



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE
INSTALACIÓN O MANTENIMIENTO DE REDES WLAN**

MANUEL GUILLERMO MONZON SANCHEZ

GUSTAVO ALBERTO ANGULO JUSTINICO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

PROYECTO DIRIGIDO II

ESPECIALIZACIÓN GESTIÓN DE REDES DE DATOS

ING. JUAN CARLOS RAMÍREZ H.

BOGOTA D.C, ABRIL DE 2020



Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. JUSTIFICACIÓN	2
2. PROBLEMA	3
3. GESTIÓN	5
3.1 OBJETIVOS	5
3.1.1. Objetivo General	5
3.1.2. Objetivos Específicos.....	5
4. REQUERIMIENTOS	5
3.2 MARCO TEÓRICO	5
4.1.1. Antecedentes	5
4.1.2. Terminología	18
4.1.2.1. Redes De Datos.....	19
4.1.2.2. Interferencia	20
4.1.2.3. Solapamiento De Canales	21
4.1.2.4. Potencia	21
4.1.2.5. Radio Frecuencia.....	21
4.1.2.6. Propagación	22
4.1.2.7. Modulación.....	22
4.1.2.8. Tecnología Wifi	22
4.1.2.9. Site Survey	31
3.3 MARCO LEGAL	36
4.1.3. Resolución 3436 DE 2017	36
4.1.4. Protocolo 802.11	37
4.1.5. Constitución Política de Colombia, Artículo 75	38
4.1.6. Decreto 1078 de 2015	38
5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	38
3.4 ASPECTOS CONCEPTUALES	38
3.5 PLANEACIÓN METODOLÓGICA	41
5.1.1. Metodología para el levantamiento de requerimientos funcionales	41
5.1.2. Metodología para la estructuración de elementos de análisis y modelado	42
5.1.3. Desarrollo tecnológico	43
5.1.3.1. Plan de medición	44
5.1.3.2. Visita preliminar al sitio	44
5.1.3.3. Adquisición permisos.....	44
5.1.3.4. Lista de verificación del equipo	45
5.1.3.5. Campaña de medición	45
5.1.3.6. Post-procesamiento o análisis de datos	45
5.1.3.7. Postvisita al sitio	45
5.1.3.8. Tareas y recomendaciones campaña de medición	45



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

5.1.3.9. Actividades y recomendaciones documentación	47
6. CONCLUSIONES	49
7. RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS.....	52



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se han venido desarrollando metodologías para optimizar e incrementar el uso de las redes inalámbricas, las cuales pretenden resolver problemas de movilidad, costos de implementación y acceso a los servicios de TI.

Muestra de ello es la constante evolución de la norma IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11), la cual establece y define el estándar internacional de redes de área local inalámbrica (Wlan), la cual presenta hasta la fecha más de diecinueve (19) extensiones de actualización (IEEE, 2019), de acuerdo a la evolución de esta tecnología. Por ende, dentro de este documento es pertinente definir conceptos de redes de datos, interferencia, solapamiento de canales, potencia, modulación, tecnología Wifi, aseguramiento de redes, entre otros que apoyarán conceptualmente la solución planteada al problema de investigación.

Además, y como eje central de este trabajo de investigación, se abordará el concepto de análisis o encuesta de sitio (Site Survey), el cual, aunque es presentado por muchos autores como una tarea básica, en realidad no es tarea fácil ya que requiere de una metodología adecuada para la recolección, almacenamiento y análisis de la información generada durante el estudio, naciendo allí la necesidad que pretende ser solucionada con el desarrollo de este trabajo de investigación, el cual tiene como objetivo el desarrollo de una guía metodológica para el estudio en sitio del comportamiento de la red Wlan, como elemento que define los requerimientos y parámetros de instalación y/o mantenimiento de redes inalámbricas.



1. JUSTIFICACIÓN

La creciente demanda de ancho de banda y estabilidad en el servicio de comunicaciones para el consumo de aplicaciones, es uno de los mayores impulsores del mercado global de las telecomunicaciones. Muestra de ello son las redes inalámbricas de área local (Wlan) para consumidores y empresas las cuales, desde el punto de vista económico, generaron durante el 2018 ingreso del orden de los 1.400M US, gracias a la constante actualización de los segmentos hogar y empresarial, quienes hoy cuentan con un aprovechamiento de la extensión 802.11ac del 86.4% y 93.1% respectivamente.

Lo anterior muestra que el mercado de las Wlan continúa experimentando un crecimiento constante y moderado a medida que las empresas invierten en conectividad inalámbrica para respaldar la continua demanda de tecnología de acceso. Además, no se debe dejar a un lado el Wifi 6 (802.11ax) el cual se presentará como un importante motor de crecimiento en el mercado Wlan en los próximos años, especialmente en los segmentos empresariales avanzados del mercado. (IDC, 2019).

Pero más allá del análisis de expansión de mercado, es necesario identificar los problemas resultantes de la masificación de uso de estas tecnologías de comunicación, problemas como la interferencia de canales, solapamiento y cobertura, marcan un indicador importante en cuanto a experiencias de usuario se refiere. No se debe desconocer que una correcta experiencia de usuario puede repercutir en la adopción o no de tecnologías de comunicación.



Un canal de comunicación que pretenda brindar una correcta experiencia de usuario debe tener como mínimo tres (3) características: estabilidad, integralidad y seguridad, siendo esta última la más importante, si se tiene en cuenta que este tipo de soluciones poseen múltiples puntos débiles, además de diversos generadores de vulnerabilidades, como la falta de planeación y el desconocimiento de los requerimientos reales que esperan ser explotados en las tecnologías Wlan. (Pau García, E., 2019). Así pues, es necesario ejecutar un adecuado Site Survey, cuyo objetivo principal no es tan solo recolectar suficiente información para determinar entre otras el número y ubicación de los puntos de acceso necesarios para proporcionar una cobertura adecuada, sino lograr el conocimiento global de las necesidades de la solución y así brindar un modelo de implementación o mantenimiento adecuado para las Wlan.

Por ello y a través de este trabajo, se pretende definir una guía metodológica para la ejecución de un Site Survey el cual permita asegurar que los clientes inalámbricos reciban una señal fuerte, estable y segura mientras usan la conexión inalámbrica, sin importar las condiciones medio ambientales ni la extensión del protocolo 802.11 utilizada, mejorando así la experiencia de usuario.

2. PROBLEMA

Dentro de la evolución de las tecnologías de comunicación, se han adoptado las soluciones Wifi gracias a la movilidad y ubicuidad que brindan este tipo de soluciones como una alternativa adecuada para suplir ciertos requerimientos que difícilmente se podrían cumplir con soluciones cableadas. Muestra de ello, es que durante los últimos años las redes inalámbricas se han expandido dentro del mercado de las telecomunicaciones, generando 2.4 millones de dólares al año,



distribuidos en soluciones empresariales y de hogar. Sin embargo, el aumento de dispositivos conectados, usuarios potenciales y la diversidad de contenido, tienen consecuencias directas sobre el volumen de tráfico y la distribución de carga, además de problemas referentes a la utilización de canales radioeléctricos, interferencia, reutilización de frecuencias, cobertura e incluso intensidad de la señal (Lewis, B., 2004).

Lo anterior, repercute en la experiencia de usuario y procesos empresariales como Bigdata, IoT, Cloud Services entre otras soluciones emergentes que tienen como base fundamental la capacidad de transmisión de datos, generando la necesidad de crear estrategias de mitigación, como la ejecución de un análisis del espectro donde se pretende implementar soluciones inalámbricas, el cual en la mayoría de ocasiones resulta insuficiente al centrarse solo en las necesidades técnicas de la solución, olvidando que el Site Survey, es una tarea transversal que requiere entender las necesidades del negocio o entorno sobre el cual se pretende implementar o mejorar la solución Wifi, entender cuál es el entorno que lo rodea, cuánto es el presupuesto, que tipo de aplicaciones se usarán, cuántos son los clientes potenciales y todos aquellos datos que se consideren relevantes frente al negocio o experiencia deseada.

Por lo anterior, es necesario cuestionar si ¿El diseño de una guía metodológica para la definición de parámetros de instalación o mantenimiento de redes Wlan, logrará mejorar la experiencia de usuario?



3. GESTIÓN

3.1 OBJETIVOS

3.1.1. Objetivo General

Elaborar una guía metodológica referente a la ejecución de un Site Survey como herramienta de planificación para el despliegue o mantenimiento de redes Wlan, dentro del estándar 802.11.

3.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar los conceptos de seguridad aplicables dentro de la implementación o mantenimiento de soluciones Wlan.
- Diseñar una herramienta de análisis en la ejecución del Site Survey que integre conceptos de cobertura, solapamiento y elección de canales de comunicación.
- Definir los parámetros de instalación y mantenimiento de redes Wifi a través del análisis de la información obtenida durante el estudio del sitio.

4. REQUERIMIENTOS

3.2 MARCO TEÓRICO

4.1.1. Antecedentes

A continuación, se describen las fuentes bibliográficas que apoyan conceptualmente el proyecto y su vinculación al mismo. Todos los antecedentes están relacionados con las diferentes etapas del Site Survey tales como análisis de sitio, modelado, simulación y aseguramiento. También, se incluyeron conceptos de interferencia de materiales, saturación de frecuencias y solapamiento de canales, además, de guías referentes a la ejecución del Estudio. Sin embargo, no se identificó



bibliografía referente a la propuesta generada a través de este trabajo académico, ni bibliografía que este directamente relacionada con el trabajo de investigación.

1	<p>Radio Measurements</p> <p>Autor: Alejandro Aragón-Zavala</p> <p>Libro: Indoor Wireless Communications : From Theory to Implementation 2017</p>
	<p>Al diseñar una red inalámbrica, el Site Survey permite verificar si se cumplen los requisitos del sistema para la red, especialmente en términos de cobertura de radio y hacer una aproximación utilizando datos simulados. Sin embargo, para refinar la precisión del modelo y validar si estas predicciones se parecen a la realidad, se requieren mediciones. Estas mediciones no solo se utilizan para validar los niveles de cobertura de radio, sino que también pueden ayudar a visualizar el rendimiento de banda ancha de la red, lo que en principio podría limitar la velocidad de datos máxima alcanzable, dependiendo de las condiciones de propagación. De igual manera este texto proporciona una referencia detallada que contiene aplicaciones y servicios inalámbricos para escenarios internos y conocimiento de elementos clave en el diseño e implementación de estos sistemas.</p>



	<p>Las tecnologías tales como redes inalámbricas de área local, Bluetooth, ZigBee, comunicaciones ópticas para interiores, WiMAX, UMTS y GSM para entornos interiores se explican e ilustran con ejemplos. Las antenas y los problemas de propagación para escenarios internos también se discuten, enfatizando modelos y tipos de antenas desarrollados específicamente para comunicaciones en interiores.</p> <p>También se presenta una encuesta exhaustiva sobre equipos de comunicación inalámbrica en interiores, que cubre todas las tecnologías disponibles, incluidas antenas, sistemas de distribución, transceptores y estaciones base.</p> <p>La temática plasmada por el autor permite identificar los requisitos para el óptimo funcionamiento de la red, ayudando a identificar el rendimiento de la banda ancha, donde los servicios inalámbricos contemplan escenarios internos y brindan el conocimiento de elementos clave para el diseño e implementación de estos sistemas, ayudando a la investigación realizada para el desarrollo de la Guía.</p>
2	<p>If You Fail to Plan, You Plan to Fail</p> <p>Autores: Barry Lewis, Peter Davis, Barry D. Lewis, and Peter T. Davis</p> <p>Libro: Wireless Networks For Dummies 2004</p>



Existen diversas guías referentes a la implementación de redes Wifi, sin embargo, este libro pretende ofrecer al lector una guía simple y eficiente para el correcto despliegue de soluciones Wifi.

Sugiere en sus apartes revisar y evaluar las necesidades del sitio donde se pretende generar el despliegue de la solución inalámbrica como paso fundamental antes de iniciar la adquisición del hardware de la solución.

Sugiere la evaluación de ¿Cuál es el entorno?, ¿Cuál es el presupuesto?, ¿cuánto es posible invertir en la solución?, ¿Cuántos clientes potenciales tendrá la solución? Y otros tantos datos que permitirán desplegar una red con un enfoque global del tipo de solución que se requiere.

Este recurso recorre también el análisis que se debe realizar frente a redes existentes, el análisis del área de cobertura, análisis de las herramientas requeridas para adelantar el Site Survey

El contenido del libro brinda un análisis detallado sobre cómo identificar los criterios fundamentales para realizar un adecuado análisis en sitio permitiendo identificar los posibles comportamientos de las redes Wifi.

Brindando un criterio más analítico para determinar con exactitud los aspectos relevantes de la red.



3	<p>Performing a Site Survey</p> <p>Autor: John Ross</p> <p>Libro: Book of Wireless : A Painless Guide to Wi-Fi and Broadband Wireless 2008</p>
	<p>Este título bibliográfico relata que comprender los principios generales de una red está bien, pero la instalación de una red inalámbrica en una ubicación real con paredes y muebles, además de fuentes reales de interferencia no es una tarea fácil, ya que las ondas de radio atraviesan algunos materiales y rebotan en otros, por lo que las estimaciones generales del alcance y la intensidad de la señal de una radio en un entorno ideal son menos importantes que el rendimiento real en el lugar donde desea usarlo.</p> <p>Por ello es necesario ejecutar un Site Survey, el cual indique cómo funcionarán las redes inalámbricas dentro del espacio elegido identificando el área que desea que cubra su red.</p> <p>Este texto también describe el uso de tecnologías Wifi en diferentes plataformas: Windows, MAC y Linux además de reconocer el apartado de seguridad en redes Wireless.</p>



4	<p>Avanzando en la seguridad de las redes Wifi</p> <p>Autor: Rodrigo Castro</p> <p>Artículo: Avanzando en la seguridad de las redes Wifi 2005</p>
	<p>Cuando se habla de tecnología Wifi, realmente se está haciendo referencia a la WI-FI Alliance. Se trata de una organización sin ánimo de lucro, que engloba a un amplio grupo de fabricantes, con el objetivo de promocionar el uso de la tecnología inalámbrica en redes de área local, y asegurando la compatibilidad entre fabricantes en base a los estándares IEEE 802.11, este estándar define diferentes aspectos relativos al acceso inalámbrico a redes LAN.</p> <p>Las consecuencias más comunes de ataques a redes Wifi son: Consumo de ancho de banda, acceso no autorizado a equipos, responsabilidades legales.</p> <p>“El método de control de acceso mediante filtrado por MAC está muy extendido por su facilidad de configuración. Se basa en realizar dicho control mediante la comprobación de la dirección MAC de nivel 2 o nivel de trama”.</p> <p>Este texto aporta la identificación del reconocimiento de los diferentes estándares utilizados en redes Wifi.</p>



5	<p>Diseño e implementación de una red LAN para el banco nacional</p> <p>Autores: Joseba Artabe – Jessica Beltrán</p> <p>Tesis: Site Survey</p>
	<p>Es importante que las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones e informática realicen un Site Survey para garantizar el alto grado de confiabilidad y la calidad en los servicios.</p> <p>En esta fase se lleva a cabo antes de la Adecuación y puesta en marcha de los diseños e instalación de los equipos, para esto se requiere realizando una análisis y recopilación la información sobre cada lugar de trabajo basado en los planos para identificar los posibles riesgos y falla tras la puesta en marcha.</p> <p>La tesis busca dar a conocer las posibles problemáticas de cobertura en infraestructuras obsoletas y las cuales pueden ser adecuadas para mejorar su cobertura por medio de un Site Survey.</p>
6	<p>Modelo de trabajo para el diseño e implementación de redes en malla Wifi como una solución para el acceso a banda ancha en áreas rurales.</p>



	<p>Autores: Guefry Leider Agredo Méndez- Virginia Solarte Muñoz- Pedro Solarte Varney</p> <p>Artículo : Site Survey</p>
	<p>La utilización de modelos de propagación es un paso obligado si se quiere realizar un diseño lo más aproximado posible a la realidad, es necesario determinar con la mejor exactitud el número de Gateways y APs necesarios para brindar mayor cobertura.</p> <p>Un Site Survey es un proceso que se realiza de manera gradual mediante el cual las personas encargadas de realizar el diseño de la red descubren y registran el comportamiento de las ondas de radiofrecuencia en la zona donde se pretende dar cobertura. Su objetivo principal es asegurar una cobertura uniforme que brinde un servicio de calidad a los usuarios de la red. La realización de un Site Survey proporciona una visión realista de cómo se comportaría la propagación de las ondas en las instalaciones donde se piensa realizar el despliegue de la red.</p> <p>El análisis técnico es un aporte valioso, ya que brinda una clara orientación hacia la implementación de redes Wi-Fi en malla como una solución que busca ofrecer acceso banda ancha a las zonas rurales a un bajo costo debido</p>



	<p>a características tales como la robustez, escalabilidad, flexibilidad, auto configuración y auto regeneración.</p>
7	<p>Simulación Análisis de Site Survey</p> <p>Autores: Daniel Julián Euse Lloreda</p> <p>Tesis: Site Survey</p>
	<p>En todo proyecto se requiere realizar el análisis en sitio para determinar el comportamiento de las redes Wifi y la afectación de los materiales de construcción en su propagación esto debido a su mala cobertura.</p> <p>El análisis de los materiales es un requerimiento que no se debe pasar por alto en el espacio de implementación, ya que de esto depende la cobertura debido a que las redes inalámbricas funcionan a través de medios no guiados por este motivo no es posible ver el comportamiento de las ondas de radio.</p> <p>Por esto, el análisis en sitio es un método indispensable para detectar y superar los problemas de rendimiento antes de la instalación o ampliación de una red, puede ser utilizado para establecer métodos que permitan la reubicación de los puntos de red existentes por el simple cambio de lugar.</p>



	<p>Site Survey se usa para establecer o implementar una red Wlan, así como para volver a configurar o verificar la cobertura de una red ya existente. En esta práctica se determina el número y ubicación de los Access points que son necesarios para proveer la adecuada cobertura.</p> <p>La tesis, realiza un aporte significativo al trabajo de investigación, ya que proporciona un análisis detallado sobre los diferentes tipos de materiales que se encuentran en el mercado y como afectan estos a la señal ocasionando niveles bajos de cobertura.</p>
8	<p>Criterios técnicos para el diseño e implementación de WiFi y WiMAX como soluciones de acceso metropolitano de banda ancha para el entorno colombiano Autores: Escobar Ledesma, Diego Alejandro; Rendón Chacon, Darwin Arley- Tesis: Diseño e Implementación de Wifi.</p>
	<p>El presente documento explica la masificación de las redes de banda ancha donde nos exponen los criterios técnicos para el diseño e implementación de redes Wifi y Wimax, por medio de este documento podemos encontrar una gran gama de conceptos técnicos con el fin de entender los criterios para la implementación y puesta en marcha de una red inalámbrica.</p>



9	<p>Propuesta de solución para interferencia en redes Wifi</p> <p>Autor: Guevara, R. C., & Montoya, E. S</p> <p>Artículo: Una propuesta de solución al problema de la interferencia entre redes Wifi por solapamiento de canales, 2013</p>
	<p>La amplia utilización de redes Wifi en los diversos escenarios sociales está generando saturación de canales, que a su vez ocasiona interferencia entre ellas mismas. Esta situación genera solapamiento de canales, lo que hace que las tasas de transferencia se reduzcan. En este artículo se detalló esta situación, se estructuró y aplicó un experimento para encontrarle solución al problema utilizando la herramienta de software libre inSSIDer.</p> <p>Además, contiene diversos antecedentes conceptuales como los canales empleados en las redes Wifi, procedimiento de escogencia de canal, escenarios de pruebas y el muestreo para la toma de resultados, el artículo hace un análisis detallado sobre el solapamiento de la señal y los canales empleados en redes Wifi, realizando un aporte relevante a la investigación a desarrollar para la ejecución de la guía metodológica.</p>
10	<p>Estudio Radioeléctrico y Problemáticas en una Red</p>



	<p>Autores: Jhenifer Orozco - Gustavo Siles</p> <p>Artículo : Procedimiento de toma de datos</p>
	<p>El estudio de las redes Wifi es una problemática en ingeniería de radiocomunicaciones. Ya que se busca estudiar algunas de las problemáticas encontradas en una red de este tipo. Con este propósito, se realizan una serie de surveys pasivos sobre una red Wifi.</p> <p>Todos esto para determinar los posibles escenarios de despliegue de una red Wlan que pueden ir desde un uso domicilio, donde típicamente se pueden requerir uno o dos Puntos de Acceso (AP, Access Point), hasta redes con una mayor densidad de usuarios, las cuales requieren de un diseño y planificación más detallada.</p> <p>El estudio busca conocer algunas de las problemáticas de la red con alta densidad de usuarios. Para esto se utilizarán herramientas de análisis del espectro y de esta manera analizar el estado actual de la red y corregir posibles fallas en su cobertura.</p>
11	<p>Análisis, Diseño, y Desarrollo de un Aplicativo para Site Survey en Redes Wifi.</p>



	<p>Autores: Jorge Andrés Garcés Encalada</p> <p>Tesis: requerimientos Site Survey</p>
	<p>El desarrollo de un software para facilitar el análisis de un Site Survey en redes Wifi. este se utilizaría para realizar mediciones de intensidad de señal en puntos geográficos localizados, para determinar el nivel de cobertura.</p> <p>El proceso de Site Survey depura la información de los equipos que deben ser utilizados en las instalaciones para cumplir las necesidades de los usuarios. Adicionalmente, se debe incluir una descripción de la topología de la red y el plan de implementación según los requerimientos técnicos del usuario.</p> <p>Este documento identifica el proceso de Site Survey para redes Wi-Fi, este proceso se realiza por medio de mediciones sobre la red para determinar la intensidad de la señal en determinados puntos geográficos, la tesis ayuda a identificar los aspectos necesarios para llevar a cabo un Site Survey según los requerimientos del usuario.</p>
12	<p>Diseño e implementación de solución de conectividad MPLS nacional y solución Wifi centralizada Autores: Alfonso García, Andrés Camilo-</p>



	Fuentes Sotelo, Juan José-Caycedo Cruz, Luis Fernando-Tesis: Site survey conectividad MPLS.
	Este documento analiza el estado de una red y sus necesidades con respecto al avance tecnológico y los servicios que se necesitan contemplar para brindar conectividad al usuario final no como un valor agregado si no como un requerimiento del usuario y al mismo tiempo contar con una red privada que permita la gestión segura de los dispositivos y aplicativos con los que cuenta cualquier compañía. en el presente documento manejan conceptos técnicos relevante para la contextualización de la investigación realizada para el presente trabajo.

4.1.2. Terminología

En principio, es necesario indicar que una red de área local inalámbrica (Wlan) es un método de distribución sin cables para dos o más dispositivos que usan ondas de radio de alta frecuencia y que a menudo incluyen un punto de acceso a Internet. Una Wlan permite a los usuarios moverse por el área de cobertura, a menudo una casa o una pequeña oficina, mientras mantiene una conexión de red, y aunque parece un término simple, es necesario definir una serie de conceptos los cuales brindarán al lector una visión más específica en lo que ha esta tecnología corresponde.



4.1.2.1. Redes De Datos

Las redes inalámbricas toman un papel importante en el desarrollo y competitividad de las organizaciones, este tipo de medio facilita la comunicación y proporcionando acceso a servicios y aplicaciones desde cualquier parte donde exista conexión a la red.

En la actualidad las personas están rodeadas de dispositivos móviles, computadores portátiles, y plataformas de comunicación avanzada con múltiples tecnologías alámbricas e inalámbricas conectadas por medio de redes cableadas e inalámbricas.

Dentro de las redes más utilizadas tenemos:

- Redes WAN: es una red que abarca un área geográfica relativamente extensa, típicamente permiten a múltiples organismos como oficinas, universidades y otras instituciones conectarse en una misma red.

Por medio de una WAN Inalámbrica se pueden conectar las diferentes localidades utilizando conexiones satelitales, o por antenas de radio microondas. Estas redes son mucho más flexibles, económicas y fáciles de instalar.

- Redes LAN: Son redes inalámbricas de área local (LAN) sobre las redes ethernet se han convertido en una alternativa para la conexión de una red LAN con acceso a internet, tanto en lugares empresariales, residencias, centros de cómputo, medio ambiente rural y otros.

Las redes LAN inalámbricas son un complemento esencial de las redes cableadas; se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas obteniendo así una Red Híbrida, considerando que el sistema cableado sea la parte principal y la red inalámbrica proporcione movilidad y flexibilidad adicional



- Redes MAN: Una red de área metropolitana (MAN), se forma por la interconexión de varias redes LAN que se encuentran a mayores distancias que las incluidas en su edificio o campo, pero que no sobrepasan el ámbito urbano estas redes son más utilizadas para conectar equipos que se encuentran en diferentes oficinas que pueden pertenecer a la misma corporación o a empresas diferentes que comparten determinada información.
- Redes PAN: Las redes PAN son de alcance muy limitado (unos pocos metros), y se utilizan para interconectar dispositivos personales de manera inalámbrica, Estas redes son de velocidad media y están teniendo un alto crecimiento en los últimos años.

Existen conceptos transversales al concepto de redes Wlan, los cuales son expuestos adelante.

4.1.2.2. Interferencia

Las fuentes potenciales de interferencia en distintos materiales reducen la señal entre los más conocidos están los metálicos, aislamientos, pinturas de plomo, por otro lado, los materiales con alta densidad como el hormigón, tienden a ser más duros de penetrar para las señales de radio, absorbiendo más energía que muchos materiales porosos como madera o yeso.

La principal causa de interferencia en cualquier señal de radio son los materiales del entorno, especialmente aquellos de tipo metálico con tendencia a Redes inalámbricas que reflejar las señales.

Existen otros dispositivos que utilizan la misma frecuencia que también pueden ser fuente de interferencias como hornos microondas y ciertos teléfonos inalámbricos. Las interferencias de intermodulación e ínter símbolo también constituyen problemas a tener en cuenta a la hora de planificar un sistema inalámbrico.



4.1.2.3. Solapamiento De Canales

El solapamiento se observa cuando los usuarios de Wifi deben configurar las redes para evitar bajas tasas de transferencias, ya que este consiste en que si dos o más redes Wifi emplean el mismo canal generan recíprocamente lentitud en la comunicación

4.1.2.4. Potencia

La potencia en las comunicaciones se plantea como la posibilidad de establecer la ubicación de los nodos de una red, para encontrar los valores relativamente bajos, según el lugar de dispersión de la señal lo que provoca descensos en las velocidades máximas de transferencia de datos que se alcance y hasta incluso perder conectividad totalmente.

La intensidad o potencia de señal, se mide en dBm teniendo dos rangos con los que se define el estado de la señal.

- Color gris: potencia muy baja con niveles entre -80 dBm y -67 dBm.
- Color amarillo-verde: Potencia por encima del umbral, > -67 dBm.

4.1.2.5. Radio Frecuencia

La radiofrecuencia, se refiere a la parte del espectro electromagnético que abarca desde los 3 khz hasta los 300 Ghz. Estas frecuencias se utilizan para las comunicaciones militares, la navegación, los radares y la radiofonía AM y FM, por citar algunas posibilidades, también es posible establecer diferentes divisiones de acuerdo a las particularidades de las frecuencias. En este sentido, se puede hablar desde frecuencias extremadamente bajas hasta frecuencias extremadamente altas, pasando por otros tipos de frecuencias en el medio.



4.1.2.6. Propagación

La propagación de ondas de radio tiene sus fundamentos en los principios de la teoría electromagnética y su medida se expresa como la intensidad del campo medida en voltios por metro y se genera mediante un campo magnético variable en el tiempo.

4.1.2.7. Modulación

Es la capa física de transmisión, se define como el proceso en que se identifican los parámetros que están en la onda portadora en función de las alteraciones de la señal moduladora. Puede hablarse de modulación de frecuencia, modulación de amplitud, modulación de fase y modulación por longitud de onda, entre otros.

4.1.2.8. Tecnología Wifi

Wifi es el acrónimo establecido para Wireless Fidelity, descrito como un conjunto de normas para redes inalámbricas (Redes de comunicación que utilizan como medio de transmisión ondas electromagnéticas), cuyo estándar está definido desde 1997 bajo el nombre de protocolo 802.11 o WI-FI, definido bajo las normas del IEEE Institute (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). La definición del estándar 802.11 para el estándar de las capas Físicas incluye definiciones para el procedimiento de convergencia de la capa física (Physical Layer Convergence Procedure PLCP) y las subcapas dependientes del medio (Physical Medium Dependent PMD). El 802.11 tiene seis capas de extensión principales A/B/G/N/AC las cuales serán presentadas más adelante en este documento.

Las soluciones Wi-Fi fueron creadas para ser utilizadas en redes LAN (Local Area Network) constituyéndose como una alternativa a las redes cableadas ethernet tradicionales.



La especificación IEEE 802.1X, es un estándar de control de acceso desarrollado por el IEEE que permite utilizar diferentes mecanismos de autenticación. Su funcionamiento se basa en el concepto de puerto, visto éste como el punto a través del que se puede acceder a un servicio proporcionado por un dispositivo, que en este caso será el punto de acceso. En principio todos los puertos están desautorizados, excepto uno que el punto de acceso utiliza para comunicarse con el cliente. Cuando un nuevo cliente entra en su área de cobertura, le pasa al punto de acceso información de autenticación, dependiente del mecanismo utilizado, que éste reenvía al servidor de autenticación. Cuando éste le contesta, si la respuesta es que el cliente puede hacer uso de la red, autoriza un puerto para que lo utilice el cliente.

Extensiones protocolo 802.11 xx

La definición de los requerimientos y normas de funcionamiento a nivel de capa física y de datos para soluciones Wifi se encuentra descrita bajo el estándar IEEE 802.11 de comunicaciones. Este protocolo cuenta con varias extensiones.

Extensión es 802.11a. Opera en la banda de 5GHz, menos congestionada y con menos interferencias y con alcance limitado a 50 metros, con 12 canales separados no empalmados. Como resultado, se disponen de 12 puntos de acceso para diferentes canales

en la misma área sin interferencia con algún otro. El 802.11a utiliza división de frecuencias ortogonales multiplexadas (orthogonal frequency division multiplexing OFDM), la cual divide una señal de datos a través de 48 sub-carriers separados con un canal de 20MHz para proveer transmisiones en rangos de 6, 9, 12,18, 24, 36, 48 o 54 Mbps.

Extensión es 802.11b y es la base para la mayoría de las LANs inalámbricas que existen en la actualidad. 802.11b opera en la banda de 2.4GHZ ISM y utiliza direct sequence spread spectrum



DSSS con modulación complementary code keying CCK para dispersar la señal de datos sobre una porción, aproximadamente 30MHz, de la banda de frecuencia de 2.4GHz. Los rangos de datos que soporta 802.11b son 1, 2, 5.5 y 11 Mbps.

Extensión 802.11g. De forma similar a 802.11b, 802.11g opera en la banda de 2.4GHz y las señales transmitidas utilizan aproximadamente 30MHz, lo que es un tercio de la banda. Esto limita el número de puntos de acceso 802.11g no empalmados a tres, lo cual es lo mismo que 802.11b. El estándar 802.11g es compatible con el 802.11b, capaz de alcanzar una velocidad doble, es decir de hasta 22Mbps/s o llegar incluso a 54Mbps/s para competir con los otros estándares que prometen velocidades mucho más elevadas pero que son incompatibles con los equipos 802.11b ya instalados, aunque pueden coexistir en el mismo entorno debido a que las bandas de frecuencia que emplean son distintas.

Extensión IEEE 802.11n, utiliza la técnica de transmisión MIMO. Dentro de este estándar se definen las siguientes tasas de transmisión: 150 Mbps (canal 20 MHz con MIMO 2x2), 300 Mbps (canal 40 MHz con MIMO 2x2), 450 Mbps (canal 40 MHz con MIMO 3x3) y 600 Mbps (canal de 40 MHz con MIMO 4x4). Estas velocidades se logran utilizando varias antenas para el transporte de múltiples ráfagas de datos que aprovechan la reflexión y multitrayectoria, adicionalmente se logra un aumento en el alcance y rango de cobertura.

La extensión IEEE 802.11ac hace referencia al estándar que define las normas de operación del Wifi 5, el cual se basa en una mejora generada a la extensión 802.11.n, aprobada en el 2013.

El estándar consiste en mejorar las tasas de transferencia hasta 433 Mbit/s por flujo de datos, consiguiendo teóricamente tasas de 1.3 Gbit/s empleando 3 antenas. Opera dentro de la banda de



5 GHz, amplía el ancho de banda hasta 160 MHz (40 MHz en las redes 802.11n), además incluye modulación de alta densidad (256 QAM).

Las diferentes extensiones de red pueden ser resumidas en la siguiente tabla:

Protocolo	Año de publicación	Frecuencia	Ancho de banda	Velocidad de datos (típica)	Velocidad máxima	Alcance interior	Alcance exterior
802.11b	1999	2.4 GHz	20 MHz	6.5 Mbps	11 Mbps	~100 m	~200 m
802.11a	1999	5 GHz	20 MHz	25 Mbps	54 Mbps	~70 m	~70 m
802.11g	2003	2.4 GHz	20 MHz	25 Mbps	54 Mbps	~38 m	~140 m
802.11n	2009	2.4 GHz 5 GHz	20 MHz a 40 MHz	200 Mbps	600 Mbps	~70 m	~250 m
802.11ac	2012	5 GHz	20, 40, 50 y 160 MHz	-	>1 Gbps	~70 m	~250 m

Ilustración 1 Principales características para el estándar 802.11

· **Canales de comunicación empleados en comunicaciones Wifi de acuerdo al protocolo 802.11**

En esencia la comunicación Wifi se divide en dos rangos de frecuencia 2.4 Ghz y 5 Ghz de acuerdo al protocolo elegido o soportado por los equipos implementados en la solución establecida.

La banda de 2.4 GHz es uno de los rangos de frecuencias asignados para las redes 802.11. Esta banda tiene un rango de frecuencia que va desde los 2.402 a 2.483 GHz. En este rango se definen un total de 14 canales cada uno con un ancho de banda de 22 MHz con una separación entre canales de 5 MHz que funciona como guarda provocando un solapamiento de todos los canales con sus adyacentes. Al momento de asignar las frecuencias para obtener un rendimiento óptimo se recomienda hacer uso de los canales que estén más separados el uno con el otro, de acuerdo a la siguiente grafica donde los canales 1, 6 y 11 no presentan interferencia, siendo estos los canales sugeridos para uso.

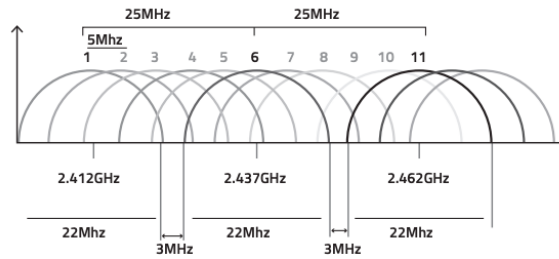


Ilustración 2 Tomado de: Guevara, R. C., & Montoya, E. S. (2013). Una propuesta de solución al problema de la interferencia entre redes WiFi por solapamiento de canales. Ciencia e Ingeniería Neogranadina.

Dada la sobreutilización de la banda de 2.4 Ghz se requirió el uso de la banda de 5 GHz, la cual dispone de un mayor ancho de banda que la de 2.4 GHz y presenta un menor índice de interferencias, por subutilización.

Es necesario tener en cuenta que cada uno de los canales están separados 20 MHz con un ancho de banda de 16.6 MHz, además que como beneficio agregado para esta banda ningún canal se solapa con otro adyacente, pudiendo ser utilizados todos al mismo tiempo sin generar interferencias como sucedía en la banda de 2.4 Ghz. La banda de 5GHz está dentro del rango de 5.150 a 5.725 GHz, a continuación, se muestran los canales disponibles para la banda de 5 GHz.

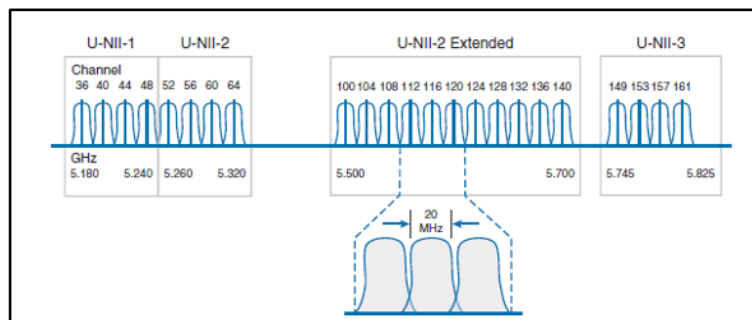


Ilustración 3 Tomado de: <http://gufuent.blogspot.com/2016/03/canales-de-la-banda-de-5-ghz-u-nii-ccna.html>

Wap

Es el acrónimo de Wireless Application Protocol, tecnología desarrollada mediante una serie de estándares y protocolos para normalizar el modo en que los dispositivos móviles e inalámbricos



pueden acceder a servicios Web: correo electrónico, foros, navegación Web, etc. siendo su aplicación más importante el acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil.

· **Seguridad En Redes Wifi**

Uno de los componentes más importantes en las redes inalámbricas es la capa de seguridad, ya que este tipo de soluciones poseen múltiples puntos débiles, algunos de los cuales serán descritos más adelante.

Uno de los factores que generan mayores brechas de seguridad, es la falta de planeación y el desconocimiento de los requerimientos reales que esperan ser explotados con esta tecnología. Además, la mayoría de soluciones presentan configuraciones predefinidas que rara vez son modificadas por los implementadores, haciendo vulnerables las plataformas frente ataques estándar. Otro punto fundamental y que marca la importancia de la guía a desarrollar es que la mayoría de medio de transmisión resultan difusos y se extienden más allá de las locaciones físicas que pretenden ser cubiertas por las soluciones Wifi.

Existen diversos factores críticos que afectan cualquier solución de comunicaciones, donde el Wifi no es la excepción. Desconocimiento de la configuración, sistemas en abandono o sin mantenimiento son algunos ejemplos de estos riesgos, que desbordan en las siguientes consecuencias:

- Aumento en el consumo de ancho de banda en redes desprotegidas, ya que esta vulnerabilidad permite el acceso no controlado a los recursos de red.
- El acceso no autorizado a equipos es una constante ya que las redes LAN suelen poder ser accedidas a través de las redes Wlan haciendo vulnerable la arquitectura de red. Las consecuencias



directas de esta vulnerabilidad es el robo o destrucción de datos almacenados en dicho equipo, el robo de claves y contraseñas de acceso a cuentas bancarias, certificados personales, etc.

· Una red inalámbrica suele hacer mucho más vulnerables a los equipos de esa misma LAN, lo que facilita el acceso no autorizado, repercutiendo en problemas de responsabilidad judicial ya que los atacantes, podrían utilizar la red local como equipo atacante de sistemas remotos, esto podría dar lugar a responsabilidades legales si se considera que el propietario de la red Wifi o la persona que la ha instalado lo ha hecho de manera descontrolada y sin tener en cuenta ningún tipo de medida de seguridad preventiva.

Los principales aspectos de la seguridad de redes inalámbricas son autenticación y cifrado. El cifrado constituye un modelo de aseguramiento del tráfico que curso por la red, evitando que este sea interceptado y decodificado. Mientras que la autenticación pretende asegurar la protección de acceso al medio.

Las redes Wlan cuentan con diversos métodos de seguridad de los cuales a continuación se describen los protocolos más modernos y por ende recomendados:

· **WPA2 PSK**

La segunda versión WPA permite a los dispositivos emplear tecnología de cifrado que considera conveniente, una de las opciones más robustas es AES (Advanced Encryption Estándar) y algoritmo ya mencionado RC4 conjuntamente con el protocolo TKIP. Cuando el dispositivo emplea un cifrado mediante AES utiliza también el protocolo CCMP (Counter Mode Chiper Block Chaining Message Authentication Code Protocol) el cual asegura la confidencialidad de los datos permitiendo solamente a los usuarios autorizados acceder a la información así también proporciona la autenticación de los usuarios.



WPA PSK (Pre-Shared Key)

Es una modalidad para ambientes domésticos en los cuales no es posible contar con un servidor de autenticación centralizado. Para unirse a un punto de acceso se requiere de una contraseña compartida tanto en el AP's como en el dispositivo, únicamente quienes conozcan la contraseña podrán acceder a la red. De esta forma se evita ataques basados en escuchas, así como del acceso a usuarios no autorizados. Aunque la contraseña es única, las claves de cifrado son diferentes para cada dispositivo.

Uno de los factores actuales de riesgo es la inclusión de puntos de acceso adicionales, con configuraciones de seguridad más débiles y por ende accesos más fáciles a la red. Para ello se recomienda utilizar diversas herramientas tales como detectores de puntos de acceso siendo una herramienta que observe el tráfico correspondiente a redes Wifi dentro de su alcance y genere cierto tráfico, al cual, los puntos de acceso dentro de su alcance responden, y, por tanto, quedan a la vista. También permiten conocer los SSIDs de las redes Wifi de su entorno, incluso si no están siendo publicados en modo broadcast. Suelen ser muy utilizados para detectar puntos de acceso y posteriormente comprobar si están "abiertos" o se pueden abrir, dentro de una población o un recorrido. A esta práctica se la llama wardriving.

Puntos De Acceso (Access Point)

Durante el desarrollo de las redes Wlan era necesaria la creación de un dispositivo o interface que funcionara como Gateway el cual proporciona funciones de canal de radio, a través del cual se gestiona la asignación de canales de frecuencias y controla que los usuarios puedan acceder a los recursos alojados en la infraestructura tecnológica.



El concepto de Gateway aplica para los Access point ya que una vez los usuarios han sido asociados a un punto de acceso específico, el usuario estará en capacidad de comunicarse con la red cableada Ethernet, base del dispositivo de comunicación.

Un punto de acceso podría también describirse como un dispositivo de la capa de datos, ya que el control y gestión de los dispositivos conectados se los hace por medio del manejo de las direcciones MAC, al igual que en los switches de capa 2. Esta característica permite redirigir los paquetes a los equipos donde se encuentra la MAC de destino con la ayuda de las tablas dinámicas que se actualizan en cada equipo Switch o AP.

Talvez uno de los componentes mas importantes de una red Wifi es el (SSID) Identificador de Conjunto de Servicios que corresponde al nombre que se le asigna a una red inalámbrica, representado por una cadena de caracteres que actúa como una especie de contraseña para identificarse en el SSID. Un SSID diferencia una red de otra, por lo que las estaciones que se encuentran dentro del mismo SSID podrán comunicarse entre ellas, como fue descrito en apartados anteriores.

Antenas

Como se describió en secciones anteriores un elemento fundamental en las soluciones Wifi son las antenas ya que con ellas se logra generar una transmisión, conexión y despliegue del espectro de comunicaciones ya que son las encargadas de convertir las señales eléctricas a ondas electromagnéticas y viceversa. Las antenas son dispositivos pasivos, sin embargo, un parámetro muy usado y que se considera es la ganancia expresada en dBi, que es la medida de la direccionalidad de una antena comparada con la antena isotrópica, la cual radia la energía en todas las direcciones por igual.



Las antenas se encuentran divididas en tres tipos diferentes descritos a continuación:

- Antenas omnidireccionales: el patrón de radiación de una antena omnidireccional radia de forma uniforme en todas las direcciones del plano horizontal. Son ampliamente utilizadas en aplicaciones punto a multipunto, como por ejemplo televisión y radio VHF.
- Antenas directivas: el patrón de radiación está concentrada en una dirección con ángulo de cobertura reducido, su alcance en la dirección que se apunta es mayor a comparación de una omnidireccional. Estos tipos de antenas son ampliamente utilizadas en aplicaciones punto a punto como en enlaces microonda.
- Antenas sectoriales: son antenas que combinan los principios de las antenas directivas. Generalmente los lóbulos de radiación están en el orden de los 60 a 120 grados y son muy utilizadas en comunicaciones celulares, en las cuales las celdas disponen de arreglos de antenas sectoriales para ayudar al reusó de canales de frecuencia

4.1.2.9. Site Survey

Una de las formas indispensables para probar o analizar las redes Wlan es la ejecución de una encuesta o estudio del sitio, donde se miden aspectos de cobertura, rendimiento, interferencia, etc. En todo caso el objetivo principal de este proceso es recolectar suficiente información para determinar el número y ubicación de los puntos de acceso para proporcionar una cobertura adecuada.

En esencia el Site Survey implica el despliegue de puntos de acceso temporales en ubicaciones preliminares, ya sea un solo AP a la vez o una Wlan completa para identificar los puntos base de instalación determinando la cobertura y/o calidad de servicio (QoS), para luego bajo el análisis de los resultados cambiar las posiciones y/o configuraciones de los AP o introducir nuevos puntos de



acceso. Así pues, y dado el despliegue y evaluación de las tecnologías Wlan el Site Survey no debe ser una herramienta pasiva de instalación, sino por lo contrario debe ser una práctica periódica para mantener una operación aceptable de la solución inalámbrica.

Algunos de los aspectos más relevantes a tener en cuenta dentro del Site Survey son las siguientes:

Calidad Del Servicio

La característica de calidad del servicio está ligado a la necesidad de medir la fuerza o intensidad de la señal. El QoS es un término global con diversas implicaciones definidas de manera global como el efecto colectivo del desempeño del servicio, que determina el grado de satisfacción de un usuario compuesto por diversos elementos de medida como elementos de evaluación.

Los principales parámetros que se deben contemplar frente al concepto de una transmisión de datos efectiva son demora, rendimiento, fluctuación de fase, ancho de banda, eco y pérdida de paquetes. Casi todos estos parámetros dependen principalmente de la intensidad de señal adecuada, derivada de una adecuada planificación de cobertura. Mientras tanto el rendimiento y la latencia son dos elementos esenciales para el rendimiento de la red.

De otra parte, el rendimiento se refiere a la cantidad de datos que pueden pasar de origen a destino, el retraso determina la latencia entre transmitir y recibiendo el paquete, y es allí que nace el concepto de Jitter que significa la variación en la llegada tiempos entre paquetes continuos transmitidos desde el punto A al punto B, el cual puede ser causado por cambios en el enrutamiento de paquetes, congestión y/o demoras en el procesamiento. La pérdida de paquetes denota el porcentaje de paquetes nunca recibidos en el destino. Los parámetros de QoS deben medirse en toda la red, abarcando tanto las porciones cableadas como inalámbricas de la red.



Cabe señalar que en la propagación de la señal el retraso es crucial para la experiencia de banda ancha porque el Internet se basa en el Protocolo de Control de Transmisión (TCP), el cual requiere que el destinatario de un paquete acuse recibo. Si el remitente no recibe un recibo en una cierta cantidad de tiempo, entonces TCP supone que la conexión está congestionada y reduce la velocidad a la que envía paquetes

Existen básicamente dos tipos de Site Survey, los cuales es pertinente describir a continuación:

El Site Survey Predictivo, está basado en un software de simulación que, aplicando un análisis teórico sobre los planos del área a cubrir, genera un reporte aproximado de las posiciones en que debería instalarse los puntos de acceso de la red Wifi, recomendado cuando existen limitaciones de acceso al lugar donde se pretende desplegar la solución Wi-Fi.

El Site Survey Activo, está basado en pruebas presenciales de propagación, obstrucción, interferencia e itinerancia, que se aplican para obtener la mejor cobertura, dependiendo de los parámetros y criterios receptados. Para esto se sugiere la ejecución de 5 pasos fundamentales:

1. Se debe generar entrevistas con las personas encargadas de la gestión de TI y también con los usuarios finales
2. Se debe tener claridad en la demanda de ancho de banda necesaria y Calidad de Servicio (QOS).
3. Es necesario contar con los planos del área.
4. Se debe realizar visitas al lugar que se planea cubrir y aplicar las herramientas tecnológicas adecuadas, donde se realizará la instalación de punto de Acceso Wifi temporales para generar muestreos a través de un computador con Software y Hardware para mediciones y muestreo de



cobertura a través de recorridos de análisis, que pretenden la toma de muestras de señal RSSI e interferencias.

5. Generar el análisis de los datos recibidos para obtener los indicadores y reportes que sugieren las directrices de instalación y despliegue de la solución Wifi

La Medición Dentro Del Site Survey

Muchos proveedores de infraestructura inalámbrica proporcionan herramientas gratuitas de software de inspección de sitios de RF que permiten identificar los puntos de acceso asociado, velocidad de datos, señal fuerza y calidad de señal. Estas herramientas suelen ser instaladas en dispositivos portátiles para iniciar el barrido requerido en este proceso.

Estas herramientas están diseñadas específicamente para barrer, analizar y optimizar la Wlan midiendo la cobertura de redes basadas en el estándar IEEE 802.11 que permiten al usuario determinar sobre cada AP variables como el PER (tasa de error de paquete), múltiples rutas y señal RSSI (Indicación de intensidad de señal recibida) más los niveles de señal, además, en estudio más juicioso se pueden identificar perdidas de paquetes, rendimiento, fluctuación de fase y otros elementos que permitirán la implementación exitosa de una red Wlan.

Algunas de las herramientas más sobresalientes de hardware y software para esta tarea son las siguientes:

SolarWinds Wifi Heat Map

A través de esta herramienta puede crear mapas de calor personalizados, para ello es necesario realizar el estudio manual del sitio para que la herramienta pueda grabarlo en la superficie de un plano o diseño, información con la cual la herramienta sondeará la intensidad de la señal de los clientes y AP y generará mapas de calor dinámico de Wifi.



Además, con el mapa, puede visualizar la cobertura inalámbrica, encontrar dónde están las zonas muertas y optimizarlas en consecuencia. La herramienta recopila información de AP y sus clientes y muestra sus señales en un formato coloreado. Caliente (rojo), representa donde la señal es fuerte, y frío (azul) representa donde la señal es débil. La herramienta también es capaz de encontrar y rastrear la ubicación de los dispositivos móviles dentro del mapa.

· **Ekahau HeatMapper**

Se considera una herramienta fácil de usar e instalar, HeatMapper permite ver la cobertura Wifi completa en un mapa de calor. También puede descubrir automáticamente todos los AP vecinos (incluidas las redes ocultas) con sus configuraciones de seguridad.

El proceso de inspección con Ekahau, inicia con el cargue de un plano de planta para iniciar el barrido del sitio, la herramienta comenzará a detectar y registrar las señales inalámbricas y creará un mapa de calor automáticamente. Dentro de las características adicionales de esta herramienta están: localización de todos los AP, descubrimiento de redes, detección de esquemas de seguridad y compatibilidad con extensiones de protocolo AC.

· **NetSpot**

Está diseñada para una amplia variedad de escenarios, desde pequeños usuarios domésticos de Wlan hasta implementaciones inalámbricas a gran escala. NetSpot tiene la capacidad de ayudar en mejorar el punto de vista de la seguridad inalámbrica ejecutando un análisis avanzado. También puede ayudar a optimizar la intensidad de la señal Wifi a través de mapas de calor. El mapa de calor le dará una representación visual de dónde la señal es fuerte y dónde es débil. También lo ayudará a mejorar la cobertura, mejorar la seguridad inalámbrica y evitar zonas muertas.



En resumen, optimizar las redes Wifi puede ser un desafío sin la ayuda de un mapa de calor Wifi. Una representación visual de la intensidad de la señal puede ayudarlo a encontrar zonas muertas, mejorar la cobertura, encontrar fugas de señal e incluso rastrear la ubicación de los dispositivos de acceso.

Aunque el software de mapa de calor Wifi viene en diferentes tamaños y precios, todos tienen la misma funcionalidad básica, para recopilar datos y generar un mapa de calor, el cual debe ser explotado por el instalador quien estará en la capacidad de reconocer las necesidades reales para implementar una solución de calidad.

3.3 MARCO LEGAL

Dado que la propuesta de solución se enfocará en el espectro de radio frecuencia colombiana, a continuación, se lista la normativa vigente que atañe a este proyecto:

4.1.3. Resolución 3436 DE 2017

Por la cual se reglamentan los requisitos técnicos, operativos y de seguridad que deberán cumplir las zonas de acceso a Internet inalámbrico de que trata el Capítulo 2, Título 9, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1078 de 2015.

Contempla en su articulado:

ARTÍCULO 1o.

OBJETO. La presente resolución tiene por objeto definir los requisitos técnicos, operativos y de seguridad que deben cumplir las zonas de acceso público y gratuito a Internet inalámbrico en entidades públicas del orden nacional, en el marco de lo previsto en el Capítulo 2 del Título 9 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1078 de 2015.



ARTÍCULO 2o.

Características técnicas de las zonas de acceso público y gratuito a internet inalámbrico.

Las zonas de acceso público y gratuito a Internet inalámbrico deberán contar, como mínimo, con las siguientes características técnicas:

1. Espectro Radioeléctrico
2. Tecnología
3. Access Point/AP (Puntos de Acceso)
4. Equipos terminales de usuario
5. Latencia

ARTÍCULO 3o.

Características de seguridad de las zonas de acceso público y gratuito a internet inalámbrico en entidades públicas.

ARTÍCULO 4o.

Características de operatividad de las zonas de acceso público a internet inalámbrico en entidades públicas.

4.1.4. Protocolo 802.11

La especificación IEEE 802.1X es un estándar de control de acceso desarrollado por el IEEE que permite utilizar diferentes mecanismos de autenticación. Su funcionamiento se basa en el concepto de puerto, visto éste como el punto a través del que se puede acceder a un servicio proporcionado por un dispositivo, que en este caso será el punto de acceso. En principio todos los puertos están desautorizados, excepto uno que el punto de acceso utiliza para comunicarse con el cliente. Cuando un nuevo cliente entra en su área de cobertura, le pasa al punto de acceso información de



autenticación, dependiente del mecanismo utilizado, que éste reenvía al servidor de autenticación. Cuando éste le contesta, si la respuesta es que el cliente puede hacer uso de la red, autoriza un puerto para que lo utilice el cliente. La Figura 1 muestra la estructura general de un sistema IEEE 802.1X.

4.1.5. Constitución Política de Colombia, Artículo 75

Que establece, literalmente:” El espectro electromagnético es un bien público inajenable e imprescriptible sujeto a la gestión y control del Estado. Se garantiza la igualdad de oportunidades en el acceso a su uso en los términos que fije la ley. Para garantizar el pluralismo informativo y la competencia, el Estado intervendrá por mandato de la ley para evitar las prácticas monopolísticas en el uso del espectro electromagnético”.

4.1.6. Decreto 1078 de 2015

Según Decreto 1078 de 2015 se ordena a las entidades públicas instalación de Zonas WifiMinTIC publica, para comentarios, el borrador de resolución mediante el cual se reglamentan los requisitos técnicos, operativos y de seguridad que deberán cumplir las zonas de acceso a Internet inalámbrico que, de acuerdo al capítulo 2, título 9, parte 2, del Decreto 1078 de 2015, las entidades públicas están en obligación de instalar. El plazo para recibir sugerencias sobre el documento se amplió por segunda y última vez hasta el 13 de noviembre.

5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

3.4 ASPECTOS CONCEPTUALES

Este trabajo académico pretende a través de la elaboración de una guía metodológica, entregar la ruta de acción para la definición de los parámetros de instalación o mantenimientos de redes Wlan,



logrando mejorar la experiencia de usuario, sin importar el tipo de cliente (Aplicaciones, procesos, Dispositivos) ni las condiciones medio ambientales.

La guía metodológica contemplará aspectos de cobertura, rendimiento, interferencia, entre otros que permitan recolectar suficiente información referente a los requerimientos del cliente, para luego bajo el análisis de los resultados asignar o cambiar las posiciones y/o configuraciones de los AP asegurando una correcta cobertura y QoS, traducido como adecuada experiencia de usuario.

Además, esta práctica podría convertirse en una tarea periódica para mantener una operación aceptable de la solución inalámbrica.

En general la guía metodológica contendrá siete (7) etapas fundamentales, las cuales se listan a continuación:

- Generación de entrevistas usuarios finales y profesionales de TI.
- Levantamiento de requerimientos funcionales (BW, QoS, entre otros).
- Revisión planos arquitectónicos.
- Elección de herramientas de modelado.
- Muestreo y modelado del espectro RF.
- Generación y análisis de resultados.
- Definición de parámetros de instalación.

La última fase marcará el éxito o fracaso en cuanto a la ejecución de la guía se refiere, ya que en esta etapa se definen parámetros como selección de AP, número y potencia individual, selección de la tecnología a implementar, selección de canales de operación, además de los parámetros de aseguramiento.



A continuación, se brinda una breve descripción de las etapas y su nivel de valoración en frente al proceso general



Dado el alcance conceptual de la guía metodológica, los elementos mínimos requeridos para el desarrollo de esta son:

- Apropiación de elementos conceptuales referentes a redes de datos inalámbricas en frecuencias 2.4 Ghz y 5 Ghz.
- Conocimiento avanzado de herramientas para el análisis de espectro de radio frecuencia.
- Elementos de testeo para análisis de resultados como Access Point, Software Site Survey, planos arquitectónicos y un lugar para ejecución de estas pruebas.



En general para el adecuado desarrollo de la guía metodológica se deben abordar dos categorías básicas de análisis: Requerimientos funcionales cliente y por otro lado el análisis del espectro de radio frecuencia.

3.5 PLANEACIÓN METODOLÓGICA

El desarrollo de la guía metodológica contempla dos dimensiones principales como fue descrito anteriormente, por ello, a continuación, se presenta el plan de trabajo con las actividades y tareas que deben ser ejecutadas en atención a estos requerimientos:

5.1.1. Metodología para el levantamiento de requerimientos funcionales

Estructuración elementos de análisis Requerimientos Funcionales
1. Preparación
Consolidación información y antecedentes aplicables a esta dimensión
Documentación de requerimientos funcionales básicos y principales problemas en soluciones Wifi
Definición de requerimientos transversales de necesidades
Análisis de estrategias para el descubrimiento de información
2. Desarrollo
2.1 Desarrollo de instrumentos para el levantamiento de necesidades
Estrategia de conceptualización del tipo de cliente
Identificación de actores para la definición de requerimientos
Identificación de ambiciones
Rastreo de antecedentes
Adición requerimientos de seguridad
Integración regulaciones y políticas de uso
2.2 Desarrollo de instrumentos de medición y cotejo de resultados
Creación fichas de cotejo
Generación matrices de análisis
3. Aplicación
3.1 Desarrollo de pruebas funcionales pre aprobación
Levantamiento requerimientos funcionales
Generación plan de actividades fase pruebas
Aplicación instrumentos
Verificación Información recolectada
3.2 Creación documentos análisis
Diligenciamiento fichas de cotejo
Diligenciamiento matriz de análisis



4. Comprobación
Análisis de resultados fichas y matrices generadas
Identificación de nuevas necesidades
5. Reestructuración
Modificación instrumentos de medición
Modificación elementos de análisis
Aprobación instrumentos de medición y levantamiento de información

5.1.2. Metodología para la estructuración de elementos de análisis y modelado

Frente a la estructuración de la dimensión de modelo de la solución, la metodología requerida es la siguiente:

Estructuración Elementos análisis y modelado de solución
1. Preparación
1.1 Consolidación información y antecedentes
Conceptualización redes de datos
Calidad de la señal (potencia, canales, QoS, Alcance, modulación)
Interferencia, atenuación
Seguridad redes Wifi
Interferencia por elementos arquitectónicos
Regulaciones y normatividad aplicable
Site Survey
Definición parámetros instalación
1.2 Selección herramienta modelado de espectro Wifi
Análisis alternativas del mercado
Comparación diferentes herramientas
Estudio avanzado herramienta seleccionada
Análisis de estrategias para presentación de resultados
Identificación de requerimientos definición de parámetros de instalación
2. Desarrollo
Generación instrumentos para la ejecución de SiteSurvey
Modelado instrumento aseguramiento de redes
Creación plantilla presentación de resultados
Definición de parámetros de ejecución herramienta de modelado
Proyección plan de pruebas
Generación plantilla recomendaciones basadas en resultados
3. Aplicación
Ejecución pruebas en ambiente controlado
Ejecución pruebas ambiente real
Diligenciamiento instrumentos de medición



Registro de datos en documento de aseguramiento de redes
Documentación plantilla presentación de resultados
Identificación de problemas y requerimientos nuevos
4. Comprobación
Revisión instrumentos de medición
Análisis modelo de aseguramiento
Comprobación resultados plantilla de resultados
Generación de nuevos requerimientos o reestructuración de los existentes
5. Reestructuración
Modificación instrumentos existentes
Creación nuevos documentos requeridos
Aprobación plantillas, instrumentos y documentos

Ahora bien, dada la solución de las dos dimensiones requeridas, ya es posible llevar a cabo la consolidación del documento “Guía metodológica para la definición de parámetros de instalación o mantenimiento de redes wlan”, la cual tiene como base los elementos descritos con antelación y como resultado fundamental las recomendaciones extraídas de la plantilla de recomendaciones basada en los resultados obtenidos.

5.1.3. Desarrollo tecnológico

El desarrollo del proyecto se basa principalmente en la correcta ejecución y análisis del Site Survey, por ello es necesario centrar este apartado en la descripción y conceptualización de requerimientos técnicos frente a la ejecución de esta tarea.

El desarrollo de un Site Survey desde su visión técnica se divide en 7 pasos fundamentales, los cuales son abordados a continuación como describe Alejandro Aragón en el libro Indoor wireless communications: From theory to implementation ³:



5.1.3.1. Plan de medición

El primer paso en cualquier proceso de medición debe ser un documento que indique todos los detalles de las mediciones que se deben tomar. En esta etapa, los planificadores y diseñadores de radio en interiores deciden qué tipo de mediciones deben realizarse, el lugar (o lugares) y ubicaciones, bandas de frecuencia, características de las mediciones, el tipo de equipo, un cronograma anticipado, etc. Este documento se generaría en la fase de desarrollo específicamente en el apartado de “Definición de parámetros de ejecución herramienta de modelado”.

5.1.3.2. Visita preliminar al sitio

Es posible que se requiera una visita al edificio en consideración para identificar áreas en las que se pueden realizar mediciones (rutas a pie), posibles ubicaciones de antenas de prueba, etc. Es pertinente tomar registros fotográficos para su inclusión en el documento de entrega de resultados como soporte al estudio.

La visita preliminar permite reunir algunos niveles de cobertura existentes de los sitios de macro celdas circundantes u otras tecnologías inalámbricas, lo que ayudará a planificar con anticipación el plan de medición.

5.1.3.3. Adquisición permisos

Una vez que se ha finalizado el plan de medición, la adquisición del permiso es el siguiente paso. Deben otorgarse permisos para tener acceso a ciertas áreas del lugar designado, así como autorización de seguridad para algunos edificios de alta seguridad, como los aeropuertos. El documento del plan de medición acompañado de una carta oficial de la compañía responsable de las mediciones suele ser suficiente para tener acceso al sitio.



5.1.3.4. Lista de verificación del equipo

Antes de iniciar mediciones, todos los equipos, especialmente los transmisores, receptores y antenas, deben verificarse y calibrarse antes de la fecha de medición, para garantizar que se recopilen datos precisos.

5.1.3.5. Campaña de medición

Las mediciones se realizan en la fecha especificada para la cual se ha otorgado acceso al sitio. Los datos deben ser registrados y respaldados, además se debe llevar registro fotográfico como parte del informe de medición.

5.1.3.6. Post-procesamiento o análisis de datos

Aunque no es necesariamente una parte esencial del proceso de medición, a veces el post-procesamiento de datos puede necesitar realizarse durante la medición y, por lo tanto, debe incluirse en el proceso. A veces esto solo se hace para validar los datos recopilados. Si este es el caso, puede llamarse un pos-procesamiento de "vía rápida", solo para verificar que la recopilación de datos fue correcta. El pos-procesamiento "completo" debería realizarse en la oficina.

5.1.3.7. Posvisita al sitio

Para la validación de la red, una vez que se haya instalado o modificado la solución de radio en el edificio, es posible que se requieran mediciones, y será necesario planificar y programar una nueva visita al sitio. Es mejor considerar esto en el paso inicial de adquisición de permisos, aunque a veces esto puede no ser posible y entonces se necesitaría una segunda ronda de negociaciones.

5.1.3.8. Tareas y recomendaciones campaña de medición

La campaña de medición es el elemento fundamental que marcará el éxito o el fracaso de las recomendaciones generadas por la Guía Metodológica. Pero antes de iniciar, es necesario aclarar



que este documento sugiere el uso de la estrategia de medición “Walk Test Route”, la cual según Alejandro Aragon³, a pesar de requerir un plan de ejecución, especialmente para ahorrar tiempo valioso al realizar las mediciones, es una metodología adecuada para la ejecución de modelados rutinarios de buena calidad, siempre y cuando se cumplan las siguientes recomendaciones:

- El análisis debe incluir situaciones de línea de vista y sin línea de vista.
- Los datos se deben recopilar sobre caminos que incluyen la penetración a través de múltiples paredes de varios tipos de construcción y también a través de pisos por encima y por debajo de la ubicación de la antena de prueba.
- La caminata debe cubrir el área de interés de manera bastante uniforme, cruzando las habitaciones donde sea práctico, en lugar de solo cerca de los bordes.
- La caminata debe realizarse en línea recta dada la navegación del punto de referencia y se deben realizar múltiples rutas en grandes áreas abiertas, típicamente con alrededor de 10-20 m entre rutas en una cuadrícula o patrón de zigzag.
- Se debe caminar por tantas puertas como sea posible; es decir, si una habitación tiene dos entradas diferentes, camine por cada puerta al menos una vez
- Camine suavemente a un ritmo constante para minimizar el error de navegación. Si se desea comparar directamente varias instancias de la misma ruta, considere colocar marcadores en el piso para que sirva de recordatorio preciso de los puntos de referencia utilizados.
- Las antenas de reconocimiento deben ser antenas omnidireccionales de baja ganancia para iluminar todo el entorno, a menos que una característica de antena direccional específica sea de interés. Por lo general, se debe realizar una ruta de medición al aire libre para determinar la fuga de señal del edificio.



- Hay ocasiones en las que, aunque se ha elegido una ruta predefinida, durante el día de las mediciones no es posible tener acceso a un área específica del edificio y, por lo tanto, el plan de ruta debe ajustarse en consecuencia.

5.1.3.9. Actividades y recomendaciones documentación

El proceso de documentación es esencial durante y post-proceso de medición, documentar el site survey adecuadamente, permite que las mediciones se utilicen incluso en una fecha mucho más tardía, quizás años más tarde, claro está con todos los parámetros y condiciones importantes registrados. El instrumento para el registro del Site Survey debe estar diseñado para facilitar no solo la toma de decisiones sino para ser un elemento de análisis que trascienda el tiempo. Esta recomendación es importante en la generación de instrumentos para la ejecución de Site Survey.

Para este paso es recomendable tener en cuenta las recomendaciones del apartado 7.6.4 del libro “Indoor wireless communications: From theory to implementation”³ referente a las recomendaciones para este apartado:

- Por lo general, debe incluir: Detalles del sitio, nombres de contacto y arreglos de acceso. Esto suele ser útil para futuras encuestas, que pueden ser necesarias en el mismo sitio.
- El tipo de Site Survey que se realiza. Detalles de qué pisos se deben inspeccionar y los nombres de los archivos de datos correspondientes.
- El propósito de la encuesta; por ejemplo, calibración del modelo de propagación, cobertura existente, estudio de diseño, etc.
- La descripción del edificio; por ejemplo, el edificio de oficinas corporativas, el aeropuerto, la estación de ferrocarril, etc.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Deben completarse las fechas y horas de las encuestas en el lugar junto con el piso en el que se encontraban y los nombres de los archivos de datos y fotografías asociados.
- Se debe completar una lista completa de los números de serie del equipo de medición.
- El formulario debe estar firmado y fechado por quien ejecuta la prueba.
- El formulario de finalización de la encuesta debe escanearse y almacenarse con los datos del proyecto.



6. CONCLUSIONES

El campo de comunicaciones inalámbricas y en especial el de las comunicaciones Wifi, ha sido ampliamente difundidos en el segmento de las telecomunicaciones, por ello constituyen un nicho atractivo para la generación de proyectos con rentabilidad adecuada.

Si bien es cierto que la masificación de prestadores de servicios en el campo de las TIC, puede constituir un riesgo para la incursión en este campo, es fácilmente mitigable según lo analizado en el planteamiento DOFA del proyecto, el cual sugirió la incorporación de elementos innovadores como mecanismo de mitigación. Por ello, la elaboración de una guía metodológica referente a la ejecución de un Site Survey como herramienta de planificación para el despliegue o mantenimiento de redes Wlan, dentro del estándar 802.11, deberá estar enfocada en tal sentido.

Ya se detalló en los apartes de este documento, todas las recomendaciones de carácter técnico y tecnológico que deben abordarse para la constitución de esta guía, además de la metodología sugerida para su realización, constituida por 5 fases principales, las cuales buscan la mejora continua e identificación de errores durante el desarrollo del proyecto, con su consecuente reestructuración.

Si bien es cierto que los objetivos de este proyecto estaban dirigidos al diseño y definición de parámetros de instalación, análisis y conceptualización de elementos de seguridad para el desarrollo de una guía metodológica, y que esta no es desarrollada en este proyecto de investigación, el resultado es satisfactorio, ya que la construcción de este documento en sí, permitió la estructuración de una propuesta de solución que analiza las múltiples dimensiones que deben ser tenidas en cuenta durante el desarrollo de la guía. Se consideran de muy buena calidad y precisión los antecedentes y referencias técnicas incluidas en este documento, ya que abordan de manera



correcta los conceptos idealizados como necesarios en este trabajo y en muchos de ellos los sobrepasa.

Ahora bien, referente al desarrollo de la guía metodológica, es importante el avance alcanzado al contar con una metodología clara y específica para su desarrollo, además, se cuenta con recomendaciones y pasos necesarios para su correcta estructuración a nivel técnico y de relación con el cliente, resaltando la necesidad de entendimiento de las ambiciones del cliente final.

Sin embargo, no todos son victorias, ya que se identificaron grandes retos específicamente en el planteamiento de un estándar para la definición de parámetros mínimos de instalación, al depender de cada proveedor y/o necesidad específica. Ej. Algunas soluciones de VoIP requieren un mínimo de potencial de -67 dBm, otras con herramientas de codificación talvez más avanzadas tan solo requieren cerca de -50 dBm. Así pues, es necesario durante la elaboración de la plantilla de análisis es necesario identificar una estrategia que permita hacer una guía transversal frente al uso de dispositivos globales de este tipo.



7. RECOMENDACIONES

El desarrollo de este proyecto a futuro se considera viable dado que la inversión económica para el apalancamiento del proyecto es mínima, al requerir en esencia elementos de medición y análisis, más un amplio conocimiento de soluciones Wifi.

Se encuentran pocas limitantes a nivel de información técnica al tratarse de un estándar de comunicación abierto y en constante evolución, haciendo amplia la oferta de conceptos propios de estas tecnologías.

Uno de los retos identificados se centra en la elaboración de instrumentos adecuados para la atención de las dos dimensiones vinculadas en este proyecto, principalmente en lo referente al entendimiento del cliente a quien está enfocado este proceso, cuya experiencia determinará el éxito del planteamiento en sí.

La masificación de este servicio y al tratarse de un protocolo de explotación abierto, la identificación de parámetros de instalación, no deben sesgarse a potencia, alcance, seguridad y propagación, si no deben ser más amplios, incluyendo conceptos de SNR, Velocidad efectiva, Round Trip Time y demás que serán identificados en la caracterización de elementos de la plataforma de TI a ser consultada. No todas las plataformas son iguales y el objetivo de esta guía es ser agnóstica a la plataforma en sí.



REFERENCIAS

1. Acevedo, S. A. A., & Bautista, D. R. (2017). Análisis de una red en un entorno IPV6: una mirada desde las intrusiones de red y el modelo TCP/IP. REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA), 1(29).
2. Alcaraz Rodríguez, R. (2007). El emprendedor de éxito.
3. Aragón-Zavala, A. (2017). Indoor wireless communications: From theory to implementation. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>.
4. Artabe Echegaray, J., & Beltrán Púlido, J. V. (2014). Diseño e implementación de una red LAN para el Banco Nacional.
5. Fernández, N. G. (2006). Modelo de cobertura en redes inalámbricas basado en radiosidad por refinamiento progresivo. Universidad de Oviedo, Oviedo.
6. García Zaballos, A., & Iglesias Rodriguez, E. (2017). Informe anual del Índice de Desarrollo de la Banda Ancha en América Latina y el Caribe: IDBA 2016. Inter-American Development Bank.
7. Guamaní, L., & Javier, F. (2019). Diseño de una red inalámbrica bajo el estándar IEEE 802.11 n/ac para la empresa NGT SA (Bachelor's thesis, Quito, 2019.).
8. Islas, L. F. V. (2005). Coexistencia de Redes WLAN a WPAN.
9. Joskowicz, J. (2008). Redes de datos. Montevideo: Universidad de la Republica, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería
10. Lewis, B., Davis, P., Lewis, B. D., & Davis, P. T. (2004). Wireless networks for dummies. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>



11. Luques, M. (2009). Redes wireless-Tecnología MIMO-Análisis y performance del estándar de comunicaciones inalámbricas 802.11 n (Doctoral dissertation, Facultad de Informática).
12. Martín, J. D. O. (2019). Competencia y regulación en los mercados de comunicaciones electrónicas: banda ancha y despliegues de nueva generación. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española*, (3111), 19-30.
13. Ministerio de las TIC (2017), Resolución 0003436 de 2017.
14. Orozco, J., & Siles, G. (2019). Estudio radioeléctrico y problemáticas en una red Wifi con alta densidad de usuarios. *Acta Nova*, 9(1), 32-52.
15. Pau García, E. (2019). Redes Wifi, ¿Realmente se pueden proteger?
16. Pedraza, L. F., Forero, F., & Páez, I. P. (2012). Detección de espectro para radio cognitiva. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 20(2), 197-210.
17. Pérez González, D., & Dressler, M. (2007). Tecnologías de la información para la gestión del conocimiento.
18. Romero Parra, A. J. La implementación de las TIC´S en las entidades financieras desde su regulación en Colombia.
19. Ross, J. (2008). *Book of wireless: A painless guide to wi-fi and broadband wireless*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>
20. Sánchez, J. R., & Martínez, J. V. D. (2012). Las redes inalámbricas, más ventajas que desventajas.
21. Vara, N., Poletto, G. A., Cáceres, M., & Busso, A. J. (2016). Cálculo de distancia entre los nodos de una Red Inalámbrica Zigbee en función del parámetro RSSI. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 2, 8-13.



22. Zúñiga López, V. (2005). Redes de transmisión de datos.
23. Zvanovec, S., Pechac, P., & Klepal, M. (2003). Wireless LAN networks design: ¿Site Survey or propagation modeling? *Radioengineering*, 12(4), 42-49.
24. García, A., Camilo, A., Fuentes Sotelo, J. J., & Caycedo Cruz, L. F. Diseño e implementación de solución de conectividad MPLS nacional y solución Wifi centralizada.
25. Garcés Encalada, Jorge Andrés (2007). Análisis, diseño, y desarrollo de un aplicativo para site survey en redes Wi-Fi. Facultad de Ingeniería en Sistemas e Informática. ESPE. Sede Sangolquí.