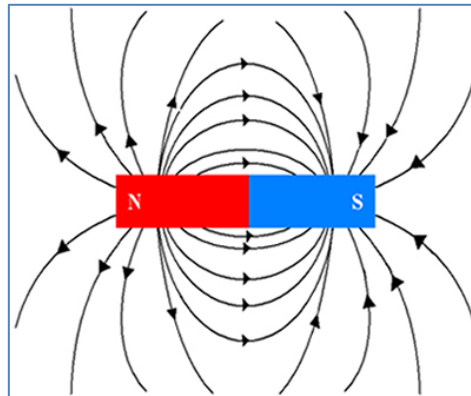


Figura 1-02 Comportamiento Campo Magnético (PAUL & MOSCA, 2005)

Frecuencia

A la rapidez con la que se producen los ciclos¹ se le llama frecuencia de una corriente alterna o voltaje. Simplificándolo, la frecuencia representa la rapidez de la inversión de la corriente, o cuán a menudo cambia la polaridad del voltaje. (J. Fowler, 1994)

Unidad de frecuencia (*Hertz*)

La unidad base de la frecuencia es el hertz (Hz) y un hertz es igual a un ciclo por segundo. (J. Fowler, 1994)

Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético unifica la óptica y el electromagnetismo, presentándose los fenómenos luminosos como una manifestación del fenómeno electromagnético y la óptica podrá en principio estructurarse a través de las leyes básicas del electromagnetismo. El espectro radioeléctrico es una porción del espectro electromagnético, ya que no todas las ondas electromagnéticas son propicias para usarse como medios de transmisión de información y datos.

Las frecuencias comprendidas entre 4.0×10^{14} y 6.7×10^{14} **hertz** constituyen las ondas estimulantes a la visión humana o región visible del espectro electromagnético. Las bandas de ondas de frecuencias más grandes que la del violeta se denominan ultravioleta. Estas regiones alcanzan frecuencias de hasta 10^{18} **hertz** mostradas en la figura 1-03. Las frecuencias comprendidas entre 10^8 y 10^{12} **hertz** están constituidas por microondas. las ondas electromagnéticas con frecuencias hasta 10^8 **hertz** se denominan ondas de radios. Todas estas frecuencias son utilizadas para la transmisión en el espectro electromagnético.

¹ Ciclo: es la parte de la forma de onda que no se duplica o repite a sí misma producida...

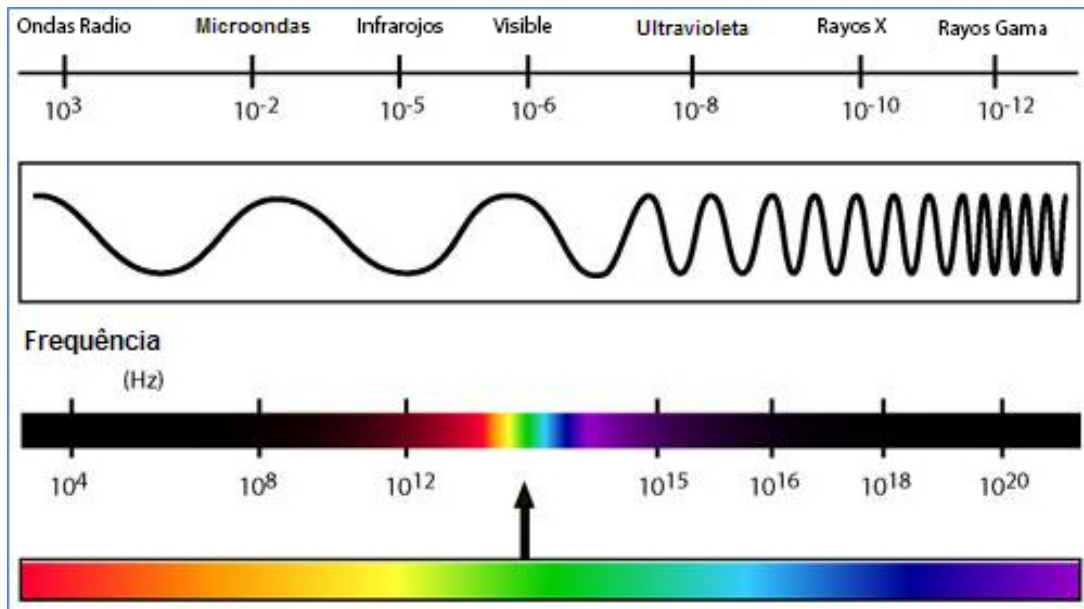


Figura 1-03 Espectro Eletromagnético (PAUL & MOSCA, 2005)

Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es una porción en donde operan las emisoras de radio (AM y FM), las de televisión abierta (por aire) y microondas, de telefonía celular, los sistemas satelitales, los radioaficionados, las comunicaciones vía Internet, las comunicaciones de aeronaves, buques, transporte terrestre, entre otros servicios de telecomunicaciones.

Las frecuencias utilizadas en el espectro radio eléctrico van relacionadas con el espectro electromagnético, ubicándose en los rangos de ondas electromagnéticas que van de 3KHz a 3000GHz tal como se muestran en la figura 1-04. (PAUL & MOSCA, 2005)

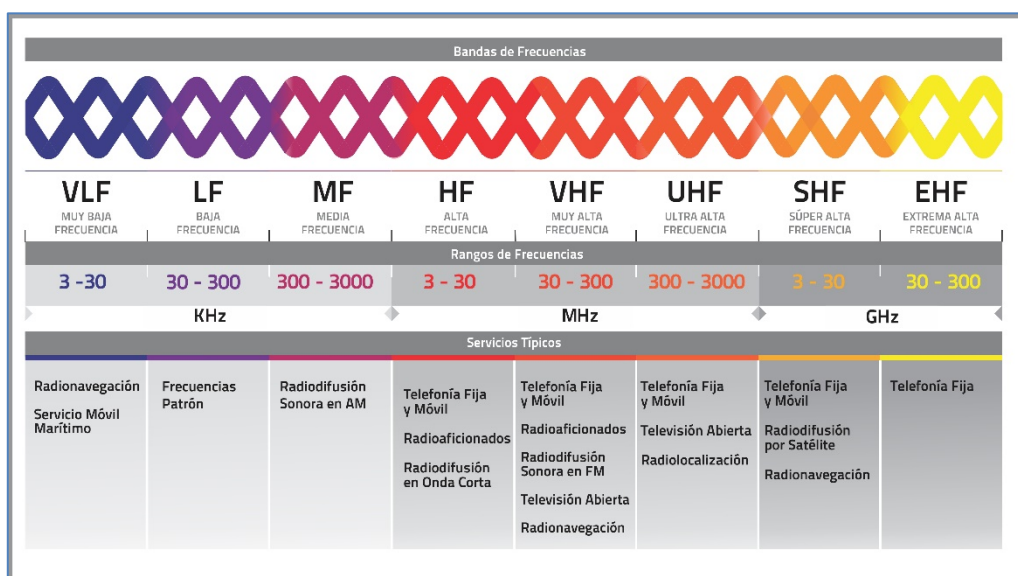


Figura 1-04 Espectro Radioeléctrico (PAUL & MOSCA, 2005)

1.2. Radiocomunicación

Es una forma de telecomunicación² la cual se realiza por medio de ondas de radio, caracterizada por el movimiento de campos electromagnéticos. Esta comunicación se realiza en el espectro radioeléctrico. La composición y características que se deben tomar en cuenta para la comunicación se mencionan a continuación:

- El mensaje: Comunicación, transmisión o intercambio de información entre un emisor y un receptor.
- Emisor: origen de la información.
- Canal: medio físico utilizado para transmitir la información.
- Código: conjunto de signos y reglas utilizados en la comunicación.
- Mensaje: información a transmitir.
- Receptor: es quien recibe la información.
- Sonido: Es una variación de presión en el aire que generalmente es de 340 milisegundos en el aire.

Las magnitudes utilizadas en la radiocomunicación son las siguientes:

- Amplitud: Es el valor máximo de una señal.
- Frecuencia o periodo: El periodo es el tiempo que tarda una señal en completar un ciclo. La frecuencia es el número de ciclos que completa una señal en un segundo.
- Longitud de onda: Es la distancia espacial que recorre una onda a lo largo de un periodo. Es un parámetro que depende del medio por el que se mueve la onda.
- Ancho de banda: Rango de frecuencias para el que se ha diseñado un sistema y para el cual funciona correctamente. Se define como la diferencia entre dos frecuencias y se mide en **hertz**.
- El Belio: Se define matemáticamente como la relación entre la potencia de la magnitud estudiada y otra magnitud de referencia. El decibelio es una unidad logarítmica, se mide en **dB**.

La señal digital: Una señal analógica es continua en el tiempo y puede tomar cualquier valor de amplitud dentro de un rango. En cambio, una señal digital solamente podrá tomar un número limitado de valores dentro de un rango. El proceso para transformar una señal analógica a digital consta de tres pasos:

- Muestreo: toma de muestras periódicas de la amplitud de la señal. La velocidad con la que se realiza esta toma de muestras recibe el nombre de frecuencia de muestreo.
- Cuantificar: mide el voltaje de cada una de las muestras. De manera que nos permita asignar un margen de valor a una señal muestreada a uno de los valores de la señal digital.
- Codificar: consiste en traducir los valores cuantificados a código binario u otros códigos digitales.

² Telecomunicación: transmisión y recepción de señales de cualquier naturaleza.

Bandas y canales: Se establecen distintos anchos de banda³ para cada servicio de radiocomunicación, y dentro de ellos, distintas franjas o canales para cada una de las emisiones. (García Rodrigo & Morales Santiago, 2012)

Cobertura o alcance, ruido y atenuación

La cobertura se define como a la distancia a la que podemos recibir la señal con una calidad aceptable para la transmisión y recepción de datos.

El ruido está formado por un conjunto de señales no deseadas que perturban la señal transmitida, puede estar generado por diversas causas, dispositivos activos y pasivos que forman los equipos.

- Ruido térmico: ruido producido por la agitación de los electrones por efecto de la temperatura. También se le conoce como ruido blanco.
- Ruido de Flicker: la presencia de ruido es mayor a bajas frecuencias, disminuyendo conforme aumenta la frecuencia. Se le conoce también como ruido rosa.
- Ruido impulsivo: formado por impulsos de poca duración y gran amplitud sobre la señal.

La atenuación se basa en el concepto de que la energía de la señal disminuye conforme aumentamos la distancia respecto al foco de emisión de la misma. . (García Rodrigo & Morales Santiago, 2012)

Modulación y demodulación

Consiste en la superposición de información sobre una onda electromagnética que servirá como portadora, a esta se la conoce como onda portadora. La unión de información y la onda portadora se define como una onda modulada. La demodulación es el proceso de obtener la información superpuesta de la onda portadora. . (García Rodrigo & Morales Santiago, 2012)

Propagación, reflexión, difracción y refracción

La reflexión se produce cuando una onda electromagnética incide en una superficie, reflejándose parte de ella en otra dirección.

Cuando una onda se encuentra ante un obstáculo, se produce el fenómeno conocido como difracción, es decir, cada frente del obstáculo se convierte en un nuevo foco emisor.

La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro.

Las formas de propagación se muestran a continuación:

- Directa: la señal va del transmisor al receptor sin ningún obstáculo.
- Terrestre: las señales se propagan superficialmente siguiendo la curvatura de la tierra.

³ Ancho de banda: para las señales analógicas, es la longitud medida en Hertz...

- Reflejadas: las señales son reflejadas en superficies lisas respecto de la longitud de onda de la señal.

La propagación en entornos urbanos genera otro tipo de problemas debidos a los edificios en el trayecto, objetos móviles y absorción de ondas. (Garcia Rodrigo & Morales Santiago, 2012)

1.3. Redes Inalámbricas

Red

Una red es un conjunto de ordenadores conectados entre sí, que pueden comunicarse compartiendo datos y recursos sin importar la localización física de los distintos dispositivos, cada dispositivo activo conectado a la red se denomina nodo, el cual interviene en la comunicación de forma autónoma, sin estar controlado por otro dispositivo. (Fernández Benavidez, 2014)

Redes PAN y WPAN

Se denomina red de área personal (Personal Area Network) y red inalámbrica de área personal (Wireless Personal Area Network) a una red de nodos⁴ localizados cerca de una persona. Entre estos nodos podemos encontrar PDA, teléfonos móviles. etc. El alcance de estas redes es muy limitado, generalmente de unos pocos metros. (Romero Ternero, Barbanacho Concejero, Benjumea Mondejar, & Rivera Romero, 2010)

Redes LAN

Las redes de área local (Local Area Network) son las redes más utilizadas en la actualidad. Son redes de ámbito privado que cubren distancias normalmente inferiores al kilómetro. Normalmente, se encuentran confinadas en una sala a un máximo de un edificio. Las tecnologías utilizadas en redes LAN en la actualidad son, casi exclusivamente para Ethernet⁵ que son cableadas y 802.11⁶ para las inalámbricas. (Iglesias Mouteira, 2004)

Redes WLAN

Inicialmente, las redes de área local inalámbricas (WLAN) se desarrollaron para redes domésticas con el fin de proporcionar conexión de red inalámbrica a usuarios de redes de área local (LAN). Hoy en día, los usuarios inalámbricos exigen la misma accesibilidad, seguridad, calidad de servicio y alta disponibilidad que los usuarios de redes cableadas, partiendo desde estas premisas mencionadas, las redes inalámbricas se han vuelto esenciales tanto en entornos domésticos como corporativos donde la movilidad y la accesibilidad de los recursos de la red son requeridos día a día.

Las WLAN proporcionan conexión de red a través de ondas de radiofrecuencia (RF), las bandas de frecuencia de ondas de radio utilizadas en estas redes son asignadas por la UIT-R⁷ que clasifica las bandas de frecuencia de 900 MHz, 2, 4 GHz y 5 GHz, como bandas de frecuencia sin licencia para su uso en las comunicaciones. El uso de estas

⁴ Nodo: elementos de una red de datos, específicamente es un dispositivo electrónico...

⁵ Ethernet: estándar de redes de área local para computadores.

⁶ Estándar 802.11: familia de normas inalámbricas creada por el IEEE.

⁷ UIT-R: unión Internacional de Telecomunicaciones, sector Radiocomunicación.

bandas de frecuencia y números de canal cambia por región. Para las Américas, la frecuencia de asignación es administrada por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) y en Europa por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). Estos estándares deben tenerse en cuenta al elegir equipos en una WLAN en cada región del mundo.

Las redes de área local inalámbricas se basan en el estándar 802.11, regido por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, un comité que definió cómo se usan las frecuencias de radio en la capa física y la subcapa MAC⁸ de enlaces inalámbricos. (Andrés & Robles, 2011)

Espectro radioeléctrico WLAN

El espectro radioeléctrico, ocupa una parte relativamente pequeña del espectro electromagnético⁹ que se encuentra fijado entre las frecuencias de los 10Khz y los 3.000Ghz. Los estándares más modernos para las antenas wifi de redes WLAN usan el rango de los 2.4Ghz, que permiten un ancho de banda mayor, ideal para Internet. Sin embargo, hay otros aparatos domésticos que operan en frecuencias similares y que generan interferencias. Es por ello que continuamente se trabaja en la búsqueda de nuevos estándares wifi que utilizan frecuencias menos saturadas como el rango de los 5Ghz. (Llanos, 2013)

Para la asignación de ancho de banda para redes WLAN, los estándares cubren el ancho de banda de 83.5MHz del espectro sin licencia para Industrial ISM¹⁰ con la banda de 2.4GHz y el ancho de banda de 300MHz mientras que la banda de 5 GHz está establecida por la U-NII¹¹. (Andrés & Robles, 2011)

- ISM: 2.4GHz - 2.4835GHz
- U-NII: 5,150GHz - 5,250GHz (**indoor**), 5,250GHz - 5,350GHz (**indoor / outdoor**), y 5,725GHz - 5,825GHz (punto a punto **outdoor**)

Topologías en redes WLAN

La topología de una red es la arquitectura lógica de esta, esta estructura jerárquica hace posible la interconexión de los equipos y en redes inalámbricas wifi se contemplan tres topologías o configuraciones distintas:

- Modo infraestructura o BSS. Arquitectura en la cual además de las tarjetas wifi en los computadores, se necesita disponer de un equipo conocido como punto de acceso, el cual lleva a cabo una coordinación centralizada de la comunicación entre los distintos dispositivos de la red.
- Modo ad hoc o IBSS. Arquitectura en la cual sólo se necesita disponer de tarjetas o dispositivos inalámbricos wifi en cada computador, los cuales se comunican unos con otros directamente, sin necesidad de otros dispositivos.
- Modo ESS. Arquitectura que permite unir distintos puntos de acceso para crear una red inalámbrica con una amplia cobertura. Está formada por múltiples redes

⁸ MAC: Dirección MAC (siglas en inglés de Media Access Control), es un identificador...

⁹ Espectro electromagnético: Conjunto de ondas con diferente longitud, frecuencia...

¹⁰ ISM: bandas de radio industriales, científicas y médicas.

¹¹ U-NII: infraestructura de información nacional sin licencia.

BSS, y estas redes pueden estar consecutivamente unas a otras para conseguir tener una continuidad de servicio en toda la red ESS. (SALAZAR, 2019)

Aplicaciones de la tecnología WLAN

Wifi surgió como una alternativa para su uso en el hogar en relación al **Home Networking**¹², es decir su utilización permite la interconexión de diferentes dispositivos de forma inalámbrica bajo un mismo estándar y de una forma sencilla y económica. A medida que el acceso a Internet en banda ancha se desarrolla, el hogar se presenta como un espacio de ocio y trabajo, de esta forma, el acceso a Internet se hace más necesario y la posibilidad de compartir el mismo acceso entre varios ordenadores y de forma simultánea será una necesidad creciente.

En el sector de empresa, Wifi aparece como una extensión inalámbrica de las Redes de Área Local en las empresas. Enfocándose a las siguientes ventajas:

- Movilidad de equipos.
- Ausencia de cableado.
- Libertad en los cambios organizativos.
- Acceso a la red independientemente del puesto de trabajo.

En el ambiente público se enfocó en la aparición de los PWLAN (Public Wireless Local Area Network), que representa una oportunidad de negocio tanto para los fabricantes como para aquellas empresas que desarrollan un servicio de acceso a Internet en lugares de uso público. Comúnmente estas redes se pueden encontrar de forma masiva en cafeterías y restaurantes.

Los hoteles y algunas empresas de restauración emergen como potenciales utilizadores del Wifi, denotando su valor añadido que ofrecer a sus clientes, pues posibilita la conexión a Internet inalámbrica desde las habitaciones y espacios comunes. Se trata de un servicio que cada día se incorpora más a la oferta hotelera y turística, y que puede llegar a ser diferenciador a la hora de contratar un hotel.

En las universidades y centros educativos se destaca el crecimiento y cobertura Wifi. Esta red suele alcanzar elementos comunes como cafeterías, bibliotecas, ciertas salas y laboratorios, así como zonas exteriores. En todas ellas los alumnos con PC portátil y otros terminales pueden acceder a prácticas, consultas, ejercicios, aplicaciones de e-learning. En definitiva, a las mismas aplicaciones a las que el alumno puede acceder desde una conexión cableada.

Wifi tiene otros ámbitos de aplicación adicionales a la conexión de ordenadores a Internet o a la LAN de la empresa. En el sector de seguridad, Wifi permite la interconexión inalámbrica de dispositivos de seguridad como son sensores remotos, cámaras de vídeo vigilancia. Empresas de seguridad comienzan desarrollar ofertas de vídeo vigilancia a través de conexiones de banda ancha.

Finalmente existen en el mercado una gran variedad de dispositivos dedicados a facilitar la conectividad Wifi. Recientemente aparecen dispositivos con Wifi integrado que permiten la conectividad como un acceso inalámbrico, de banda ancha, a la Red Local

¹² Home Networking: grupo de dispositivos, como computadoras, sistemas de juegos...

del hogar/empresa. Estos mismos dispositivos facilitan la creación de entornos donde equipamiento informático/ocio puede estar conectado a la red Internet de forma permanente. (Berbin , 2019)

1.4. Estándar en redes inalámbricas

Existen muchos tipos de estándares a lo sé que se refieren redes inalámbricas, entre los más conocidos se tienen a IEEE 802, HiperLAN, HomeRF, Bluetooth, WiMAX, entre otros por destacar (EcuRed, 2019). La presente sección se enfocará únicamente el estándar IEEE 802.11 por las compatibilidades con la marca comercial WIFI¹³.

Estándares IEEE 802.11

IEEE 802.11 es un estándar para redes inalámbricas definido por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (por sus siglas en ingles **IEEE**). Este estándar se encuentra en continua evolución, debido a que existen muchos grupos de investigación, trabajando en paralelo para mejorar el estándar, a partir de las especificaciones originales. Se basa principalmente en la división de dos capas principales: la capa MAC y la capa física o PHY¹⁴. En el caso de las redes wifi, la IEEE a definido los siguientes 4 estándares WLAN: (Perahia & Stacey, 2013)

- IEEE 802.11b (11 Mbps¹⁵ con 2.4 GHz)
- IEEE 802.11a (54 Mbps con 5.2 GHz)
- IEEE 802.11g (54 Mbps con 2.4 GHz)
- IEEE 802.11n (144 Mbps hasta 600 Mbps con 2.4GHz y 5GHz)

Modulación en los estándares IEEE 802.11

Con la evolución del estándar 802.11 a 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, se presentaron nuevos objetivos de obtener velocidades de transmisión más altas y confiables, utilizando nuevas técnicas de modulación. El actual trabajo de titulación mencionara a forma de conocimiento general, las principales modulaciones utilizadas en este estándar del modo más simple y conciso posible para su comprensión y conocimiento, las cuales se indican a continuación:

Modulación **CCK**: La codificación de código complementaria (por sus siglas en ingles **CCK**) es un esquema de modulación utilizado con redes inalámbricas que emplean la especificación IEEE 802.11b para lograr una velocidad de datos superiores de 2Mbps, 5Mbps y 11Mbps dependiendo de la distancia a la cual se encuentre en cliente y la fuente de conexión por medio de uso 8 bits¹⁶ para el envío de información que implica menos difusión para obtener una mayor velocidad de datos. Pero más susceptible a interferencias.

Modulación **DSSS**: El espectro ensanchado por secuencia directa (por sus siglas en ingles **DSSS**), es un método de codificación de canal en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan en las conexiones inalámbricas. Con DSSS, los datos se dividen y se transmiten

¹³ WIFI: es una comunicación inalámbrica llevada a cabo sin el uso de cables.

¹⁴ PHY: abreviatura de la palabra en inglés physical layer, en español corresponde a...

¹⁵ Mbps: unidad de un megabit por segundo, empleada para cuantificar un caudal de datos.

¹⁶ Bit: acrónimo de binary digit, una unidad básica de información en teoría de la información...

simultáneamente en tantas frecuencias como sea posible dentro de una banda de frecuencia particular (el canal). Este agrega bits de datos redundantes conocidos como chips a los datos para representar 0 o 1 binarios. cuanto mayor sea la cantidad de chips, más inmune a la interferencia es la señal, ya que los datos pueden recuperarse a partir del código de chips enviados, pero es más vulnerable a la interferencia de dispositivos que operan en el mismo rango. Utilizados por el IEEE en el estándar 802.11 para redes de área local inalámbricas WLAN, alcanzan velocidades máximas de 54Mbps.

Modulación **OFDM**: La multiplexación por división de frecuencias ortogonales (por sus siglas en ingles **ODFM**) es una técnica de transmisión que consiste en la multiplexación de un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información. Pueden alcanzar velocidades de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps por onda multiplexada. La principal ventaja de OFDM sobre otros esquemas de modulación, es que una onda portadora tiene la capacidad para hacer frente a condiciones severas del canal de transmisión, por ejemplo, la atenuación de altas frecuencias en un cable de cobre largo, la interferencia de banda estrecha¹⁷ y el desvanecimiento selectivo de la frecuencia debido a múltiples trayectorias de la onda. (Oriol Sallent , Valenzuela González, & Agustí Comes , 2003)

Estándar IEEE 802.11n

El estándar 802.11n proporcionar un mayor rendimiento, disponibilidad y previsibilidad de la red debido a la operación de múltiples entradas, múltiples salidas y más eficientes protocolos para la conexión entre dispositivos. Con este estándar y su uso en redes inalámbricas llega a ser comparable a las conexiones por cable de Ethernet. Además, los costos de soporte son relativamente bajos porque no hay necesidad de ajustar continuamente la red en comparación con las redes heredadas de los estándares 802.11 a, 802.11 b, and 802.11g. La tecnología de múltiples entradas, múltiples salidas del estándar 802.11n supera los problemas de interferencia, lo que mejora la confiabilidad y reduce el tiempo necesario para solucionar problemas relacionados. La compatibilidad con versiones y estándares anteriores del 802.11, permite continuar utilizando dispositivos WLAN existentes; sin embargo, para lograr el potencial de rendimiento completo del 802.11n, se deben implementar dispositivos solo con el estándar 802.11n en la banda de 5GHz. (Geier, 2010)

1.5. WIFI

Wifi es una comunicación inalámbrica llevada a cabo sin el uso de cables de interconexión y se basa en la tecnología de la organización alianza WIFI, la cual promueve el uso de esta tecnología, además de certificarla bajo ciertas normas de interoperabilidad para dispositivos habilitados con wifi y que puedan estos mismos conectarse entre sí o a internet a través de puntos de accesos inalámbricos. Cabe mencionar que Wifi utiliza los estándares 802.11b, 802.11g, 802.11n y 802.11ac¹⁸ para su estandarización. (Carballar, 2010)

¹⁷ Banda estrecha: situación en las radiocomunicaciones donde anchura de banda... del mensaje no excede perceptiblemente el canal anchura de banda de la coherencia.

¹⁸ 802.11ac: mejora de la norma IEEE 802.11n, enfocada en aumentar tasas de transferencias.

Zona de cobertura Wifi

Son áreas relativamente pequeñas que van desde unos 20 metros de distancia hasta de 350 metros zonas sin obstáculos o al aire libre. Dentro de estas áreas las ondas electromagnéticas emitidas por los equipos wifi permiten la interconexión de equipos a la red WLAN garantizando la calidad y el envío de información. (García Marín, 2016)

Mapas de cobertura Wifi

Los mapas de cobertura (o de calor) son mapas visuales que sirven como herramientas para los usuarios finales de la red como para los diseñadores de la misma, ya que se pueden tomar decisiones con la información obtenida en base a la representación gráfica mostrada en estos mapas. De acuerdo a la fuerza de la señal, el gráfico va coloreándose de distintos colores, con una cobertura optima, se pintará el área involucrada de color verde, sin embargo, si la cobertura es muy mala, pintará el área de color rojo. (Ordoñez Mendoza, 2020)

1.6. Antenas, tipos y características.

Elemento pasivo que no ofrece ninguna potencia adicional a la señal emitida por un dispositivo de radiocomunicación, las antenas redirigen la energía que recibe de la emisora, esta energía redirigida tiene el efecto de proporcionar más energía en una dirección específica, y reducción de energía en el resto de direcciones. Existen los siguientes tipos de antenas que se consideran en el diseño de una red inalámbrica y se los muestra a continuación:

- **Direccionales:** Enfoca la energía de la señal y ofrece el máximo de banda ancha.
- **Omnidireccionales:** Permite la conexión en cualquier dirección, las cuales se implementan mayormente en redes WLAN.

Otro punto a considerar en las antenas es según el re direccionamiento de la energía y se clasifica en:

- **Antena no isotrópica:** irradia la energía que recibe solo en una sección del espacio que la rodea.
- **Antena isotrópica:** irradia la energía que recibe en toda la sección del espacio que la rodea, mayormente utilizada en redes WLAN. (Monachesi, Frenzel, Chaile, Carrasco, & Gómez, 2019)

A parte de considerar los tipos de antenas, también se debe tener en cuenta las características más importantes de las mismas que deben ser consideradas al momento de elegir las para su aplicación y que se mencionan a continuación.

Patrones de Radiación: El patrón de radiación de una antena se puede representar como una gráfica tridimensional de la energía radiada vista desde fuera de esta. Los patrones de radiación usualmente se representan de dos formas, el patrón de elevación y el patrón de azimuth¹⁹. El patrón de elevación es una gráfica de la energía radiada por la antena vista de perfil. El patrón de azimuth es una gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba, al combinar ambas gráficas se tiene una representación

¹⁹ Azimuth: ángulo de orientación sobre la superficie de una esfera real o virtual.

tridimensional. Este trabajo de titulación no se enfoca al diseño ni comprensión matemática de la radiación de las antenas, pero se expondrá un gráfico para la comprensión del patrón de radiación como se puede observar en la figura 1-05, de los tipos de antenas mencionados anteriormente.

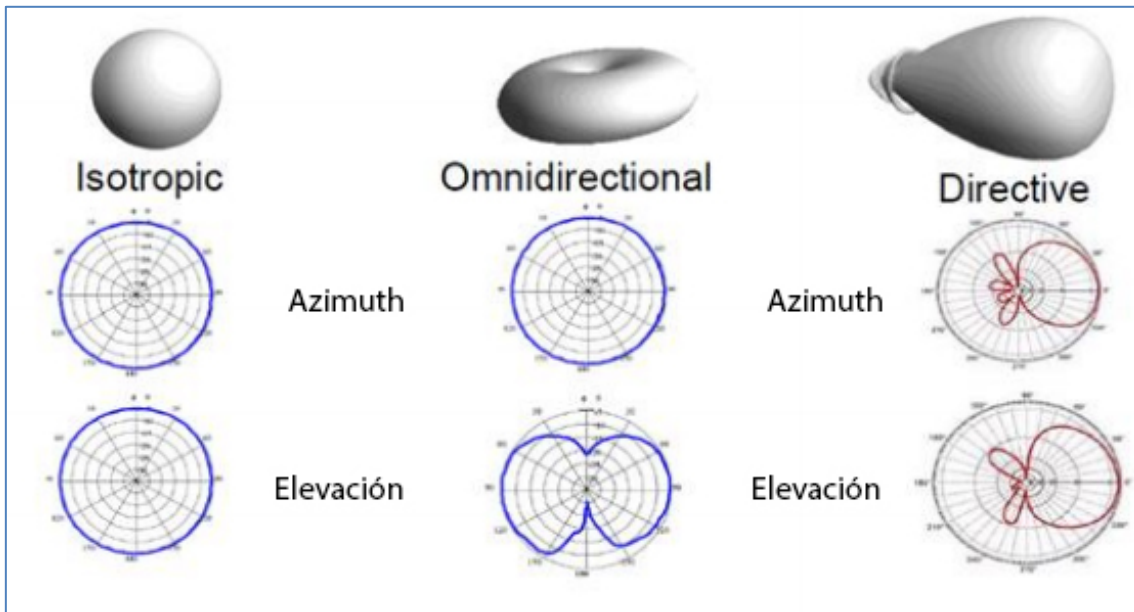


Figura 1-05 Patrón de radiación de antenas isotrópicas, omnidireccionales y direccionales (El Bouchti, 2020)

Ganancia: La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta. Esta ganancia es comúnmente referida en belios, y se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena en cuestión, comparada con la que saldría de una antena isotrópica. Una antena isotrópica es aquella que cuenta con un patrón de radiación esférico perfecto y una ganancia lineal unitaria.

Directividad: La directividad de la antena es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección particular. Se puede entender también como la habilidad de la antena para direccionar la energía radiada en una dirección específica. Es usualmente una relación de intensidad de radiación en una dirección particular en comparación a la intensidad promedio isotrópica.

Polarización: Es la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena. Hay dos tipos básicos de polarización que aplican a las antenas, como son: Lineal (incluye vertical, horizontal y oblicua) y circular (que incluye circular derecha, circular izquierda, elíptica derecha, y elíptica izquierda). No olvide que tomar en cuenta la polaridad de la antena es muy importante si se quiere obtener el máximo rendimiento de esta. La antena transmisora debe de tener la misma polaridad de la antena receptora para máximo rendimiento. (WNI MÉXICO S.A., 2019)

Tecnología MIMO

MIMO es un acrónimo para Multiple Inputs Multiple Outputs (Múltiples entradas Múltiples Salidas). En las actuales tecnologías inalámbricas esto significa que tenemos varias antenas y cada una de ellas transmite y recibe al mismo tiempo en el mismo canal, multiplicando los datos transmitidos por el número de entradas y salidas, aplicado desde

el estándar 802.11n, en el cual se permite hasta 4 flujos simultáneos, multiplicando por 4 el ancho de banda. (Shaw, 2019)

Las velocidades que se pueden lograr con esta tecnología y el estándar 802.11n se basan intervalos de protección de envío de información conocido por sus siglas en ingles **GI** que son 0.8 (800GI) y 0.4 (400GI) micro segundos de espera para el envío de datos, además de poseer esquemas de codificación y modulación conocidas por sus siglas en ingles **MSC**, las cuales permiten alcanzar velocidades como las que se muestra en la tabla 1-01.

MCS Índice	Flujos Espaciales	Velocidad (Mbit/s)			
		Canal 20 MHz		Canal 40 MHz	
		800 GI	400 GI	800 GI	400 GI
0	1	6.5	7.2	13.5	15
1	1	13	14.4	27	30
2	1	19.5	21.7	40.5	45
3	1	26	28.9	54	60
4	1	39	43.3	81	90
5	1	52	57.8	108	120
6	1	58.5	65	121.5	135
7	1	65	72.2	135	150
8	2	13	14.4	27	30
9	2	26	28.9	54	60
10	2	39	43.3	81	90
11	2	52	57.8	108	120
12	2	78	86.7	162	180
13	2	104	115.6	216	240
14	2	117	130	243	270
15	2	130	144.4	270	300
16	3	19.5	21.7	40.5	45
17	3	39	43.3	81	90
18	3	58.5	65	121.5	135
19	3	78	86.7	162	180
20	3	117	130	243	270
21	3	156	173.3	324	360
22	3	175.5	195	364.5	405
23	3	195	216.7	405	450
24	4	26	28.8	54	60
25	4	52	57.6	108	120
26	4	78	86.8	162	180
27	4	104	115.6	216	240
28	4	156	173.2	324	360
29	4	208	231.2	432	480
30	4	234	260	486	540
31	4	260	288.8	540	600

Tabla 1-01 Velocidades en estándar 802.11 por MSC (Vergès , 2020)

1.7. Elementos activos de red

Switch

Un switch es un dispositivo de red que actúa como punto de unión para la conexión de estaciones de trabajo, servidores, routers y otros switches. Los switches se usan en la tecnología estándar actual de las redes LAN Ethernet. (Valdivia Miranda, 2014)

Wireless LAN Controller

Un controlador de LAN inalámbrica o Wireless LAN Controller (WLC) por sus siglas en inglés, es un dispositivo central de una solución de redes inalámbricas y que ayuda a gestionar la implementación a gran escala de dicha red, como la autenticación de usuarios a través de Puntos de Acceso, políticas de seguridad, administración de canales, entre otros. (Commission, 2009)

Componentes de red WLAN.

Generalmente una red WLAN está compuesta de los siguientes componentes:

NIC Inalámbrico: periférico que actúa de interfaz de conexión entre aparatos o dispositivos, y también posibilita compartir recursos (discos duros, impresoras, etcétera) entre dos o más computadoras, es decir, en una red de computadoras. Las tarjetas inalámbricas o Wireless, las cuales vienen en diferentes variedades dependiendo de la norma a la cual se ajusten, usualmente son 802.11a, 802.11b y 802.11g. Las más populares son la 802.11b que transmite a 11 bps con una distancia teórica de 100 metros y la 802.11g que transmite a 54 bps.

Antenas: Una antena es un dispositivo cuya misión es difundir ondas radioeléctricas. Las antenas convierten las señales eléctricas en ondas electromagnéticas y viceversa.

Puntos de Acceso: se encuentra conectado en una red local inalámbrica (WLAN). Los dispositivos inalámbricos externos le envían la petición de acceso a los recursos de la red (Internet, E-mail, impresión, Chat, etc.). El Access Point se encarga de determinar en base a su configuración, que dispositivos están autorizados a acceder a la red y cuáles no. Es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación alámbrica para formar una red inalámbrica. Los puntos de acceso inalámbricos tienen direcciones IP asignadas, para poder ser configurados.

Router Inalámbrico: Un router inalámbrico es un dispositivo que realiza las funciones de un ruteador, pero también incluye las funciones de un punto de acceso inalámbrico. Se utiliza comúnmente para proporcionar acceso a Internet o a una red informática. No se requiere un enlace por cable, ya que la conexión se realiza sin cables, a través de ondas de radio. Puede funcionar en una LAN cableada, en una LAN sólo-inalámbrica WLAN, o en una red mixta cableada/inalámbrica, dependiendo del fabricante y el modelo.

Características:

- El Router inalámbrico puede estar conectado a la red telefónica y recibir servicio de Internet.
- El Router interconecta redes inalámbricas (WLAN) y permite proveer de servicios a los equipos que hagan la petición.

- También permite determinar caminos alternos para que los datos fluyan de manera más eficiente en la red WLAN.

Bridge inalámbrico: dispositivo de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI. Interconecta segmentos de red (o divide una red en segmentos) haciendo la transferencia de datos de una red hacia otra con base en la dirección física de destino de cada paquete. En definitiva, un bridge conecta segmentos de red formando una sola subred. Funciona a través de una tabla de direcciones MAC detectadas en cada segmento al que está conectado.

Cliente inalámbrico: Todo dispositivo susceptible de integrarse en una red Wireless por medio de un NIC inalámbrico como tabletas, portátil, cámaras inalámbricas, impresoras, etc., es llamado cliente inalámbrico. (Medina & Arequipa, 2019)

Datasheets

Son documentos que incluyen texto, tablas y esquemas de circuitos de toda clase de componentes electrónicos y de dispositivos. Además de incluir características técnicas y sus funcionamientos. (Vera López, 2015)

1.8. Simuladores de redes de datos

Simulación

Es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir el experimento con este modelo con el propósito de entender su comportamiento o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el mismo. (E. Shannon, 1988). Concretamente la simulación se limita a informar cómo será el comportamiento del sistema analizado en las condiciones que se indiquen para un sistema determinado. Los principales propósitos de una simulación son los siguientes:

- Comparación: En la simulación comparativa determinamos cuándo una opción es mejor que otra.
- Predicción: En la simulación predictiva nos interesamos por los resultados absolutos finales, no por las comparaciones.
- Análisis: Pueden ser simuladores de apoyo a las operaciones o bien aquellos que evalúan la efectividad o capacidad específica de una fuerza, su entrenamiento u operación.
- Prueba y evaluación: Básicamente se utiliza para las pruebas totales o parciales de un sistema.
- Investigación y desarrollo: Se centra en el análisis de los sistemas y su desarrollo; la simulación investigativa indica factores que afectan el flujo de entidades en el sistema, pero no requiere de respuestas precisas, por lo que la calidad de los datos de entrada no es crítica.
- Educación y entrenamiento: Se emplea en ejercicios de adiestramiento y aulas, y proporciona un conocimiento sobre procedimientos y tácticas de combate. Puede enfocarse al adiestramiento individual-tripulaciones, equipos o bien adiestramiento de grupos (planas mayores o estados mayores). (Sanmartín Mendoza, Davis Céspedes, & Márquez Díaz, 2013)

Simulador de redes

Los simuladores de redes se enfocan en diseñar y simular redes telemáticas por medio del flujo de mensajes de datos, paquetes perdidos, mensajes de flujo de control y caídas de los enlaces. Simulaciones de este tipo, permiten a los ingenieros demostrar de la forma más efectiva las operaciones y diseños de los diferentes tipos de redes y protocolos que se podrán aplicar según las necesidades (Sanmartín Mendoza, Davis Céspedes, & Márquez Díaz, 2013). Entre los simuladores más conocidos tenemos a Cisco Packet Tracer, GNS3, Netsim, Netsimk, WebNMS Simulation Toolkit, entre otros. (Velasco, Lista de simuladores de redes para virtualizar nuestra propia red, 2019)

1.9. Laboratorio

Según lo mencionado por (Pérez Porto & Gardey, 2020), un laboratorio es un lugar o realidad el cual se encuentra equipado con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos de carácter científico o técnico. Estos espacios cuentan por lo general con controles de condiciones ambientales controladas, como de accesos al mismo y tecnologías reguladas para el uso de los mismos.



2. LTIC Situación Actual

En este capítulo conoceremos como se encuentra organizado Laboratorio de Tecnologías de la Información y Comunicación (LTIC) con el que trabajaremos el presente trabajo de titulación, es decir, se conocerá histórica y actualmente el estado del LTIC.

2.1. Historia

Desde su fundación en el año 2004, el LTIC se ha encargado de administrar los equipos, programas, servicios y otras tecnologías relacionadas con tecnologías de información y comunicaciones para profesores y estudiantes de la Facultad de Ingeniería. Se encuentra ubicado en el segundo piso de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, con un horario de atención que va desde el lunes hasta el viernes de 07h00 a 20h00.

El LTIC dispone de infraestructura y equipos tecnológicos para satisfacer las necesidades y demandas de todas las materias de las carreras de Ingeniería de Sistemas Tecnologías de la Información, Sistemas de Información y parte de las materias de Ingeniería Civil. Las instalaciones, equipos, infraestructura y software del LTIC son independientes de la Dirección de Informática de la PUCE²⁰, con la finalidad de realizar trabajos, investigaciones y prácticas de las muchas materias que utilizan el laboratorio de las carreras mencionadas sin afectar a los equipos y servidores que están en ambiente de producción.

2.2. Misión

Considera misión propia el contribuir, de un modo riguroso y crítico, a la tutela y desarrollo de la dignidad humana y de la herencia cultural, mediante la investigación, la docencia y los diversos servicios ofrecidos a las comunidades locales, nacionales e internacionales. En esta misión, asume el deber de prestar particular atención a las dimensiones éticas de todos los campos del saber y del actuar humano, tanto a nivel individual como social. En este marco propugna el respeto a la dignidad y a los derechos de la persona humana, y a sus valores trascendentes, y apoya y promueve la implantación de la justicia en todos los órdenes de la existencia.

Garantiza a sus miembros la libertad académica, salvaguardando los derechos de la persona y de la comunidad dentro de las exigencias de la verdad y del bien común.

Examina a fondo la realidad con los métodos propios de cada disciplina académica, estableciendo después un diálogo entre las diversas disciplinas que las enriquezca mutuamente. Con esto se pretende la integración del saber.

Promueve el compromiso de todos los miembros de la comunidad universitaria para la consecución de los fines institucionales, a través del diálogo y la participación. (García Castro , 2020)



2.3. Visión

En los próximos años, la PUCE, fundamentada en el pensamiento y en las directrices pedagógicas ignacianas, se consolidará como un sistema nacional integrado competitivo y auto sostenible, con infraestructura tecnológica a la vanguardia de las

²⁰ PUCE: Pontificia Universidad Católica del Ecuador

necesidades de los clientes. Será reconocida por su gestión ética en servicio de la comunidad, y por su estructura académica moderna para la formación de profesionales con responsabilidad social.

Será también reconocida por los resultados de la investigación científica desarrollada en sus unidades académicas, por realizar su gestión con el apoyo de un sistema técnico, innovador y eficiente, con recursos humanos capacitados y comprometidos con la misión institucional. (García Castro , 2020)

2.4. Organigrama

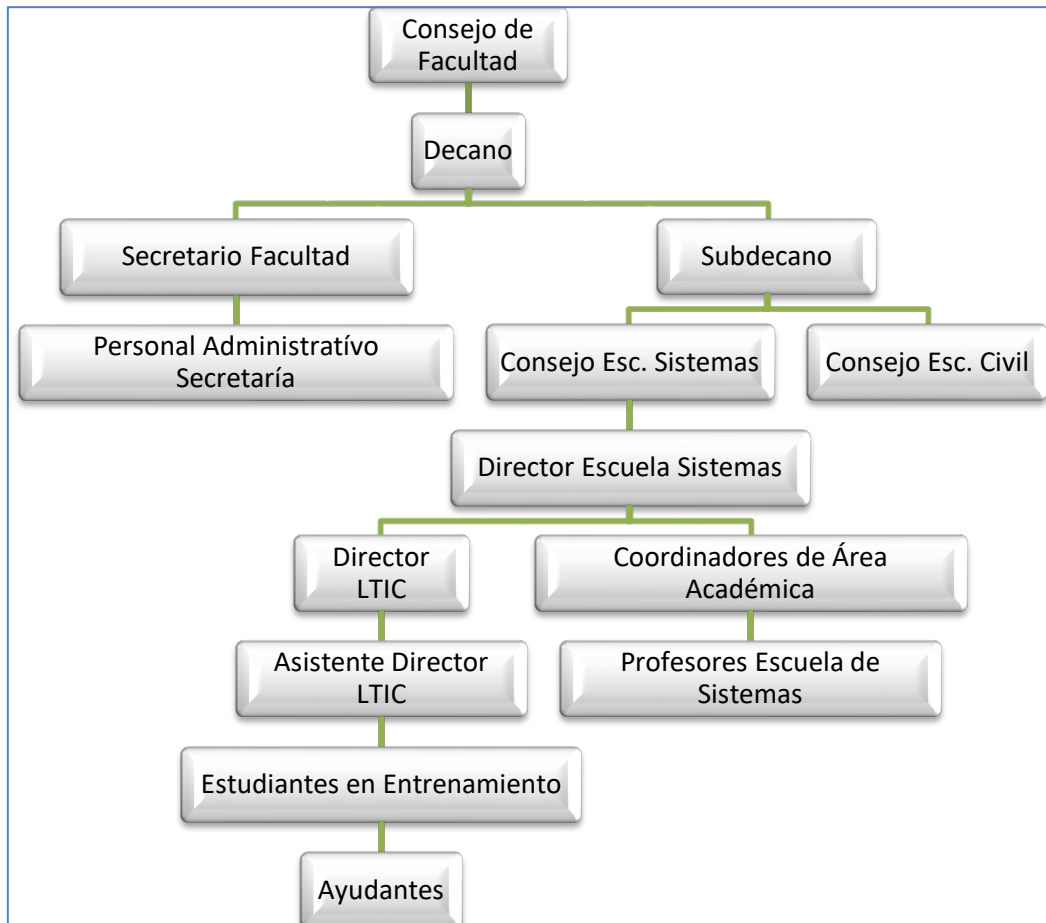


Figura 2-01 Organigrama del LTIC documento de anexo **Organigrama LTIC**

Como se observa en la Figura 2-01, el organigrama muestra una estructura jerárquica, implicando roles y funciones que se dividen para el LTIC en director, asistente, estudiantes en entrenamiento y ayudantes.

Las funciones de los roles mencionados en el organigrama se podrán encontrar en el documento de anexo **Reglamento y Normas Internas LTIC, Art3 - DE LOS DEBERES Y OBLIGACIONES.**

2.5. Infraestructura física del LTIC

La infraestructura física del LTIC está compuesta por seis aulas de uso de laboratorios de computadores, un aula de uso general, dos salas para investigación, una sala de servidores, una bodega de equipos, una oficina de director, una oficina de asistente, una sala de proyectos formativos, 5 baños, dos ascensores, un corredor que atraviesa todo el laboratorio y una sala de estar comunal. Toda esta infraestructura se la puede observar en el plano del documento de anexo **Distribución de Laboratorio**. También cuenta con una señalización numérica que comienza en 201 y finaliza en 215. Esta numeración se distribuye con la estructura física de la siguiente manera:

- Salas 1 y 2 asignadas para investigadores (aula 212 y 213)
- Sala de servidores (207)
- Bodega de equipos, materiales y suministros (208)
- Sala de personal en proyectos formativos (206)
- Oficina del asistente del LTIC (206)
- Oficina del director del LTIC (211)
- Aula de uso general (205)
- Laboratorio de PC (201)
- Laboratorio de PC (202)
- Laboratorio de PC (203)
- Laboratorio de PC (204)
- Laboratorio de PC (214)
- Laboratorio de PC (215)

Finalmente, toda el área del LTIC a excepción de la sala de estar comunal cuenta con acceso restringido por medio de sensores de radio frecuencia para asegurar los bienes inmuebles y equipos tecnológicos albergados en sus instalaciones.

2.6. Infraestructura tecnológica del LTIC

Actualmente el LTIC mantiene una infraestructura tecnología referente a redes con 20 puntos de red cableada por cada zona de aula y laboratorio que lo conforman, además de otros 20 puntos fuera de estas para para uso comunitario. Toda esta infraestructura se mantiene interconectada gracias al cableado UTP²¹ de categoría RJ45²² y a cuatro equipos switch de la marca Cisco, 3 de ellos modelo SG300X-48 y uno de estos modelos SG500X-48P, los cuales se encuentran bajo acceso restringido en la sala de servidores, en un Rack²³ dedicado para la red del laboratorio.

Por el lado de infraestructura de servidores, cuenta con 3 servidores de la marca Hewlett-Packar, modelos ProLiant DL 380 G6, ProLiant DL 380 G9, ProLiant DL 380 G10, alojados en un Rack destinado únicamente para este propósito. Estos equipos mantienen la funcionalidad del LTIC referente al software que se usa en los laboratorios de computadores, ya que mantiene el software de licenciamiento, configuraciones de permisos para usuarios y administración de accesos y credenciales. Cabe mencionar

²¹ UTP: cable de cobre de 4 pares aislados y entrelazados, usados para redes de datos.

²² RJ45: interfaz física utilizada para conectar redes de computadoras.

²³ Rack: o bastidor metálico destinado a alojar equipamiento electrónico e informático.

que estos equipos también mantienen trabajos de proyectos formativos, trabajos de titulación y de vinculación de la facultad de ingeniería con la universidad.

Referente a la infraestructura tecnológica en los laboratorios de computadores y aulas, el LTIC tiene una infraestructura como se indica en la tabla 2-01 y cada una de estas áreas también cuenta con un proyector y su pantalla de proyección correspondiente como se muestra en la tabla 2-02.

Aula	#	M.	Modelo	Procesador	Memoria	Disco	Sistema Operativo
201	2	HP	8100 Elite SFF	Intel Core i7-860 2.93 GHz	8 Gb DDR3 1600	500 Gb Western Digital	Windows 10 Pro
	15	HP	6300 Elite SSF	Intel Core i7-3770 3.4 Ghz	8 Gb DDR3 1600	500 Gb Western Digital	Windows 10 Pro
202	10	HP	8200 Elite SSF	IntelCore i7-2600 3.4 GHz	8 Gb DDR3 1600	500 Gb Western Digital	Windows 10 Pro
	1	HP	8100 Elite SFF	Intel Core i7-860 2.93 GHz	8 Gb DDR3 1600	500 Gb Western Digital	Windows 10 Pro
	9	HP	DC 7900 Convertible Minitower	Intel Core 2 Quad Q8300 2.5 GHz	4 Gb DDR3 1333	500 Gb Western Digital	Windows 10 Pro
203	21	HP	ProDesk G400 G3 SSF	Intel Core i7-6700 3.4 GHz	8 Gb DDR4 1600	1 Tb Toshiba	Windows 10 Pro
204	11	HP	8100 Elite SFF	Intel Core i7-860 2.93 GHz	8 Gb DDR3 1600	500 Gb Western Digital	Windows 10 Pro
	8	HP	8200 Elite SSF	Intel Core i7-2600 3.4 GHz	8 Gb DDR3 1600	500 Gb Western Digital	Windows 10 Pro
	2	HP	6300 Elite SSF	Intel Core i7-3770 3.4 GHz	8 Gb DDR3 1600	500 Gb Western Digital	Windows 10 Pro
214	21	HP	ProDesk G400 G3 SSF	Intel Core i7-6700 3.4 GHz	8 Gb DDR4 1600	1 Tb Toshiba	Windows 10 Pro
215	20	HP	ProDesk 400 G1 MT	Intel Core i7-4770 3.4GHz	16 Gb DDR4 1600	1 Tb Western Digital	Windows 10 Pro

Tabla 2-01 Equipos de computación laboratorios y aulas LTIC documento de anexo **Equipos e inventario LTIC**

Proyectores Aulas		
Aula	Marca	Modelo
205	ViewSonic	PJD6251
214	Sony	VPL-EX435
215	Sony	VPL-EX435
204	Sony	VPL-EX242
203	Sony	VPL-EX230
202	Sony	VPL-EX242
201	Sony	VPL-EX242

Tabla 2-02 Proyectores laboratorios y aulas LTIC documento de anexo **Equipos e inventario LTIC**

Para finalizar, dentro de la infraestructura tecnológica que posee el laboratorio, existen equipos especializados para electrología, como osciloscopios, multímetros, fuentes de poder, generadores de señales electrónicas, componentes electrónicos, entre otros que son utilizados por materias didácticas en las carreras de ingeniería, permitiendo mejor la comprensión de los equipos de cómputo. Todos estos equipos se los puede encontrar en el documento de anexo **Equipos e inventario LTIC**.

2.7. Servicios del LTIC

El LTIC ofrece tanto a profesores como alumnos universitarios el servicio de laboratorios y salas de cómputo para materias que requieran desarrollarse con enseñanzas didácticas y prácticas, las cuales se asignan por horarios y fechas que se establecen por semestres o bien por medio de reservas ocasionales fuera de dichos horarios.

También cuenta con el servicio de servidores y centro de datos, que se enfoca a albergar, procesar datos y administrar las distintas investigaciones que se generan tanto en la facultad de ingeniería como de otras facultades que no dispongan de dicha infraestructura.

Además, el laboratorio ofrece el servicio de acceso **ilimitado** a internet con velocidad de 70 Megas tanto para los laboratorios, aulas, salas y áreas comunales, como el servicio de préstamos de equipos móviles, tecnológicos y electrónicos. En el servicio de préstamo de equipos, se mencionarán los más importantes a continuación: laptops, tabletas, celulares, computadores de escritorio, equipos de electrología y juegos de robótica. Todos estos equipos constan para su préstamo en el inventario del LTIC que se encuentra en el documento de anexo **Equipos e inventario LTIC**.

Por último, para el público en general, cuenta con servicio técnico en computadores, laptops y dispositivos móviles, además del desarrollo de software a la medida para todo tipo de ámbito empresarial.

2.8. Horarios y días de atención

El LTIC atiende del día lunes al día viernes, en el horario de corrido desde las 7 de la mañana hasta las 8 de la noche. Además, por ser parte de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, acata las disposiciones con respecto a los días feriados y días de cierre de la universidad para la atención en sus instalaciones.

2.9. Usuarios objetivos actuales

El principal entorno en el que el LTIC se desarrolla, se relaciona con materias técnicas y de aprendizaje ofimático. Por lo que los usuarios objetivos actuales que utilizan los

laboratorios del LTIC son estudiantes de la universidad que requieren desarrollar nuevas habilidades tanto en el software computacional, como en parte del hardware de las computadoras. En base a lo expuesto, se menciona que el laboratorio acoge en promedio 1264 alumnos y 40 docentes semestrales como se puede observar más explícitamente tabla 2-03 que se realizó en base al documento de anexo **Relación Capacidad Instalada Vs. Número De Estudiantes**.

Usuarios LTIC	
Estudiantes Facultad Ingeniería	Cantidad
Carrera Sistemas de Computación, Tecnologías de la Información y Sistemas de la Información	838
Carrera Civil	285
Estudiantes Otras Facultades	Cantidad
Otras Carreras	141
Docentes Universitarios	Cantidad
Profesores carreras Civil, Sistemas y otras Carreras	40
Total de Usuarios	1304

Tabla 2-03 Usuarios LTIC (Vargas Vallejo, 2020)



2.10. Proyección a Futuro

La evolución tecnológica y los cambios culturales, sociales y académicos, han orientado al LTIC a tomar diferentes actividades desde su creación, siempre tomando en cuenta que sus actividades están enfocadas como una unidad de servicio para la facultad de ingeniería como para los docentes y estudiantes.

Como **proyección a futuro**, el LTIC pretende mejorar sus procesos de actualización y mejora continua en los servicios académicos ofrecidos, así como también ofrecer nuevos servicios al público en general. Demostrando sus capacidades como unidad y creando servicios que se vayan requiriendo para sus potenciales clientes. Y para lograr estos objetivos a futuro, el LTIC **requiere una red inalámbrica** que contribuya al crecimiento académico de los estudiantes, al apoyo tecnológico y didáctico que los docentes impartirán a sus alumnos y con los nuevos servicios se podrán desarrollar a futuro en el mercado.



3. Requerimientos funcionales y no funcionales de WLAN

Por lo general, las redes inalámbricas requieren de planificaciones especiales, además de considerar varios factores como la cobertura, ancho de banda para los usuarios, seguridad, infraestructuras, entre otros. Este capítulo comprende las definiciones de los requerimientos funcionales de la red WLAN, traducidos al lenguaje técnico y los requerimientos no funcionales, necesarios para la red. Para poder realizar estas definiciones, se realizaron estudios y obtención de datos del LTIC y sus instalaciones, que proporcionan el desarrollo de requerimientos mínimos para que los usuarios de la red WLAN puedan utilizarla sin ningún problema de comunicación o interconexión.



3.1. Requerimientos funcionales

La red WLAN contemplara las necesidades de:

3.1.1. RF1: Cobertura

El LTIC requiere una cobertura de una red WLAN en todos sus laboratorios de PC que son las aulas 201, 202, 203, 204, 214, 215 y el aula 205 que es de uso general. También precisa cobertura de la red en la sala de personal en proyectos formativos y la oficina del director del LTIC. Finalmente, para toda investigación y proyecto se requerirá la cobertura de una red tanto LAN, que ya posee el LTIC, como una red WLAN, y Salas 1 y 2 asignadas para investigadores no es la excepción a necesitar cobertura de dicha red, todas estas zonas abarcan un área total de 402.85 metros cuadrados de manera que la red a diseñar deberá cumplir el requerimiento de cubrir dicha zona.

3.1.2. RF2: Características funcionales

Como toda red de datos de computadores, se requiere que cumpla ciertas características funcionales tanto en equipos, tecnologías, estándares de conexión para que el servicio brindado por estas redes sea apto para el uso de los usuarios. La red WLAN que requiere el LTIC, se enfoca principalmente al uso que estudiantes y docentes universitarios requieran para fines académicos, por lo que se considera una dimensión promedio de conexión de mínimo 20 usuarios a un solo punto de acceso, basándonos en la cantidad de estudiantes por materia del documento de anexo **Relación Capacidad Instalada Vs. Número De Estudiantes**.

El acceso a la red para estos usuarios será mediante una clave de acceso general por cada zona que cubran los Access Point, esto permitirá contemplar cierta seguridad contra usuarios indeseados, los cuales realicen el mal uso de la red como de los recursos y servicios que puede ofrecer la misma.



Otro factor de funcionamiento clave a considerar para una red WLAN, es el espectro en la cual trabajara para conectarse con los equipos de los usuarios. En la zona donde se encuentra el LTIC, se encuentra repleta de redes que utilizan el espectro de los 2.4GHZ para su despliegue y como se muestra en la figura 3-01, se observa una zona roja en el LTIC, donde ocurren problemas de conexión, interferencias, perdidas de paquetes de datos, retardos de comunicación y otros problemas relacionados a la estabilidad de las redes Wifi en ese espectro.

Además, dichas redes que se localizan alrededor del laboratorio, utilizan todos los canales permitidos por el espectro de 2.4GHZ como se muestra en la figura 3-02,

demostrando la incapacidad de desplegar otras redes en este espectro por solapamiento del mismo.



Figura 3-01 Mapa de calor redes WIFI LTIC documento de anexo **Reporte Redes WIFI LTIC**

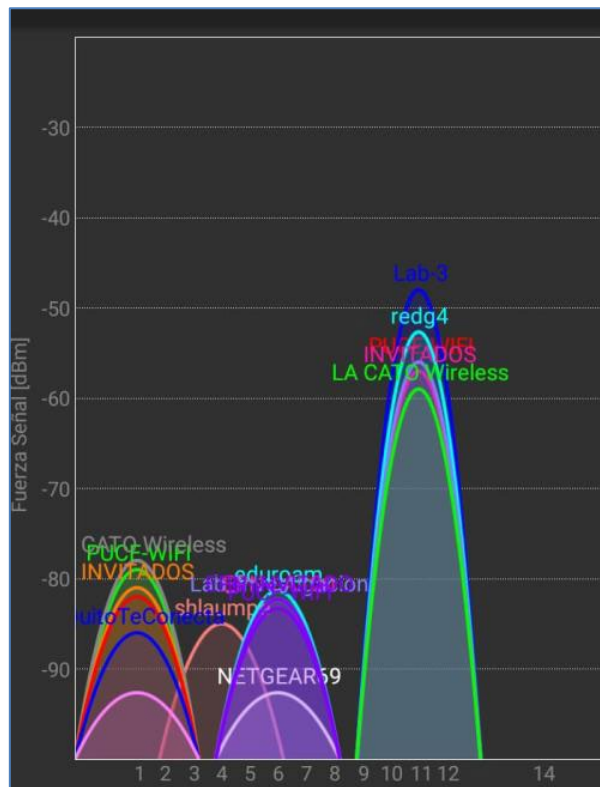


Figura 3-02 Análisis canales redes WIFI LTIC documento de anexo **Reporte Redes WIFI LTIC**

Por todo lo indicado anteriormente, la red WLAN que requeriría el LTIC, precisa funcionar en el espectro menos utilizado y explotado de los 5GHZ donde se poseen mayores números de canales para su uso y funcionamiento. Los autores (Ferigra & Ojeda, 2019), recomiendan el uso del estándar 802.11n en este espectro, ya que se

desempeña de forma más eficiente, pudiendo alcanzar velocidades estimadas de 600 Mbps, lo cual posibilitaría el crecimiento de la red a futuro según lo requiera el LTIC. Por fines académicos, se puede mantener presente el uso de frecuencias dentro del espectro de los 2.4GHZ, mas no recomendado el despliegue de estas frecuencias para el uso del LTIC.

Finalmente, todos los equipos Access Point deberán cumplir con las características funcionales mencionadas anteriormente, así como de tener la capacidad de obtener energía mediante la alimentación a través de Ethernet (Power over Ethernet, PoE), debido a que muchas veces la infraestructura física suele ser un limitante al momento de desplegar y colocar estos equipos en zonas donde no existen puntos de luz para su alimentación.



3.1.3. RF3: Ancho de banda

Por medio de la recolección de datos obtenido del software Untangle NG²⁴, encargado de manejar la red de tráfico del LTIC, se obtuvieron los datos de un solo usuario y el uso del ancho de banda requerido en 1 hora, en el horario de las 8:00 am hasta las 9:00 am. Partiendo de esta información se consiguió elaborar un gráfico de uso de ancho de banda, como se muestra la figura 3-03, la cual expone un consumo no mayor de 3.5mbps. Por consiguiente, se propone que el requerimiento mínimo de ancho de banda garantizado por usuario no sea menor de 3.5mpbs para la red diseñada. Todos estos datos recolectados se los puede encontrar en el documento de anexo **Trafico de red Untangle**.

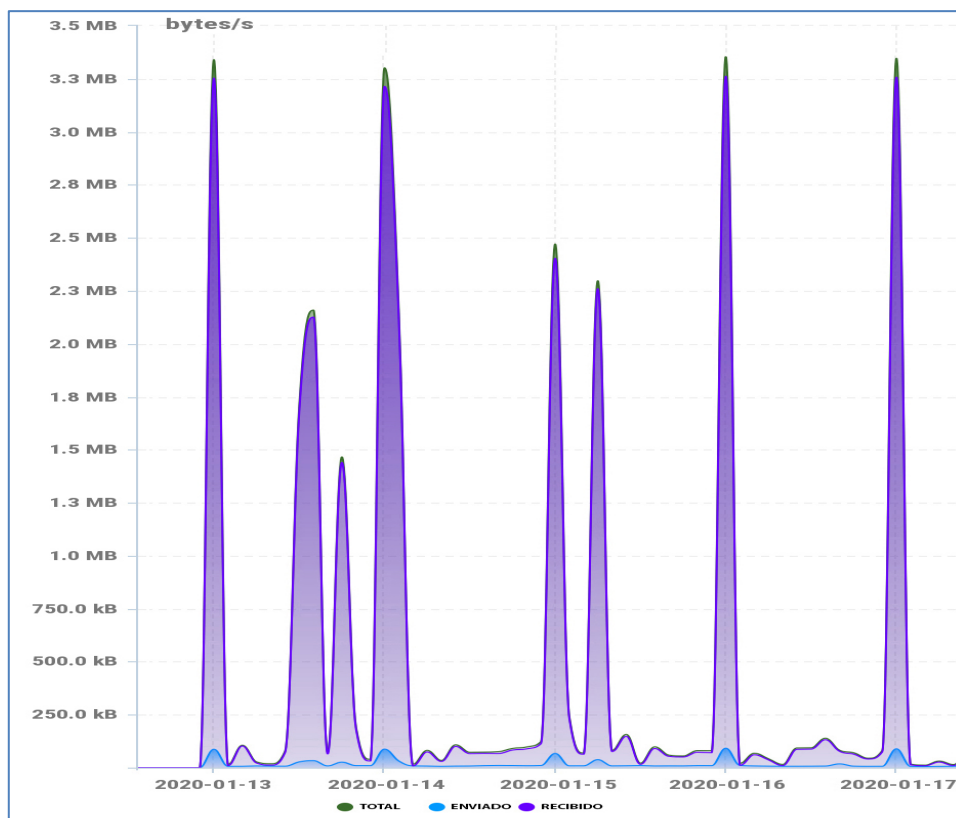


Figura 3-03 Uso de ancho de banda semanal de usuario (Vargas Vallejo, 2020)

²⁴ Untangle NG: Firewall que simplifica el control y la seguridad del tráfico de una red.

3.1.4. RF4: Garantía

Para garantizar el funcionamiento de la red WLAN en el LTIC, como mínimo se requiere el correcto funcionamiento de la misma por el tiempo de 1 año o por consiguiente 2 semestres universitarios. Para lo cual se podría precisar el uso de un Wireless LAN Controller para centralizar el control total de los Access Point en lugar de delegar el control a cada uno de ellos y de sus configuraciones. Otro punto de garantía es que los equipos puedan configurarse sin ningún problema respecto al direccionamiento en la red, ya que el LTIC cuenta con su propia distribución de dirección para cada equipo de su red.

3.1.5. RF5: Actualización

Toda tecnología tiene su tiempo de vida útil en más o menos medida dependiendo de su funcionalidad, y los equipos de una red WLAN no son la excepción. En base a lo mencionado, el LTIC requiere que el tiempo de vida útil de los equipos a utilizar en una red inalámbrica, sea el doble del tiempo de garantía de funcionamiento, ósea no menor de 2 años o por consecuente de 4 semestre universitarios, contemplando que a partir del tiempo mencionado se requiera o no una actualización puntual o parcial compatible con la infraestructura existente de la red inalámbrica.

3.2. Requerimientos no funcionales

En la siguiente tabla 3-01 se detalla los requerimientos no funcionales a implementar para este proyecto.

Restricción	Explicación
Sistema operativo	Se necesita que el sistema operativo integrado de los equipos sea configurable y administrable por un WLC.
Seguridad de conexión	Se precisa una conexión de cifrado protegido compatible con el estándar 802.11n, específicamente de la IEEE 802.11i ²⁵ .
Soporte de equipos	Se requiere que los equipos tengan un soporte de software de al menos 2 años.

Tabla 3-01 Requerimientos No Funcionales (Vargas Vallejo, 2020)



²⁵ 802.11i: Normas que especifican mecanismos de seguridad para redes inalámbricas.

4. Diseño de WLAN 802.11N para LTIC

En este capítulo realizaremos el diseño de una red WLAN para el LTIC por medio de selección de tecnologías, coberturas de la red inalámbrica, selección de estándares y topologías.

4.1. Metodología del diseño de red

El desarrollo de presente trabajo de titulación se realizará secuencialmente a través de tres enfoques metodológicos, el primero de tipo exploratorio, el segundo de tipo descriptivo y finalmente uno de tipo experimental.

La fase de tipo exploratorio, basada en investigación y requerimientos de la red, se los contempla en los capítulos **LTIC Situación Actual** y **Requerimientos funcionales y no funcionales de WLAN**.

Realizada la fase exploratoria, se desarrollará la fase descriptiva, la cual permitirá especificar detalladamente el diseño de la red con respecto a la selección de tecnologías, topológicas y arquitecturas, coberturas, etc. Esta fase se contemplará en el capítulo actual.

Finalmente, la fase de experimentación se desarrollará mediante la simulación de los requerimientos de conexión y configuración para la red wifi planteada en el capítulo **Simulación**.

4.2. Selección de topología y arquitectura de red wifi

La capacidad de versatilidad y flexibilidad que poseen las redes inalámbricas son las características por la que una red LAN llega a ser tan compleja y variable con dicha tecnología Wireless. Para la red LAN que ya posee el LTIC con una integración de red WIFI, se considerara un funcionamiento mediante una arquitectura inalámbrica en modo Infraestructura o punto de acceso, en la cual los equipos de la red Wireless funcionaran como repetidores de acceso a la red LAN del LTIC, como se muestra en la figura 4-01.

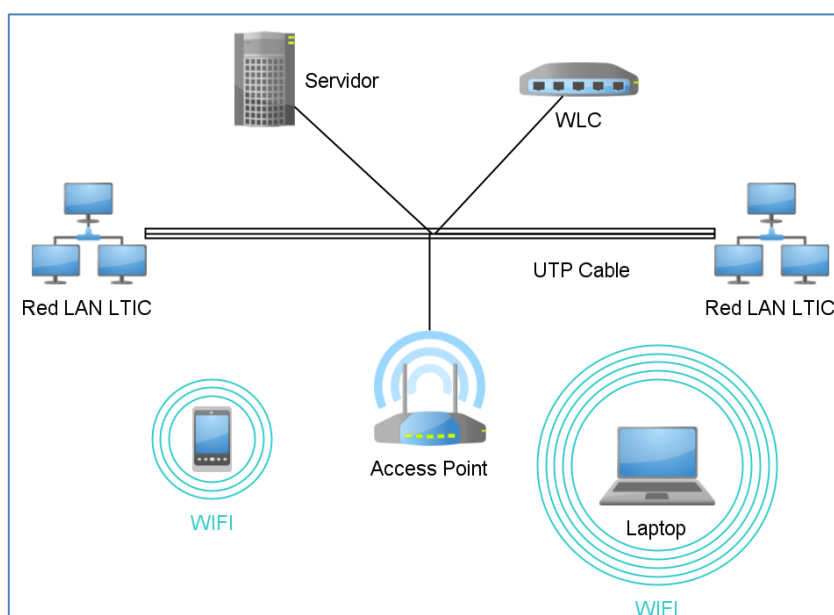


Figura 4-01 Arquitectura de red WIFI LTIC (Vargas Vallejo, 2020)



Comúnmente la topología de una red, es la forma lógica de cómo se realizará la comunicación entre los nodos que conforman la red, es decir, la distribución geométrica de los equipos y computadores. Para el LTIC y la red inalámbrica propuesta, se plantea la topología de tipo estrella de red en la que cada cliente inalámbrico está conectado directamente a un subpunto central y estos subpuntos se conectarán a un solo punto central, para que todas las comunicaciones se realicen a través de dicho punto central. En este caso, el punto central será un Wireless LAN Controller y los subpuntos son equipos de antenas WIFI que funcionan en modo Access Point como se muestra en la figura 4-02.

Al poseer un nodo central activo, una red en estrella permite controlar y prevenir problemas relacionados con ecos, ruidos y atenuaciones de la señal, problemas comunes que ocurren en las redes inalámbricas. El diseño no contemplará una asignación de direccionamiento de red a cada equipo **por respetar las garantías** del capítulo **Requerimientos funcionales y no funcionales de WLAN.**

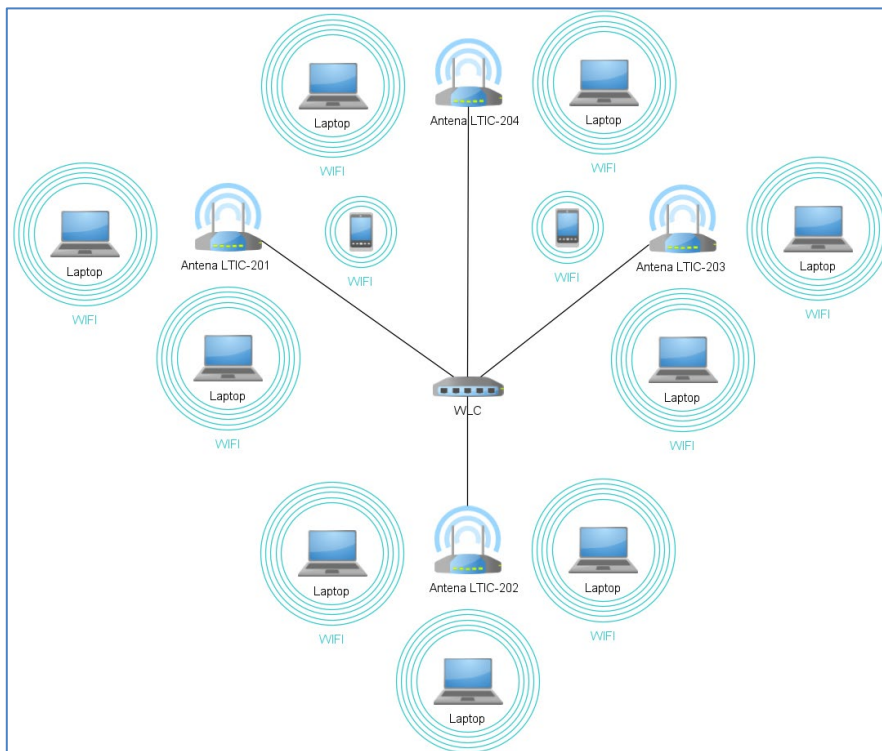


Figura 4-02 Topología de red WIFI LTIC (Vargas Vallejo, 2020)

4.3. Selección estándar de conexión, espectro de banda WIFI y seguridad WIFI

Según los requerimientos mencionados en el capítulo **Requerimientos funcionales y no funcionales de WLAN**, la red a diseñar deberá utilizar el espectro de banda de los 5Ghz, ya que es una frecuencia mucho menos congestionada al compararse con la de 2.4Ghz, además de que el número de redes que emiten en esta frecuencia es bastante reducido, por lo que las interferencias son mucho menores y permite un mejor funcionamiento de la red inalámbrica en el laboratorio. Otro punto importante a mencionar es la capacidad de enviar datos en varios canales simultáneos lo que permite llegar a tener velocidades mínimas de 450Mbps hasta máximas de 1300Mbps dependiendo del estándar de conexión utilizado.

Fundamentalmente, el espectro 5Ghz tiene un rango entre el canal 36 al canal 165 con saltos entre canales de 20, 40 o 80Mhz, posibilitando obtener 25 canales no superpuestos y con alcances en interiores de hasta 12 metros. Esto permitirá cubrir las áreas requeridas por que la red inalámbrica de radios de 7 metros, tal como se muestra en la tabla 4-01.

DIFERENCIAS	2.4GHZ	5GHZ
CANALES	14 no superpuestos	25 no superpuestos
VELOCIDAD PROMEDIO	60Mbps	400Mbps
RANGO DE RED INTERIORES	36 metros	12 metros
ESTÁNDAR	802.11 b/g/n	802.11 a/n/ac

Tabla 4-01 Comparación de espectros WIFI. (Vargas Vallejo, 2020)

Al definir un espectro de comunicación inalámbrica, se debe considerar estándares para la interconexión entre los equipos receptores y emisores. Para la red WIFI del LTIC se establece el uso del estándar IEEE 802.11n en comparación a otros estándares como se muestra en la tabla 4-02 por las siguientes características:

- Permite una compatibilidad tanto en el espectro de 5Ghz como en 2.4GHZ.
- Proporciona anchos de banda de canal de hasta 40Mhz.
- Modulación en canales de tipo OFDM.
- Velocidades de interconexión de 600Mbps.
- Tecnología MIMO de antenas.

Estas características permiten que el LTIC posea una red contemporánea a las tecnologías actuales, con la posibilidad de ajustarlas según se requieran a futuro para el correcto desempeño con sus usuarios.

ESTANDAR IEEE	VELOCIDAD	ESPECTRO	ANCHO CANALES	MODULACIÓN	TECNOLOGÍA ANTENAS
802.11a	54Mbps	5Ghz	20Mhz	OFDM	N/A
802.11b	11Mbps	2.4Ghz	20Mhz	CCK y DSSS	N/A
802.11g	54Mbps	2.4Ghz	20Mhz	CCK y DSSS, OFDM	N/A
802.11n	64Mbps a 600Mbps	2.4 / 5Ghz	20Mhz o 40Mhz	OFDM	MIMO
802.11ac	400Mbps a 6Gbps	5Ghz	40Mhz, 80Mhz o 160Mhz	OFDM	MIMO, MU-MIMO

Tabla 4-02 Comparación de estándares IEEE 802.11. (Vargas Vallejo, 2020)

Finalmente, se debe seleccionar un tipo de acceso a la red, que comúnmente suele ser por medio de una clave de acceso y con una correcta elección de seguridad de cifrado para la red WLAN. El cifrado permitirá la conexión de datos de forma segura entre los dispositivos de los clientes y el WIFI en la red. Para el LTIC se recomienda el uso de cifrado WPA2 por permitir que las llaves de interconexión entre los equipos sean por sesiones dinámicas y únicas. Además de tener un control de encriptación por bloques, lo que hace complejo el análisis del tráfico de la red por usuarios que no tengan acceso a la red inalámbrica. Contemplando también la cantidad de combinaciones de claves de acceso que permite generar, esto garantiza que otros usuarios que no posean la clave

de acceso, se les dificulte en gran medida el ingreso por ataques de fuerza bruta²⁶ a la red, tal como muestra la comparación de la tabla 4-03 con respecto a otros cifrados para el estándar 802.11.

	WEP	WPA	WPA2
ENCRIPCIÓN	RC4 ²⁷	RC4	AES ²⁸
TIPO DE CONEXIÓN POR LLAVE	Estática	Única	Única
ROTACIÓN LLAVE	Ninguna	Sesión Dinámica	Sesión Dinámica
TAMAÑO LLAVES	40Bits	128Bits	128Bits
COMBINACIONES	16.7 millones	500 trillones	500 trillones
ANÁLISIS DE TRÁFICO	Fácil	Difícil	Complejo

Tabla 4-03 Comparación de seguridad de cifrado estándar IEEE 802.11. (Vargas Vallejo, 2020)

4.4. Selección del tipo de antenas o equipos WIFI

Por medio de lo establecido en el capítulo de **Requerimientos funcionales y no funcionales de WLAN**, las antenas a seleccionar que permitan la conexión mediante un radio de acceso inalámbrico, deberán cumplir ciertas características mínimas para la correcta funcionalidad de la red.

Tales características se enfocan en que los equipos puedan ser controlados y administrados mediante un WLC, soporten de conexiones concurrentes de 20 usuarios (por experiencia del autor de este trabajo de titulación, se recomienda el soporte de más de 40 usuarios), posean tecnologías MIMO para alcanzar velocidades de transmisión de 200Mbps o superiores (uso y garantía del ancho de banda de 3.5 a 5Mbps por usuario), generen patrones de radiación del tipo isotrópico u omnidireccional tanto en el espectro de los 2.4Ghz como en 5Ghz y contar un soporte así como de una garantía de 2 años o más tiempo.

Como un punto a resaltar, si las antenas tengan un margen mayor de sensibilidad, más amplio será su capacidad de cobertura tal como se muestra en la tabla 4-04, donde se realizan comparaciones entre distintos fabricantes, seleccionados por ofrecer tanto el soporte y garantía de equipos, así como las capacidades de compatibilidad con la red inalámbrica propuesta y crecimiento de redes de bajos requerimientos a medianos requerimientos, donde se requieran mayores velocidades de transmisión y más de 200 usuarios conectados simultáneamente.

Como conclusión del presente análisis, se recomienda el uso de la antena Access Point Aironet 1850 de la marca Cisco por ofrecer las mejores propiedades que se adaptan a los requerimientos de la red WLAN del LTIC. Como dispositivo WLC para controlar las antenas, se propone de la misma marca Cisco, el equipo Cisco 3504 Wireless Controller por tener los siguientes atributos:

- Control de 150 Access Points al mismo tiempo.
- Manejo de 3000 usuarios conectados a las antenas Access Points.
- Capacidad de crear VLANS²⁹.

²⁶ Ataques de fuerza bruta: forma de recuperar una clave de acceso probando todas...

²⁷ RC4: Sistema de cifrado de flujo más utilizado en protocolos de seguridad...

²⁸ AES: El estándar de cifrado avanzado (por sus siglas en inglés AES) es un esquema...

²⁹ VLAN: Método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física.

- Compatibilidad con las licencias Cisco DNA³⁰.
- Capacidad de entregar energía vía PoE, se complementa con el equipo SG500X-48P con tecnología también PoE, que posee el LTIC.
- Compatibilidad con el estándar IEEE 802.11n/ac.
- Soporte y garantía de 3 años.
- Priorización y conservación de anchos de banda por equipo y usuario.
- Precio en promedio alrededor de los \$1200 dólares americanos.

	Aironet 1850	Aruba 325-AP	cnPilot e600
MARCA	Cisco	HPE/Aruba	Cambium Networks
ESPECTRO	2.4/5Ghz	2.4/5Ghz	2.4/5Ghz
ANTENAS	4X4 MIMO	4X4 MIMO	4X4 MIMO
TIPO ANTENA	Omnidireccional	Omnidireccional	Omnidireccional
POTENCIA	Configurable	Configurable	Limitado
SENSIBILIDAD	-96 dBm	-90 dBm	-94 dBm
GARANTIA ANCHO BANDA	Configurable	Controlable	Balanceable
ESTÁNDAR	802.11a/b/g/n/ac	802.11a/b/g/n/ac	802.11a/b/g/n/ac
USUARIOS CONCURRENTES	250 a 2.5Mbps	256 a 2.3Mbps	256 a 1.6Mbps
VELOCIDAD MAX.	600Mbps, 1.7Gbps	600Mbps, 1.7Gbps	400Mbps, 1.7Gbps
LICENCIA WLC	Incluido, <i>Cisco DNA</i>	Incluido, <i>Aruba Mobility Controllers</i>	Libre, <i>cnMaestro</i>
GARANTÍA	Limited Lifetime ³¹	Limited Lifetime	Limited Lifetime
SOPORTE	Indefinido	Indefinido	5 años
COSTO PROMEDIO	\$450	\$600	\$500

Tabla 4-04 Comparación de equipos inalámbricos Access Point. (Vargas Vallejo, 2020)

La información mencionada anteriormente de los dispositivos, se los puede encontrar en los documentos que constan como anexos **Datasheet Aruba 320**, **Datasheet Cisco 3504 Wireless Controller**, **Datasheet Cisco Aironet 1850 Access Point** y **Datasheet cnPilot e600**.

4.5. Designación de zonas de cobertura

Concluyendo el diseño de la red inalámbrica para el LTIC, se requiere de la planificación de cobertura de zonas de la red, ya que con esto se podrá aproximar tanto el alcance la red WLAN, como evitar y disminuir perdidas de conexión, ruido entre ambientes y atenuaciones de señal, entre los problemas más comunes en las redes inalámbricas. Para lograr esta planificación, se propone la creación de mapas de calor WIFI por zonas específicas y puntuales del laboratorio, contemplado que existirán ciertas restricciones físicas, ambientales y de capacidades de los equipos, para lograr imitar en lo más posible, el comportamiento del alcance radioeléctrico de la red.

Las restricciones físicas están contempladas por la disposición de los puntos de acceso LAN para los equipos, las tomas eléctricas que brindarán energía en el caso de ser necesitado por los equipos y la infraestructura físicas que rodeara a las antenas, ya que

³⁰ Cisco DNA: Software para administrar equipos, arquitecturas y plataformas de marca Cisco.

³¹ Limited Lifetime: garantía limitada de por vida que proporciona una cobertura completa...

dependiendo del material de la infraestructura podrán existir problemas de reflexión, difracción y refracción. En los mapas de calor se representará la infraestructura física por medio de líneas que correspondan a materiales según su tipo como se muestra en la tabla 4-05 y bloques de color blancos que representan la instalación del equipo en el mapa.



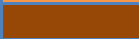

COLOR	MATERIAL
	Vidrio
	Madera
	Bloque
	Vidrio y Bloque

Tabla 4-05 Color por tipo de material físico. (Vargas Vallejo, 2020)

Las restricciones ambientales se verán reflejadas en los ruidos térmicos e impulsivos, contaminación espectral de otros equipos que utilicen el espectro radio eléctrico. Estos problemas en el ambiente generaran caídas de al menos -5dB en la calidad de la señal y se tomara en cuenta en las coberturas de las zonas.

Las restricciones de capacidades de los equipos se enfocan tanto al poder de transmisión de datos que tienen los dispositivos, por consiguiente, estos deberán ser configurados entre los 14 dBm a 20dBm de potencia y tener una sensibilidad mínima de -70dBm para la comunicación en la red.

Finalmente se genera el mapa de calor mediante un software enfocado a imitar el comportamiento de equipos inalámbricos, en una representación gráfica de las instalaciones del LTIC, para estimar las zonas de cobertura especificadas en el capítulo de **Requerimientos funcionales y no funcionales de WLAN**. Dicho software permite incluir todas las restricciones físicas y ambientales como se muestra en la figura 4-03, al igual que las restricciones de capacidad en los equipos, esencialmente la intensidad de las señales de los equipos, las cuales mostraran la calidad de recepción medido en dBm por colores como se indica en la tabla 4-06.



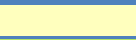






COLOR	RECEPCIÓN EXCELENTE	COLOR	RECEPCIÓN BUENA	COLOR	RECEPCIÓN REGULAR
	-30dBm		-45dBm		-60dBm
	-35dBm		-50dBm		-65dBm
	-40dBm		-55dBm		-70dBm

Tabla 4-06 Color por recepción de señal en mapa de calor. (Vargas Vallejo, 2020)

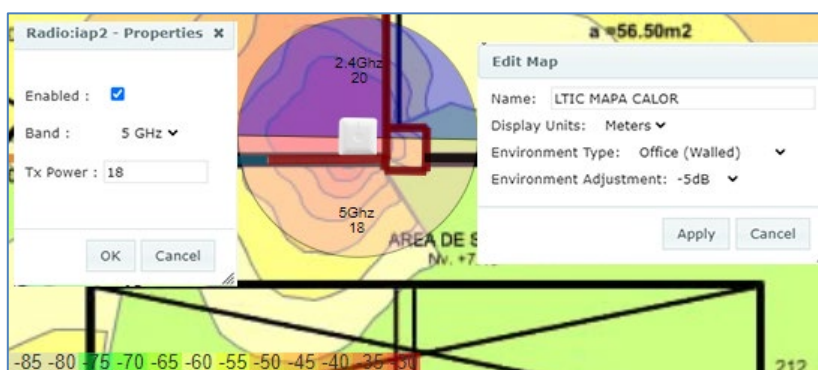


Figura 4-03 Configuraciones mapa de calor red WIFI LTIC (Vargas Vallejo, 2020)

El mapa de calor generado, que se puede encontrar en el documento de anexo **Mapa de Calor Red Diseñado LTIC**, produce varios tipos de cobertura de radio dependiendo de área y espacio que se cubre, estos tipos de radiación se mostraran a continuación.



Figura 4-04 Cobertura tipo aulas comunes red WIFI LTIC (Vargas Vallejo, 2020)

El tipo de radio de cobertura común, generado por el mapa de calor, se lo puede encontrar en las aulas 201, 203, 204, 205, 214, 215 y el aula de proyectos formativos. Como se puede observar tiene una cobertura de sensibilidad excelente y buena.

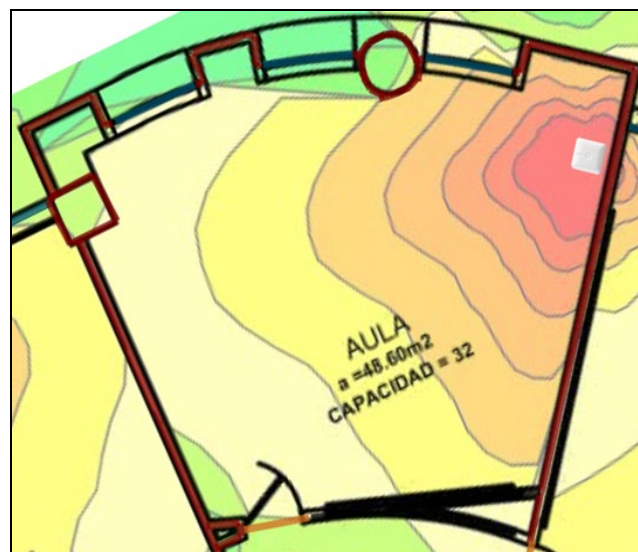


Figura 4-05 Cobertura tipo aulas comunes, aula 202 red WIFI LTIC C (Vargas Vallejo, 2020)

Este mapa de calor, puntual para el aula 202, es muy similar al del tipo de radio de cobertura común, poseyendo la misma sensibilidad de radio, pero con la diferencia en el área no rectangular que posee dicha aula.

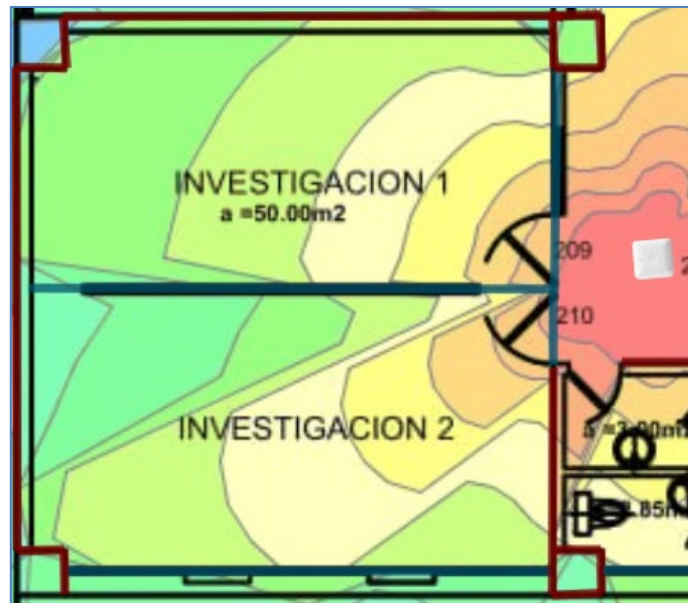


Figura 4-06 Cobertura tipo aulas investigación red WIFI LTIC (Vargas Vallejo, 2020)

El tipo de radio de cobertura de investigación, generado por el mapa de calor, se lo puede encontrar en las aulas de investigación 1 y 2. Como se puede observar tiene una cobertura de sensibilidad buena y regular. Enfocándose en que la zona requiere una cobertura inalámbrica no demandante, ya que el uso de la red se lo realiza principalmente por medio de conexiones alámbricas que el LTIC ya dispone en este sitio.

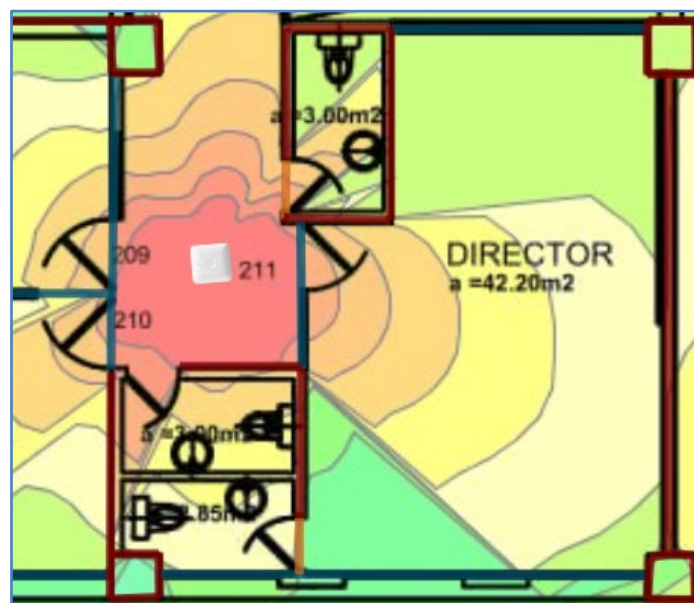


Figura 4-06 Cobertura tipo oficina de director LTIC red WIFI LTIC (Vargas Vallejo, 2020)

El tipo de radio de cobertura de oficina de director LTIC, generado por el mapa de calor, se lo encuentra en la zona donde es la dirección del LTIC. Como se puede observar tiene una cobertura de sensibilidad buena y regular. Centrándose en que el uso de la red inalámbrica será muy puntual para reuniones de cualquier ámbito. El mismo dispositivo que cubre esta zona, también cubrirá las aulas de investigación 1 y 2.

5. Simulación

En este capítulo se desarrollarán simulaciones de la red propuesta, reproduciendo su comportamiento y poder comprender el funcionamiento de la misma cuando se desee montar y desplegar la red WLAN. Para esto se propone el uso de software enfocado a la simulación de redes y canales de interconexión inalámbricas.

5.1. Selección y comparativa del software simulador

En base al capítulo de **Diseño de WLAN 802.11N para LTIC**, se requiere realizar simulaciones que ayuden a comprender el posible funcionamiento que tendrá la red en la vida real. Para lo cual se propone una simulación tanto en base al canal de comunicación en la red inalámbrica, como la configuración y funcionamiento de los equipos que compondrán el WIFI de la red.

Para la simulación del canal de comunicación se plantea el uso de software simulador de red Ns3 por cuestiones que se enfocan tanto a la licencia libre de uso, plataforma de función Linux, redes de simulación inalámbrica, soporte visual para la evaluación de datos, así como un soporte continuo de una comunidad activa y un análisis enfocado tanto a canales inalámbricos como tráfico y ancho de banda en redes. Estas características se obtuvieron a partir de la tabla 5-01, que de desarrollo en base a los documentos que constan como anexos **Analysis and comparison of different network simulators** y **Detail Comparison of Network Simulators**.

SIMULADOR	Ns3	OMNeT++	OPNET	QualNet	JSIM
PLATAFORMA	Linux, Windows, Mac	Linux, Windows, Mac	Linux, Windows	Linux, Windows, Mac	Independiente
COSTO DE LICENCIA	Libre	Libre, Comercial	Comercial	Comercial	Libre
TIPO DE RED	LAN, WLAN	LAN, WLAN	WLAN	LAN, WLAN	LAN, WLAN
SOPORTE VISUAL	Bueno	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno
DOCUMENTACION Y SOPORTE	SI	SI	NO	NO	SI
RED CONTROLABLE	SI	SI	NO	NO	SI
TIPO ANALISIS	Trafico tiempo real de red, ancho de banda, calidad del canal, topología de red	Trafico de red, ancho de banda, topología de red, redes fotónicas	Jerarquía de dominios, recursos de red, políticas de red	Tipo de tráfico de red, ancho de banda, clúster, modelos de redes por usuario	Carga de tráfico de red, Protocolos de servicios, simulación paralela de arquitecturas de red

Tabla 5-01 Comparación de software simulador de redes. (Vargas Vallejo, 2020)

Considerando que en el presente trabajo de titulación se ha recomendado el uso de equipos de la empresa Cisco Systems, para la simulación del comportamiento de los equipos, se utilizara la herramienta Packet Tracer, recomendada por la misma empresa Cisco para simulaciones de equipos de su marca. Además de poseer las siguientes características principales que ayudaran al desarrollo de la simulación:

- Simulación de sistemas operativos Cisco OS

- Visualización y análisis gráfico del tráfico simulado
- Actualidad y completa compatibilidad con equipos Cisco
- Simulaciones de tiempo real
- Soporte multi plataforma
- Protocolos de simulación LAN y WLAN
- Cliente de consola para comandos
- Capacidad de simulación de infraestructura física
- Licencia libre y comercial

5.2. Simulación y análisis de la red propuesta

A continuación, se efectuará la simulación de la red con el diseño propuesto, contemplando que el software Ns3 se enfocará a simular el comportamiento de conexión inalámbrico en el espectro y estándar propuesto para la red. Mientras que el software Packet Tracer, se enfocara en la interconexión de los equipos planteado para la red. Las simulaciones consideraran un ambiente lo más cercano posible al que posee el LTIC tanto de su topología como direccionamiento de equipos en IPv4³².

Para la simulación en la herramienta Ns3, se tendrá en cuenta que, en el entorno a simular, incluirá ruido espectral, uso del espectro de los 5Ghz y el estándar 802.11, así como también la potencia de transmisión y recepción de los equipos inalámbricos en un área de 7 metros que es lo correspondiente al área de las zonas de cobertura WIFI. Cabe mencionar que Ns3 es un simulador basado en programación de lenguaje C++³³, por lo tanto, toda simulación se realizara bajo este lenguaje y en un programa que permita el desarrollo de la simulación.

Como punto a partir, se simularon las capacidades que tiene el estándar 802.11n con el espectro de 5Ghz, enfocándose a las velocidades en relación con la distancia de cliente inalámbrico como se muestra en la figura 5-01. Esta simulación se efectuará con todos los esquemas de codificación y modulación del estándar planteado, con configuración de compatibilidad de tecnología MIMO con 20Mhz de ancho de banda, tal como se muestran los resultados en la tabla 5-02.

```
osboxes@osboxes:~/workspace/bake/source/ns-3.30$ ./waf --run scratch/WIFI-80211n-mimo
Waf: Entering directory `~/home/osboxes/workspace/bake/source/ns-3.30/build'
Waf: Leaving directory `~/home/osboxes/workspace/bake/source/ns-3.30/build'
Build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (0.679s)
wifitype: ns3::SpectrumWifiPhy distance: 1m
#Antena MCS CH(Mhz) Rate(Mbps) Tput(Mbps) Recibido
1 0 20 6.5 5.80557 986
1 1 20 13 11.8054 2005
1 2 20 19.5 17.7582 3016
1 3 20 26 23.7581 4035
1 4 20 39 35.6872 6061
1 5 20 52 47.5633 8078
1 6 20 58.5 53.4572 9079
1 7 20 65 59.51 10107
1 0 20 7.2 6.55334 1113
1 1 20 14.4 13.1773 2238
1 2 20 21.7 19.766 3357
1 3 20 28.9 26.4018 4484
1 4 20 43.3 39.6616 6736
1 5 20 57.8 52.8507 8976
1 6 20 65 59.5336 10111
```

Figura 5-01 Simulación estándar 802.11n con tecnología MIMO (Vargas Vallejo, 2020)

³² IPv4: Protocolo de Internet versión 4, enfocado a las interconexiones de redes para...

³³ C++: lenguaje de programación creado con el objetivo de extender al lenguaje... de programación C mecanismos que permiten la manipulación de objetos

WIFI-80211n MIMO 1 Metro					
MCS	Vel. Real (Mbps) 800 Gi	Vel. Obt. (Mbps) 800 Gi	Vel. Real (Mbps) 400 Gi	Vel. Obt. (Mbps) 400 Gi	#Antenas
0	6,5	5,8173	7,2	6,5639	1
1	13	11,8349	14,4	13,1844	1
2	19,5	17,7959	21,7	19,7872	1
3	26	23,8064	28,9	26,4348	1
4	39	35,7449	43,3	39,7263	1
5	52	47,6221	57,8	52,9637	1
6	58,5	53,5855	65	59,5524	1
7	65	59,5477	72,2	66,1799	1
8	13	11,7642	14,4	13,1208	2
9	26	23,7404	28,9	26,3512	2
10	39	35,6436	43,3	39,6357	2
11	52	47,5762	57,8	52,9402	2
12	78	71,4050	86,7	79,3797	2
13	104	94,9887	115,6	105,0830	2
14	117	106,4070	130,3	117,5410	2
15	130	117,5590	144,4	117,7390	2
WIFI-80211n MIMO 4 Metros					
MCS	Vel. Real (Mbps) 800 Gi	Vel. Obt. (Mbps) 800 Gi	Vel. Real (Mbps) 400 Gi	Vel. Obt. (Mbps) 400 Gi	#Antenas
0	6,5	5,8173	7,2	6,5639	1
1	13	11,8349	14,4	13,1773	1
2	19,5	17,8053	21,7	19,7872	1
3	26	23,8075	28,9	26,4359	1
4	39	35,7437	43,3	39,7252	1
5	52	47,6021	57,8	52,9696	1
6	58,5	53,6126	65	59,5465	1
7	65	59,5194	72,2	66,1835	1
8	13	11,7701	14,4	13,1138	2
9	26	23,7416	28,9	26,3500	2
10	39	35,6236	43,3	39,6345	2
11	52	47,5703	57,8	52,9060	2
12	78	71,4450	86,7	79,3820	2
13	104	94,9723	115,6	105,0970	2
14	117	106,3350	130,3	117,5810	2
15	130	117,5760	144,4	117,7420	2
WIFI-80211n MIMO 7 Metros					
MCS	Vel. Real (Mbps) 800 Gi	Vel. Obt. (Mbps) 800 Gi	Vel. Real (Mbps) 400 Gi	Vel. Obt. (Mbps) 400 Gi	#Antenas
0	6,5	5,8173	7,2	6,5639	1
1	13	11,8349	14,4	13,1844	1
2	19,5	17,8053	21,7	19,7766	1
3	26	23,8064	28,9	26,4359	1
4	39	35,7449	43,3	39,7263	1
5	52	47,6021	57,8	52,9684	1
6	58,5	53,6126	65	59,5453	1
7	65	59,5783	72,2	66,1811	1
8	13	11,7701	14,4	13,1138	2
9	26	23,7404	28,9	26,3488	2
10	39	35,6448	43,3	39,6133	2
11	52	47,5986	57,8	52,9131	2

WIFI-80211n MIMO 7 Metros					
MCS	Vel. Real (Mbps) 800 GI	Vel. Obt. (Mbps) 800 GI	Vel. Real (Mbps) 400 GI	Vel. Obt. (Mbps) 400 GI	#Antenas
12	78	71,4450	86,7	79,3820	2
13	104	94,9593	115,6	105,0510	2
14	117	106,3510	130,3	117,5930	2
15	130	117,5570	144,4	117,7330	2

Tabla 5-02 Datos simulados con los índices MSC del estándar 802.11n con espectro de 5GHZ. (Vargas Vallejo, 2020)

Como resultados obtenidos de la simulación anterior, se puede observar que las velocidades obtenidas se acercan mucho a las reales para cada MCS de la tecnología MIMO, tanto para las distancias de 1 metro, 4 metros y 7 metros. Además de que el uso de 1 a 2 antenas para la conexión entre dispositivos inalámbricos, aumenta considerablemente la velocidad de transmisión.

La próxima simulación, se basa en el movimiento de un cliente inalámbrico en el área planteada del diseño de la red como se puede observar en la figura 5-02, para extraer la calidad de conexión que se obtiene en la tecnología MIMO con 20Mhz de ancho de banda y 800 GI de intervalo de protección, considerando los esquemas de codificación y modulación MCS0, MCS7 y MCS15, observado en la figura 5-03.

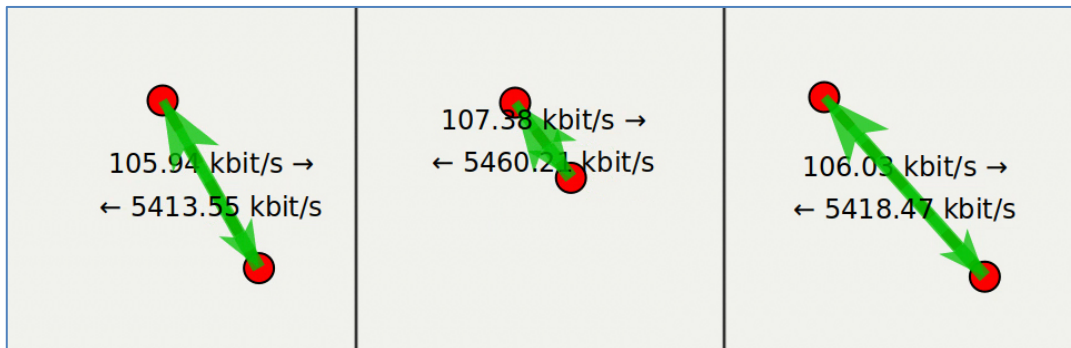


Figura 5-02 Simulación cliente en movimiento estándar 802.11n con tecnología MIMO (Vargas Vallejo, 2020)

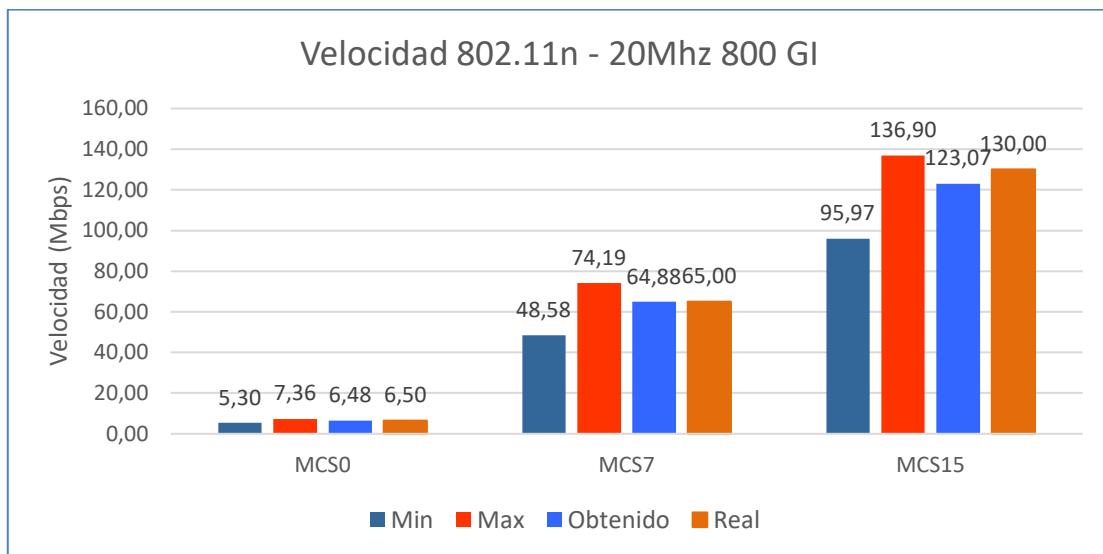


Figura 5-03 Velocidades de conexión de cliente en movimiento estándar 802.11n con MSC0, MSC7 y MSC15 (Vargas Vallejo, 2020)

De la simulación realizada se puede concluir que el cliente logra mantener una velocidad de conexión muy cercana a lo que dicta cada esquema de codificación y modulación. Esto brindara una conexión más que suficiente al cliente para utilizar la red, pero se debe tener en cuenta que cuando existen flujos de datos más veloces, menos estable se vuelve dicha conexión, como en el esquema MCS15, lo que no ocurre con el esquema MCS0, el cual tiene únicamente un desfaz muy bajo de 0.02 Mbps.

Finalmente, la última simulación realizada con Ns3, se enfocó en la estabilidad que tiene la red con 25 usuarios en movimiento, utilizando el estándar 802.11n con espectro de 5Ghz y con conexión directa de la antena a un controlador que transmitirá información desde internet hacia la red, como es visible en la figura 5-04.

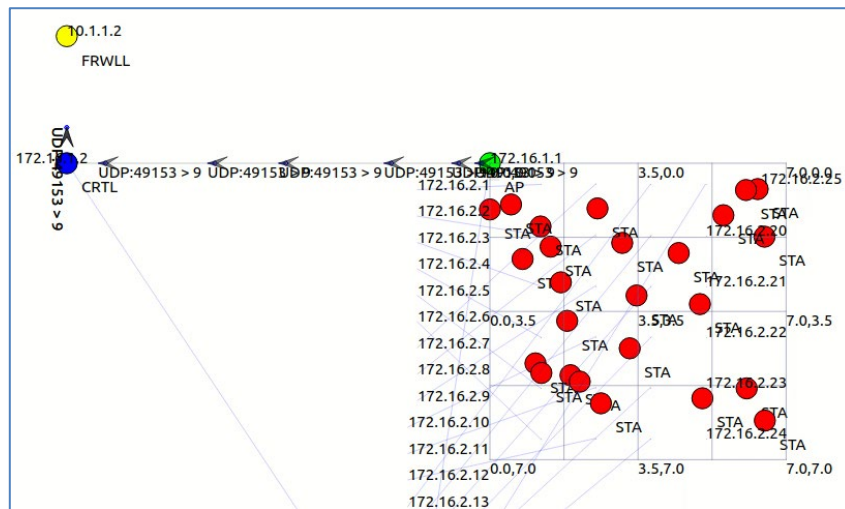


Figura 5-04 Simulación 25 clientes en movimiento estándar 802.11n y espectro 5Ghz con tráfico de red (Vargas Vallejo, 2020)

Producto de la simulación, se logro determinar que la perdida de paquetes en la red es de solo el 10%, como se muestra en la figura 5-05, en contra a tráfico que envía y reciben los clientes de la red, esto debido a la estabilización de conexión de la red inalámbrica.

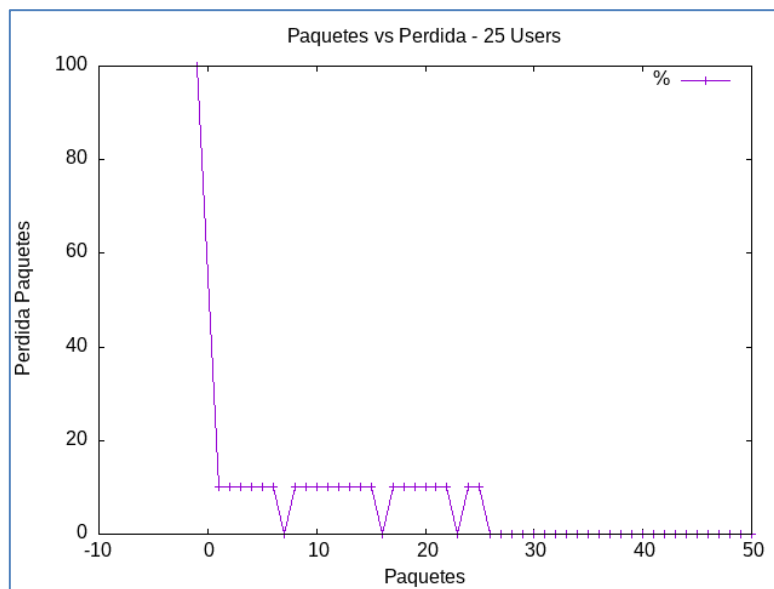


Figura 5-04 Perdida de paquetes 25 usuarios estándar 802.11n y espectro 5Ghz (Vargas Vallejo, 2020)

Mientras que para la velocidad de transferencia que los usuarios van exigiendo según avanza la simulación, se aprecia que no existe una caída de la red y se mantiene en constante crecimiento, demostrando la viabilidad de conexión de 25 o más clientes inalámbricos, siendo un límite más que el espectro o el estándar, la capacidad del equipo inalámbrico que se implemente.

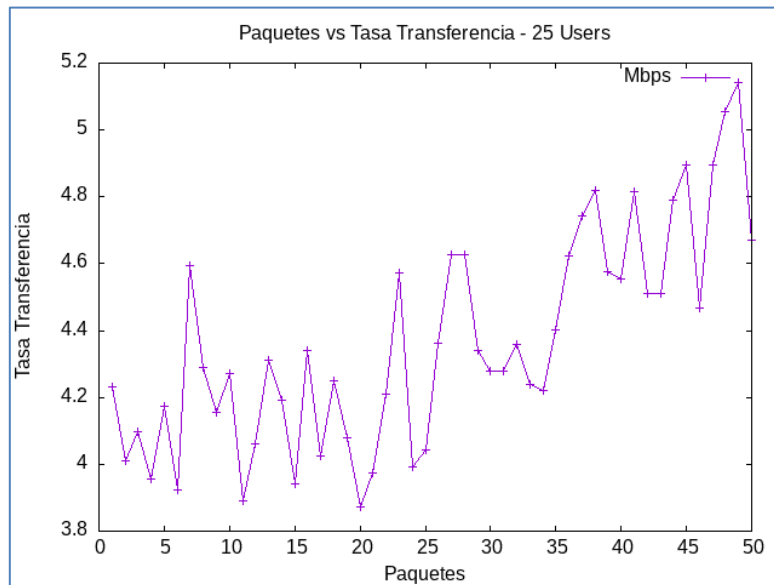


Figura 5-04 Velocidad de transferencia 25 usuarios estándar 802.11n y espectro 5Ghz (Vargas Vallejo, 2020)

Con respecto a la simulación en el software Packet Tracer, se seleccionaron equipos lo más similares posibles a la red propuesta, estableciendo una maquina encargada de enviar las direcciones IPv4 (con nombre Server DHCP) a la red, un switch para la interconexión por medio físico cableado a los equipos Access Point (con nombres AP LTIC-205, AP LTIC-215, AP Investigación, AP LTIC-Desarrollo) y al Wireless LAN Controller (con nombre WLC LTIC), además de varios computadores y equipos móviles para realizar las pruebas de simulación como se muestra en la figura 5-05.

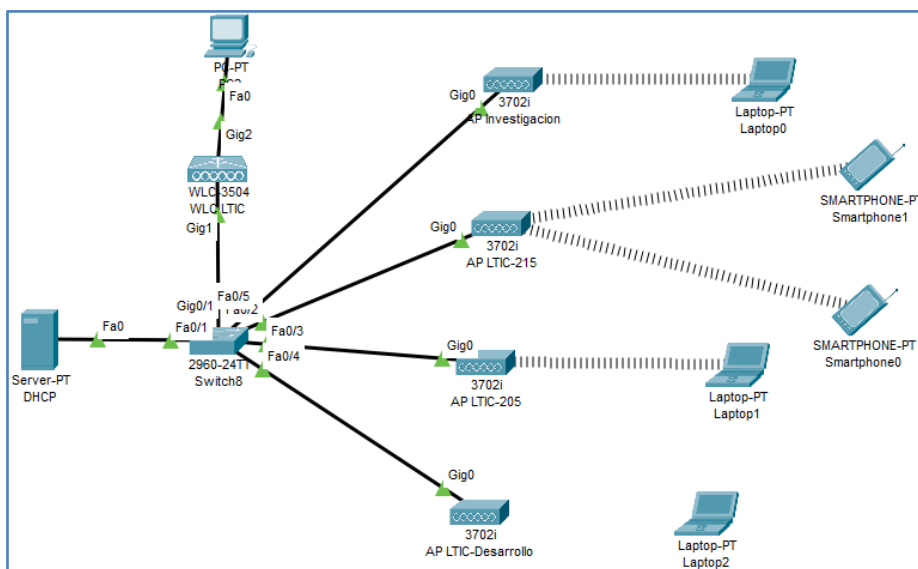


Figura 5-05 Simulación de red virtual Packet Tracer (Vargas Vallejo, 2020)

La simulación nos permitió realizar la configuración del equipo WLC y los APs, demostrado en la figura 5-06. Características puntuales como la cobertura y asociación de los equipos inalámbricos al controlador, redes inalámbricas por cada antena grupos de distribución de la las WLAN. No obstante, el simulador tiene sus limitantes al rato de abstraer el equipo físico hacia lo virtual, perdiendo ciertas características en la simulación, pero permitiendo realizar lo básico para poder simular la red.

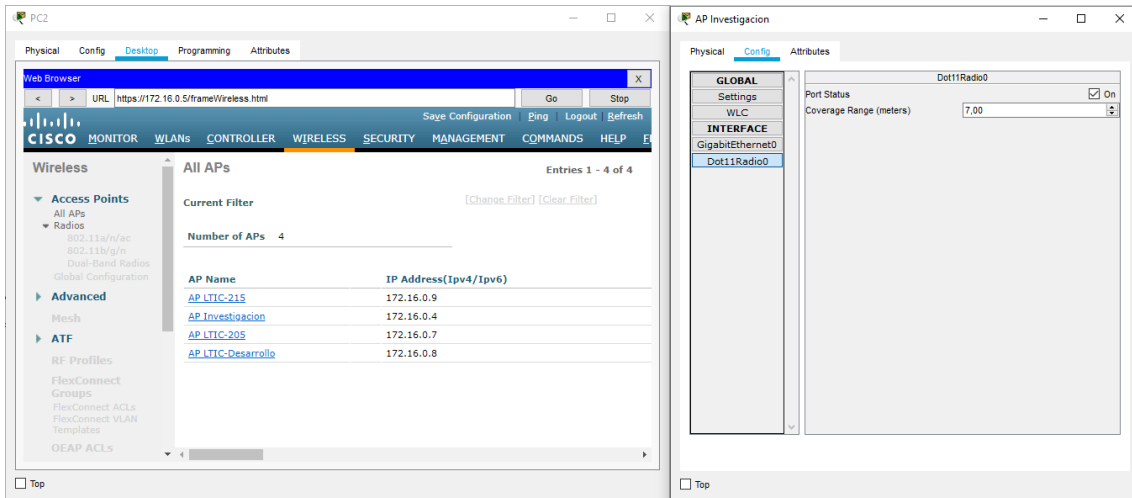


Figura 5-06 Configuración de WLC y APs Packet Tracer (Vargas Vallejo, 2020)

Para concluir, se realizo una prueba de envió de tráfico de datos desde el computador Laptop2 hacia la maquina Server DHCP, obteniendo una conexión exitosa como se puede ver en la figura 5-07.

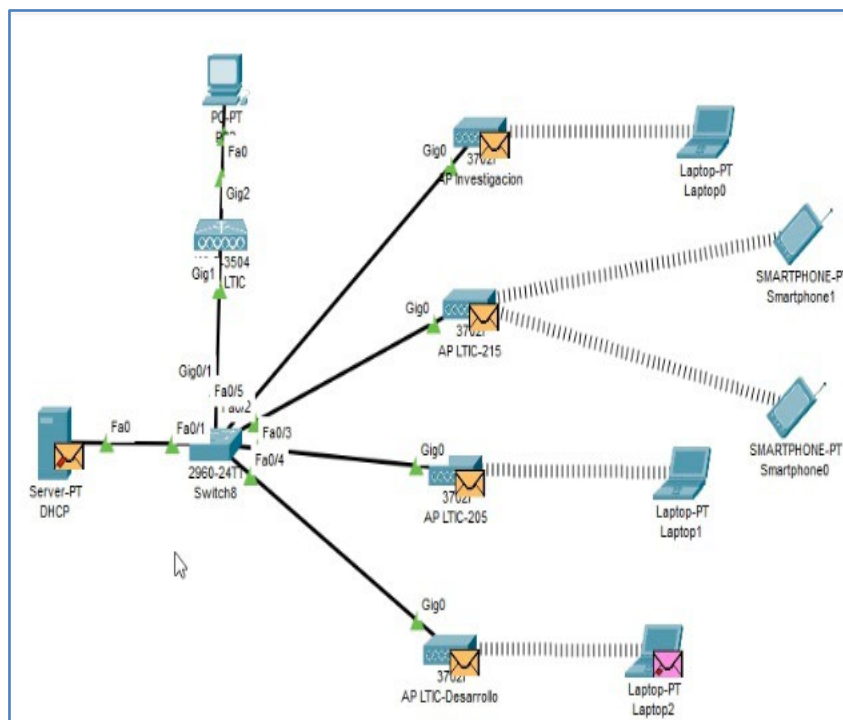


Figura 5-07 Envió de tráfico en la red simulada por Packet Tracer (Vargas Vallejo, 2020)

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Con el presente trabajo de titulación, se propone la incorporación de usuarios a la red del LTIC, mediante el uso de las tecnologías inalámbricas, que ayudaran a las necesidades académicas de la facultad de ingeniería de la PUCE.



El uso de tecnologías inalámbricas permitirá formar una red híbrida para el LTIC, compuesta por la red cableada existente con la WLAN propuesta en este trabajo de titulación, la cual contendrá la cobertura de las zonas requeridas por el laboratorio en un espectro que contiene interferencias y competencias de otras redes inalámbricas.

Se puede determinar que las simulaciones de redes inalámbricas, pueden contribuir al adecuado funcionamiento de WLANs, aportando datos significativos que permitan la correcta toma de decisiones al implementarlas en la realidad, como se ha demostrado en el presente trabajo de titulación.

Se concluye a partir de la información obtenida en el presente trabajo de titulación, que es factible el despliegue de una red inalámbrica con el estándar 802.11n y espectro de 5Ghz para el LTIC.

El marco teórico empleado por el trabajo de titulación está enfocado a los conocimientos básicos para comprender el funcionamiento de las redes inalámbricas, pasando por las ondas electromagnéticas que son el canal por donde se desarrollan estas comunicaciones, hasta los estándares y equipos que permiten la interconexión entre dispositivos. Sin estos conceptos no se podría plantear el presente diseño de red WLAN.

El LTIC siempre ha demostrado ser una unidad de apoyo tanto en el ámbito académico como personal, tanto a estudiantes, docentes, investigadores y a personal externo a la universidad, con el fin de ayudar y guiar en el uso de tecnologías y soportes a la medida de lo requerido. Se concluye a partir de esto, que el laboratorio, debe mantenerse actualizado y con una correcta estructura tecnología funcional, que permita la satisfacción de las necesidades que se presenten en el futuro para los usuarios que necesiten apoyo tecnológico.

La maestría en tecnologías de la información con mención redes de comunicaciones destaca la importancia de tener bases amplias y solidas en el campo de las redes físicas de datos, tecnologías de virtualización y comunicación inalámbrica, las cuales permitirán a los maestrantes emprender sus propios negocios, como laborar en el ambiente actual del país en el campo de las redes de comunicación.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda siempre utilizar equipos de la misma marca, tanto en las antenas como los controladores de la red. Además de considerar los equipos existentes en la red actual, ya que cada fabricante incluye en sus productos herramientas, conexiones, protocolos y estándares que desempeñaran de mejor forma el funcionamiento entre ellos.

Se recomienda implementar perfiles de acceso por medio de portales cautivos, que permitan de mejor forma el control de los usuarios a la red WIFI según las necesidades y requerimientos que se presenten por semestres académicos en el LTIC.

Se sugiere que, para las tecnologías inalámbricas, se empleen protocolos de ciber seguridad que proporcionarían controles de acceso a la red, como manipulación de datos y paquetes de información.

Como punto a resaltar en los temarios de la maestría, una exploración amplia enfocada a la infraestructura de las redes y almacenamiento de datos con las tecnologías de la industria 4.0 y la computación en la nube, permitirá a los maestrantes, mantenerse actualizados en conocimientos que próximamente requerirán las empresas en el país.

Se recomienda un incremento del ancho de banda de internet, según la cantidad de usuarios y el servicio que el LTIC proponga a ofrecer para las próximas asignaturas que se desarrollen o intervenga la facultad de ingeniería de la PUCE.

Una recomendación obtenida del presente trabajo de titulación, es el de considerar el tipo de tecnología inalámbrica a implementar en futuros trabajos similares, considerando que, a mayores velocidades de transmisión de información, disminuye la estabilidad en las conexiones inalámbricas.

Se recomienda que, a futuro, cualquier red inalámbrica desplegada en el LTIC, sea monitoreada para poder detectar posibles problemas tanto en velocidades como interferencias que la puedan rodear, así se podrán solventarlos lo más pronto posible.



Anexos

- A. Analysis and comparison of different network simulators**
- B. Datasheet Aruba 320**
- C. Datasheet Cisco 3504 Wireless Controller**
- D. Datasheet Cisco Aironet 1850 Access Point**
- E. Datasheet cnPilot e600**
- F. Detail Comparison of Network Simulators**
- G. Distribución de Laboratorio**
- H. Equipos e inventario LTIC**
- I. Mapa de Calor Red Diseñado LTIC**
- J. Organigrama LTIC**
- K. Relación de la Capacidad Instalada Vs el Número de Estudiantes**
- L. Reglamento y Normas Internas LTIC**
- M. Reporte Redes WIFI LTIC**
- N. Trafico de red Untangle**

Glosario

#

A

AES: El estándar de cifrado avanzado (por sus siglas en inglés AES) es un esquema de cifrado iterativo simétrico por bloques y descifrado por llaves de tamaños de 128, 192 o 256 bits. Mediante el uso de una estructura de bucle, realiza repetidamente reordenamientos de datos o permutaciones, reemplazando una unidad de datos con otra para datos de entrada. La rutina de cifrado utiliza la misma clave para cifrar y descifrar los datos, y aplica esa clave a los bloques de datos de longitud fija.

Algoritmo: Conjunto de instrucciones o reglas definidas y no-ambiguas, ordenadas y finitas que permite, típicamente, solucionar un problema, realizar un cómputo, procesar datos y llevar a cabo otras tareas o actividades

Ataques de fuerza bruta: forma de recuperar una clave o llave de acceso probando todas las combinaciones posibles hasta encontrar aquella que permite el acceso a un sistema, una red o información que se encuentre encriptada.

B

Banda estrecha: situación en las radiocomunicaciones donde el tamaño del mensaje o de los datos no excede la capacidad del canal que lo transporta.

Bit: acrónimo de binary digit, una unidad básica de información en teoría de la información informática y comunicaciones digitales.

C

C++: lenguaje de programación creado con el objetivo de extender al lenguaje de programación C con mecanismos que permiten la manipulación del concepto de abstracción de objetos.

Ciclo: es la parte de la forma de onda que no se duplica o repite a sí misma producida por una corriente eléctrica.

Cifrado de flujo: Algoritmos de cifrado que pueden convertir un texto simple, plano y legible, en un texto cifrado bit a bit. Esto se logra construyendo un generador de flujo de clave, dicha clave es una secuencia de bits de tamaño arbitrario.

Criptografía: Se ocupa de las técnicas de cifrado o codificado destinadas a alterar las representaciones lingüísticas de ciertos mensajes con el fin de hacerlos ininteligibles a receptores no autorizados.

D

E

Espectro electromagnético: Conjunto de ondas con diferente longitud, frecuencia y radiación que pululan por la atmósfera terrestre.

F

G

H

Home Networking: grupo de dispositivos, como computadoras, sistemas de juegos impresoras y dispositivos móviles, que se conectan a Internet y entre sí.

HTTP: Protocolo de transferencia de hipertexto (por sus siglas en inglés HTTP, Hypertext Transfer Protocol) es el protocolo de comunicación que permite las transferencias de información en internet.

I

Internet: es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, lo cual garantiza que las redes físicas heterogéneas que la componen constituyan una red lógica única de alcance mundial.

IPv4: Protocolo de Internet versión 4, enfocado a las interconexiones de redes para internet, usando direcciones de 32 bits, limitadas a 4.294.967.296 direcciones únicas, muchas de las cuales están dedicadas a redes locales LAN.

J

K

L

Lenguaje de programación: lenguaje cuyos símbolos primitivos y reglas se usan para unir símbolos formalmente especificados que le proporciona a una persona, la capacidad de escribir (o programar) una serie de instrucciones o secuencias de órdenes en forma de algoritmos con el fin de controlar el comportamiento físico o lógico de una computadora.

Limited Lifetime: garantía limitada de por vida que proporciona una cobertura completa del hardware mientras el usuario final original siga siendo propietario o use el producto para los fines específicos que fuese creado.

M

Dirección MAC (siglas en inglés de Media Access Control), es un identificador que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red. Se la conoce también como dirección física, y es única para cada dispositivo

Multiplexación: es la técnica de combinar dos o más señales, y transmitir las por un solo medio de transmisión. La principal ventaja es que permite varias comunicaciones de forma simultánea, usando un dispositivo llamado multiplexor.

N

Nodo: elementos de una red de datos, específicamente es un dispositivo electrónico que es capaz de recibir una señal de cualquier medio específico de transmisión empleado.

O

P

PHY: abreviatura de la palabra en inglés physical layer, en español corresponde a capa física, conecta un dispositivo de Capa de enlace de datos, generalmente una capa MAC con un medio físico tal como una fibra óptica o cables metálicos.

Portal cautivo: programa o máquina de una red informática que vigila el tráfico HTTP y fuerza a los usuarios a pasar por una página especial, de login, para navegar por Internet de forma normal.

Q

R

RC4: Sistema de cifrado de flujo más utilizado en protocolos de seguridad en las capas de transporte de información seguras como son TLS/SSL.

S

T

TCP/IP: son las siglas de Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (en inglés Transmission Control Protocol/Internet Protocol), un sistema de protocolos que hacen posibles servicios E-mail, envío de archivos y otros, entre ordenadores que no pertenecen a la misma red.

TLS/SSL: Seguridad de la capa de transporte (en inglés Transport Layer Security o TLS) y su antecesor capa de puertos seguros (en inglés Secure Sockets Layer o SSL) son protocolos criptográficos, que proporcionan comunicaciones seguras por una red, comúnmente Internet.

U

V

W

X

Y

Z

Bibliografía

- Andrés, B., & Robles, M. (2011). *Tecnologías wireless y movilidad en IPv4/IPv6*. Buenos Aires: UNLP. Obtenido de Scribd.
- Berbin , M. C. (18 de 12 de 2019). *Wi-Fi*. Obtenido de Cruzberbin:
<http://cruzberbin.blogspot.com/2012/07/ambitos-de-aplicacion-de-la-tecnologia.html>
- Briones , E. J. (06 de 07 de 2019). *Repositorio Digital UCSG*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL:
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3269/1/T-UCSG-POS-MTEL-35.pdf>
- Carballar, J. A. (2010). *WI-Fi. Lo que se necesita conocer*. Madrid: RC Libros.
- Cisco. (07 de 07 de 2019). *Ejemplo de la configuración básica del controlador y del Lightweight Access Point del Wireless LAN*. Obtenido de Cisco:
https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/wireless/4400-series-wireless-lan-controllers/69719-wlc-lwap-config.html
- Commission, U. S. (2009). *FCC Record: A Comprehensive Compilation of Decisions, Reports, Public Notices, and Other Documents of the Federal Communications Commission of the United States*. Minneapolis : Federal Communications Commission.
- DataAlliance. (08 de 07 de 2019). *Data-Alliance*. Obtenido de Data-Alliance:
<https://es.data-alliance.net/5-1-5-8-ghz-frequency-band/>
- E. Shannon, R. (1988). *Simulación de sistemas*. Mexico: Trillas.
- EcuRed. (18 de 12 de 2019). *Estándares Inalámbricos*. Obtenido de EcuRed:
https://www.ecured.cu/Est%C3%A1ndares_Inal%C3%A1mbricos
- El Bouchti, M. (30 de 04 de 2020). *UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC*. Obtenido de Diseño y medición de una antena wearable: <http://hdl.handle.net/2117/106668>
- Ferigra, C. X., & Ojeda, C. D. (13 de 07 de 2019). *Repositorio Digital UCSG*. Obtenido de "Diseño de una red WLAN para cobertura total en el campus de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil empleando tecnología Cisco:
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8576/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-239.pdf>
- Fernández Benavidez, R. (2014). *Redes de computadoras*. Veracruz: Nova32 Development Software.
- García Castro , L. F. (02 de 05 de 2020). *Repositorio PUCE*. Obtenido de Desarrollo e implementación de un sistema para el control y administración de asistencia de los ayudantes en el Laboratorio de Tecnologías de Información y Comunicaciones (LTIC) de la PUCE.:
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13768>

- García Marín, F. (2016). *Mantenimiento de infraestructuras de redes locales de datos*. Antequera : IC Editorial.
- García Rodrigo, J., & Morales Santiago, G. (2012). *Instalaciones de radiocomunicaciones*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Gast, M. S. (2005). *REDES WIRELESS 802.11*. Madrid: ANAYA MULTIMEDIA.
- Geier, J. (2010). *Designing and Deploying 802.11n Wireless Networks*. Indianapolis: Pearson Education.
- González , F. J., & Granado, L. C. (2010). *Redes inalámbricas*. Madrid: Anaya Multimedia.
- González, P. C. (2016). *Simulación de técnicas de diversidad y filtrado Kalman en redes inalámbricas*. Elche: Universidad Miguel Hernández.
- Gordon , C. (2019). *The WiFi Networking Book*. Independently Published.
- Ho, M.-J., Rawles, M. S., Vrijkorte, M., & Fei, L. (07 de 13 de 2019). *IEEE Xplore Digital Library* . Obtenido de RF Challenges for 2.4 and 5 GHz WLAN Deployment and Design: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/993368>
- Huidobro, J. M. (2014). *Comunicaciones por Radio. Tecnologías, redes y servicios de radiocomunicaciones*. Madrid: Grupo Editorial RA-MA.
- Iglesias Mouteira, R. (2004). *Instalacion De Redes Informaticas e Ordenadores*. Madrid: Ideaspropias Editorial S.L.
- J. Fowler, R. (1994). *Electricidad principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverte.
- Khandur, R., & Rattan, S. (15 de 07 de 2019). *International Journal of Computer Applications*. Obtenido de Performance Comparison Analysis between IEEE: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.403.2956&rep=rep1&type=pdf>
- Kreutz, D., Ramos, F., & Verissimo, P. (14 de 07 de 2019). *Advancing Computing as a Science & Profession*. Obtenido de Advancing Computing as a Science & Profession: <http://conferences.sigcomm.org/sigcomm/2013/papers/hotsdn/p55.pdf>
- Llanos, A. (2013). *Gestión del espectro radioeléctrico en Ecuador nueva modalidad para radiodifusión y televisión abierta*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- Martínez , C. J. (06 de 07 de 2019). *EMAGISTER*. Obtenido de EMAGISTER: https://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_65979_Redes_inalambricas_y_computo_movil.pdf
- Medina, M. G., & Arequipa, E. F. (18 de 12 de 2019). *BIBDIGITAL*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2216/1/CD-2968.pdf>

- Monachesi, E., Frenzel, A. M., Chaile, G., Carrasco, A., & Gómez, F. (17 de 07 de 2019). *Conceptos generales de Antenas*. Obtenido de http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/antenas.pdf
- Nejer, L. (2019). *Desarrollo e Implementación de un Sistema Web en Línea para la Promoción de Talleres y Venta de Artesanías. Caso de Estudio: "El Rincón de Vero"*. Quito: PUCE.
- Ordoñez Mendoza, M. A. (27 de 04 de 2020). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5062>
- Ortiz, H. H. (2009). *Redes inalámbricas*. Lima: Macro Empresa Editora.
- Pandora, G. (18 de 12 de 2019). *Universidad de Cantabria*. Obtenido de Universidad de Cantabria: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1926/course/section/2221/lectura8.pdf>
- PAUL, T. A., & MOSCA, G. (2005). *FISICA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA*. Barcelona: REVERTE.
- Perahia, E., & Stacey, R. (2013). *Next Generation Wireless LANs: 802.11n and 802.11ac*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (23 de 04 de 2020). *Definición de laboratorio*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/laboratorio/>
- PIMENTEL, V. (07 de 07 de 2019). *Ventajas del estándar Wi-Fi 802.11n*. Obtenido de NOBBOT: <https://www.nobbot.com/tecnologia/mi-conexion/ventajas-del-estandar-wi-fi-80211n/>
- Piquero, J. V. (2010). *Prácticas de Redes*. Derechos Reservados.
- QUIROZ, N. G. (07 de 07 de 2019). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4564374.pdf>
- Roca, J. M. (08 de 07 de 2019). *Informe TICfacil*. Obtenido de ¿Qué es WiFi?: <http://www.informeticplus.com/que-es-wifi>
- Romero Ternero, M. D., Barbanacho Concejero, J., Benjumea Mondejar, J., & Rivera Romero, O. (2010). *REDES LOCALES*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- SALAZAR, J. (18 de 07 de 2019). *REDES INALÁMBRICAS*. Obtenido de UPCommons: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf
- Sanmartín Mendoza, P., Davis Céspedes, J., & Márquez Díaz, J. (2013). *Modelado y simulación de redes. Aplicación de QoS con opnet modeler*. Barranquilla: Universidad del Norte.

- Savitz, E. (07 de 07 de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de Streaming: <https://es.wikipedia.org/wiki/Streaming>
- Scott-Hayward, S., O'Callaghan, G., & Sezer, S. (17 de 07 de 2019). *IEEE*. Obtenido de IEEE: <http://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2017/08/7602-English-TarjomeFa.pdf>
- Shaw, K. (06 de 07 de 2019). *802.11: estándares de Wi-Fi y velocidades*. Obtenido de The IDG Network: <https://www.networkworld.es/wifi/80211-estandares-de-wifi-y-velocidades>
- Valdivia Miranda, C. (2014). *Redes telemáticas*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Vargas Vallejo, D. (2020). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS PARA EL DISEÑO DE RED WLAN PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR EMPLEANDO ESTÁNDAR 802.11N*. Quito: PUCE.
- Velasco, R. (07 de 07 de 2019). *Lista de simuladores de redes para virtualizar nuestra propia red*. Obtenido de REDES ZONE: <https://www.redeszone.net/2014/03/20/lista-de-simuladores-de-redes-para-virtualizar-nuestra-propia-red/>
- Velasco, R. (06 de 05 de 2020). *RZ redes zone*. Obtenido de Lista de simuladores de redes para virtualizar nuestra propia red: <https://www.redeszone.net/2014/03/20/lista-de-simuladores-de-redes-para-virtualizar-nuestra-propia-red/>
- Vera López, M. (2015). *Información y gestión operativa de la compraventa internacional: Relaciones comerciales exteriores*. Pontevedra: Ideaspropias Editorial S.L.
- Vergès , F. (18 de 05 de 2020). *SemFio Networks Inc*. Obtenido de MCS Table (Updated with 802.11ax Data Rates): <https://www.semfionetworks.com/blog/mcs-table-updated-with-80211ax-data-rates>
- VIU. (08 de 07 de 2019). *Tipos de redes inalámbricas más comunes*. Obtenido de Universidad Internacional de Valencia: <https://www.universidadviu.com/tipos-de-redes-inalambricas-mas-comunes/>
- Voinea, J. G. (2011). *Redes de Comunicaciones. Administración y gestión*. Almeria: Jorge Ghe. Voinea.
- Wikipedia. (17 de 07 de 2019). *Modulación (telecomunicación)*. Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_\(telecomunicaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_(telecomunicaci%C3%B3n))
- Wilamowski, B. M., & Irwin, J. D. (2011). *The Industrial Electronics Handbook*. Boca Raton: CRC Press.

WNI MÉXICO S.A. (18 de 12 de 2019). *Tipos de Antenas y Funcionamiento*. Obtenido de WNI MÉXICO Wireless Solutions: https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antena_ssoporte&catid=31:general&Itemid=79

Zubow , A., & Sombrutzki, R. (15 de 07 de 2019). *2012 IEEE Wireless Communications and Networking Conference: PHY and Fundamentals*. Obtenido de Adjacent Channel Interference in IEEE 802.11n: <https://scihub.tw/https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6213952>