



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS

**MAESTRÍA EN TELEMÁTICA,
MENCIÓN: CALIDAD EN EL SERVICIO**
(Aprobado por: RPC-SO-19-No.300-2016-CES)

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título:
INFLUENCIA DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA EN PAREDES DE CONCRETO BAJO EL ESTANDAR IEEE 802.11G
Autor:
Maryoribel Cristina Reañez Ávila
Tutor:
Ing. Javier Guaña Moya (Ph.D).

Quito – Ecuador

2019

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ing. Javier Guaña Moya, Ph.D. certifico que la Ing. Maryoribel Cristina Reañez Ávila con C. C. N° 1757195290 realizó la presente tesis con título INFLUENCIA DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA EN PAREDES DE CONCRETO BAJO EL ESTANDAR IEEE 802.11G, y que es autor intelectual de la misma, que es original, auténtica y personal.
Quito, septiembre 2019



Ce. 1918265389

CERTIFICADO DE AUTORÍA

El documento de tesis con título: **INFLUENCIA DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA EN PAREDES DE CONCRETO BAJO EL ESTANDAR IEEE 802.11G**, ha sido desarrollado por la **Ing. Maryoribel Cristina Reañez Ávila** con C. C. N.º 1757195290 que posee los derechos de autoría y responsabilidad, restringiéndose la copia o utilización de la información de esta tesis sin previa autorización.



Ing. Maryoribel Cristina Reañez Ávila

C. C. N.º 1757195290

DEDICATORÍA

Principalmente dedico este trabajo de grado a DIOS por ser mi guía y maestro. Por otra parte, doy gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes: Mamá Maribel Ávila, Abuela Mariana Faría, Hermanas Marianiré y Marián Reañez.

Maryoribel Reañez

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de grado primeramente nos gustaría agradecerlo a DIOS por bendecirnos, darnos salud y sabiduría para llegar hasta donde hemos llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

A mi Tutor Ing. Javier Guaña, por su acompañamiento durante el largo camino, brindando siempre su apoyo, orientación, experiencia y dedicación con profesionalismo ético, en la adquisición de conocimientos y afianzando nuestra formación como estudiantes universitarios.

Maryoribel Reñez

Resumen

El objetivo general de la presente investigación se basó en analizar la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto bajo el estándar IEEE 802.11g, mediante cálculos experimentales para minimizar los efectos de influencia negativa, la cual está dirigida a brindar la información actualizada y definir escenarios de prueba para medir la influencia del ángulo de incidencia de una señal sobre concreto y determinar la acción de este factor sobre el rendimiento de una red. La investigación fue de tipo explicativa con un diseño experimental con manipulación de la variable independiente. Los antecedentes en los cuales se basó la investigación fueron los trabajos de Gañán (2019), Caiza & Lara (2019), Villalba (2018), López (2018), Bustos (2018), y Bri (2015), los cuales fundamentaron el trabajo a niveles teóricos y prácticos. La investigación se basó en un diseño experimental donde se observó el rendimiento obtenido en transmisiones 802.11g variando el ángulo de incidencia de la señal sobre un obstáculo de concreto de 12 centímetros de espesor el cual varía su posición con respecto a las antenas para formar ángulos de 30°, 60° y 90°, permitiendo el estudio de la variable dependiente. Se tomaron un total de 120 muestras, donde se capturaron 30 muestras de 100 paquetes por cada ángulo, además de una captura de 30 muestras sin obstáculos para uso de control. Posteriormente se realizó un análisis descriptivo, comparación de medias, prueba de Levene, análisis del modelo general lineal univariante con pruebas post hoc DHS de Tukey, Scheffé y Gabriel mediante los cuales se pudo comprobar la hipótesis alternativa, con un nivel de significación de 0,000. Mediante un análisis de predicción matemático de potencia se determinó la ecuación de modelo con el fin de determinar el rendimiento sobre comunicaciones 802.11g obteniendo una ecuación de $Y=0,05 * (0,208x)$.

Palabras Clave: ángulo de incidencia, influencia, IEEE 802.11g, paredes de concreto

Abstract

The general objective of the present investigation was based on analyzing the influence of the angle of incidence in concrete walls under the IEEE 802.11g standard, by means of experimental calculations to minimize the effects of negative influence, which is aimed at providing updated information and defining test scenarios to measure the influence of the angle of incidence of a signal on concrete and to determine the action of this factor on the performance of a network. The investigation was of explanatory type with an experimental design with manipulation of the independent variable. The antecedents on which the investigation was based were the works of Gañán (2019), Caiza & Lara (2019), Villalba (2018), López (2018), Bustos (2018), and Bri (2015), which based the work at theoretical and practical levels. The investigation was based on an experimental design where the performance obtained in 802.11g transmissions was observed varying the angle of incidence of the signal on a concrete obstacle of 12 centimeters thick which varies its position with respect to the antennas to form angles of 30°, 60° and 90°, allowing the study of the dependent variable. A total of 120 samples were taken, where 30 samples of 100 packages per angle were captured, in addition to a capture of 30 samples without obstacles for control use. Subsequently a descriptive analysis was performed, mean comparison, Levene test, univariate general linear model analysis with post hoc DHS tests of Tukey, Scheffé and Gabriel through which the alternative hypothesis could be tested, with a significance level of 0.000. By means of a mathematical power prediction analysis the model equation was determined in order to determine the yield on 802.11g communications obtaining an equation of $Y=0.05 * (0.208x)$.

Keywords: angle of incidence, influence, IEEE 802.11g, concrete walls.

Índice General	pág
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICADO DE AUTORÍA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INDICE GENERAL	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
Introducción	1
Problema Profesional	2
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Preguntas científicas o hipótesis	6
Justificación	6
MARCO TEÓRICO QUE SUSTENTA EL PROYECTO	8
Contextualización espacio-temporal	8
Cuerpo teórico conceptual	8
1. Medios de transmisión	8
2. Topologías de redes	9
3. Redes de Transporte Inalámbricas.	9
3.1. Ventajas de las Redes Inalámbricas.	10
3.2. Desventajas de las Redes Inalámbricas.	11
4. IEEE 802 LAN/MAN	11
5. Diferencia entre IEEE 802.11 y WiFi	12
6. Enmiendas 802.11	12
6.1. 802.11b.	12
6.2. 802.11a.	12
6.3. 802.11g.	12
6.4. 802.11n.	13
6.5. 802.11ac.	13
7. Aspectos técnicos IEEE 802.11	14
8. Ondas electromagnéticas. Algunos tópicos	14
8.1. Espectro electromagnético.	15
8.2. Frentes de ondas (FO).	16
8.3. Reflexión.	17
8.4. Refracción.	17
9. Rendimiento de la Red	18
10. Paredes de concreto	19
10.1. Componentes básicos.	20
ANTECEDENTES AL CONTENIDO DEL PROYECTO	21
MARCO METODOLÓGICO	25
Enfoque / Tipo de investigación	25
Métodos y técnicas de investigación	25
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26

Metodología aplicada	29
LA PROPUESTA	30
Estructura general y descripción de sus componentes	30
Fase I. Diseño del experimento	30
Fase II. Ejecución del experimento	37
Fase III: Análisis de los datos	40
Fase IV. Evaluación de hipótesis	41
Argumentación sobre la propuesta	41
Criterios de expertos sobre la propuesta	42
Proceso de implementación de la propuesta	43
Fase I. Diseño del experimento	43
Fase II. Ejecución del experimento.	48
Fase III. Análisis de los datos	52
Fase IV. Evaluación de hipótesis	58
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL	63
ANEXOS	66

Lista de figuras	Pág.
Figura 1. Estándar IEEE 802.11 y el modelo de referencia OSI	14
Figura 2. Cargas (electrones) en una antena metálica	14
Figura 3. Espectro electromagnético	15
Figura 4. Frentes de onda	16
Figura 5. Rayos	16
Figura 6. Ley de reflexión	17
Figura 7. La refracción a) La luz cambia de dirección al entrar en un medio diferente. b) El rayo reflejado se describe con el ángulo de refracción, θ_2 , medido a partir de la normal	18
Figura 8. Volumen absoluto del cemento. Las barras 1 y 3 representan mezclas ricas con	20
Figura 9. Diseño del experimento	36
Figura 10. Red 802.11g de prueba sin obstáculos	38
Figura 11. Red 802.11g de prueba con obstáculo formando 30°	39
Figura 12. Red 802.11g de prueba con obstáculo formando 60°	39
Figura 13. Red 802.11g de prueba con obstáculo formando 90°	40
Figura 14. Muestra de montaje del experimento	47
Figura 15. Atenuación de señal para el experimento	49
Figura 16. Captura de software Wireshark	50
Figura 17. Montaje experimental con ángulo de incidencia de 30°	51
Figura 18. Montaje experimental con ángulo de incidencia de 60°	51
Figura 19. Q-Q de R	53
Figura 20. Comportamiento del rendimiento	57

Lista de tablas	Pág.
Tabla 1. Parámetros Estándar 802.11	13
Tabla 2. Clasificación de las ondas electromagnéticas.	15
Tabla 3. Parámetros para evaluar el rendimiento.	19
Tabla 4. Ficha de observación para el experimento	27
Tabla 5. Requerimientos de infraestructura	30
Tabla 6. Base de datos control de hardware	31
Tabla 7. Base de datos para control de selección de sistemas operativos.	32
Tabla 8. Base de datos para la selección de software analizador de protocolo.	32
Tabla 9. Tabla de factor ángulo de incidencia	34
Tabla 10. Diseño de red.	35
Tabla 11. Configuración de TFGEN	35
Tabla 12. Pruebas de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: R	41
Tabla 13. Resultados Base de datos control de hardware	44
Tabla 14. Resultados de base de datos para control de selección de sistemas operativos	45
Tabla 15. Resultado de base de datos para control de selección de software analizador de protocolo	46
Tabla 16. Tabla de factor ángulo de incidencia	48
Tabla 17. Cantidad de mediciones resultantes	52
Tabla 18. Prueba de Normalidad	52
Tabla 19. Levene variable independiente: R	54
Tabla 20. Pruebas de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: R	54
Tabla 21. Prueba Post Hoc de Games Howell	56
Tabla 22. Resumen del modelo y estimaciones de los parámetros	56
Tabla 23. Resumen del modelo de Potencia	57

INTRODUCCIÓN

Las redes inalámbricas se encuentran actualmente en cualquier sitio del mundo debido al gran despliegue de equipos como laptops, celulares inteligentes, tablets, entre otros; esto trae un nuevo desafío ya que el diseño de las redes debe estar realizado para facilitar las comunicaciones de estos dispositivos a través de medios no guiados. La tecnología inalámbrica trabaja con una variada gama de frecuencias con las ventajas y desventajas que esto conlleva, el protocolo 802.11g trabaja en el rango de los 2,4GHz, frecuencia que presenta ventaja como las velocidades que puede alcanzar, pero a su vez presenta ciertas desventajas como problemas a la hora de atravesar los obstáculos con alta densidad.

Desconocer cómo afectan los obstáculos las señales 802.11g puede provocar que se realicen diseños errados a la hora de poner en marcha una infraestructura de red, es por esto que se hace necesario saber cómo afectará los obstáculos a las redes existentes en la actualidad y cómo influirá ambos aspectos en el desempeño o rendimiento de las transmisiones inalámbricas.

El objetivo de esta investigación es analizar cuál es la influencia del ángulo de incidencia de una señal en paredes de concreto bajo el estándar IEEE 802.11g, mediante cálculos experimentales para minimizar los efectos de influencia negativa, la cual está dirigida a brindar la información actualizada sobre el importe campo de las redes inalámbricas de esta forma explicar las características del concreto y su acción sobre las transmisiones inalámbricas así como también establecer y definir escenarios de prueba para medir la influencia del ángulo de incidencia de una señal sobre concreto y determinar la acción de este factor sobre el rendimiento de una red.

A pesar de las revisiones y mejoras que se le han hecho al estándar 802.11g, se debe destacar que no escapa del ruido que afecta a todas las telecomunicaciones. Dentro de los fenómenos que principalmente afectan a este estándar se tiene la reflexión, refracción, difracción, dispersión, que de una u otra forma tienen acciones negativas sobre las ondas electromagnéticas.

La investigación se encuentra estructurada en 4 secciones o apartados. El apartado número uno llamado “Problema profesional” contiene los aspectos referentes a la situación actual de

la problemática que envuelve el estudio, los objetivos, las preguntas científicas o hipótesis, así como la justificación.

En el segundo apartado titulado Marco Teórico se presentan la contextualización espacio-temporal, el Cuerpo teórico conceptual y los antecedentes de la investigación. Principalmente en este capítulo se presentan las bases para el diseño y análisis del experimento a realizar. El tercer apartado corresponde al marco metodológico, en el cual se aspectos como el enfoque y tipo de investigación, métodos y técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como las fases empleadas para el desarrollo de la investigación. En líneas generales el apartado tres corresponde a las bases metodológicas de la investigación.

El cuarto apartado titulado La Propuesta, se desarrolla de forma detallada la estructura general y la descripción de sus componentes, donde se desarrollan las cuatro fases antes mencionadas y el proceso de toma de datos y resultados obtenidos a través del experimento, en este apartado se realizan los análisis estadísticos que coadyuvaran a determinar la influencia del “ángulo incidente” en el rendimiento sobre las paredes de concreto en el rendimiento de redes 802.11g., para finalizar se exponen las conclusiones del trabajo y las recomendaciones destinadas a mejorar los logros obtenidos.

PROBLEMA PROFESIONAL

El auge que han tenido las redes inalámbricas ha originado que su presencia esté en cualquier parte del mundo, se pueden encontrar ubicadas en empresas, centros comerciales, hospitales, escuelas, universidades, entre otros. Estas prometen múltiples beneficios, además facilidad de implementación, permitiendo ahorros en costos que todo esto conlleva.

La expansión de este tipo de redes comenzó debido al desarrollo en el mercado de laptops y PDAs principalmente, pero con el transcurrir de los años surgieron diversas tecnologías que utilizan las señales inalámbricas para su comunicación o parte de ella. Estos equipos portátiles permiten cierta movilidad de los usuarios a través de toda la infraestructura empresarial donde se encuentran, sin perder la posibilidad de tener acceso a equipos de la red cableada y a los recursos pertenecientes a ésta.

Con el nacimiento de las redes inalámbricas se crearon una serie de protocolos conocidos como IEEE 802.11, entre los que se encuentran los estándares 802.11 a, 802.11b, 802.11n o

el más utilizado en la actualidad, el 802.11g, creado en 2003. El protocolo 802.11g brinda algunas características similares a las de su predecesor el 802.11b, como que los dos trabajan en la frecuencia 2.4GHz e incluso ambos utilizan el mismo número de canales, con anchos de 20 MHz o 22 MHz, puede utilizar para la capa de transmisión la “802.11b”, además para el ensanche de espectro la secuencia directa, y como valor agregado el empleo de la técnica de multiplexado por división de frecuencias ortogonales (OFDM).

El estándar 802.11b y el 802.11g son compatibles, pudiendo conectarse entre ellos. Cabe destacar que la transmisión podrá tener una velocidad de 54 Mbps como máximo, la que puede modificar en función a la modulación digital que se maneje. Sin embargo, se diferencia de este ya que usa un esquema de modulación de la señal distinto y ofrece tasas de transmisión de datos superiores con comunicaciones más robustas.

La señal de una red 802.11g, si bien puede atravesar obstáculos sólidos, una parte de dicha señal se pierde o se deforma en su trayectoria, tal como lo hace toda onda electromagnética. El ángulo de incidencia es el punto de reflexión de la señal sobre alguna superficie plana en comparación con una línea guía que debe seguir una onda normal. La forma en la que se refleja la señal puede afectar diversos factores de gran importancia dentro de una red inalámbrica.

El rendimiento de una red es uno de los factores que se ven afectados por la acción de las señales de radiofrecuencia sobre diversos obstáculos e incluso en espacios abiertos. Cuando se habla de rendimiento, se dice que es una medida concreta para determinar si una red de datos en general está funcionando correctamente y si las comunicaciones se están llevando a cabo como expresan los estándares.

Diversos factores afectan el rendimiento de una red como: la velocidad de transmisión de datos, integridad de los paquetes, tiempo de respuesta de los nodos, la cantidad de paquetes que se pierden dentro de una red, entre otros. En las redes inalámbricas se suman también los factores que afecten las señales de radio, como los obstáculos, las superficies de diferentes densidades, diferentes superficies, interferencias provenientes de otras señales de radio o la naturaleza de la misma onda que se encuentra atravesando el medio. Tanto los aspectos a nivel de capa de red como los pertenecientes a la capa física deben ser tomados en cuenta a la hora de implementar una red inalámbrica.

Se necesita saber cuáles son los efectos que tienen los cuerpos sólidos y las diferentes superficies que afectan las señales u ondas de radio, además de un conocimiento sobre los elementos de una onda de radio como la amplitud, frecuencia, modulación, señal portadora y potencia. Entre los sólidos comunes y que está en la mayoría de las edificaciones y construcciones está el concreto, el cual es un material con una alta densidad, principalmente se compone por piedra, arena, cemento, agua, elementos que por separados pueden desviar señales microondas o en algunos casos absorber parte de su potencia. Se hace importante conocer cómo afecta el concreto a señales 802.11g, además de conocer la influencia que tendrá el mismo en el rendimiento de las redes.

No sólo el obstáculo puede interferir en el rendimiento de una señal, a su vez esta se ve afectada por otros factores, entre estos el ángulo de incidencia que tendrá la señal al entrar en contacto con la pared de concreto con relación a una línea guía conocida como normal, esto representa una variante a tener en cuenta ya que no se puede demostrar de formas teóricas como afecta este ángulo a transmisiones de radio ni cómo afectarán los fenómenos que alteran las propiedades físicas del medio.

Las señales de radio al incidir sobre ciertos materiales se debilitan por acción de fenómenos físicos de las ondas como la absorción, la refracción, la reflexión, o la dispersión de las radiofrecuencias, lo cual representa una incógnita a tener en cuenta durante la fase de diseño de una red, ya que se desconoce teóricamente la magnitud de su acción sobre las transmisiones. El concreto al ser un material denso provoca atenuaciones considerables en las redes WiFi lo que deriva en que se busque la optimización de las transmisiones de las señales modificando patrones externos a las transmisiones como es el ángulo en que incidirá la señal al obstáculo.

Es importante resaltar que las señales no guiadas se pueden propagar, distorsionar o atenuarse durante su trayectoria, esto puede ser por la degradación de la señal debido a las distancias, pero también pueden ser ocasionadas por los fenómenos de degradación antes mencionados, como superficies reflectoras u obstáculos en la línea de vista.

Debido a las posibles fallas que producen los fenómenos de absorción, refracción o reflexión sobre las señales de comunicación, nace el afán del ser humano en buscar la relación

causa efecto, surgiendo una interrogante en el estándar 802.11g por ser uno de los más utilizados a nivel mundial. Con relación a la problemática presentada, la presente investigación busca hacer un análisis sobre cuanto influye el ángulo de incidencia de una señal en las paredes de concreto, usando el estándar IEEE 802.11g, además se busca evaluar alternativas técnicas que minimicen los efectos de influencia negativa sobre el estándar IEEE 802.11g.

A partir de los fundamentos o aspectos generales de la investigación antes mencionados, se plantea la siguiente interrogante como punto central de la investigación: ¿Cómo es la influencia del ángulo de incidencia en paredes de cemento bajo el estándar IEEE 802.11g?

OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia del ángulo de incidencia en paredes de cemento bajo el estándar IEEE 802.11g, mediante cálculos experimentales para minimizar los efectos de influencia negativa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la eficiencia del funcionamiento de una red inalámbrica en función del ángulo de incidencia en paredes de concreto según el estándar.
- Establecer la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto.
- Modelar la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto para el rendimiento de las comunicaciones IEEE 802.11g.
- Evaluar alternativas técnicas que minimicen los efectos de influencia negativa sobre el estándar IEEE 802.11g.

PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

- ¿Cómo es la eficiencia del funcionamiento de una red inalámbrica en función del ángulo de incidencia en paredes de concreto según del estándar?
- ¿Cuál es la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto?
- ¿Cómo modelar la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto para el rendimiento de las comunicaciones IEEE 802.11g?
- ¿Cuáles alternativas técnicas minimizan los efectos de influencia negativa sobre el estándar IEEE 802.11g?

Hipótesis

Hipótesis alternativa (H1)

El ángulo de incidencia en paredes de concreto afecta el rendimiento de las comunicaciones bajo el estándar IEEE 802.11g.

Hipótesis nula (H0)

El ángulo de incidencia en paredes de concreto no afecta el rendimiento de las comunicaciones bajo el estándar IEEE 802.11g.

JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista teórico, se tiene la oportunidad de analizar las teorías más actuales en el campo de las transmisiones inalámbricas, de las comunicaciones por radio, además se encuentra el desarrollo de fórmulas necesarias para modelar el ángulo de incidencia de una señal inalámbrica para lograr de esta manera mejorar el rendimiento de las redes. El presente estudio brinda a su vez la oportunidad de verificar las ecuaciones de rendimiento y establecer relación con el ángulo de incidencia. Se definen los alcances, limitaciones o el estado de las comunicaciones inalámbricas actuales, ampliando los conocimientos sobre las mismas y sirviendo como antecedentes para futuras investigaciones.

Con respecto a su alcance práctico, existen tipos de información que son más sensibles que otras al rendimiento dentro de una red, al modelar la influencia del ángulo de incidencia que produce una señal al atravesar un obstáculo físico, en el presente caso una pared de

concreto, se lograría determinar de qué manera se ven afectados aspectos como velocidad de transmisión y tiempos de respuesta de una red inalámbricas.

El desarrollo del modelo del ángulo de influencia permitirá mejorar las técnicas de transmisión 802.11g conocidas hasta la actualidad, debido a que permitirá conocer la forma más efectiva de distribuir los equipos dentro de una infraestructura de red inalámbrica y a su vez incrementar la efectividad de administración de redes inalámbricas en construcciones de concreto.

Desde el punto de vista metodológico, se encaminan los objetivos a través de métodos que permitan ordenadamente evaluar, además de documentar todas las experiencias conjuntamente con los resultados que se obtengan a través de la presente investigación, estos datos servirán para determinar metodologías a seguir tanto para investigaciones y experimentos futuros como para la investigación actual.

MARCO TEÓRICO QUE SUSTENTA EL PROYECTO

Contextualización espacio-temporal

En el ámbito espacial, la presente investigación se desarrollará en la ciudad de Quito, Ecuador. En lo referido a la delimitación temporal, la misma se desarrollará en el lapso de tiempo comprendido desde enero de 2019 hasta julio de 2019. Teóricamente se sustenta en la teoría de los medios de transmisión no guiados o inalámbricos, donde los datos marchan como ondas electromagnéticas por el aire y desde el punto de vista práctico se trabaja con la familia de estándares IEEE 802, específicamente con el estándar IEEE 802.11g.

Cuerpo teórico conceptual.

1. Medios de transmisión

Son el elemento por donde viajan los datos, por tanto es fundamental conocerlos en todos sus aspectos, en ese sentido, existen dos tipos, los medios guiados y los no guiados (Santos, 2014).

En el primero los datos son acarreados a través de un material que acanala la señal transportada. Cuando se conecta dos dispositivos mediante un cable, la señal viaja confinada en un cable, las señales pueden ser ópticas o eléctricas. Para la primera se utiliza la fibra óptica, mientras que para la segunda se utiliza el cobre.

En los segundos el medio de transmisión es el aire, en este caso, los datos se propagan sin estar sujetos a ningún canal que confine a la señal. También reciben el nombre de medios inalámbricos. Son muy utilizados actualmente en las telecomunicaciones, ya que los principales servicios ofrecidos, como la televisión, radio o telefonía móvil los usan. Este tipo de medios de transmisión son los analizados en la presente investigación, en el sentido de que se determina la eficiencia del funcionamiento de una red inalámbrica en función del ángulo de incidencia en paredes de concreto según del estándar IEEE 802.11g.

2. Topologías de redes

(Méndez, 2018), define en su trabajo siete distintas formas en que se conectan los nodos de una red entre si y dependiendo de las necesidades o de los requerimientos de algunos equipos, han llevado a conectar de distintas maneras los nodos. A continuación, se describen las siguientes topologías de red que son:

- a) Bus: En este tipo de topología solo existe un canal de comunicación que comparten todos los dispositivos conectados a esta red, es de fácil instalación, tiene un límite de equipos para conectar, también la longitud del cable es una desventaja en este tipo de conexión.
- b) Estrella: Este tipo de conexión de red se caracteriza porque todos los equipos estén conectados a un punto central, lo cual hará que toda la comunicación pase por este punto centro. Esta topología se la usa bastante en la mayoría de redes que tienen a un enrutador, tiene un medio para solucionar problemas, una gran desventaja es que si el nodo central falla toda la red colapsa.
- c) Anillo: Esta topología está conectada una a una, es decir que la primera se conecta con la última y así cierran la red la cual forma un anillo. Todos los nodos tienen un receptor y un transmisor que cumple la función de repetidor en el equipo.
- d) Árbol: Esta red tiene una estructura jerárquica, lo cual si un nodo falla produce que un grupo de terminales se queden fuera de línea; se la usa generalmente en centrales telefónicas.
- e) Malla: Los nodos se conectas entre sí con algunas conexiones a otros equipos, este tipo de red es muy cara cablearla, pero soporta muchos fallos.

3. Redes de Transporte Inalámbricas

Las Redes de Transporte Inalámbricas resuelven principalmente la necesidad de conectividad punto a punto para extender redes de datos, control, automatización, voz y video con una alta calidad a largas distancias y con un elevado ancho de banda (Tóala, Mero, & Ortiz, 2018). Estas redes pueden otorgar conectividad permanente a zonas alejadas o de difícil acceso, proporcionando un sinnfín de soluciones. Además, proporcionan una reducción de costos relativos a cableado y al consumo energético (Salazar, s/f)

3.1. Ventajas de las Redes Inalámbricas

Según (Domínguez, 2014), las redes inalámbricas poseen una serie de ventajas, entre las cuales se pueden destacar:

“Movilidad: Permiten el desplazamiento a los usuarios de una LAN acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar.

Fácil Manejo e instalación: Puede ser tan rápida y fácil y además que puede eliminar la posibilidad de tirar cable a través de paredes, pisos y techos.

Flexibilidad: Permite a la red ir donde la alámbrica no puede ir.

Costo de propiedad reducido: Mientras que la inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en hardware de una LAN alámbrica, la inversión de toda la instalación puede ser significativamente inferior. Los beneficios y costos a largo plazo son superiores en ambientes dinámicos que requieren acciones y movimientos frecuentes.

Escalabilidad: Los sistemas pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas.

Comodidad: Cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un espacio.

Compatibilidad entre dispositivos: Los dispositivos al ser estandarizados por la IEEE lo cual permite la implementación en cualquier parte del mundo, teniendo una compatibilidad absoluta.

No existen cables físicos: por lo tanto, no hay cables que se enreden, que entorpezcan el tránsito o que molesten estéticamente.

Permiten gran alcance: Permite la posibilidad de conectar nodos a grandes distancias de la base transmisora sin cableado, en el caso de las redes inalámbricas corporativas.

Comunicación en áreas geográficas de difícil acceso: Permite crear una red en áreas complicadas donde, por ejemplo, resulta dificultoso o muy cara conectar cables.” (p.98)

3.2. Desventajas de las Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas presentan los problemas intrínsecos de cualquiera tecnología inalámbrica. Algunos de los problemas que generan desventaja son velocidad, interferencia, seguridad, menor ancho de banda, factores ambientales y poca estabilidad, a continuación, se describen cada uno de ellos:

- **Velocidad:** Presentan una menor velocidad en comparación a una conexión cableada, debido a pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- **Interferencia:** Debido al rango de frecuencia en el que trabajan en el rango inalámbrico, están muy propensas a las interferencias de señales.
- **Seguridad:** Debido a la forma en que fueron creadas presenta mayor vulnerabilidad en relación a los medios cableados ya que existen algunos programas capaces de capturar paquetes, de forma que puedan calcular la contraseña de la red y de esta forma acceder a ella.
- **Menor ancho de banda:** En comparación con las cableadas, la velocidad alcanzada por las redes cableadas es mayor.
- **Factores ambientales:** La potencia de transmisión se verá afectada por los agentes físicos, tales como: árboles, paredes, arroyos, una montaña, entre otros.
- **Poco Estables:** Son un poco más inestables que las redes cableadas, pueden verse afectada por otras ondas electromagnéticas o aparatos electrónicos cercanos.

4. IEEE 802 LAN/MAN

(López, 2018) expresa en su trabajo que IEEE 802 es un estándar para redes locales y metropolitanas (LAN y MAN) respectivamente, estas se limitan al transporte de paquetes de tamaño variable, dentro de esa gama de estándares está el IEEE802.11 referido a LAN inalámbricas. (Bustos, 2018).

5. Diferencia entre IEEE 802.11 y WiFi

Wi-Fi es una “marca” licenciada para los productos que cumplen los requerimientos para la interoperabilidad basados en el estándar IEEE 802.11, es decir que Wi-Fi esta es una aplicación más dentro de una gama de aplicaciones que se pueden implementar utilizando el estándar IEEE802.11. El estándar como tal determina las características de operación que tendrá la tecnología inalámbrica para operar con la finalidad de crear una compatibilidad entre dispositivos del mismo tipo (López, 2018) y (Bustos, 2018).

6. Enmiendas 802.11

Las enmiendas contemplan principalmente las técnicas de modulación, gama de frecuencia y la calidad del servicio (QoS). Como todos los estándares 802 del IEEE, el IEEE 802.11 cubre las primeras dos capas del modelo de OSI (Open Systems Interconnection), es decir la capa física (L1) y la capa de enlace (L2).

6.1. 802.11b

El estándar IEEE 802.11b admite dos velocidades adicionales, 5.5 Mbps y 11 Mbps, y una banda de 2,4 GHz. Se hace la transmisión mediante la DSSS para proporcionar velocidades más elevadas. Solo con condiciones ideales se logra la velocidad de 11Mbps. También los hornos de microondas, teléfonos inalámbricos, monitores de bebés, cámaras de vídeo inalámbricas y los dispositivos Bluetoothn, usan la frecuencia del estándar 802.11b.

6.2. 802.11a

El estándar IEEE 802.11a opera hasta 54 Mbps y una banda de 5 GHz. usa OFDM, esto permite una transmisión por subportadoras en paralelo, esto ofrece resistencia a las interferencias, es óptimo para aplicaciones de vídeo y conferencia.

6.3. 802.11g

Este estándar trabaja hasta 54 Mbps, a 2,4 GHz y OFDM. 802.11g es compatible con 802.11b, y puede operar a las velocidades de la 802.11b y utilizar DSSS. Se pueden conectarse a un punto de acceso inalámbrico 802.11b, y viceversa. La 802.11g por tanto,

suministra un camino de migración de las redes 802.11b a otra compatible en frecuencia, y de mayor velocidad de transmisión.

6.4. 802.11n

El estándar IEEE 802.11n mejorara hasta 250 m la distancia y la velocidad de transmisión de la 802.11a y 802.11g. utiliza múltiples señales inalámbricas y antenas en el transmisor y el receptor. El estándar puede funcionar en las bandas de frecuencia de 2,4 GHz o 5 GHz.

6.5. 802.11ac

El estándar 802.11ac, una actualización de 802.11n, la tabla 1 resume las frecuencias y velocidad con relación al estándar empleado.

Tabla 1.
Parámetros Estándar 802.11

Estándar	Banda de frecuencia	Máxima velocidad de transmisión
IEEE 802.11	2.4 / 5 GHz	1 Mbps
IEEE 802.11 ^a	5 GHz	48 Mbps
IEEE 802.11b	2.4 / 5 GHz	11 Mbps
IEEE 802.11g	2.4 / 5 GHz	54 Mbps
IEEE 802.11n	2.4 / 5 GHz	600 Mbps
IEEE 802.11ac	5 GHz	1.3 Gbps

Fuente: (López, 2018, pág. 28)

7. Aspectos técnicos IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 es un conjunto especificaciones para el control de acceso al medio (MAC) y de la capa física (PHY) en redes inalámbricas a frecuencias de 2,4 GHz, 5 GHz, y 60 GHz. Este estándar concreta las descripciones para la capa física y la capa de control de acceso, que se comunica por encima con la capa de control de enlace lógico. La

figura 1 muestra la aplicación del estándar IEEE802.11 en las capas 1 y 2 del modelo de referencia OSI.

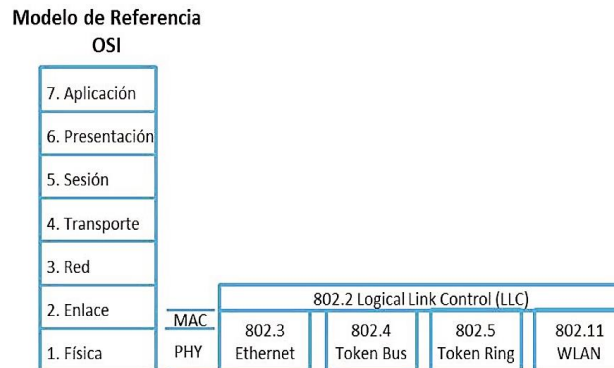


Figura 1. Estándar IEEE 802.11 y el modelo de referencia OSI
Fuente: (López, 2018, pág. 29)

8. Ondas electromagnéticas. Algunos tópicos

Estas se producen, esencialmente, al acelerar cargas eléctricas. La figura 2 muestra las cargas moviéndose mediante una fuente oscilante en una antena metálica. Conforme la polaridad de la antena y la dirección de la corriente cambian periódicamente, los campos eléctrico y magnético alternos se propagan alejándose. Las ondas electromagnéticas son ondas transversales, pues los campos son perpendiculares a la dirección de la propagación de la onda. En el vacío, todas las ondas electromagnéticas, viajan con la misma rapidez, $c = 3.00 \times 10^8$ m/s (Wilson, Bufa, & Lou, 2007). Toda onda electromagnética (OE) puede realizar un trabajo, debido a que porta energía, es decir puede ejercer una fuerza sobre el material con el que choque.

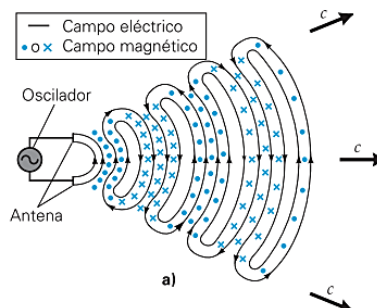


Figura 2. Cargas (electrones) en una antena metálica
Fuente: (Wilson, Bufa, & Lou, 2007, pág. 673)

8.1. Espectro electromagnético

(Tippens, 2007), expresa en su obra que actualmente, se sabe que el intervalo de frecuencias del espectro electromagnético es enorme. A su vez (Wilson, Bufa, & Lou, 2007), expresan que las ondas electromagnéticas se clasifican en regiones en un espectro de frecuencias o longitudes de onda. Cuanto mayor sea la frecuencia, menor será la longitud de onda, y viceversa. El espectro electromagnético es continuo, es por eso que hay límites en diversas regiones, tal como se muestra en la figura 3. La tabla 2 indica las regiones de frecuencia y longitud de onda, lo cual constituye una clasificación de estas.

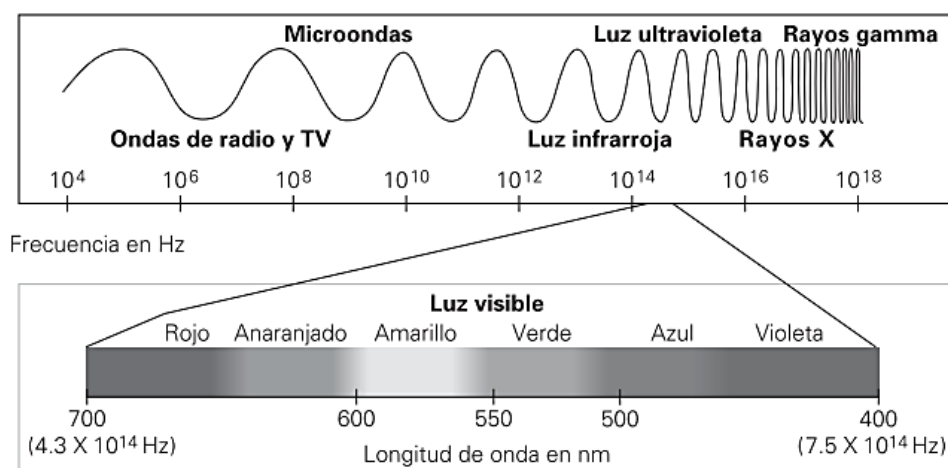


Figura 3. Espectro electromagnético
Fuente: (Wilson, Bufa, & Lou, 2007, pág. 676)

Tabla 2.
Clasificación de las ondas electromagnéticas.

Tipo de onda	Intervalo aproximado de frecuencias (Hz)	Intervalo aproximado de longitudes de onda (m)	Algunas fuentes comunes
Ondas de potencia	60	5.0×10^6	Corrientes eléctricas
Ondas de radio AM	$(0.53 \times 10^6) - (1.7 \times 10^6)$	570-186	Circuitos eléctricos/antenas
Ondas de radio FM	$(88 \times 10^6) - (108 \times 10^6)$	3.4-2.8	Circuitos eléctricos/antenas
TV	$(54 \times 10^6) - (890 \times 10^6)$	5.6-0.34	Circuitos eléctricos/antenas
Microondas	$10^9 - 10^{11}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	Tubos de vacío especiales
Radiación infrarroja	$10^{11} - 10^{14}$	$10^{-3} - 10^{-7}$	Cuerpos tibios y calientes, estrellas
Luz visible	$(4.0 \times 10^{14}) - (7.0 \times 10^{14})$	10^{-7}	El Sol y otras estrellas; lámparas
Radiación ultravioleta	$10^{14} - 10^{17}$	$10^{-7} - 10^{-10}$	Cuerpos muy calientes, estrellas y lámparas especiales
Rayos X	$10^{17} - 10^{19}$	$10^{-10} - 10^{-12}$	Choques de electrones a alta rapidez y procesos atómicos
Rayos gamma	Por arriba de 10^{19}	Por debajo de 10^{-12}	Reacciones nucleares y procesos de decaimiento nuclear

Fuente: (Wilson, Bufa, & Lou, 2007, pág. 676)

8.2. Frentes de onda (FO)

Las OE, se describen en relación a los frentes de onda, es decir, la línea o superficie definida por las partes adyacentes que están en fase (figura 4). Si se dibuja un arco que pase por una de las cimas de una onda circular en el agua, que se aleja de una fuente puntual, todas las partículas del arco estarán en fase.

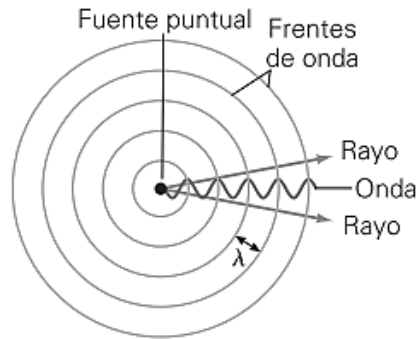


Figura 4. Frentes de onda
Fuente: (Wilson, Bufa, & Lou, 2007, pág. 706)

Para una onda esférica de tres dimensiones, como la luz o el sonido, el frente de onda es una superficie esférica, no un círculo. Una onda plana transita en una dirección perpendicular a sus frentes de onda. Un haz de luz se puede representar como un conjunto de rayos paralelos, o con un solo rayo, ver figura 5.

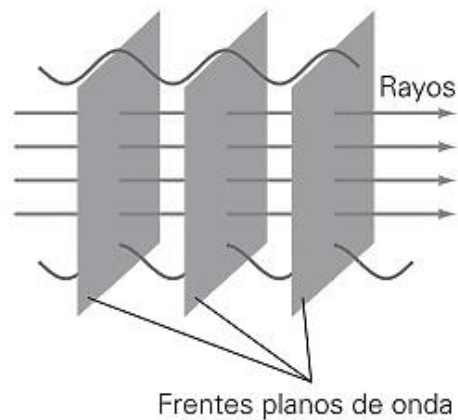


Figura 5. Rayos
Fuente: (Wilson, Bufa, & Lou, 2007, pág. 706)

En un medio uniforme, los FO se propagan alejándose de la fuente, con una rapidez que es característica del medio. La descripción geométrica de una onda en términos de frentes de

onda tiende a ignorar el hecho de que en realidad la onda está oscilando. El empleo de representaciones geométricas de frentes de onda y rayos para explicar fenómenos como la reflexión y la refracción de la luz se llama óptica geométrica. Sin embargo, hay algunos otros fenómenos, como la interferencia de la luz, que no se pueden analizar de esta forma, pues sólo se explican en términos de las características ondulatorias reales.

8.3. Reflexión

Es un fenómeno óptico que implica la absorción y la reemisión de la luz por medio de oscilaciones electromagnéticas complejas en los átomos del medio reflectante. Si la superficie reflectante es lisa, y la onda incidente paralelo, los rayos reflejados, también son paralelos. Sin embargo, si la superficie es irregular, los rayos reflejados no son paralelos. Por otra parte, existe la ley de la reflexión, donde el ángulo de incidencia (θ_i) es igual al ángulo de reflexión (θ_r), los ángulos se miden en un mismo plano, sobre una línea imaginaria perpendicular a la superficie reflejante (figura 6).

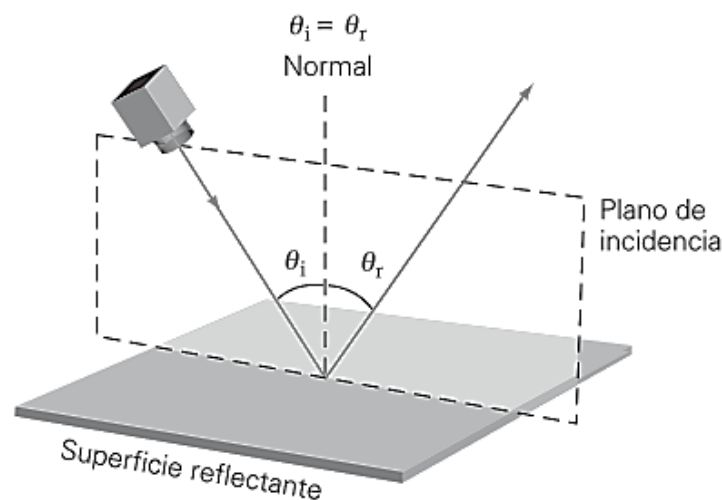


Figura 6. Ley de reflexión
Fuente: (Wilson, Bufa, & Lou, 2007, pág. 706)

8.4. Refracción

Es el cambio de dirección que se observa cuando una onda atraviesa un medio transparente a otro. Es decir, parte de la energía de la onda se refleja y otra parte se transmite. Cabe destacar que esta refracción se debe a que la luz viaja a diferentes velocidades según el medio.

Por ejemplo, la rapidez de la luz en el agua es aproximadamente el 75% de la que tiene en el aire o en el vacío. La figura 7, muestra la refracción de la luz en un ambiente aire agua.

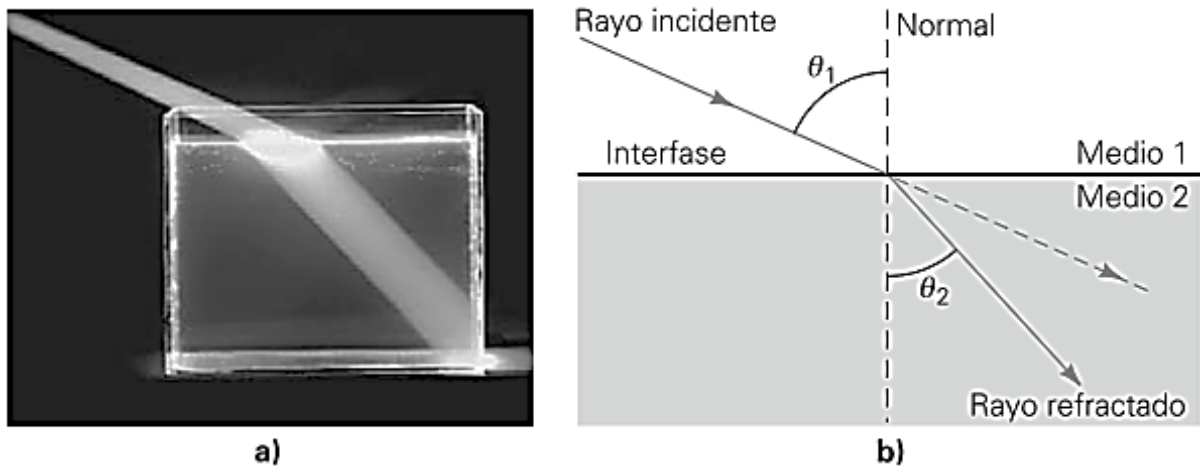


Figura 7. La refracción a) La luz cambia de dirección al entrar en un medio diferente. b) El rayo reflejado se describe con el ángulo de refracción, θ_2 , medido a partir de la normal
Fuente: (Wilson, Bufa, & Lou, 2007, pág. 710)

9. Rendimiento de la Red

(Bri, 2015), opina que comúnmente, se valora el rendimiento de las redes mediante de cuantificaciones de capa física, como el retardo de propagación, la relación señal a interferencia la relación señal a ruido o la fuerza de la señal recibida.

Sin embargo, existen pequeñas variaciones a nivel de capa física, que podría hacer cometer errores en una trama o paquete, sin ser detectados, estos errores están relacionados con la calidad que percibe el usuario final de la red. A continuación, se detallan los parámetros que se deben tomar en cuenta para evaluar el rendimiento (tabla 3):

Tabla 3
Parámetros para evaluar el rendimiento

Tráfico de red: se puede definir como la cantidad de información o datos enviados y recibidos por todos aquellos equipos de una red computadoras. (Duarte & Paredes, 2016).

Ancho de banda: es la medida de datos y recursos de comunicación disponible o consumida.

Internet: es una red de redes que permite la interconexión descentralizada de computadoras a través de un conjunto de protocolos denominados TCP/IP (Arias & Lázaro, 2018)

Throughput: es definido como la velocidad real de transporte de datos a través de una red de comunicaciones, el cual normalmente se mide en Mbps y siempre será inferior al ancho de banda o bandwidth. (Salazar, 2014)

QoS: (Calidad de servicio), se define como el conjunto de tecnologías que garantiza la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo determinado a uno o varios dispositivos.(Arias & Lázaro, 2018).

Capacidad de canal: es la máxima cantidad de datos transmitidos por unidad de tiempo. (Duarte & Paredes, 2016).

Jitter: se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. (López J. , 2017).

Pérdida de paquetes: significa que uno o más trozos de información no han llegado a su destino de la forma esperada (Pandora FMS team, 2017).

Latencia: se refiere al tiempo es necesario para cargar una página web, este disminuye en la medida que se aumenta la velocidad de acceso a Internet. (Fariza, 2016).

Intensidad de señal: es conocido como nivel de potencia, se mide en dBm es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio mW. La utilización de dBs es más simple al momento de comparar y calcular niveles de señal y relaciones de potencia. (García, 2018).

CCQ: son las siglas en inglés de calidad de conexión del cliente, es un valor en porcentaje que muestra la eficacia del uso del ancho de banda, se utiliza en relación con el ancho de banda teórico máximo disponible. (Kilamo, 2011).

Seguridad: todas las redes, ya sean cableadas o inalámbricas como es el caso de las que utilizan el estándar 802.11, poseen cierto grado de inseguridad, en el último caso la información está más insegura que en una red cableada porque las ondas de radio son más susceptibles de ser interceptadas que un cable. (Arias & Lázaro, 2018).

10. Paredes de concreto

El concreto es un material compuesto formado por partículas de material granular grueso (agregados minerales o rellenos) embebidos en una matriz dura de material (cemento o ligante) que llena los espacios vacíos entre las partículas y burbujas manteniéndolas juntas.

Forma una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua (Polanco, s/f).

10.1. Componentes mínimos del concreto

Los adheridos de cemento normalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Las partículas de los finos pueden llegar a hasta 10 mm; mientras que los segundos pueden variar hasta 152 mm. Comúnmente el agregado oscila entre 19 mm hasta 25 mm.

El compuesto formado por cemento Portland, agua y aire (atrapado o aire incluido intencionalmente), constituye del 25% al 40% del volumen total de la mezcla, el volumen absoluto del cemento está comprendido usualmente entre el 7% y el 15% y el agua entre el 14% y el 21%, (Figura 8). El contenido de aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

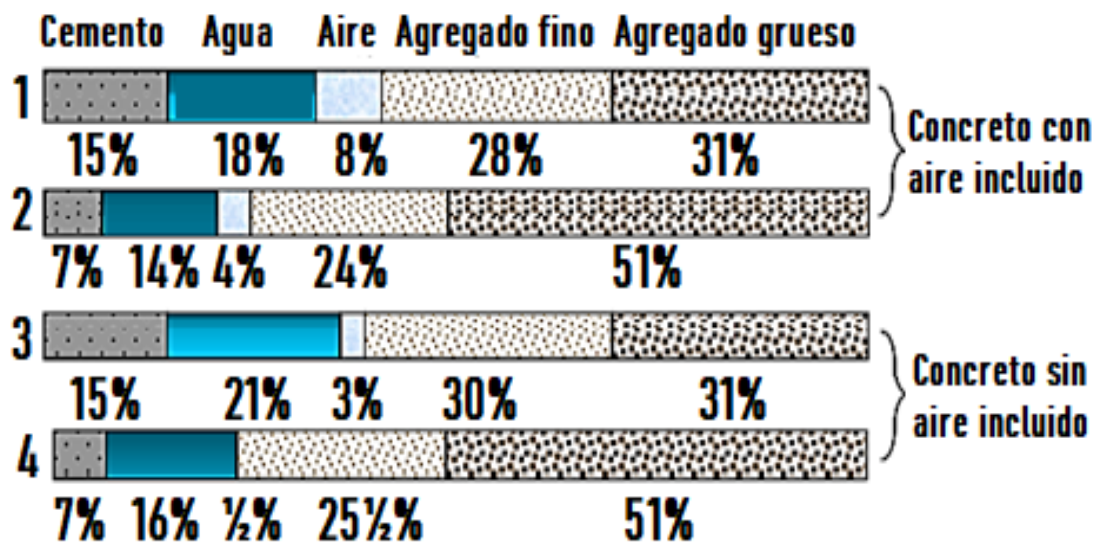


Figura 8. Volumen absoluto del cemento. Las barras 1 y 3 representan mezclas ricas con agregados pequeños. Las barras 2 y 4 representan mezclas pobres con agregados grandes. Fuente: (Polanco, s/f)

ANTECEDENTES AL CONTENIDO DEL PROYECTO

(Gañán, 2019), presenta un trabajo titulado: “Caracterización experimental del rendimiento del estándar 802.11n en un entorno doméstico”, para optar al Título de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación en la Universidad de Cantabria. Tuvo como objetivo principal comprobar la calidad de estas conexiones Wi-Fi del estándar 802.11n en un entorno doméstico.

Para ello, utilizó el programa “nttcp”, realizó una serie de medidas y usando un flujo de tráfico UDP se pudo comprobar el número de paquetes perdidos, la velocidad media de transmisión y el tiempo total. A su vez, se capturó ese flujo con el software “Wireshark” y se visualizaron todos los datos significativos como los que ofrece el “*beacon*” de la red Wi-Fi donde se efectuaron las medidas.

Como conclusiones se destaca que se comprueba que a pesar del empeoramiento de los escenarios generalmente por la tarde, la pérdida de paquetes es prácticamente mínima. Los aportes de este trabajo a la presente investigación son de índole teórico y metodológico, los cuales ofrecen una base de importancia para su desarrollo, ya que ofrece ciertos experimentos que se pueden reproducir en las condiciones propias de esta investigación.

Otra investigación a considerar como antecedente es la de (Caiza & Lara, 2019), titulada: “Evaluación del desempeño de la tecnología wifi en concordancia con los estándares IEEE 802.11 b/g/n en el interior de una cámara anecoica para la banda de 2.4 GHz”, realizada en Ecuador. Dichos autores se plantean como objetivo evaluar el desempeño de una red inalámbrica punto a punto bajo los estándares IEEE 802.11 b/g/n dentro de una cámara anecoica para contrastar los resultados obtenidos con escenarios en presencia de obstáculos e ICC.

Las métricas de desempeño referentes al QoS fueron obtenidas utilizando una técnica intrusiva de inyección de tráfico mediante el software D-ITG, la cual proporciona información del throughput (η) para el cálculo de la eficiencia (E_f), jitter (j), retardo del canal (δ) y pérdida de paquetes (PL). Los resultados obtenidos mediante un análisis cuantitativo determinaron que el estándar IEEE 802.11n presenta el mejor desempeño en términos de E_f con 85.75%; posterior a esta, se encuentra el estándar IEEE 802.11g con una E_f de 73.73%

y finalmente el estándar IEEE 802.11b es el que menor Ef presenta entre las evaluadas, con un 69.37%.

Los resultados obtenidos fueron contrastados con trabajos realizados en escenarios sometidos a interferencia por obstáculos e interferencia Co-Canal (ICC). Este trabajo ofrece aportes al diseño del experimento que se desarrolla en la presente investigación, ofrece lineamientos teóricos y metodológicos y la oportunidad de contrastar resultados.

(Villalba, 2018), en su investigación “Sistema de posicionamiento en interiores”, presentada como trabajo de fin de carrera en la Universidad politécnica de Madrid, se planteó como objetivo analizar el rendimiento que ofrece un sistema de localización en entornos interiores que use la tecnología wifi y un algoritmo de localización de tipo fingerprinting. Para lograr el objetivo planteado, diseñó una red neuronal con ayuda del software NeuroSolutions, luego probó el sistema y evaluó su rendimiento utilizando tres medidas, el error de localización medio, el error de localización del 90% de las veces y precisión en la medida del error.

Obtuvo como resultados datos aceptables tales como: un error de localización medio de 1.81 metros, el error de localización del 90% de las veces fue inferior a 2.50 metros, con el 50% de las veces inferior a 2 metros. Como aporte de esta investigación al presente trabajo se pueden mencionar los resultados, y su método para obtenerlos, donde se presentan distintos algoritmos y tecnologías para evaluar el rendimiento de las conexiones inalámbricas.

Por su parte, (López, 2018), realizó un trabajo titulado como: “Evaluación del estándar IEEE 802.11ac con tecnología MU-MIMO en comparación al estándar de fibra óptica en redes de transporte de datos”, presentado como trabajo de graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones, en la sublínea de investigación: Protocolos de comunicación en la carrera de ingeniería en electrónica y comunicaciones de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

En el mismo se planteó como objetivo: “evaluar el estándar IEEE 802.11ac con tecnología MU-MIMO en comparación al estándar de Fibra Óptica en Redes de transporte de datos por

medio de simulación”, para lograrlo se crearon modelos virtuales de redes de transporte de datos para medios guiados utilizando fibra óptica y no guiados por medio del estándar IEEE802.11ac, permitiendo estimar la capacidad de transferencia y el rendimiento que se puede alcanzar en el mundo real. En la evaluación se utilizó el software de simulación NS-3, se tomó en cuenta principalmente la obtención de la capacidad de transmisión con relación al ancho de banda disponible o a la distancia.

Entre sus conclusiones se destaca que bajo el estándar IEEE 802.11ac, la mejor opción para la simulación de redes de transporte es con la tecnología MU-MIMO, si se consideran parámetros como el acceso geográfico o también cuando existe la necesidad de transportar información a muy largas distancias.

Su aporte a la presente investigación consiste en los aportes teóricos y metodológicos, los cuales han sido considerados especialmente en el área de estudio relacionada con los distintos factores que afectan el rendimiento de una red inalámbrica. Además, brinda un conjunto de lineamientos a ser tomados en consideración a la hora de realizar las mediciones respectivas para el experimento, así como los cálculos necesarios para determinar el rendimiento de la transmisión estudiada.

Otro antecedente lo constituye el trabajo presentado por (Bustos, 2018), titulado como: “Diseño de LAN con énfasis en conexión inalámbrica para IPS Santa Paula”, para optar al título de ingeniería de telecomunicaciones en la Universidad Cooperativa de Colombia. Su objetivo fue diseñar la red LAN con un énfasis en conexión inalámbrica para la IPS Santa Paula.

Este trabajo se realizó bajo la “Metodología de Diseño de Red Top Down”, la cual es apropiada para diseñar redes que comienzan en las capas superiores del Modelo de referencia OSI antes de moverse a las capas inferiores. Esto se concentra en aplicaciones, sesiones y transporte de datos antes de la selección de routers, switches y medios que funcionan en las capas inferiores.

El proceso de red Top Down incluye exploración divisional y estructuras de grupo para encontrar la gente para quien la red proporcionará servicios y de quien se debería conseguir la información valiosa para hacer que el diseño tenga éxito. Como la Metodología Top Down

es iterativa, deja a un diseñador de red contemplar primero la problemática desde una perspectiva general y luego puede moverse en espiral hacia abajo según los resultados del análisis de requerimientos.

El aporte a la presente investigación es para la construcción del marco teórico y metodológico, ya que en este trabajo se dan a conocer algunos principios de las propiedades RF y comportamientos RF como las ondas electromagnéticas y cómo se generan, la relación entre la longitud de onda, la intensidad de la señal y las diversas formas en que una señal puede atenuar o amplificar, la importancia de la relación entre dos o más señales, cómo se mueve una señal por flexión, rebote o absorción de alguna manera.

(Bri, 2015), realizó un trabajo titulado: “estudio del efecto de factores externos sobre las redes WLAN y diseño de un algoritmo cognitivo energéticamente eficiente”, el mismo fue presentado como tesis doctoral en la Universitat Politècnica de Valencia. El objetivo principal de esta investigación consistió en hacer un estudio detallado que sobre el impacto de las condiciones atmosféricas sobre el rendimiento de las redes IEEE 802.11b/g, para esto, se analizó dos escenarios reales con el fin de confirmar las deducciones y localizar las relaciones exactas.

Los resultados fueron exitosos, no obstante, se presentaron diferentes problemas, debido a la variabilidad de la red real. Esto obligó al investigador a desarrollar un contexto experimental con el fin de comprobar los resultados, es por eso que desplegó un enlace IEEE 802.11b/g punto a multipunto, que le permitió analizar nuevamente el impacto de los factores meteorológicas, con un enlace multipunto analizó la influencia del tiempo respecto a la distancia y los diferentes modos de modulación.

Con base en los resultados, se creó un algoritmo con el fin de menguar el impacto de las condiciones meteorológicas en las redes IEEE 802.11b/g. Dicho algoritmo arrojó resultados satisfactorios, tanto en desde el punto de vista del rendimiento de la red.

Este trabajo representa un aporte para la tesis en virtud de que en ella se analiza el rendimiento de las redes IEEE 802.11b/g bajo ciertas condiciones de tipo ambiental, meteorológicas y hasta humanas; se toman en consideración los algoritmos desarrollados para el diseño y construcción de los aspectos metodológicos del experimento a ser realizado.

MARCO METODOLÓGICO

Enfoque (cualitativo/cuantitativo) /Tipo de investigación:

El enfoque asumido es el cuantitativo, el cual según (Stracuzzi & Pestana, 2012), se concibe como la forma en la cual se lleva a la práctica el método hipotético- deductivo. Esta investigación requiere el uso de instrumentos de medición y comparación, que proporcionan datos cuyo estudio necesita la aplicación de modelos matemáticos y estadísticos, se fundamenta en el científicismo y el racionalismo. El conocimiento está basado en los hechos. La objetividad es la manera de alcanzar un conocimiento utilizando la medición exhaustiva y la teoría.

El tipo de investigación según su avance, es explicativo, el cual según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010), se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifestó, o por qué se relacionan dos o más variables; en este sentido, se considera explicativo debido a que busca revelar cómo es la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto para el rendimiento de las comunicaciones IEEE 802.11g; además de explicar las alternativas técnicas que minimicen los efectos de influencia negativa sobre este estándar.

Métodos y técnicas de investigación

Según (Arias F. , 2012), el método es el procedimiento ordenado que se sigue para establecer lo significativo de los hechos y fenómenos hacia los cuales se dirige el interés científico. Se refiere principalmente al plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes, comprobando a su vez las hipótesis de la investigación. El método requiere de un diseño, el cual para esta investigación es el experimental.

El diseño experimental es definido por (Stracuzzi & Pestana, 2012), como aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir o explicar de qué modo y por qué causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que, una vez confirmados, se conviertan en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos. El investigador domina las condiciones bajo las cuales se realiza el experimento y modifica sus variables independientes para obtener los resultados.

El presente estudio se considera experimental debido a que existe manipulación controlada de la variable independiente, es decir, del ángulo de incidencia de la señal sobre las paredes de concreto, para analizar los efectos que tiene sobre la variable dependiente, en este caso, el rendimiento de la red. Para realizar este análisis, se utiliza un diseño experimental con arreglo factorial de los tratamientos, principalmente, es la constitución de los tratamientos que se desean comparar, se seleccionan los factores a estudiar, sus niveles y la combinación de ellos, el número de tratamientos es el resultado de combinar los diferentes niveles de los factores.

Un factor es una variable independiente, la cual puede variar a voluntad del experimentador, por consiguiente, una factorial es cada uno de los tratamientos que interviene en la formación de una combinación de tratamientos. Para la presente investigación, el factor es el ángulo de incidencia, el cual va a ser modificado durante el experimento para obtener diversos datos para analizar. Cuando se habla de niveles se refiere a las diferentes clases o cantidades del factor, durante la presente investigación se consideran como niveles los ángulos de incidencia con los que ingresa la señal 802.11g sobre el bloque de concreto con relación a la línea normal definida por las antenas.

El modelo se define con el experimento siguiente:

$$Y_{jt} = M + T_j + E_{ik} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Donde:

M es el efecto promedio global

T_j es el efecto de j -ésimo nivel del factor A que es el ángulo de incidencia.

E_{ik} son los componentes de error aleatorio que tiene una distribución normal con modo "0" y varianza δ^2 la cual permite probar la hipótesis.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos es un proceso meticuloso, pues requiere un instrumento de medición que sirva para obtener la información necesaria permitiendo estudiar un aspecto o el conjunto de aspectos de un problema. La técnica a ser aplicada en la presente investigación es la observación, la cual según (Stracuzzi & Pestana, 2012), consiste en estar a la expectativa frente al fenómeno, del cual se toma y se registra información para su posterior análisis.

Se debe determinar una guía de observación previa, donde se especifiquen los elementos a ser observados durante el experimento, para el presente trabajo el objetivo de evaluación es el rendimiento de la señal. Debido al tipo de investigación asumido, para la aplicación de las técnicas de recolección de datos se emplean instrumentos de medición experimental mediante los cuales se calcula el rendimiento en las señales recibidas por parte del receptor a través de la pared de concreto.

Las observaciones van a ser registradas en una matriz de control llamada ficha de control del experimento, según se muestra en la tabla 4, ya que por la naturaleza de la experiencia resulta insuficiente la determinación de resultados a través de una escala de estimación, en la mencionada matriz se podrá registrar el valor obtenido durante la experimentación, para obtener datos con mayor fiabilidad y exactitud.

Tabla 4.
Ficha de observación para el experimento

Ángulo	Muestra	N	Protocolo	Latencia (segundos)	Tamaño (Bytes)	Tamaño (Bits)	Bwr	Bwi	R	R%
30	1	1	UDP	0,018	1292	10336	56573	5400	0,010	1,047
				27			6,18	0000	4	6
									766	5959
30	1	2	UDP	0,013	1292	10336	76853	5400	0,014	1,423
				449			2,976	0000	2	2
									3209	0922
30	1	3	UDP	0,036	1292	10336	28595	5400	0,005	0,529
				145			9,33	0000	2	5
									9554	5432
30	1	4	UDP	0,038	1292	10336	26593	5400	0,004	0,492
				866			9,381	0000	9	4
									248	8034

30	1	5	UDP	0,031	1292	10336	32714	5400	0,006	0,605
				595			0,37	0000	0	8
									5816	155

Fuente: elaboración propia (2019)

Donde:

N: es el tamaño del paquete expresado en Bytes.

Latencia: es la latencia expresada en segundos.

Tamaño (Bytes): es el tamaño del paquete expresado en Bytes

Tamaño (Bite): es el tamaño del paquete expresado en Bits, se calcula multiplicando los Bytes por 8.

BWr: es el ancho de banda real obtenido en la muestra, expresado en bits por segundo (bps).

BWi: ancho de banda ideal para el estándar 802.11g es 54 Mbps.

R: es el rendimiento obtenido en la red.

R%: es el rendimiento porcentual obtenido como resultado de multiplicar el rendimiento por 100.

Con respecto a los instrumentos a utilizar para la recolección de datos del experimento desarrollado en la presente investigación es necesario el uso de:

- Computador portátil DELL INSPIRON modelo XPS, Intel(R) core (TM) i5-3337U 1,80 GHz, 4GB memoria RAM. Este equipo es empleado para el envío de paquetes a través de la antena transmisora.
- Computadora de escritorio, 500 GB de disco duro, 2 GB de memoria RAM, tarjeta inalámbrica.
- Antena guía de onda: trabaja a frecuencia de 2,4 GHz con base para colocarla en una superficie plana, se utilizará una para la transmisión y otra para la recepción. La conexión a los dispositivos será a través de conectores BNC. Ambas antenas, tanto transmisión como recepción, utilizarán la misma polaridad.
- Cable coaxial para conexiones, rg-58.
- Aplicación de monitoreo de red para la obtención de los datos de la transmisión.
- Aplicación generadora de tráfico la cual será instalada en el pc clon.

- Atenuador para disminuir la potencia en la señal. En el presente caso se utiliza como atenuador el largo del cable coaxial RG-58, ya que el mismo presenta una atenuación de 1,058dB por metro, permitiendo generar una disminución de la potencia al aumentar la longitud del cableado en la antena transmisora.
- Población, unidades de estudio y muestra:

Metodología aplicada

Para cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación, se utilizó la metodología propuesta por (Gutiérrez & De La Vara, 2008), la cual consta de cuatro fases, a saber, la primera fase: diseño del experimento; la segunda: ejecución del experimento; la tercera: análisis de los datos y la cuarta: evaluación de hipótesis.

LA PROPUESTA

Estructura general y descripción de sus componentes

La propuesta sigue la estructura de las cuatro fases antes mencionada y el proceso de toma de datos se describe a continuación en cada una de ellas.

Fase I. Diseño del experimento

Antes de comenzar con el montaje del experimento fue necesario determinar los requerimientos tecnológicos para la transmisión 802.11g, cubriéndose características como el hardware y software implementados entre otros aspectos, los cuales se expresan en la tabla 4.

Tabla 5.
Requerimientos de infraestructura

REQUERIMIENTOS	CARACTERÍSTICAS
Antenas unidireccionales para transmisión y recepción de señales 802.11g	Antena direccional 17 dBi 2,4 GHz Peso: 500 gramos Impedancia: 50 Ohms Polarización vertical u horizontal.
Dos (2) equipos de computación para establecer los enlaces inalámbricos en modo punto a punto equipadas con tarjetas inalámbricas compatibles con la norma 802.11g, en una estará instalado el medidor de rendimiento y el otro el generador de tráfico.	Hardware: Dos (2) equipos de computación con las siguientes características: Procesador Intel(R) core (TM) i5-3337U 1,80 GHz, 4GB memoria RAM 4 GB de memoria RAM. 160 GB de disco duro. Tarjeta de red inalámbrica. Software: Sistema operativo Windows Drivers de adaptadores de red. Software de análisis y gestión de redes inalámbricas de paquetes en el receptor y generador de tráfico para el equipo emisor
Selección de área de trabajo para dar cobertura inalámbrica	Distancia necesaria entre ambos equipos. Según investigaciones previas se debe mantener una zona de Fresnel pequeña donde se reduce el área física del haz de la señal incidente en el bloque, evitando que la señal atraviese el obstáculo por los bordes.
Frecuencia utilizada para la red inalámbrica	Se trabaja con la frecuencia de 2,4 GHz (802.11g)
Sistemas deben soportar transferencias de varios tipos de tráfico	Video, voz, datos, videoconferencia, acceso http
Tamaño del obstáculo	Se debe determinar el tamaño de la pared de concreto para evitar problemas como el efecto

	borde. Según los antecedentes, con un tamaño de 15 cm por 15 cm no existe efecto de borde para la frecuencia 2,4 GHz.
Determinar la densidad del material	Se debe determinar la densidad del concreto y grosor del mismo, según estándares de construcción de casas de concreto prefabricado.
Cables y conectores	Cables coaxiales con conectores BNC.

Fuente: elaboración propia

Al delimitar todos los requerimientos básicos se comienza especificando cuales son los componentes óptimos de hardware necesarios para el correcto desarrollo de la investigación, según pueden evidenciarse en la tabla 6, posteriormente se crean tablas mediante las cuales se va a realizar el estudio de las diferentes opciones para ayudar a la toma de decisiones.

Tabla 6.
Base de datos control de hardware

N	Parámetros técnicos		Alternativas de Hardware			
	Características	Necesidades	Desktop HP	Laptop DELL	Laptop TOSHIBA	Desktop HP
1	Compatibilidad	Estándar IEEE 802.11g				
2	Accesibilidad	Disponible para investigar				
3	Costo	Presupuesto				
4	Instalación	Experiencia				
5	Movilidad	Fácil de desplazar				

Fuente: elaboración propia (2019)

Por otra parte, para la toma de decisiones con relación al software de sistema operativo se crea otra base de datos, expresada en la tabla 7, donde se realiza un estudio detallado de cada componente, la toma de decisiones en este aspecto está basada en porcentajes.

Tabla 7.
Base de datos para control de selección de sistemas operativos.

Parámetros técnicos		Alternativas de sistema operativo		
Características	Necesidades	Windows 10 Home	Windows 10 Pro	Windows 8 Pro
Compatibilidad	Estándar IEEE 802.11g			
Accesibilidad	Disponible para investigar			
Instalación	Grado de experiencia			
Soporte	Facilidad de encontrar soporte			
TOTAL				

Fuente: elaboración propia (2019)

Para determinar el software analizador de protocolo, el cual se encarga de la obtención de los datos necesarios para el análisis de los resultados pertenecientes al experimento, se utiliza otra base de datos, expresada en la tabla 8.

Tabla 8.
Base de datos para la selección de software analizador de protocolo.

Parámetros técnicos		Alternativas de Software				
Características	Necesidades	TFGEN	Wireshar k	IPERF	Elthereal	Net- perf
Compatibilidad	Estándar IEEE 802.11g					
Accesibilidad	Disponible para investigar					
Costo	Sujeto a Presupuesto					
Instalación	Grado de Experiencia					
Licencia	Libre o privada					
Utilidad	Operativo					
Versión	Actualizado					
Experiencia	Grado de experiencia					
Soporte	Facilidad de encontrar soporte					
Consumo	Consumo de recursos hardware					

Fuente: elaboración propia (2019)

Para el diseño del experimento se toman en consideración los requerimientos expuestos, al mismo tiempo se establecen rangos de ángulos de incidencia de la señal sobre la pared de concreto. Se determina la topología de la red, el direccionamiento, los canales de prueba,

distancia entre los equipos, tipos de antena y polarización de las mismas, por último aplicaciones a utilizar para medir el rendimiento y para generar el tráfico necesario. Para los factores descritos se toma como base el experimento de (García, 2011), ya que los cálculos necesarios ya fueron hechos.

Uno de los principales problemas con señales en el espectro de los 2,4 GHz es la intervención del medio ambiente, dentro de esta gama se ubica el efecto borde el cual es producido por la acción del hábitat sobre la señal, en búsqueda de evitar esta clase de inconvenientes se debe proceder primero a delimitar la separación entre antenas, esta debía ser lo suficientemente amplia como para colocar el obstáculo entre ellas y poder cambiar el ángulo de incidencia, a su vez se debe evitar alejarse tanto que la señal rodeara el obstáculo y llegar al receptor por caminos no deseados para la investigación.

En primer lugar fue necesario ubicar la distancia entre las antenas, las cuales según su longitud de onda deben estar separadas a una distancia de 12,5 cm. Para evitar el efecto borde se utilizaron las prácticas realizadas por (García, 2011), quien determinó que el tamaño óptimo del obstáculo es de 225 cm^2 , es decir, 15 cm por 15 cm, para fines de la práctica, el obstáculo utiliza las medidas de un bloque, las cuales son 40 cm de largo, 20 cm de alto y 12 cm de grosor. Posteriormente se procede a determinar el tipo de polarización empleada por las antenas, la cual es horizontal en ambas; esto debido a que la igual polarización provee un rendimiento teórico óptimo de la señal a transmitir.

Luego de la evaluación del tamaño y grosor del obstáculo se procede a la adquisición de los materiales de construcción a implementar, de acuerdo a las necesidades de montaje del experimento. Para esta investigación se requiere la simulación de una pared de concreto según los estándares más comunes a nivel de construcción de edificaciones de concreto prefabricado, determinando que la pared de concreto más utilizada son fabricadas con grava, arena, agua y cemento (Bustamante, Martínez, & Macias, 2018)

Luego de determinar los factores antes descritos se procede a la búsqueda de la infraestructura que permita la correcta realización del experimento manteniendo los requerimientos básicos, continuando con el montaje del experimento se colocan las antenas en superficies planas en posición lineal y se procede a determinar la posición del obstáculo

en cada uno de los rasgos del ángulo de incidencia de la señal. Las antenas se colocan a cada lado del obstáculo a una distancia que equivale a 75 cm totales entre ambas antenas.

De lo descrito anteriormente se puede determinar que existe un factor conocido como ángulo de incidencia, el cual se va a dividir en varios niveles, representados por valores numéricos correspondientes a los ángulos usados. Por consiguientes se realizan cuatro (4) combinaciones. En la tabla 9, se pueden observar estis niveles. Esta decisión se toma debido a que las pruebas de (García, 2011) con diez ángulos de estudio demostró la existencia de poca diferenciación entre las medidas obtenidas de cada grupo.

Tabla 9
Tabla de factor ángulo de incidencia

Ángulo	Rendimiento
Sin obstáculo	Evaluación 0
30°	Evaluación 1
60°	Evaluación 2
90°	Evaluación 3

Fuente: elaboración propia (2019)

Al finalizar con los aspectos de construcción se procede a desarrollar los requerimientos a nivel de red para el desenvolvimiento del experimento, en este momento ya se han estudiado los requerimientos de hardware y software además de las exigencias para la construcción de una infraestructura de red 802.11g utilizada para la realización del experimento, pudiéndose determinar lo mostrado en la tabla 10.

Tabla 10.
Diseño de red.

Elementos	Características
Topología	Estrella
Tipo de red	Ad-Hoc
Número de equipo	Tres (3)
Seguridad	Clave WPA
Configuración IP	Laptop emisora: 192.168.0.101 255.255.255.0 Pd receptor: 192.168.0.102 255.255.255.0 Router inalámbrico: 192.168.0.1 255.255.255.0
Distancia para la prueba	75 cm
Antenas	Caseras Antena direccional 2,4 GHz

Fuente: elaboración propia (2019)

Determinando la ubicación de los equipos de cómputo se instalan los respectivos softwares necesarios, en el equipo transmisor se instala un generador de tráfico conocido como TFGEN. Por parte del receptor la aplicación seleccionada para medir los factores determinantes del rendimiento es Wireshark debido a que cuenta con mediciones de buena precisión para el experimento, una interfaz de usuario fácil de comprender, además es multiplataforma. En las PC utilizadas para la transmisión se adjuntan las características para la configuración de la red IP, tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11.
Configuración de TFGEN

Opción	Configuración
Dirección de destino	192.168.0.102
Utilización del ancho de banda	1000
Patrón del tráfico	Continuo y constante
Puerto UDP	5001

Fuente: (López, 2018)

El software generador de tráfico permite la emulación de una transmisión de paquetes, pero ofrece la ventaja de poder controlar el tamaño de los mismos. Por otra parte, el software

Sniffer le permite al equipo receptor entrar en modo de escucha y de esta forma determinar los aspectos necesarios para estudiar el rendimiento de las redes, evaluando los parámetros requeridos para realizar los cálculos pertinentes.

Como se mencionó anteriormente el software utilizado para cumplir la función de sniffer es Wireshark, el cual permite la captura de paquetes dentro de una red viva y analiza la información detalladamente (Caiza & Lara, 2019). Wireshark por otra parte es multiplataforma ya que puede trabajar bajo Windows, Linux o incluso bajo Solaris. Soporta varios protocolos entre los que se pueden ubicar Ethernet, MPLS, IPv4, IPv6, ICMP, BGP, UDP, TCP, FTP, HTTP, HTTPS, entre otros.

El software generador de tráfico, el cual posee una interfaz básica para el usuario, envía tráfico UDP donde se pueden configurar opciones como el puerto de destino, utilización del ancho de banda y tipo de tráfico. La principal ventaja de utilizar TFGEN es que permite la transmisión de paquetes de forma indefinida, lo que facilita la obtención de los datos necesarios. En la figura 9, se muestra el diagrama del experimento a utilizar.

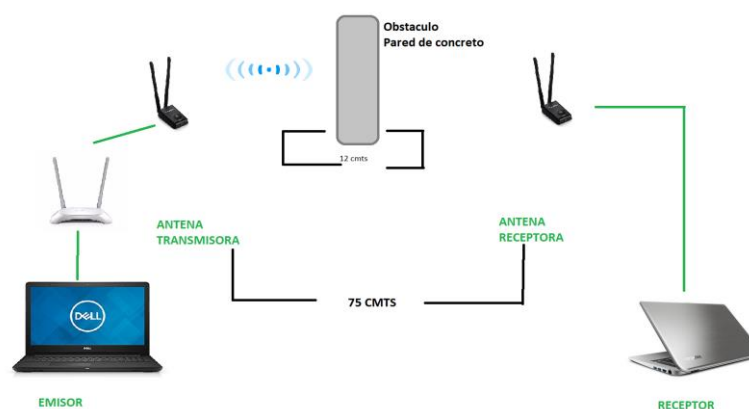


Figura 9. Diseño del experimento

Fuente: elaboración propia (2019)

Antes de comenzar la transmisión se debe configurar el router inalámbrico para deshabilitar el servicio DHCP, a demás dicho equipo se conecta a la portátil a través de cable UTP cat 5e. La antena del router es removida para conectar el cable que va directo a la antena direccional utilizada en el experimento. En el presente caso, tanto la antena transmisora como la antena receptora se conectan a cada una de las PC, las cuales cumplen la función de generación y recepción, es importante destacar que para la atenuación se utiliza una gran

cantidad de cableado coaxial, se realizan pruebas de transmisión para alcanzar una atenuación mayor al 75%. La finalidad de atenuar la señal es lograr dimensionar el experimento, ya que si se mantiene la potencia normal de transmisión no se apreciaría correctamente la acción del obstáculo, debido a que la señal la atravesaría sin mayores contratiempos.

Para la conexión se usan cables coaxiales tipo Rg-58 con conectores tipo BNC conjuntamente con adaptadores para conectar a la antena de las tarjetas inalámbricas, de esta forma se emula una conexión directa entre ambos equipos y se realiza la transmisión de datos entre ambas antenas.

Posteriormente se inicia la transmisión en una de las antenas y se procede a la captura de un flujo de paquetes en el receptor a través de aplicaciones TFGEN y Wireshark. Se obtienen 30 muestras de 100 paquetes cada una, ya que según (Gutiérrez & De La Vara, 2008), en experimentos aleatorios se recomienda tener como mínimo 30 mediciones. Finalizando la captura anterior se modifica el ángulo de incidencia de la señal y se procede nuevamente a la transmisión.

Con relación a los costos asociados a los materiales para la investigación, se determina que los mismos son asociados a la compra de los equipos a utilizar para la transmisión (tarjetas inalámbricas, cables, conectores, entre otros), así como la construcción del bloque de concreto a emplear como obstáculo.

Fase II. Ejecución del experimento

Ya definidos todos los aspectos necesarios para la ejecución del experimento, se determina cual es la potencia utilizada para la transmisión de los datos, se tomó nuevamente en consideración los resultados obtenidos en anteriores experimentos, donde inicialmente se toma una muestra sin obstáculos, ajustándose la potencia del transmisor al mínimo posible, graduando la atenuación mediante pruebas de ensayo y error, utilizando una mayor o menor cantidad de cableado, hasta que en el receptor se obtenga una señal menor al 75% de la potencia esperada en condiciones normales, llevando el experimento a la escala necesaria para realizar correctas mediciones.

Se realizan los cálculos necesarios para el alcance basándose en los niveles de recepción, ganancias de las antenas, pérdidas en el cable, pérdidas en los conectores, pérdidas por acción

del espacio libre, determinándose que para poder escalar la prueba a condiciones ideales, se debe trabajar con una cantidad de cable RG-58 igual a 110 metros, los cuales pueden colocarse tanto en el transmisor como en el receptor.

Una vez determinados los factores de potencia de la señal requeridos, se procede a realizar las transmisiones desde el emisor, para el experimento se realiza la transmisión de 1200 paquetes a través de TFGEN, al terminar se guardan los resultados obtenidos para luego proceder con la tabulación de los mismos. Conformadas las opciones descritas dentro de la configuración, se asignan las direcciones IP correspondientes a cada equipo.

Posteriormente se procede a realizar las pruebas con el generador de tráfico, utilizando principalmente paquetes UDP, esto debido a que para poder tener lecturas correctas del rendimiento se debe estandarizar el tráfico a utilizar, ya que cada tipo de tráfico puede variar en su carga, al lograr conectar ambas redes e iniciar la transmisión de los paquetes luego de obtener el total de 30 muestras se procede a variar la posición del obstáculo con relación a las antenas y realizar nuevas mediciones. La descripción detallada de los escenarios es la siguiente:

Evaluación 0: se enfrentan las antenas direccionales sin obstáculo de concreto, posteriormente se activa el software TFGEN con las opciones de configuración antes descritas, se procede a la captura de los datos con Wireshark hasta obtener las 30 muestras correspondientes a este escenario, tal como se muestra en la figura 10.

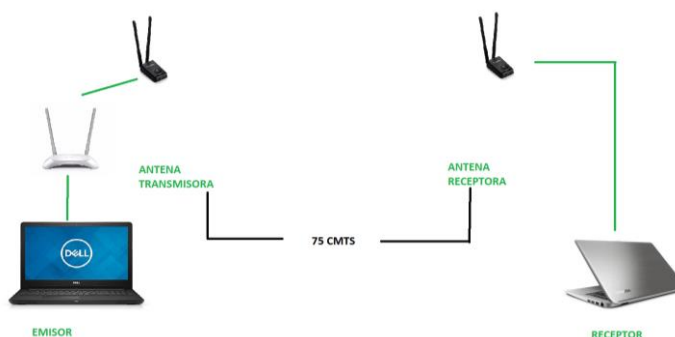


Figura 10. Red 802.11g de prueba sin obstáculos

Fuente: elaboración propia (2019)

Evaluación 1: se establece como características similares la evaluación 0, con la diferencia de que se agrega el obstáculo de concreto variando su posición para que forme un ángulo de 30° con relación a la línea descrita por las antenas, tal como se muestra en la figura

11. Luego de colocar el obstáculo se procede a la transmisión de 100 paquetes UDP a través de TFGEN, se captura, al finalizar se procede a la muestra 2, continuando de esta manera hasta lograr obtener las 30 observaciones requeridas.

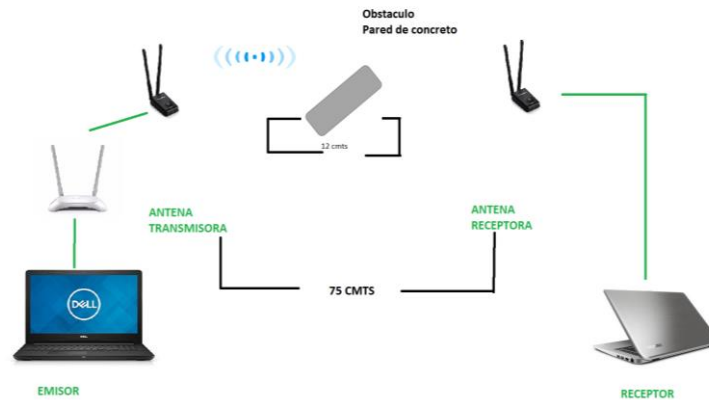


Figura 11. Red 802.11g de prueba con obstáculo formando 30°
Fuente: elaboración propia (2019)

Evaluación 2: mantiene características similares al escenario 1, pero ahora variando el ángulo del bloque de concreto a 60°, tal como se muestra en la figura 12, manteniendo la distancia entre las antenas. Se procede a capturar 100 paquetes UDP. Se obtienen 30 muestras de UDP.

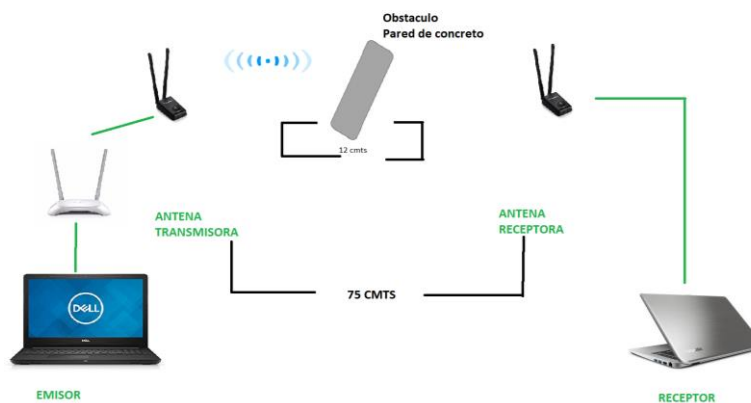


Figura 12. Red 802.11g de prueba con obstáculo formando 60°
Fuente: elaboración propia (2019)

Evaluación 3: representa el último escenario de prueba, el bloque de concreto se coloca de forma perpendicular a la línea descrita por las antenas, formando un ángulo de 90° entre ambos, tal como se muestra en la figura 13. Se procede con la captura de los 100 paquetes UDP a través de TFGEN-Wireshark. Se obtienen 30 muestras para el análisis.

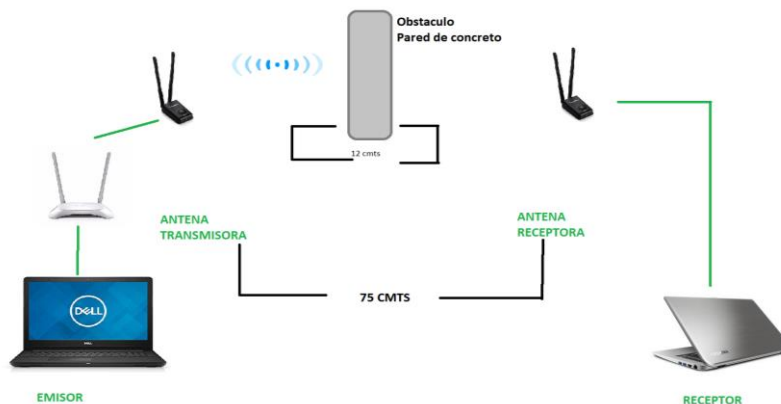


Figura 13. Red 802.11g de prueba con obstáculo formando 90°
Fuente: elaboración propia (2019)

Otros aspectos a considerar es el ambiente, el cual debe estar controlado en cuanto a temperatura y humedad, ya que los mismos pueden manipular las transmisiones distorsionando de manera indeseada el resultado del experimento. Las pruebas se deben realizar el mismo día, manteniendo controlados los factores antes mencionados.

Fase III: Análisis de los datos

Una vez finalizada la parte experimental y la obtención de las diferentes muestras a evaluar, se procede a analizar los resultados, la presente investigación se realiza un análisis estadístico para diseños experimentales con arreglos factoriales de los tratamientos, apoyándose en el software SPSS 20.0 para el sistema operativo Microsoft Windows. Específicamente se utiliza un análisis de modelo general lineal univariante donde la variable dependiente es el rendimiento, mientras que el factor de análisis viene representado por el ángulo de incidencia.

Se toma como base los análisis de las diversas muestras obtenidas y almacenadas por separado, es importante destacar que, para poder realizar estas evaluaciones, las muestras obtenidas deben ser guardadas en un archivo de Microsoft Excel para su posterior análisis por el software SPSS.

Fase IV. Evaluación de hipótesis

Con el análisis de los resultados se evalúa la hipótesis nula, la cual se presume verdadera hasta que la evaluación pruebe lo contrario, dicha hipótesis nula en este caso es que el ángulo de incidencia en paredes de concreto no afecta el rendimiento de las comunicaciones bajo el estándar IEEE 802.11g, con el análisis de la varianza, mediante un arreglo factorial con un nivel de significación de 0,05.

Argumentación sobre la propuesta

En la presente investigación se utiliza el modelo general lineal univariante para analizar la interacción de los factores sobre la variable independiente, con esta técnica se estudia el efecto de cada factor (ángulo de incidencia de la señal) sobre el rendimiento y de esta forma confirmar, sugerir o refutar la hipótesis nula la cual expresa que el ángulo de incidencia en paredes de concreto no afecta el rendimiento de las comunicaciones bajo el estándar IEEE 802.11g (ver tabla 12).

Tabla 12.

Origen	Pruebas de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: R				
	Suma de cuadrados III	de tipo Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,002 ^a	2	0,001	25,072	0,000
Intersección	1,420	1	1,420	41694,280	0,000
Ángulo	0,002	2	0,001	25,072	0,000
Error	0,276	8091	3,405E-5		
Total	1,737	8094			
Total corregida	0,277	8093			

Fuente: elaboración propia (2019)

Para (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010), las hipótesis son exclusivas de enfoques cuantitativos, esto significa que para su análisis se debe transformar la hipótesis nula y alternativa en símbolos estadísticos, esto permite el estudio de las hipótesis planteadas, además de facilitar la toma de decisiones con relación a las mismas. Este tipo de hipótesis se conoce como hipótesis estadísticas.

La presente investigación establece una relación entre los efectos producidos por la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto sobre el rendimiento de las redes

IEEE 802.11g arrojando diferencias significativas entre los diferentes ángulos durante el análisis del modelo general lineal univariante. Se puede asegurar entonces que el rendimiento en redes 802.11g se ve afectado por la diferenciación del ángulo de incidencia. Se observa que el valor de significación es 0 mientras el valor de F es igual a 25,072 el cual según expresa (Gutiérrez & De La Vara, 2008) mientras más alto sea el valor de F y menor la significación, es más probable que sea cierta la hipótesis alternativa.

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1) indicando que existe una influencia significativa de los ángulos de incidencia en paredes de concreto sobre el rendimiento en redes 802.11g.

Criterios de expertos sobre la propuesta

Los criterios de expertos sobre la propuesta se detallan a continuación:

La topología de la red, el direccionamiento, los canales de prueba, distancia entre los equipos, tipos de antena y polarización de las mismas, por último aplicaciones a utilizar para medir el rendimiento y para generar el tráfico necesario. Para los factores descritos se toma como base el experimento de (García F. , 2011), ya que los cálculos necesarios ya fueron hechos en esa investigación. Este investigador también determinó que el tamaño óptimo del obstáculo es de 225 cm^2 , es decir, 15 cm por 15 cm, para fines de la práctica, el obstáculo utiliza las medidas de un bloque, las cuales son 40 cm de largo, 20 cm de alto y 12 cm de grosor.

Según el experimento de (Gañán, 2019) donde utilizan algunos ángulos para el estudio, se observa que existen similitudes de media entre varios, lo que permite a la presente investigación separar los ángulos en las cantidades expresadas, según este criterio se determinaron los ángulos a trabajar, los cuales fueron 30° , 60° y 90° , además se tomó una muestra sin obstáculo la cual sirvió de control.

La investigación de (Marquez, 2011), aporta los criterios de evaluación de hardware. En cuanto a software, la investigación de (Caiza & Lara, 2019) demostró que el software utilizado para cumplir la función de sniffer es Wireshark, el cual permite la captura de paquetes dentro de una red viva y analiza la información.

Para la transmisión en una de las antenas se procede a la captura de un flujo de paquetes en el receptor a través de aplicaciones TFGEN y Wireshark. Se obtienen 30 muestras de 100 paquetes cada una, ya que según (Gutiérrez & De La Vara, 2008), en experimentos aleatorios se recomienda tener como mínimo 30 mediciones.

Para la ejecución del experimento se procede a determinar la potencia a utilizar. Al respecto, la investigación de (López D. , 2018), señala que a medida que la señal viaja a través del cable disminuye su potencia, es por eso que al aumentar el tamaño del cable coaxial disminuye la cantidad de potencia que llega a la antena para la transmisión. Se determinó que para lograr el resultado deseado se debe utilizar un total de 110 metros de cable coaxial, el cual se encuentra dividido en 60 metros conectados al transmisor y 50 metros conectados al receptor.

En cuanto al factor de rendimiento lineal positiva lo cual demuestra la influencia del ángulo de incidencia sobre las redes bajo el protocolo 802.11g, fundamentando las teorías de absorción de las señales como lo planteado por (Wilson, Bufa, & Lou, 2007) sobre la refracción.

Proceso de implementación de la propuesta

En el presente apartado se muestra el proceso de implementación de la propuesta anteriormente descrito, se desarrolla un análisis de las capturas de datos obtenidos del experimento realizado y descrito anteriormente, siguiendo detalladamente las fases planteadas en la metodología.

Fase I. Diseño del experimento

Se realizó la selección de los materiales a utilizar, comenzando por el tipo de concreto y las medidas requeridas del mismo de acuerdo a los estándares del sistema Prefa PC catálogo de productos, pertenecientes a la empresa Holcim C.A., como base para seleccionar el tamaño del obstáculo de concreto a utilizar, el cual representa un espesor de 12 centímetros.

En el mencionado documento se describe la importancia de la utilización de concreto en las construcciones de viviendas actuales como casas u oficinas, los diferentes grosores empleados comúnmente además de una descripción detallada de las diversas formas que

adoptan los diferentes bloques de concreto de acuerdo a las distintas construcciones a realizar, dando pie a la ejecución de la investigación en curso. Por lo expuesto anteriormente se toma como obstáculo el concreto mediante la creación de bloques descritos en forma y tamaño en el capítulo anterior de la presente investigación, los cuales se interponen en las transmisiones IEEE 802.11g.

En este orden se lleva a cabo la definición de los requerimientos técnicos de hardware y software necesarios para la realización del experimento, a su vez se describen las diversas características que posee la transmisión realizada, además de los tipos de paquetes utilizados. Para la evaluación de hardware se tienen cuatro componentes, los cuales fueron evaluados según los criterios de (Marquez, 2011) conjuntamente con los descritos anteriormente. Los criterios son: A: Bueno, B: Intermedio, C: Malo (Ver tabla 13). Donde A=100%, B=50% y C=25%, estos porcentajes se aplican a cada característica por lo que cada una de estas tiene un valor de 20% sobre el total a obtener.

Tabla 13.
Resultados Base de datos control de hardware

N	Parámetros técnicos		Alternativas de Hardware			
	Características	Necesidades	Desktop HP	Laptop DELL	Laptop TOSHIBA	Desktop HP
1	Compatibilidad	Estándar IEEE 802.11g	A	A	A	A
2	Accesibilidad	Disponible para investigar	A	A	B	C
3	Costo	Presupuesto	A	A	A	A
4	Instalación	Experiencia	A	A	B	A
5	Movilidad	Fácil de desplazar	B	A	A	B
TOTAL			90%	100%	80%	75%

Fuente: elaboración propia (2019)

Al evaluar los resultados de base de datos de control de hardware, se seleccionaron las opciones representadas por un Desktop HP correspondiente a la opción 1 y Laptop DELL representado por la opción 2, los cuales fueron los componentes de hardware como mayor compatibilidad, disponibilidad entre otros factores necesarios para cubrir las necesidades del investigador.

En el apartado del sistema operativo, se concluye que el sistema operativo a utilizar de acuerdo a criterios de disponibilidad, fácil de uso, software disponible, en Windows 10 Home

de 64 bits instalado en la laptop Dell. Por otro lado, dentro del desktop se tiene instalado Windows 8 Pro, ambos sistemas cumplen los requerimientos para la investigación (ver tabla 14). Es importante resaltar que ambos sistemas operativos se encuentran actualmente instalados dentro de los equipos correspondientes.

Tabla 14.
Resultados de base de datos para control de selección de sistemas operativos

Parámetros técnicos		Alternativas de sistema operativo		
Características	Necesidades	Windows 10 Home	Windows 10 Pro	Windows 8 Pro
Compatibilidad	Estándar IEEE 802.11g	A	A	A
Accesibilidad	Disponible para investigar	A	A	A
Instalación	Grado de experiencia	A	A	B
Soporte	Facilidad de encontrar soporte	A	A	B
TOTAL		100%	100%	75%

Fuente: elaboración propia (2019)

Con referencia al analizador de protocolos, se emplea nuevamente una base de datos para el control de software, en la cual se observa que Wireshark, TFGEN y IPERF cumplen con los requerimientos, debido a la disponibilidad, conocimiento y facilidad de instalación (ver tabla 15). Para esta tabla se emplean los mismos porcentajes que en la base de datos anterior. Para la evaluación del experimento sólo se empleará TFGEN y Wireshark.

Tabla 3.
Resultado de base de datos para control de selección de software analizador de protocolo

Parámetros técnicos		Alternativas de Software				
Características	Necesidades	TFGEN	Wireshark	IPERF	Ethereal	Net-perf
Compatibilidad	Estándar IEEE 802.11g	A	A	A	A	A
Accesibilidad	Disponible para investigar	A	A	A	B	C

Costo	Sujeto a Presupuesto	A	A	A	A	A
Instalación	Grado de Experiencia	A	A	B	C	C
Licencia	Libre o privada	A	A	A	A	A
Utilidad	Operativo	A	A	A	B	B
Versión	Actualizado	A	A	A	A	A
Experiencia	Grado de experiencia	A	A	B	C	C
Soporte	Facilidad de encontrar soporte	B	A	A	B	B
Consumo	Consumo de recursos hardware	A	A	A	A	A
TOTAL		95%	100%	90%	80%	82.5%

Fuente: elaboración propia (2019)

Luego de determinar todos los requerimientos se procede al inicio de las pruebas, las cuales se desarrollan de la siguiente manera:

Las antenas se enfrentan a una distancia de 75 centímetros entre ellas, específicamente desde el final de la antena, entre ambas antenas se ubica el obstáculo de concreto de 12 centímetros necesarios en el desarrollo del experimento, se determinaron los ángulos a trabajar, los cuales fueron 30°, 60° y 90°, además se tomó una muestra sin obstáculo la cual sirvió de control. Debido al experimento de (Gañán, 2019) donde utilizan algunos ángulos para el estudio, observando que existen similitudes de media entre varios, lo que permite a la presente investigación separar los ángulos en las cantidades expresadas.

Al trabajar con TFGEN y Wireshark se realizaron 30 mediciones por cada ángulo, obteniendo 120 muestreos en total. En cada medición se tiene un total de 100 paquetes lo que deriva en que la transmisión final es de 12000 paquetes. La primera evaluación se realiza sin obstáculos, a dicho muestreo se le da el nombre de evaluación 0 o de control, seguidamente

se coloca el obstáculo entre las dos antenas cuidando la zona de Fresnel y que las antenas se encuentren alejadas de paredes para evitar rebotes de la señal en las mismas.

Al tener el obstáculo en el medio, se coloca a 30° con relación a la línea guía empleada, para esto se toma en cuenta que la línea de referencia es la formada por las antenas, por ende se mueve solamente el obstáculo facilitando el muestreo, ya que se considera más engorroso el mover las antenas de transmisión. Al finalizar las tomas se procede a variar el ángulo del bloque de concreto a 60° con relación a las antenas, nuevamente se reliza el muestreo. Finalizando este último se coloca el obstáculo de forma perpendicular con relación a la normal para tomar las últimas muestras correspondientes a los 90° , tal como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Muestra de montaje del experimento
Fuente: elaboración propia (2019)

Todas las mediciones se realizaron en el mismo período del día y sin variaciones en las condiciones ambientales para cuidar que las mismas se conserven iguales evitando alteraciones en el experimento que pudiesen alterar las muestras. Las antenas utilizadas para la transmisión a través del obstáculo de concreto es de tipo direccional, casera, con una medida aproximada de 23 centímetros de largo. En el transmisor la antena está conectada al router inalámbrico TP-LINK a través de los 60 metros de cable coaxial, por su parte en el receptor la antena está conectada a través de 50 metros de cable coaxial a la tarjeta de red inalámbrica ubicada en la PC de escritorio.

El espesor del bloque de concreto fue determinado tomando en cuenta los estándares de construcción para casas especificados al inicio de la presente fase, ya que construcciones con

mayor grosor no son comunmente vistas. Los ángulos de incidencia fueron en aumento con variaciones de 30°, los mismos se especifican en la tabla 16.

Tabla 4.
Tabla de factor ángulo de incidencia

Ángulo	Rendimiento
Sin obstáculo	Evaluación 0
30°	Evaluación 1
60°	Evaluación 2
90°	Evaluación 3

Fuente: elaboración propia (2019)

Fase II. Ejecución del experimento.

Se procede a determinar la potencia a utilizar, para esto se toma una primera muestra sin obstáculo, luego se agrega mayor cantidad de cable según sea necesario para lograr una atenuación mayor al 75%, como referencia para la medición de la potencia recibida en la tarjeta de red de la PC HP se utilizó el medidor de señal que posee el sistema operativo Windows 8 Pro. La atenuación de la señal se realiza con el fin de lograr observar correctamente los resultados ya que de otra forma la señal atravesaría el obstáculo con una pérdida mínima. Al respecto (López D. , 2018), señala que a medida que la señal viaja a través del cable disminuye su potencia, es por eso que al aumentar el tamaño del cable coaxial disminuye la cantidad de potencia que llega a la antena para la transmisión.

Se determinó que para lograr el resultado deseado se debe utilizar un total de 110 metros de cable coaxial, el cual se encuentra dividido en 60 metros conectados al transmisor y 50 metros conectados al receptor. Con las medidas expresadas anteriormente se logra una atenuación como la que se muestra en la figura 15.

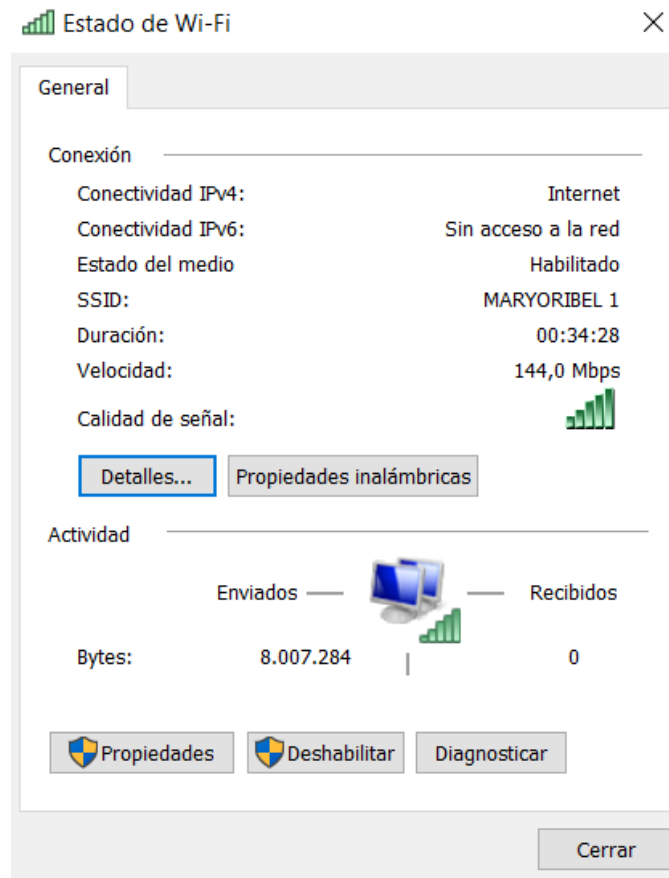
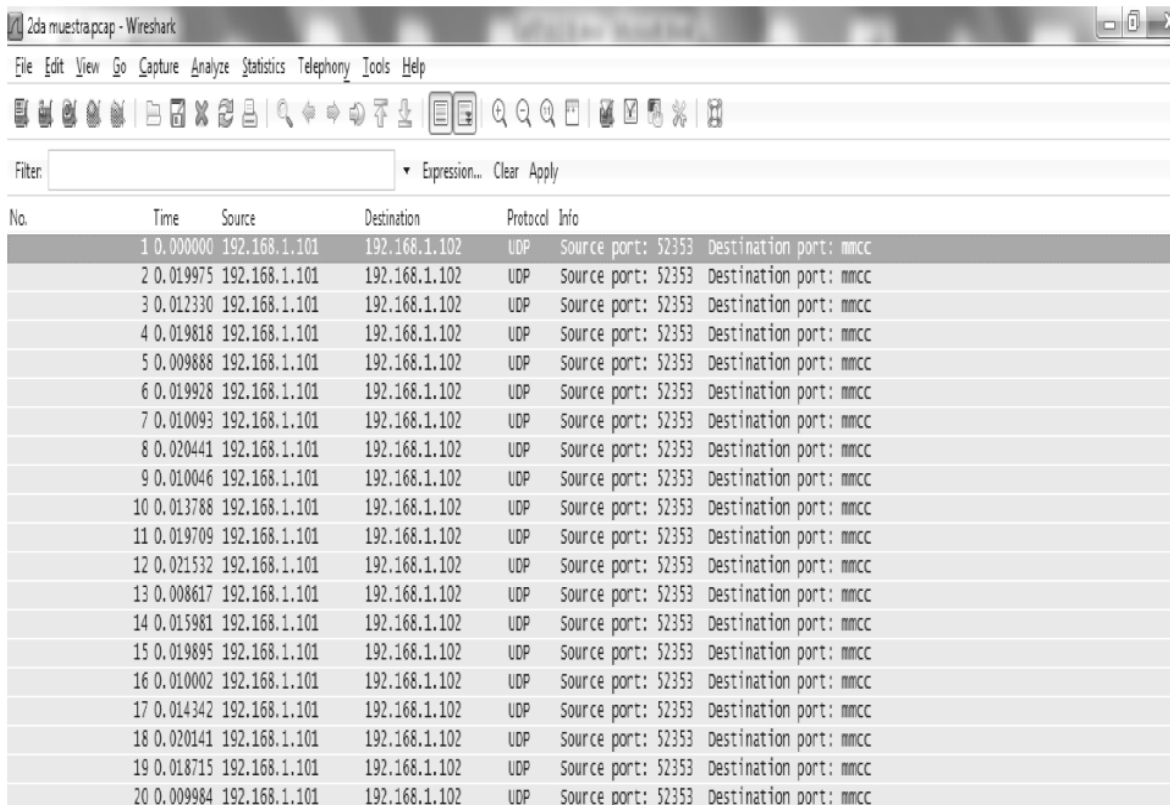


Figura 15. Atenuación de señal para el experimento
Fuente: elaboración propia (2019)

Una vez determinada la potencia se realizan 30 transmisiones a través de la aplicación de TFGEN, a su vez en el receptor se capturan muestras de 100 paquetes para el análisis. Por otra parte, en la aplicación Wireshark se hace la captura de los paquetes, es importante resaltar que para las tabulaciones se toma en cuenta los datos observados en el receptor ya que los mismos son más precisos, lo cual se requiere para obtener las medidas más óptimas (ver figura 16).



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
2	0.019975	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
3	0.012330	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
4	0.019818	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
5	0.009888	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
6	0.019928	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
7	0.010093	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
8	0.020441	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
9	0.010046	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
10	0.013788	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
11	0.019709	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
12	0.021532	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
13	0.008617	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
14	0.015981	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
15	0.019895	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
16	0.010002	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
17	0.014342	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
18	0.020141	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
19	0.018715	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc
20	0.009984	192.168.1.101	192.168.1.102	UDP	Source port: 52353 Destination port: mmcc

Figura 16. Captura de software Wireshark
Fuente: elaboración propia (2019)

Empezando el experimento con el escenario 0, sin obstáculos, representa la muestra control, en la misma el promedio de rendimiento obtenido UDP es de 0,032 representando un porcentaje de 3,273%. Posteriormente se ejecuta la primera prueba o escenario 1 donde se adiciona el obstáculo de concreto posicionado a 30° con respecto a las antenas (ver figura 17), para este ángulo de incidencia el promedio de rendimiento obtenido UDP es de 0,0126794942 representando un porcentaje de 1,267% con relación al total.



Figura 17. Montaje experimental con ángulo de incidencia de 30° .

Fuente: elaboración propia (2019)

Para la evaluación 2 se toman las mismas condiciones que las presentadas en los escenarios 0 y 1, la diferencia es que el obstáculo de concreto modifica su posición de 30° a 60° con relación a la línea normal formada por las antenas (ver figura 18), se tienen en cuenta las condiciones atmosféricas, datos transmitidos, distancia entre las antenas, para garantizar que el escenario cumpla con los requerimientos necesarios para el completo cumplimiento del experimento. Para el ángulo de incidencia de 60° el promedio de rendimiento obtenido UDP es de 0,0137 representando un porcentaje de 1,370%.



Figura 18. Montaje experimental con ángulo de incidencia de 60°
Fuente: elaboración propia (2019)

El escenario 3 mantiene condiciones similares a los anteriores, la principal diferencia es la variación del ángulo de incidencia a 90° , el bloque de concreto se encuentra en posición perpendicular con relación a las antenas. En este escenario se obtiene un rendimiento promedio UDP de 0,0137156506 representando un porcentaje de 1,371%.

Fase III. Análisis de los datos

Posteriormente a la captura de los datos, se crea una base de datos concerniente a los escenarios de las pruebas culminadas, descritos en la fase anterior. Dicha base de datos es generada por el software analizador de protocolos, de cada uno de los paquetes para cada medición. La información contenida permite al investigador evaluar el rendimiento de la red inalámbrica, luego se llena la ficha de observación descrita en el capítulo anterior.

Al momento de realizar la toma de datos del instrumento se obtienen 100 paquetes por medición, lo que en promedio se traduce en un total de 3000 paquetes por ángulo estudiado,

para el total de 12000 paquetes. De acuerdo a los datos obtenidos se realizan cada una de las mediciones por evaluación, luego se calcula el promedio de cada uno de los escenarios requeridos para el estudio (tabla 17).

Tabla 17.
Cantidad de mediciones resultantes

Ángulo	N
30	2207
60	2928
90	2959

Fuente: elaboración propia (2019)

Se hace necesario saber si los datos provienen de una distribución normal, para lo cual se aplica el gráfico de normalidad de Shapiro-Wilk (ver tabla 18), la cual demuestra si la población sigue una determinada distribución de probabilidad, es decir, se utiliza para contrastar la normalidad de un conjunto de datos.

Tabla 18.
Prueba de Normalidad

Ángulo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
30	0,099	2207	0,000	0,929	2207	0,000
60	0,241	2928	0,000	,829	2928	0,000
90	0,243	2959	0,000	,817	2959	0,000

a. Corrección de la significación de Liliefors

Fuente: elaboración propia (2019)

Las pruebas de normalidad presentan un nivel de significación igual a 0, con valores estadísticos cercanos a 1, asumiendo el criterio de curtosis y asimetría + o - 2 soportado por (López & Gutierrez, 2019) para asumir normalidad en la distribución, se analizaron las medidas correspondientes al rendimiento de la red, se puede evidenciar lo expuesto por el mencionado autor declarándose normalidad en la distribución. En el diagrama de Q-Q de normalidad se observan valores que siguen la tendencia de la recta de normalidad mientras que unos se salen de la misma, pero siguen la tendencia lineal (figura 19).

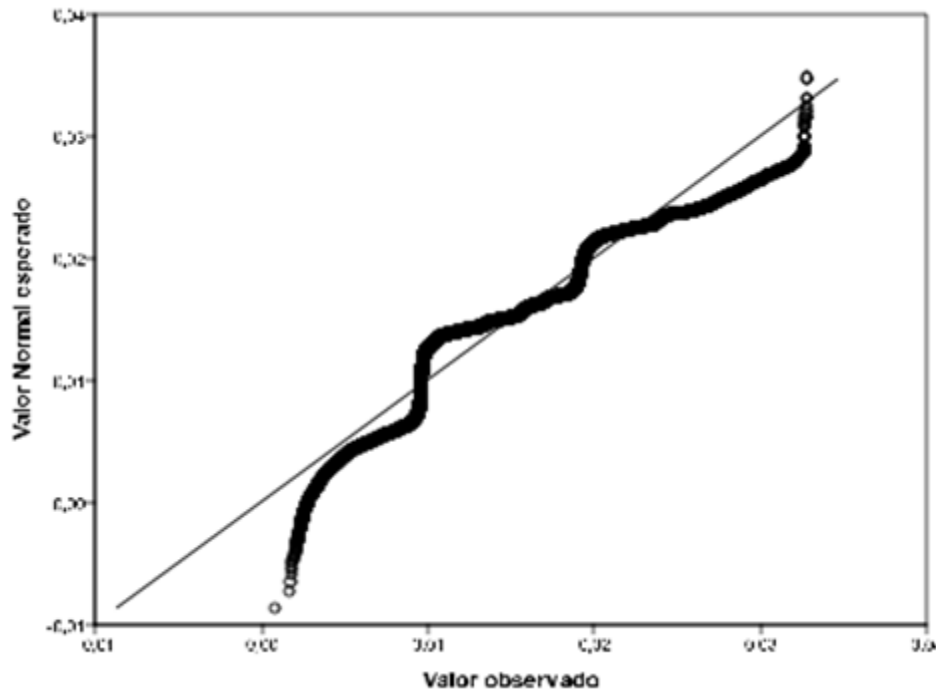


Figura 19. Q-Q de R
Fuente: Elaboración propia

Para continuar se necesita comprobar si existen diferencias entre las medias de varias muestras, también se requiere determinar si las variables de dichas muestras son iguales. Verificar si la varianza de las muestras son similares permite verificar si existe homoscedasticidad, esto ayuda a evaluar si la fuente del error es la misma. De ser iguales se tiene heterocedasticidad donde existe la probabilidad de que existan varias fuentes de error así como de que alguna de más muestras afecte a las demás. Para evaluar si existe homogeneidad de las varianzas se utiliza la prueba de Levene, donde se obtiene $F=294,849$ y un nivel de significación igual a 0,000 determinándose de esta forma que existe una diferencia significativa entre las varianzas (ver tabla 19).

Tabla 5.
Levene variable independiente: R

F	gl1	gl2	Sig.
294,849	2	8091	0,000

Fuente: elaboración propia (2019)

A través del modelo general lineal univariante se puede investigar la interacción de los factores sobre la variable independiente, en este caso la acción que ejerce el ángulo de incidencia de una señal 802.11g sobre el rendimiento. Otro beneficio de esta técnica de análisis es que permite comparar tanto los modelos equilibrados como no equilibrados (López & Gutierrez, 2019), siendo este último el caso de la presente investigación donde el número de medias es diferente para cada ángulo.

En la presente investigación se utilizó esta técnica para determinar el efecto de cada factor (ángulo de incidencia de la señal) sobre el rendimiento y de esta forma confirmar, sugerir o refutar la hipótesis nula la cual expresa que el ángulo de incidencia en paredes de concreto no afecta el rendimiento de las comunicaciones bajo el estándar IEEE 802.11g (ver tabla 20).

Tabla 20.
Pruebas de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: R

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,002 ^a	2	0,001	25,072	0,000
Intersección	1,420	1	1,420	41694,280	0,000
Ángulo	0,002	2	0,001	25,072	0,000
Error	0,276	8091	3,405E-5		
Total	1,737	8094			
Total corregida	0,277	8093			

Fuente: elaboración propia (2019)

En la tabla anterior se tiene un solo factor el cual es el ángulo de incidencia por lo que no se estudia interacción entre los factores, por otra parte en la segunda columna se tiene la suma de cuadrados, estos valores representan la variabilidad total de los datos. Luego se tienen los grados de libertad, ya que existe un solo factor representado por tres mediciones, gl en ángulo es igual a 2 ($3-1=2$). La cuarta columna representa la media cuadrática obtenida del cociente entre la suma cuadrática de cada fuente y los grados de libertad.

En la quinta columna de esta tabla se ubica la F de Snedecor, según (Tirado & Tirado, 2017), es el cociente entre la media cuadrática de cada fuente de variación del modelo general lineal siendo el que permite definir hasta que punto los factores afectan a la variable

dependiente. En la presente investigación se obtiene un $F = 25,072$ para el factor ángulo, con un nivel de significación de 0,000.

Según (López & Gutierrez, 2019), cuanto mayor sea el valor de F y por consiguiente menor el nivel de significación más probable que sea cierta la hipótesis alternativa (H_1). Con los valores obtenidos se determinó que existe una diferencia significativa entre el rendimiento de los diferentes ángulos de incidencia presentes en el estudio. Es importante resaltar que el modelo general univariante permite determinar si existe o no una diferencia significativa entre las medias de la variable pero no permite determinar cual factor ejerce mayor acción sobre la misma y cuales son las medidas que difieren, es decir, no especifica cuál ángulo ejerce mayor acción sobre el rendimiento. A su vez permite identificar subconjuntos homogéneos que no se diferencian entre sí.

Para ubicar las diferencias detectadas por el modelo MLG se utilizó la prueba Games-Howel donde se presume la existencia de varianzas diferentes. En esta prueba se observa un nivel de significación de 0,000 entre el ángulo de 30° en relación con 60° y 90° , mientras que entre estos últimos se tiene un nivel de significación de 0,997 determinando que entre los ángulos de 60° y 90° no existe una diferencia significativa, esto es, no se ejerce una acción determinante sobre el rendimiento en estas dos medidas. Se elige la prueba de Games-Howell ya que tiene similitudes a la prueba Tukey, además de que según (Frías, 2016), esta prueba es la que mejor controla la tasa de error en diferentes situaciones (ver tabla 21).

Tabla 21.
Prueba Post Hoc de Games Howell

DAN GULO	DAN NGULO	Diferencia de medias (I-J)	Error tip.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
30	60	- 0,00102	0,000187	0,000	0,00146	0,000586
	90	- 0,00103	0,000186	0,000	0,001474	0,000598
60	30	0,00102	0,000187	0,000	0,000586	0,00146
	90	- 0,00000964	0,000129	0,997	0,000313	0,000294
90	30	0,00103	0,000186	0,000	0,000598	0,001474
	60	0,00000964	0,0001298	0,997	0,000294	0,000313

Fuente: elaboración propia (2019)

Cuando se tienen varianzas significativamente diferentes se prefiere usar la prueba Games-Howel. Se puede observar en la tabla 20 que la diferencia entre el rendimiento de los ángulos 30° y 60° es cercano a cero, por lo que se considera despreciable para determinar si existen diferencias entre las varianzas. Con el objeto de construir la ecuación del modelo se aplicó un análisis de regresión de estimación curvilínea, dicho análisis se utiliza para modelar la curva que más se adapte a la distribución del estudio (ver tabla 22).

Tabla 22.
Resumen del modelo y estimaciones de los parámetros

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Const.	b1	b2	b3
Lineal	0,004	36,010	1	8092	0,000	0,012	1,636E-5		
Log.	0,005	42,522	1	8092	0,000	0,009	0,001		
Cuadrático	0,06	25,072	2	8091	0,000	0,011	8,506E-5	-5,649E-7	
Cúbico	0,06	25,072	2	8091	0,000	0,011	8,506E-5	-5,649E-7	0,000
Comp.	0,31	261,99	1809	2	0,000	0,010	1,004		
Potencia	0,37	309,73	1	8092	0,000	0,005	0,208		
Exponencial	0,31	261,99	1	8092	0,000	0,010	0,004		

Fuente: elaboración propia (2019)

En la tabla 21 se observan los valores de R cuadrado para las diferentes ecuaciones, según (Tirado & Tirado, 2017), una línea de tendencia es más fiable cuando su valor de R cuadrado es 1 o se acerca al valor de 1. En la presente investigación, la ecuación que más se acerca al sistema es $R \text{ cuadrado} = 0,37$ por representar el valor más cercano a 1, brindando mayor confiabilidad, a su vez indica que el modelo de potencia es el que más se ha adecuado a los datos tomados en el experimento (ver tabla 23).

Tabla 23.

Resumen del modelo de Potencia

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros	
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constan-te	b1
Potencia	0,37	309,739	1	8092	0,000	0,005	0,208

Fuente: elaboración propia (2019)

La figura 20, muestra el comportamiento que presenta el rendimiento de la transmisión relacionado con el factor o ángulo de incidencia.

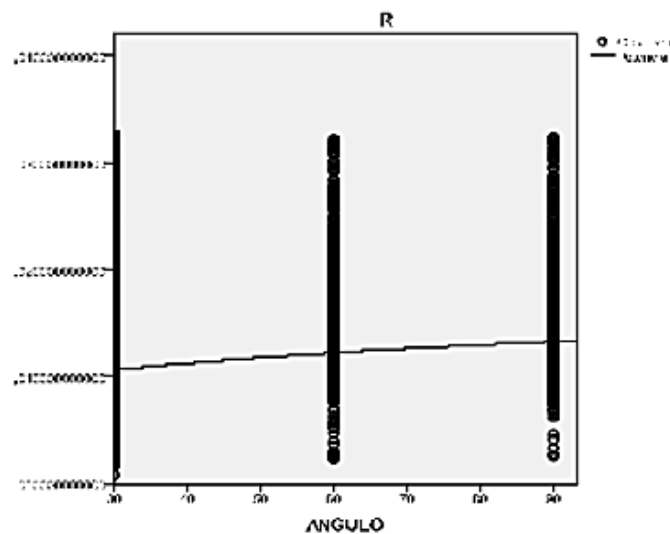


Figura 20. Comportamiento del rendimiento

Se establece la ecuación matemática del modelo de rendimiento que viene dado por la fórmula:

$$Y = 0,005 * (0,208X)$$

Esta ecuación es igual a afirmar que:

$$\ln Y = \ln 0,005 + (0,208 * \ln X)$$

La fórmula anterior explica con una exactitud de 37,00% brindando un margen de error de 63,00% la tendencia del rendimiento de acuerdo al ángulo de incidencia, representando un nivel de error sperado de acuerdo a la naturaleza incierta de la superficie sobre la cual se está trabajando. (García F. , 2011), explican que las señales pueden sufrir cambios al atravesar un medio debido a fenómenos como la absorción, difracción, entre otros, los cuales hacen impredecible la acción de estos materiales sobre la señal recibida, por ende se desconoce la acción que tendrá esto sobre el rendimiento de las redes de comunicación de datos. A su vez (Wilson, Bufa, & Lou, 2007), expresa que una señal que actúa sobre un obstáculo con un ángulo de incidencia mayor al ángulo crítico representado por 90° , tiende a reflejar señales, por lo que la potencia de la señal que ingresa en el obstáculo es menor.

Fase IV. Evaluación de hipótesis

Para (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010), las hipótesis son exclusivas de enfoques cuantitativos, esto significa que para su análisis se debe transformar la hipótesis nula y alternativa en símbolos estadísticos, esto permite el estudio de las hipótesis planteadas, además de facilitar la toma de decisiones con relación a las mismas. Este tipo de hipótesis se conoce como hipótesis estadísticas.

La presente investigación establece una relación entre los efectos producidos por la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto sobre el rendimiento de las redes IEEE 802.11g arrojando diferencias significativas entre los diferentes ángulos durante el análisis del modelo general lineal univariante. Se puede asegurar entonces que el rendimiento en redes 802.11g se ve afectado por la diferenciación del ángulo de incidencia. Esto se sustenta en la tabla 8 donde se observa que el valor de significación es 0 mientras el valor de F es igual a 25,072 el cual según expresa (Tirado & Tirado, 2017), mientras más alto sea el valor de F y menor la significación, es más probable que sea cierta la hipótesis alternativa.

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1) indicando que existe una influencia significativa de los ángulos de incidencia en paredes de concreto sobre el rendimiento en redes 802.11g.

CONCLUSIONES

Se evidencia la influencia del ángulo de incidencia sobre el rendimiento en redes 802.11g a través de los resultados obtenidos al aplicar el diseño de la propuesta y la ejecución de las fases metodológicas realizadas. A través de un grado significativo de confiabilidad se permite modelar la variable dependiente de estudio.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se realizó el diseño del experimento, donde se investigaron los requerimientos de software y hardware para la correcta realización del estudio, la distancia entre las antenas, tamaño del obstáculo y la cantidad de muestras a capturar. Se determinó por consiguiente que las aplicaciones a utilizar serían TFGEN y Wireshark, trabajando con el protocolo UDP, una distancia entre las antenas de 75 cm, mientras que el bloque de concreto tiene unas medidas de 40x20x12 cm según estándares de construcción, por otra parte se decidió separar la variable independiente en tres niveles representados por los ángulos 30°, 60° y 90°, donde se obtendrían 30 capturas de 100 paquetes cada una.

Se aplicó el modelo general lineal univariante, obteniéndose un $F=25,072$ con un nivel de significación de 0,000, determinándose la existencia de diferencias significativas entre los factores que influyen sobre el rendimiento, estos factores están representados por el ángulo de incidencia. De acuerdo al resultado obtenido se acepta la hipótesis alternativa (H1) indicando la influencia del ángulo de incidencia sobre concreto en el rendimiento de las comunicaciones 802.11g.

Posteriormente, mediante las pruebas post hoc se logró determinar que el ángulo de 30° tiene mayor influencia sobre el rendimiento de las comunicaciones 802.11g. para el modelo de influencia de los ángulos de incidencia sobre paredes de concreto, se establece la ecuación matemática del modelo de rendimiento que viene dado por la fórmula:

fórmula:

$$Y = 0,005 * (0,208X)$$

Esta ecuación es igual a afirmar que:

$$\ln Y = \ln 0,005 + (0,208 * \ln X)$$

La cual explica con una exactitud de 37,00% el modelado del rendimiento con un margen de error de 63,00%, representando un nivel de error esperado debido a la naturaleza de la superficie.

RECOMENDACIONES

Como primera recomendación se invita a los investigadores a trabajar con diferentes espesores de concreto para poder evaluar las transmisiones de señales en cualquier tipo de construcción, no sólo para casas y oficinas.

También se recomienda la utilización de redes TCP/IP para evaluar la cantidad de paquetes perdidos en las comunicaciones 802.11g, esto con el fin de tener otro factor de comparación a la hora de evaluar el rendimiento.

Como tercera recomendación se plantea crear tablas de rendimiento promedio de acuerdo al ángulo de incidencia con relación al estándar utilizado, permitiendo a futuros investigadores obtener una base de datos de fácil acceso a la hora de determinar el mejor rendimiento o que la misma sirva para los ingenieros encargados de diseños de sistemas de transmisión y de esta forma obtener un mejor rendimiento de cada comunicación 802.11.

Se recomienda continuar trabajando en la línea de investigación, evaluando la influencia del ángulo de incidencia de señales 802.11 en diferentes materiales de construcción, además de utilizar diferentes frecuencias para la transmisión de datos.

A la Universidad Tecnológica Israel se recomienda seguir impulsando la línea de investigación: Telecomunicaciones y Sistemas Informáticos aplicados a la producción y la sociedad, a través del desarrollo de investigaciones relacionadas con el tema abordado en la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Sexta edición*. Caracas, Venezuela: Episteme.
- Arias, E., & Lázaro, C. (2018). *Estudio de viabilidad para proveedor servicio de Internet inalámbrico prepagado, incorporando un diseño topológico de red WLAN con servidor AAA*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Bri, D. (2015). *Estudio del efecto de factores externos sobre las redes WLAN y diseño de un algoritmo cognitivo energéticamente eficiente*. España: Universitat Politècnica de Valencia.
- Bustamante, M., Martínez, J., & Macias, J. (2018). Caracterización térmica y mecánica de madera de guayacán para uso en las construcciones de Ecuador. *INNOVA Research Journal*, 3(11), 62-79.
- Bustos, J. (2018). *Diseño de LAN con énfasis en conexión inalámbrica para IPS Santa Paula*. Bogotá, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Caiza, C., & Lara, R. (2019). Evaluación del desempeño de la tecnología wifi en concordancia con los estándares IEEE 802.11 b/g/n en el interior de una cámara anecoica para la banda de 2.4 GHz. *Revista Iberoamericana de las ciencias computacionales e informática*, 1-23.
- Domínguez, F. (2014). *Contenidos MF0978-2 Gestión de archivos*. España: Editorial tutor Formación.
- Duarte, R., & Paredes, S. (2016). *Análisis del uso que hacen los usuarios conectados a un punto de acceso inalámbrico, sin autenticación, con conexión a Internet, ubicado en el edificio CIDS de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (Unan-León)*. León, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Fariza, A. (9 de 4 de 2016). *¿Qué significan Ping, Latencia o TCP? .* Recuperado el 5 de 5 de 2019, de Computerhoy: <https://computerhoy.com/noticias/life/que-significan-ping-latencia-tcp-38805>
- Freire, M. (2019). *Estudio comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a Y 802.11b de modo a mejorar el rendimiento de la red de datos. Caso práctico proveedor de Internet FASTERCOM*. Riobamba, Ecuador: Instituto de Postgrado y Educación continua e la ESPOCH.

- Gañán, R. (2019). *Caracterización experimental del rendimiento del estándar 802.11n en un entorno doméstico*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- García. (10 de 1 de 2018). *Intensidad de señal: los dBm determinan la cantidad de señal que nos llega al móvil*. Recuperado el 12 de 5 de 2019, de Adslzone: <https://www.adslzone.net/2018/01/10/entender-cobertura-movil-dbm/>
- García, F. (2011). *Efecto de obstáculos tipo madera en el rendimiento de redes TCP/IP/802.11g modo Ad Hoc*. Maracaibo, Venezuela: Universidad Rafael Beloso Chacín.
- Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos. Segunda edición*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.
- Kilamo. (26 de 06 de 2011). *¿Qué es la CCQ y cómo se determinan los valores?* Recuperado el 4 de 3 de 2019, de Kilamo: <http://kilamo.blogspot.com/2011/06/que-es-la-ccq-y-como-se-determinan-los.html>
- López, D. (2018). *Evaluación del estándar IEEE 802.11ac con tecnología MU-MIMO en comparación al estándar de fibra óptica en redes de transporte de datos*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- López, J. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de gestión WI-FI centralizado, en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, mediante routers, para mejorar la calidad de servicio*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Méndez, D. (2018). *Diseño de una red de videoconferencia con recepción mixta unicast/multicast con fines académicos en la sala de cómputo de la FETD*. Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Pandora FMS team. (3 de 5 de 2017). *Pérdida de paquetes: problemas, causas y soluciones*. Recuperado el 12 de 4 de 2019, de Pandorafms: <https://pandorafms.com/blog/es/perdida-de-paquetes/>
- Polanco, A. (s/f). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ingeniería.
- Quiñones, F. (2016). *Estudio de la red telefónica IP basada en Elastix instalada en la comunidad salesiana María Auxiliadora*. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Salazar. (01 de 05 de 2014). *¿Qué es Throughput?* . Recuperado el 01 de 06 de 2019, de Cualquier cosa de tecnología: <https://cualquiercosadetechnologia.wordpress.com/2014/05/01/que-es-throughput-redes-cualquiercosatecno/>
- Salazar, J. (s/f). *Redes Inalámbricas*. Czech Republic: České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická.
- Santos, M. (2014). *Diseño de redes telemáticas*. España: RA-MA S.A.
- Stracuzzi, S., & Pestana, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Tippens, P. (2007). *Física, Conceptos y aplicaciones. Séptima edición*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Tóala, J., Mero, E., & Ortiz, M. y. (2018). *Sistema de comunicación inalámbrico con tecnología MIKROTIK y su contribución en la transmisión de voz y datos en el terminal terrestre del cantón Jipijapa*. Ecuador: Área de Innovación y desarrollo.
- Villalba, M. (2018). *Sistema de posicionamiento en interiores*. Madrid, España: Universidad politécnica de Madrid.
- Wilson, J., Bufa, A., & Lou, B. (2007). *Física. Sexta edición*. México: Pearson Educación.

ANEXOS

Índice de estándares de tecnología wireless (2,4GHz y 5GHZ):

Descripción	Nombre del estándar
Introducción – Redes de área local	IEEE 802
Redes Ethernet por cable	IEEE 802.3
Redes Ethernet inalámbricas	IEEE 802.11
Ethernet inalámbrico de alta velocidad	IEEE 802.11b
Pseudo estándar de 22Mbps	IEEE 802.11b+
Velocidades de 54Mbps en la banda de 2,4GHz	IEEE 802.11g
Redes inalámbricas en la banda de los 5GHz	IEEE 802.11a
Red de área personal inalámbrica	IEEE 802.15
Acceso inalámbrico a banda ancha WirelessMAN	IEEE 802.16
54Mbps en la banda de los 5GHz (Definición Europea)	HiperLAN2
Interconectividad de dispositivos a corta distancia	Bluetooth
Redes inalámbricas de ámbito doméstico	HomeRF

Comparativa de estándares inalámbricos:

	802.11b	802.11a	802.11g	802.11b+
Fecha de definición	Septiembre 1999	Septiembre 1999	Noviembre 2001 (Borrador)	No estándar
Velocidad anunciada	11Mbps	54Mbps	54Mbps	22Mbps
Velocidad media obtenida	4-5Mbps	27Mbps	25Mbps	6Mbps
Frecuencia	2,4GHz	5GHz	2,4GHz	2,4GHz
Modulación	DSSS/CCK	OFDM	DSSS/PBCC	PBCC
Canales	11	12	11	11

Resumen 802.11g

Rango de frecuencias:	De 2.4 a 2.4835 GHz
Acceso:	Obligatoriamente Complementary Code Keying (CCK) y Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), opcionalmente puede incluir Packet Binary Convolution Coding (PBCC) y CCK/OFDM
Velocidad:	Hasta 54 Mbps
Compatibilidad:	Compatible con sistemas 802.11b de 11Mbps y 5,5Mbps. Compatible con sistemas 802.11 DSSS de 1 y 2 Mbps. No compatible con los sistemas 802.11 FHSS, Infrarrojos (IR) ni con HomeRF
Distancia:	Depende de la instalación y de los obstáculos, 300m típicos
Aplicación	Todo tipo de red de datos Ethernet

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo Javier Guaña Moya, portador de la C.I. 173265369, en mi calidad de Tutor del trabajo de investigación titulado:

INFLUENCIA DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA EN PAREDES DE CONCRETO BAJO EL ESTANDAR IEEE 802.11G, elaborado por **MARYORIBEL CRISTINA REAÑEZ ÁVILA**, estudiante de la Maestría en: TELEMÁTICA, mención CALIDAD EN EL SERVICIO de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL), para obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado la tesis de titulación de grado, la apruebo en todas sus partes.

Quito, 04 de septiembre de 2019

Lugar y fecha



Firma