



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título en Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO

**ANALIZAR EL RENDIMIENTO DEL SISTEMA RADIANTE
UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA MICROSTRIP Y SIW**

AUTOR:

Ronald Paúl Mariño Zaruma

DIRECTORA:

Ing. Deysi Vilma Inca Balseca

Riobamba-Ecuador

AÑO 2016

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: **ANALIZAR EL RENDIMIENTO DEL SISTEMA RADIANTE UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA MICROSTRIP Y SIW**, Presentado por: **Ronald Paul Mariño Zaruma** y dirigida por **Ing. Deysi Vilma Inca Balseca**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH

Para constancia de lo expuesto firman

Ing. Paulina Vélez
Presidente de Tribunal



Firma

Ing. Deysi Inca
Directora de Proyecto



Firma

Ing. José Jinez
Miembro de Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación, Corresponde exclusivamente a **Ronald Mariño** e **Ing. Deysi Inca**; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo



Ronald Paul Mariño

C.I: 0604064931

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ante todo a dios por guiarme

A mis padres por ser un pilar fundamental además por apoyarme de forma económica y anímica para nunca rendirme y lograr culminar mis metas

A mis hermanos por ser mi inspiración para superarme

A mi familia por ser impulsarme a salir adelante

A mis amigos por estar siempre en los buenos y malos momentos de mi vida

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que compartieron esta larga etapa de mi vida y que gracias a su apoyo hoy he logrado culminar

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1.....	12
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
1.1. ANTECEDENTES	12
1.2. SISTEMA RADIANTE	12
1.3. ESTÁNDAR 802.11.....	12
1.3.1. ESTÁNDAR 802.11A.....	13
1.3.2. ESTÁNDAR 802.11B.....	14
1.3.3. ESTÁNDAR 802.11G.....	15
1.4. DISEÑOS DE ANTENAS MICROSTRIP PARA LA BANDA ISM (2,4GH).....	16
1.4.1. FORMAS DE LAS ANTENAS TIPO PARCHE	17
1.4.2. ALIMENTACIÓN	17
1.4.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	19
1.4.4. FACTOR DE CALIDAD Y ANCHO DE BANDA	20
1.4.5. POLARIZACIÓN	21
1.4.6. APLICACIONES DE LAS ANTENAS PARCHE.....	21
1.4.7. DISEÑO DE LAS ANTENAS MICROSTRIP O PARCHE RECTANGULAR	22
1.5. DISEÑOS DE ANTENAS SIW PARA LA BANDA (2.4GHZ)	23
1.5.1. ESTRUCTURA GENERAL DE SUBSTRATE INTEGRATED WAVEGUIDE	23
1.5.2. FUNCIONAMIENTO	24
1.5.3. REGLAS DE DISEÑO	26
1.5.4. ESTRUCTURA COMPLETA CON ALIMENTACIÓN SIW PARA ANTENAS	27
1.6. ACCESS POINT TP-LINK TL WA70ND.....	29
1.6.1. RANGO DE VELOCIDAD INALÁMBRICA N	30

1.6.2.	MODOS MÚLTIPLES DE OPERACIÓN –WLAN FÁCIL DE CONSTRUIR.....	30
1.6.3.	SOPORTE PASIVO POE –DESPLIEGUE FLEXIBLE	31
1.7.	Adaptador USB Inalámbrico de Alta Potencia 150Mbps. TL-WN7200ND.....	31
1.7.1.	LO QUE HACE ESTE PRODUCTO.....	32
1.7.2.	MAYOR PODER PARA PENETRABILIDAD MÁS FUERTE	32
1.7.3.	RECEPTOR DE ALTA SENSIBILIDAD PARA SEÑAL MÁS RELIABLE CONFIABLE	33
1.7.4.	ANTENA EXTERNA DESMONTABLE 5DBI.....	34
1.7.5.	DISEÑO ESTILO ESCRITORIO Y EXTENSIÓN USB DE CABLE DE 1.5M	34
1.8.	CABLE COAXIAL RG-58 CABLE COAXIAL CON ACTIVO UNIFILAR.....	35
1.9.	CONECTORES SMA.....	36
1.9.1.	CONECTOR SMA MACHO.....	36
1.9.2.	CONECTOR SMA HEMBRA.....	37
1.10.	SUSTRATO FR4.....	38
CAPÍTULO II		40
2.	METODOLOGÍA.....	40
2.1.	TIPO DE ESTUDIO	40
2.1.1.	INVESTIGACIÓN APLICADA.....	40
2.2.	MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	40
2.2.1.	MÉTODOS	40
2.7.2.1.	MÉTODO DESCRIPTIVO.....	40
2.7.2.2.	MÉTODO INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL.	41
2.7.2.3.	MÉTODO ANALÍTICO.	41
2.2.2.	TÉCNICAS.....	41
2.7.2.1.	OBSERVACIÓN.....	41
2.2.3.	INSTRUMENTOS	41
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
2.3.1.	POBLACIÓN	42
2.3.2.	MUESTRA.....	42
2.4.	HIPÓTESIS.....	43
2.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	43
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	43

2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	43
2.6.	PROCEDIMIENTOS	44
2.7.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	44
2.7.1.	DISEÑO DE ANTENAS.....	44
2.7.2.1.	DISEÑO DE LA ANTENA MICROSTRIP	44
2.7.1.1.1.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	57
2.7.2.2.	DISEÑO DE LA ANTENA SIW.....	58
2.7.1.2.1.	RESULTADOS Y SIMULACIÓN	66
2.7.2.3.	ELABORACIÓN DE LAS ANTENAS MICROSTRIP Y SIW ..	67
2.7.2.4.	CONFIGURACIÓN DEL ACCESS POINT	68
2.7.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOFTWARE COLASOFT 7.....	72
2.7.2.1.	HIPÓTESIS.....	73
2.7.2.2.	INTERPRETACIÓN ESTADÍSTICA DE PRUEBAS	73
2.7.2.3.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	77
2.7.2.3.1.	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	78
2.7.2.3.2.	ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL DE SIGNIFICANCIA	78
2.7.2.3.3.	SE ESTABLECE LA REGLA DE DECISIÓN.....	79
CAPÍTULO III.....		81
3.	RESULTADOS EXPERIMENTALES	81
3.1.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	81
3.2.	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN	81
3.3.	PRUEBA DE ANTENAS.....	84
3.4.	COMPROBACIÓN DE LAS ANTENAS SIMULADAS Y LAS ANTENAS FÍSICAS.....	87
CAPÍTULO IV		90
4.	DISCUSIÓN	90
CAPÍTULO V.....		92
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1.	CONCLUSIONES.....	92
5.2.	RECOMENDACIONES.....	93
CAPÍTULO VI.....		94
6.	PROPUESTA	94
6.1.	TÍTULO DEL PROYECTO	94

6.2.	INTRODUCCIÓN	94
6.3.	OBJETIVOS	94
6.3.1.	OBJETIVO GENERAL	94
6.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	95
6.4.	JUSTIFICACIÓN	95
	Bibliografía	96
	ANEXOS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estándar 802.11a	13
Figura 2. Estándar 802.11b	14
Figura 3. Estándar 802.11g	15
Figura 4. Formas geométricas de las Antenas Microstrip.....	17
Figura 5. Alimentación de una línea de transmisión.....	18
Figura 6. Alimentación conectora coaxial	18
Figura 7. Acoplamiento por proximidad.....	19
Figura 8. Acoplamiento por ranura	19
Figura 9. Función de la Línea Microstrip	20
Figura 10. Microstrip con divisor de potencia e híbrida	21
Figura 11. Estructura SIW	24
Figura 12. Ondas electromagnéticas viajan dentro de la estructura SIW.....	25
Figura 13. Parámetros básicos de SIW	26
Figura 14. Estructura final SIW vista frontal	28
Figura 15. Estructura final SIW vista lateral.....	28
Figura 16. Access Point TP LINK WA70ND.....	29
Figura 17. Velocidad inalámbrica N	30
Figura 18. Modos Múltiples de operación	30
Figura 19. Soporte Pasivo Poe	31
Figura 20. Adaptador USB Inalámbrico de Alta Potencia 150Mbps. TL-WN7200ND. ..	32
Figura 21. Mayor Poder para Penetrabilidad Más Fuerte.	33
Figura 22. Receptor de Alta Sensibilidad para Señal más Reliable Confiable.	33
Figura 23. Antena Externa Desmontable 5dBi.	34
Figura 24. Diseño Estilo Escritorio y Extensión USB de Cable de 1.5m.	35
Figura 25. Cable Coaxial RG-58.....	35
Figura 26. Conector SMA macho	36
Figura 27. Conector SMA hembra.....	37
Figura 28. Fibra de Vidrio FR4.....	38
Figura 29. Acople a 50Ω.....	48
Figura 30 Crear proyecto nuevo.....	48
Figura 31. Propiedades de diseño	49
Figura 32 Valores para diseño de la antena	49
Figura 33 Variables antena	50
Figura 34 Valores de la Placa FR4.....	50
Figura 35 Asignación del material	51
Figura 36 Asignación de datos para FR4.....	51
Figura 37 Asignación del cobre.	52
Figura 38. Asignación de datos del cobre.....	52
Figura 39. Asignación del material.	53
Figura 40. Asignación de datos.....	53
Figura 41. Asignación dematerial.	54
Figura 42. Asignación de datos.....	54
Figura 43. Diseño de Antena.	55

Figura 44. Agnación del lumped port.	55
Figura 45. Radiación de la Antena.....	56
Figura 46. Verificación y Simulación de la Antena.....	56
Figura 47. Frecuencia de corte simulada.	57
Figura 48. Radiación de la Antena.....	57
Figura 49. Radiacion 3D Antena Microstrip.....	58
Figura 50. Dimensiones a Diseñar.....	58
Figura 51. Acople a 50Ω.....	59
Figura 52. Nuevo proyecto en el software HFSS.....	60
Figura 53. Ingreso de datos.	62
Figura 54. Antena SIW.	63
Figura 55. Simulación valor pico máximo.....	63
Figura 56. Ubicación de Slot y orificios metalizados	64
Figura 57. Simulación con slot y orificios metalizados	64
Figura 58. Antena SIW	65
Figura 59. Antena radiada.....	65
Figura 60. Frecuencia máxima de resonancia	66
Figura 61. Radiación de la antena SIW.....	66
Figura 62. Radiación 3D Antena SIW	67
Figura 63. Diseños en AutoCAD	67
Figura 64. Antena SIW	68
Figura 65. Antena Microstrip.....	68
Figura 66. Ingreso al Access Point.....	69
Figura 67. Cuadro de bienvenida	69
Figura 68. Configuración como Access Point	70
Figura 69. Configuración para nombre de red y contraseña	70
Figura 70. Deshabilitar DHCP.....	71
Figura 71. Aceptación de cambios realizados.....	71
Figura 72. Recolección de datos en ambiente 1	72
Figura 73. Recolección de datos en ambiente 2.....	73
Figura 74. Ambiente 1	74
Figura 75. Ambiente 2	76
Figura 76. Tiempo de transmisión	82
Figura 77. Velocidad de transmisión	83
Figura 78. Paquetes perdidos	84
Figura 79. Antena Microstrip Analizador de espectros	85
Figura 80. Antena SIW Analizador de espectros.....	85
Figura 81. Antena Microstrip analizador de espectros.....	86
Figura 82. Antena SIW analizador de espectros	86
Figura 83. Resultados de la simulación	87
Figura 84. Resultados mediante el analizador de espectros	87
Figura 85. Resultado de la simulación	88
Figura 86. Resultado mediante analizador de espectros	89
Figura 87. Características de placa.....	97
Figura 88. Impresión de las antenas.....	98
Figura 89. transferencia a la placa	98

Figura 90. Antenas listas para introducirlas al acido	99
Figura 91. Antenas expuestas a acido}	99
Figura 92. Orificios de la placa.....	99
Figura 93. Antenas Terminadas	100
Figura 94. Trasferencia de datos.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándar WI-Fi.....	13
Tabla 2. Velocidad del estándar 802.11a.....	14
Tabla 3. Velocidad del estándar 802.11b.....	14
Tabla 4. Velocidad del estándar 802.11g.....	15
Tabla 5. Atenuaciones de Cable Coaxial RG-58	36
Tabla 6. Características del Conector SMA Macho.....	37
Tabla 7. Características del Conector SMA Hembra	38
Tabla 8. Parámetros de fr4.....	39
Tabla 9. Operacionalización de las variables	43
Tabla 10. Antena Microstrip, Simulación en un ambiente donde no existe congestión ni redes inalámbricas.....	74
Tabla 11 Antena SIW, Simulación en un ambiente congestionado de redes inalámbricas.	76
Tabla 12. Velocidad de transmisión.....	79
Tabla 13. Variables	79
Tabla 14. Frecuencia esperada.....	79
Tabla 15. Valores estadísticos.....	80
Tabla 16. Velocidad de Trasmisión	82
Tabla 17. Tiempo de Trasmisión	82
Tabla 20. Ancho de banda analizador de espectros	86

RESUMEN

Las Redes inalámbricas no se comunican por un medio guiado o cables, se comunican por ondas electromagnéticas las que son utilizadas para comunicaciones entre computadores, celulares, entre otros. Mismas que son de rápida instalación, reducen costos de mantenimiento y permiten estar conectados en varios lugares. En la actualidad se usan diariamente, y se han convertido en una necesidad básica de los seres humanos.

Las antenas son una parte fundamental de los sistemas radiantes, para mejorar este sistema se procede al diseño de una antena Microstrip y una antena SIW, mediante métodos convencionales para obtener mejores prestaciones, estas antenas se las realiza en un sustrato dieléctrico con características para transmitir guías de ondas, estas son simuladas mediante un software HFSS y finalmente se fabrican las antenas físicas, a estas antenas se las expone a simulaciones de transmisión de datos mismos que son analizadas por el Programa Colasoft para obtener datos en tiempo real de velocidad de trasmisión , tiempo de trasmisión, paquetes enviados recibidos y perdidos, además se realiza pruebas mediante el analizador de espectros obteniendo un mínimo de error entre las antenas simuladas y las antenas físicas.

En este proyecto se busca obtener mejores prestaciones de servicio en la antena SIW mejorando así la comunicación inalámbrica, estas necesitan mucha precisión lo que las convierte en difíciles de fabricar, las antenas Microstrip en cambio son fáciles de fabricar pero tiene deficiencias de comunicación inalámbrica.

ABSTRACT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CENTRO DE IDIOMAS INSTITUCIONAL

Lic. Byron Soria

15/08/2016

ABSTRACT

Wireless networks do not receive communication for a way guided or cables, they communicate by electromagnetic waves which they are used for communications between computers, phones, among others. These are fast to install, reduce maintenance costs and allows us to be connected in several places. Now they used daily, and have become a basic need of human beings.

Antennas are a fundamental part of radiant systems to improve this system is applicable to a Microstrip antenna design and SIW antenna, by conventional methods to get better performance, these antennas are performed on a dielectric substrate with features to transmit waveguides, these are simulated by HFSS software, and finally the physical antennas are manufactured, these antennas are exposed to simulated data themselves which are analyzed by the program Colasoft for getting real-time data transmission speed, transmission time, sent packets received and lost, besides tests are performed by the spectrum analyzer getting a minimum error between the simulated antennas and physical antennas.

This study permitted to get better performance of service in the SIW antenna improving in this way wireless communication, for instance these need a lot of precision which makes them difficult to manufacture, Microstrip antennas while easy to manufacture but are deficiencies have wireless communication.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Byron Soria'.



INTRODUCCIÓN

A medida que los años pasan los seres humanos adquieren mayor necesidad de comunicación, y las redes inalámbricas satisfacen esta necesidad, aunque este a su vez requiere de constantes ajustes y mejoras para su correcto funcionamiento. En el área de las telecomunicaciones es necesario, diseñar nuevas tecnologías que permitan alcanzar parámetros que logren que la antena sea un sistema de rendimiento eficaz.

Con el diseño de ANTENAS MICROSTRIP y ANTENAS SIW se busca saber que antena permite mejorar el rendimiento y eficiencia de un sistema radiante. Teniendo en cuenta que la antena es la estructura que se asocia a la región de transición de ondas que se desplazan en el espacio, debido a la irradiación de energía de Radio Frecuencia.

Mediante la realización de simulaciones de las antenas diseñadas a la frecuencia de 2.4GHz, se procederá a realizar pruebas con las antenas en un ambiente ya establecido, donde finalmente se procederá a la comprobación de las hipótesis a través de las variables y mediciones establecidas.

Mediante la utilización del software Colasoft se calculara el tráfico de las redes, para poder obtener el rendimiento de la red en velocidad de transmisión, tiempo de transmisión y paquetes transmitidos, recibidos, perdidos. Esto con el fin de lograr establecer cuál de estas antenas permite mejorar el rendimiento del sistema radiante.

Teniendo en cuenta que las antenas Microstrip son una tecnología fácil de utilizar y posee buenas prestaciones se han desarrollada nuevas antenas que mejoran el rendimiento de estas, por ejemplo las antenas SIW cuya tecnología es nueva y aún está siendo estudiada y experimentada permite obtener mejores resultados.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto inicia con varios estudios entre ANTENAS MICROSTRIP y ANTENAS SIW con el fin de saber cuáles de estas antenas son las más recomendables para el uso en un sistema radiante mejorando así su rendimiento y eficiencia para lo que se detalló los siguientes temas.

1.2. SISTEMA RADIANTE

Un sistema o antena es la estructura asociada con la región de transición entre una onda guiada a una onda que se desplaza en el espacio libre, por la irradiación de energía de RF. (Redes Inalambricas en los Paices en Desarrollo, 2013).

1.3. ESTÁNDAR 802.11

El Estándar IEEE 802.11 define el uso de los niveles inferiores de la arquitectura OSI (capa física y capa de enlace de datos), se lo puede especificar como normas de funcionamiento WLAN (Wireless Local Área Network) o redes de área local inalámbricas. Hoy en día se usa sus versiones mejoradas (802.11a, 802.11b y 802.11) las que se las utiliza para conectividad en hogares, oficinas y locales comerciales. (EcuRed, 2016), ver Tabla 1.

La tabla 1 describe los diferentes estándares WI-FI 802.11.

Tabla 1. Estándar WI-Fi

Estándar	Frecuencia	Velocidad	Rango
Wi-Fi a (802.11a)	5 GHz	54 Mbit/s	10 m
Wi-Fi b (802.11b)	2,4 GHz	11 Mbit/s	100 m
Wi-Fi g (802.11g)	2,4 GHz	54 Mbit/s	100 m

Fuente: <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>

1.3.1. ESTÁNDAR 802.11A

El estándar 802.11a apareció en 1999 y fue una rectificación del estándar original, utiliza el mismo protocolo base que el estándar original, trabaja en la banda de los 5Ghz y utiliza 52 portadoras OFDM (Ortogonal Frequency—Division Multiplexing), alcanza una velocidad máxima de 52 Mbits, lo que hace que sea un estándar apropiado para las redes inalámbricas.

No puede operar con equipos que posean el estándar 82.11b a menos que los equipos con los que se dispone comunicar tengan ambos estándares ver Figura 1, Tabla 2.



Figura 1. Estándar 802.11a

Fuente: <http://es.slideshare.net/ugoandresprofesor/leccion3-f-redes>

Como se puede observar la tabla 2 describe las velocidades estándar IEEE 802.11a

Tabla 2. Velocidad del estándar 802.11a

Velocidad hipotética (en ambientes cerrados)	Rango
54 Mbit/s	10 m
48 Mbit/s	17 m
36 Mbit/s	25 m
24 Mbit/s	30 m
12 Mbit/s	50 m
6 Mbit/s	70 m

Fuente: <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>

1.3.2. ESTÁNDAR 802.11B

Este estándar es el más utilizado actualmente ya que ofrece un rendimiento de 11 Mbps y un aproximado de 6Mbps en la práctica alcanza una distancia de hasta 300 metros en espacio abierto y trabaja en el rango de frecuencia de 2.4Ghz con tres canales de radio disponible, ver Figura 2, Tabla 3.



Figura 2. Estándar 802.11b

Fuente: <http://es.slideshare.net/ugoandresprofesor/leccion3-f-redes>

Como se observa en la tabla 3 se describe las velocidades del estándar IEEE 802.11b

Tabla 3. Velocidad del estándar 802.11b

Velocidad hipotética	Rango	Rango
----------------------	-------	-------

	(en ambientes cerrados)	(al aire libre)
11 Mbit/s	50 m	200 m
5,5 Mbit/s	75 m	300 m
2 Mbit/s	100 m	400 m
1 Mbit/s	150 m	500 m

Fuente: <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>

1.3.3. ESTÁNDAR 802.11G

Este estándar ofrece un ancho de banda muy elevado con un rendimiento total de 54 Mbps pero con un total de 30 Mbps en la práctica, el rango de frecuencia de 2,4Ghz. Este estándar 802.11g es compatible con el estándar 802.11b lo que significa que un dispositivo que tenga el estándar 802.11g funcione con un dispositivo que tenga el estándar 802.11b ver Figura 3, Tabla 4.

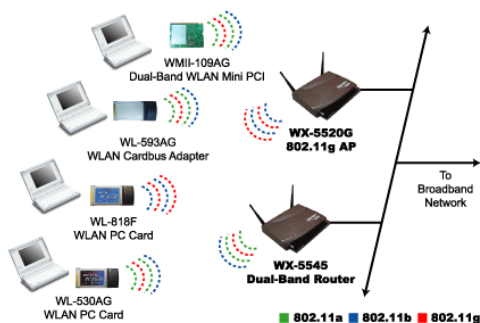


Figura 3. Estándar 802.11g

Fuente: <http://es.slideshare.net/ugoandresprofesor/leccion3-f-redes>

Como se observa en la tabla 4 describe las velocidades del estándar IEEE 802,11g

Tabla 4. Velocidad del estándar 802.11g

Velocidad hipotética	Rango (en ambientes cerrados)	Rango (al aire libre)
----------------------	----------------------------------	--------------------------

54 Mbit/s	27 m	75 m
48 Mbit/s	29 m	100 m
36 Mbit/s	30 m	120 m
24 Mbit/s	42 m	140 m
18 Mbit/s	55 m	180 m
12 Mbit/s	64 m	250 m
9 Mbit/s	75 m	350 m
6 Mbit/s	90 m	400 m

Fuente: <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>

1.4. DISEÑOS DE ANTENAS MICROSTRIP PARA LA BANDA ISM (2,4GH)

Las antenas Parche o también conocidas como Microstrip se caracterizan por tener un bajo perfil, pueden adaptarse a la forma de la estructura (plano y curva), la fabricación es sencilla y barata, son robustas, combinables con circuitos o integrados y con diferentes polarizaciones.

Estas antenas por su bajo costo, fácil realización, y las diversas frecuencias con las que se puede trabajar son muy utilizadas por los estudiantes, ya que por todas sus características permiten un análisis más profundo.

La tecnología Microstrip se origina en los años 50 con la aparición de las Striplines pero la primera línea de Microstrip se publicó en 1952 estas no fueron tan acogidas ya que estas líneas al ser muy abiertas y tener amplias pérdidas por radiación y la baja permitividad de los sustratos en aquellos tiempos. Conforme la tecnología fue avanzando se crearon nuevos sustratos con menores pérdidas lo que hizo que las líneas Microstrip se fueran desarrollando de mejor manera, estas se comienzan a utilizar en sistemas a partir de los años 70. (AQUINO, 2008)

La estructura de estas antenas consiste en un parche metálico (dimensiones comparables a λ), sobre un sustrato dieléctrico sin pérdidas. El Grosor Oscila entre 0.003λ y 0.05λ . La constante dieléctrica (ϵ_r) puede tomar valores que

varían entre 2 y 12. Y la parte inferior de la estructura tiene un plano conductor perfecto. (Ferrando & Valero, 2014)

Una de las aplicaciones más importantes son para teledetección sistemas de posicionamiento global, antenas móviles, aplicadores de calor, altímetros en aviones, aplicaciones militares y en general en todos los sistemas microondas.

1.4.1. FORMAS DE LAS ANTENAS TIPO PARCHE

Existen diversas formas geométricas en las que se puede realizar una antena pero las más habituales son las rectangulares y las circulares. (Jiménes Martín , Rodríguez Martín , & González Posadas, 2011), ver Figura 4.

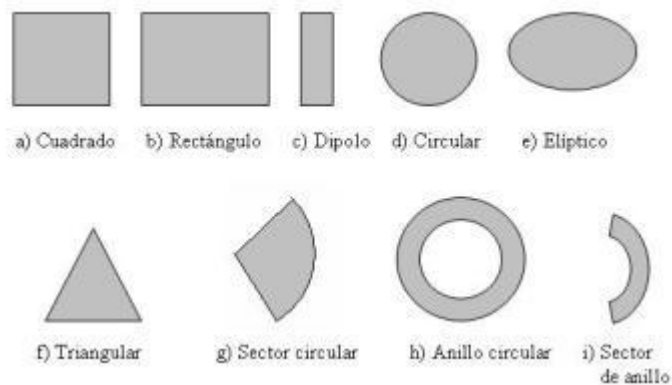


Figura 4. Formas geométricas de las Antenas Microstrip

Fuente: (Redes Inalambricas en los Países en Desarrollo, 2013)

1.4.2. ALIMENTACIÓN

Este tipo de antenas se alimentan a través de líneas impresas, ranuras, sondas coaxiales, o bien acoplamientos por cavidades, pero una de las formas más habituales de alimentación es a través de una línea de transmisión en el mismo plano del parche. (Ferrando & Valero, 2014), ver Figura 5.

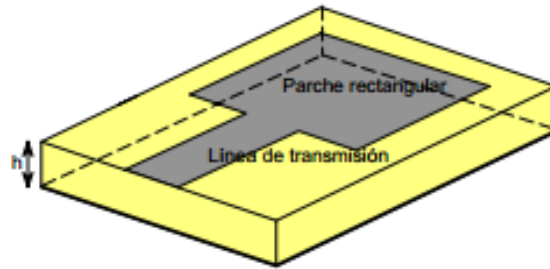


Figura 5. Alimentación de una línea de transmisión

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf

Frecuentemente se la realiza con una alimentación a través de conector coaxial, estas se los realiza sobre todo en antenas poco directivas, observar Figura 6.

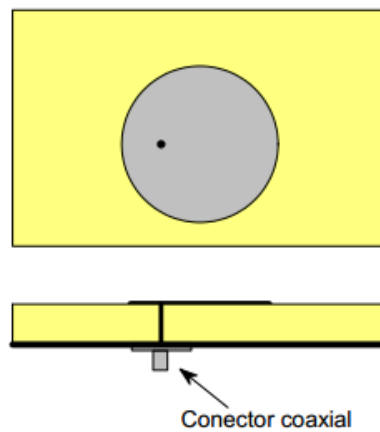


Figura 6. Alimentación conectora coaxial

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf

Entre otras formas de alimentación se encuentra el acoplamiento por proximidad en una estructura multicapa como se observa en la Figura 7.

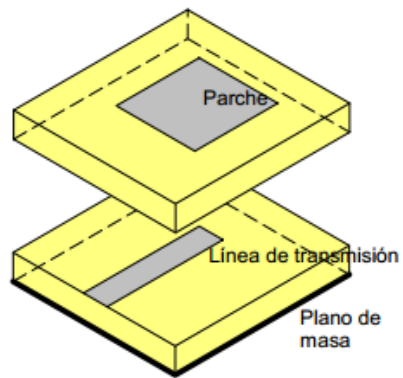


Figura 7. Acoplamiento por proximidad

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf

Finalmente, el acoplamiento a través de una ranura, como se observa en la figura 8.

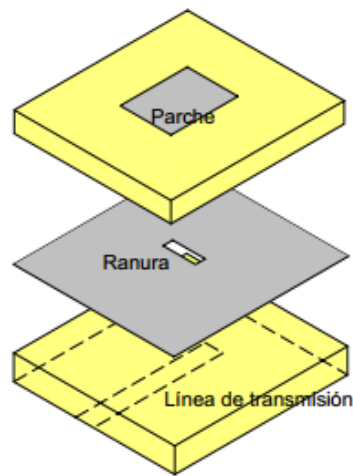


Figura 8. Acoplamiento por ranura

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf

1.4.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Este tipo de antenas Microstrip se las puede analizar de varias maneras, desde los modelos más simples, basados en líneas de transmisión o cavidades hasta los más complejos, utilizando métodos numéricos y espectrales. La línea de transmisión Microstrip consiste en un conductor separado por un dieléctrico sobre un plano de masa.

El modo fundamental es QUASI- TEM estando la mayor parte del campo confinado en el dieléctrico.

El dieléctrico es eléctricamente delgado ($0.003\lambda < h < 0.05 \lambda$), con el fin de evitar fugas y ondas superficiales. La permitividad es de ($0.3 < \epsilon_r < 10$), para que las líneas del campo estén confinadas en torno a la línea Microstrip, ver Figura 9.

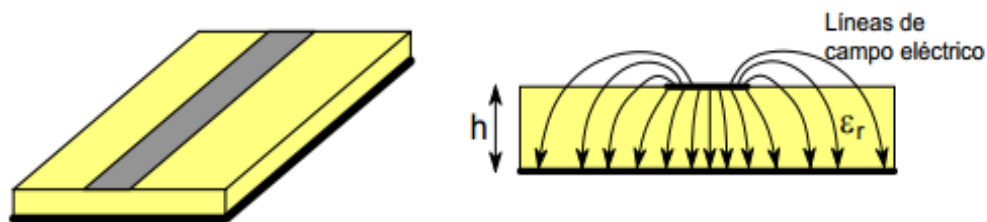


Figura 9. Función de la Línea Microstrip

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf

1.4.4. FACTOR DE CALIDAD Y ANCHO DE BANDA

La potencia consumida por la antena se reparte entre las pérdidas por radiación, las pérdidas en el dieléctrico y las pérdidas por conducción en el metal

El factor de calidad se define como:

$$Q = \frac{\text{Energía Amacenada}}{\text{Potencia Disipada}}$$

El factor de calidad se relaciona con los parámetros de la cavidad, especialmente con el grosor (h) y con la constante dieléctrica (ϵ_r). Para aumentar las pérdidas por radiación es conveniente aumentar el grosor y disminuir la constante

dieléctrica en estas condiciones aumenta el ancho de banda. Por el contrario, para espesores pequeños o constantes eléctricas elevadas se favorece el almacenamiento de energía en la cavidad, y el factor de calidad aumenta, disminuyendo el ancho de banda (Ferrando & Valero, 2014)

$$\frac{1}{Q} = \frac{\Delta f}{f_0}$$

1.4.5. POLARIZACIÓN

Las antenas en su modo fundamental equivalen a corrientes magnéticas con polarización lineal. Para conseguir polarización circular es necesario combinar un modo vertical y un modo horizontal en cuadratura. El desfase se puede conseguir mediante circuitos híbridos que consiguen el mismo efecto, ver Figura 10.

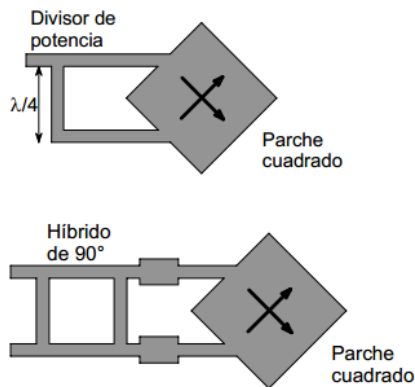


Figura 10. Microstrip con divisor de potencia e híbrida

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf

1.4.6. APLICACIONES DE LAS ANTENAS PARCHE

Las antenas de parche o Microstrip se pueden utilizar en forma de agrupaciones con alimentación serie paralelo. En general el ancho de banda que se consigue es muy reducido, y las características de radiación son relativamente malas. Sus

ventajas más importantes son su reducido peso y dimensiones y la facilidad de integrarlas con circuitos de microondas (Ferrando & Valero, 2014)

- Antenas embarcadas en misiles
- Altímetros radar aviones
- Antenas de exploración radar en satélites
- Sistemas GPS
- Telefonía móvil
- Comunicaciones móviles por satélite
- Aplicaciones de calor en medicina

1.4.7. DISEÑO DE LAS ANTENAS MICROSTRIP O PARCHE RECTANGULAR

Para el diseño de una antena parche rectangular, lo primero que se debe realizar es especificar la frecuencia de resonancia, la constante dieléctrica y el grosor del sustrato. A continuación, se detalla las fórmulas para:

- Cálculo para el ancho (W)

$$W = \frac{c}{2 * Fc * \frac{(Er + 1)}{2}}$$

- Cálculo (Eeff)

$$Eeff = \frac{Er + 1}{2} + \frac{Er - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

- Cálculo delta L (ΔL)

$$\Delta L = 0.412h \frac{(Eeff + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(Eeff - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.813\right)}$$

- Cálculo longitud efectiva (Leff)

$$Leff = \frac{c}{2 * Fc * Eeff}$$

- Cálculo longitud (L)

$$L = Leff - 2 \Delta L$$

- Cálculo tierra (Lg)

$$Lg = 6h - L$$

1.5. DISEÑOS DE ANTENAS SIW PARA LA BANDA (2.4GHZ)

La tecnología de guía de onda es aún la principal elección para el diseño de elementos de alto rendimiento en sistemas de ondas milimétricas. Sin embargo, está no es muy adecuada para producirla en masa de bajo costo debido a la necesidad de caros y tediosos procesos de calibración de los dispositivos finales. Además, los voluminosos y las interfaces con estructuras planares pueden resultar muy complejas.

En los últimos años se han propuesto algunas soluciones que permiten esta integración, la más utilizada es la que se basas en Substrate Integrated Waveguide (SIW). Esta tecnología permite implementar componentes utilizado todas las técnicas tradicionales de modelado y diseño desarrolladas para dispositivos en guía de onda rectangular

A inicios de los años 90 surge esta nueva tecnología llamada Substrate Integrated Waveguide (SIW) que consiste en sintetizar una guía de onda dentro de un sustrato dieléctrico, habitualmente esto se consigue creando paredes electricas artificiales utilizando vías metalizadas. La estructura resultante es una guía de onda plana en la que las ondas se confinan dentro de dichas paredes y viajan por el material dieléctrico del que esta rellena. Esta tecnología permite el diseño y construcción de guía en el rango de microondas y ondas milimétricas. Se puede diseñar resonadores, diplexores, filtros y otros circuitos usando una técnica de fabricación de bajo costo completamente con técnicas PCB. (Navarro Méndez, Carrera Suárez , & Baquero Escudero, 2010)

1.5.1. ESTRUCTURA GENERAL DE SUBSTRATE INTEGRATED WAVEGUIDE

La tecnología Substrate Integrated Waveguide al utilizar en gran parte la tecnología Microstrip tiene componentes muy parecidas a ella, los cuales son:

- Un sustrato dieléctrico
- Un plano de tierra
- Una línea conductora
- Orificios metalizados

Una estructura SIW se muestra de la siguiente manera observa Figura 11.

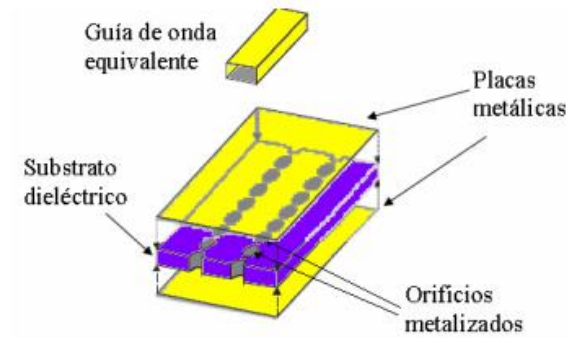


Figura 11. Estructura SIW

Fuente: Diseño, Simulación y Construcción de Antenas Parche Para Bluetooth y WI-FI, Bandas 2.4Ghz y 5.8Ghz.

1.5.2. FUNCIONAMIENTO

El plano de tierra funciona como la pared inferior de la guía de onda, la placa conductora funciona como la pared superior de la guía de onda y los orificios metalizados funcionan como la pared superior de la guía de onda y los orificios metalizados funcionan como las paredes laterales de la guía de onda. (AQUINO, 2008), ver Figura 12.

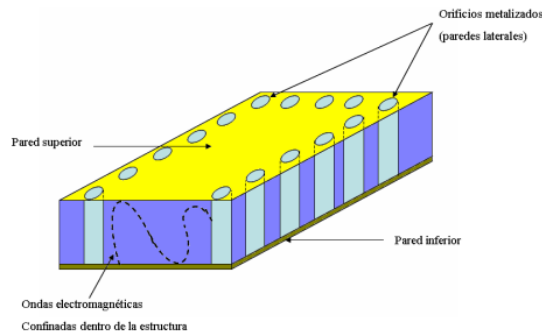


Figura 12. Ondas electromagnéticas viajan dentro de la estructura SIW

Fuente: Diseño, Simulación y Construcción de Antenas Parche Para Bluetooth y WI-FI, Bandas 2.4Ghz y 5.8Ghz.

Para el diseño de Substrate Integrated Waveguide se deben tener en consideración medidas intrínsecas a dicha tecnología.

Las medidas a considerar para el diseño de antenas SIW (figura 13) son:

- El grosor del sustrato (h)
- Distancia entre los orificios metalizados (bp)
- Diámetro de los orificios (D)
- El ancho de la guía de onda (W)
- El ancho Efectico de la guía de onda W_{eff}

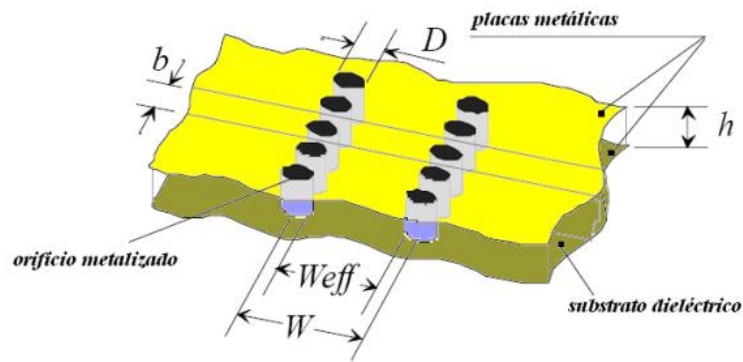


Figura 13. Parámetros básicos de SIW

Fuente: Diseño, Simulación y Construcción de Antenas Parche Para Bluetooth y WI-FI, Bandas 2.4Ghz y 5.8Ghz.

1.5.3. REGLAS DE DISEÑO

A continuación se presenta una forma resumida, el método de diseño que se seguirá para Substrate Integrated Waveguide combinado con las formulas consideraciones. (AQUINO, 2008)

- Se selecciona el dieléctrico a utilizar.
- Seleccionar una frecuencia de corte f_c , debe ser inferior a la frecuencia que se desea trabajar.
- Una vez especificada a la frecuencia de corte f_c , se obtiene la segunda dimensión la guía de onda; el ancho a . El ancho se puede determinar despejándolo de la siguiente ecuación:

$$a = \frac{c}{2f_c \sqrt{\mu_R \epsilon_R}}$$

- Se debe encontrar la longitud de onda en la guía de onda mediante las siguientes ecuaciones:

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\cos\theta} = \frac{\lambda}{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_c}\right)^2}}$$

- Una vez que se ha obtenido la longitud de onda en la guía se procede a especificar el diámetro de los orificios metalizados, debe cumplir con la siguiente ecuación:

$$D < \frac{\lambda_g}{5}$$

- Se especifica la distancia entre los orificios metalizados, debe cumplir la siguiente ecuación:

$$b_p \leq 2D$$

- Se selecciona un ancho de línea de Microstrip que tenga la impedancia adecuada a utilizar. Para el presente proyecto se utilizará una línea de 50Ω
- Se selecciona una transición (taper) adecuada de tal forma que haya un acoplamiento correcto de impedancia. En este proyecto se buscará una optimización de la transición experimentalmente y posteriormente se condensarán las medidas encontradas para un óptimo acoplamiento (AQUINO, 2008).

1.5.4. ESTRUCTURA COMPLETA CON ALIMENTACIÓN SIW PARA ANTENAS

El método por el que se acopla SIW con la antena es electromagnético mediante un orificio (slot) de forma rectangular en la parte superior de la guía de onda.

La forma de operación mediante este método será la siguiente: las ondas electromagnéticas que sean aplicadas a la guía de onda permanecerán confinadas dentro de esta cavidad teniendo como único punto de fuga el slot, a través de estas las ondas emergerán hacia la antena, situada en la parte superior de dicho slot. La antena será entonces excitada por las ondas emergentes de la apertura, lo que generará que esta radie.

Una correcta selección de las dimensiones de la apertura así como su posicionamiento y el de la antena en la parte superior de la guía de onda derivarán

en un mejor acoplamiento para las frecuencias de operación deseadas, es decir para el modo de operación requerido. Así se puede observar la estructura final de la antena con la que se va a realizar el proyecto. (AQUINO, 2008), observar Figura 14 y Figura 15.

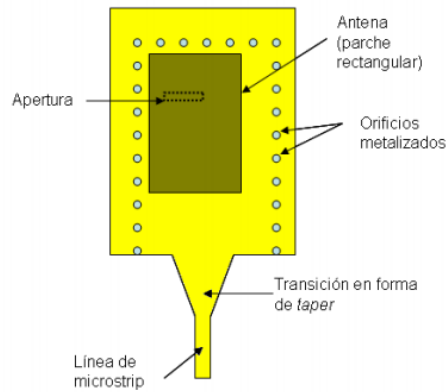


Figura 14. Estructura final SIW vista frontal

Fuente: Diseño, Simulación y Construcción de Antenas Parche Para Bluetooth y WI-FI, Bandas 2.4Ghz y 5.8Ghz.

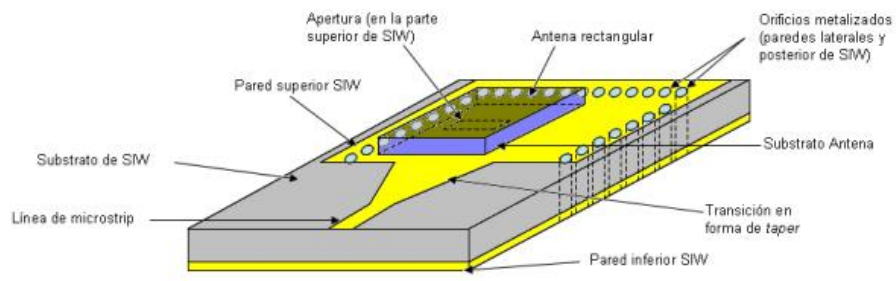


Figura 15. Estructura final SIW vista lateral

Fuente: Diseño, Simulación y Construcción de Antenas Parche Para Bluetooth y WI-FI, Bandas 2.4Ghz y 5.8Ghz.

1.6. ACCESS POINT TP-LINK TL WA70ND



Figura 16. Access Point TP LINK WA70ND

Fuente: http://www.tp-link.com/resources/document/TL-WA701ND_V2_Datasheet.pdf.

El TP-Link Punto de Acceso Inalámbrico TL-WA701ND está diseñado para establecer o ampliar una red inalámbrica N de alta velocidad escalable o para conectar múltiples dispositivos Ethernet habilitados, tales como consolas de juegos, adaptadores multimedia digitales, impresora o la red dispositivos de almacenamiento conectados a una red inalámbrica. Está diseñado utilizando la tecnología, IEEE 802.11n 1-stream align para proporcionar alta velocidad, rendimiento inalámbrico incomparable para la red a 150 Mbps los APS soportan una gran cantidad de diferentes funciones que hace tu experiencia de red inalámbrica más flexible que nunca. Entre las principales características están:

- Velocidad inalámbrica de hasta 150 Mbps, ideal para la difusión de vídeos, juegos en línea.
- Es compatible con múltiples modos de operación: Punto de acceso, Cliente, Universal / Repetidor WDS, Puente Inalámbrico.
- Fácil configuración de una conexión segura encriptada WPA al presionar el botón QSS.
- De hasta 30 metros de alimentación a través de Ethernet para un despliegue flexible.

1.6.1. RANGO DE VELOCIDAD INALÁMBRICA N



Figura 17. Velocidad inalámbrica N

Fuente: http://www.tp-link.com/resources/document/TL-WA701ND_V2_Datasheet.pdf.

Cumpliendo con el estándar IEEE 802.11n, el TL-WA701ND puede establecer fácilmente una red inalámbrica hasta 9 veces la velocidad y 4 veces la gama de productos convencionales 11g. Con la tecnología MIMO basada en la especificación IEEE 802.11n 1-stream muestra un mejor rendimiento sobre la tecnología 802.11g existente, TLWA701ND ofrece mejoras de rendimiento que permite tener una experiencia de navegación más alegre, incluidos los archivos de intercambio, viendo streaming media así se lo puede apreciar en la Figura 17.

1.6.2. MODOS MÚLTIPLES DE OPERACIÓN –WLAN FÁCIL DE CONSTRUIR

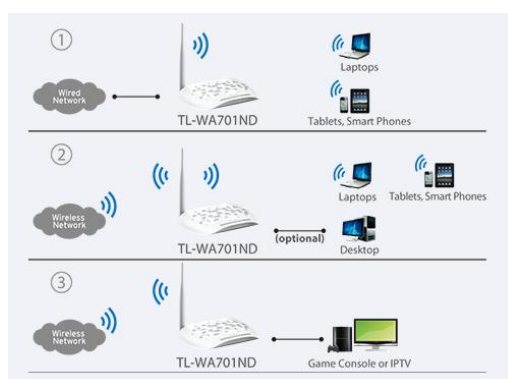


Figura 18. Modos Múltiples de operación

Fuente: http://www.tp-link.com/resources/document/TL-WA701ND_V2_Datasheet.pdf.

Soporta múltiples modos de funcionamiento (ACCESS POINT, MULTI-SSID, CLIENTE, UNIVERSAL/ WDS REPETER, BRIDGE CON AP) para permitir que varias aplicaciones inalámbricas ofrezcan a los usuarios una experiencia más dinámica y completa cuando se utiliza la AP. Modo de funcionamiento múltiple también ayuda fácilmente para construir la red inalámbrica en lugares difíciles o eliminar zona muerta inalámbrica observar Figura 18.

1.6.3. SOPORTE PASIVO POE –DESPLIEGUE FLEXIBLE

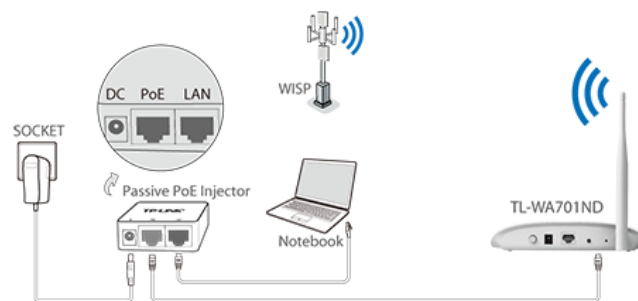


Figura 19. Soporte Pasivo Poe

Fuente: http://www.tp-link.com/resources/document/TL-WA701ND_V2_Datasheet.pdf.

El TL-WA701ND es capaz de ser alimentado mediante un cable Ethernet para enviar datos simultáneamente y electricidad a donde quiera que el AP pueda estar situado, incluso hasta 100 pies de distancia. Esta función multiplica sus operaciones de lo que permite colocar a la AP en una posición que sea más conveniente para obtener la mejor señal posible, como en la pared o en el techo de su oficina (TP-LINK, 2013), ver Figura 19.

1.7. Adaptador USB Inalámbrico de Alta Potencia 150Mbps. TL-WN7200ND

- De alta potencia y sensibilidad de recepción para llevar una transmisión de ultra-larga distancia.

- Velocidad de transmisión de 150 Mbps para proporcionar un mejor rendimiento que los productos 11g.
- Encriptado fácil de la seguridad inalámbrica con sólo presione el botón de QSS.
- 1,5 metros de cable de extensión USB permite la implementación práctica.
- Compatible con Windows 2000 / XP / Vista / 7. (TP-LINK, TP-LINK, 2016). Ver figura 20



Figura 20. Adaptador USB Inalámbrico de Alta Potencia 150Mbps. TL-WN7200ND.

Fuente: <http://www.tp-link.com/ar/products/details/TL-WN7200ND.html>

1.7.1. LO QUE HACE ESTE PRODUCTO

TP-LINK TL-WN7200ND es un adaptador inalámbrico de alta potencia de 300 Mbps que permite a los usuarios activar tu PC o portátil con capacidad inalámbrica muy potente para ofrecer mejoras de rendimiento. El adaptador adopta el diseño de alta potencia que ofrece hasta 10 veces la gama de adaptadores convencionales. Una de las mejores características del TL-WN8200ND es su penetrabilidad fuerte, que puede asegurar efectivamente que la señal sigue siendo fiable cuando pasa a través de múltiples paredes o pisos. (TP-LINK, TP-LINK, 2016)

1.7.2. MAYOR PODER PARA PENETRABILIDAD MÁS FUERTE

Con alta potencia de transmisión, TL-WN7200ND ofrece hasta 10 veces el rango del adaptador de corriente USB normal. Por otra parte, el TL-WN8200ND se presenta con penetrabilidad increíble y fuerte, por lo que no

tiene que estar físicamente atado a las paredes o pisos para acceder a Internet. (TP-LINK, TP-LINK, 2016), Ver figura 21

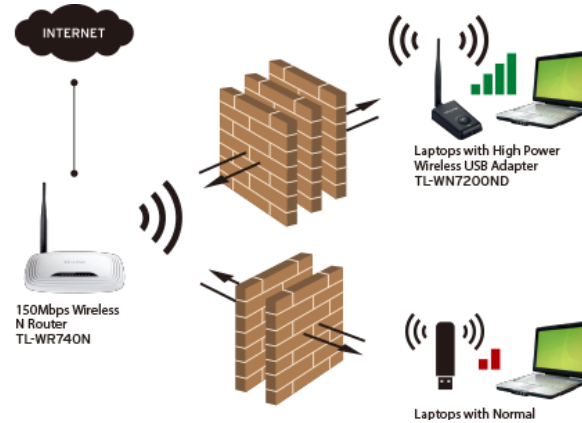


Figura 21. Mayor Poder para Penetrabilidad Más Fuerte.

Fuente: <http://www.tp-link.com/ar/products/details/TL-WN7200ND.html>

1.7.3. RECEPTOR DE ALTA SENSIBILIDAD PARA SEÑAL MÁS RELIABLE CONFIABLE

TL-WN7200ND cuenta con alta sensibilidad de recepción, lo que podría permitir que te muevas más lejos del punto de acceso, manteniendo la misma señal inalámbrica. En este caso, el uso de TL-WN7200ND significa que no tienes que mover el portátil como una varita mágica, y puedes tomar fácilmente la red con su fuerte sensibilidad. (TP-LINK, TP-LINK, 2016). Ver figura 22



Figura 22. Receptor de Alta Sensibilidad para Señal más Reliable Confiable.

Fuente: <http://www.tp-link.com/ar/products/details/TL-WN7200ND.html>

1.7.4. ANTENA EXTERNA DESMONTABLE 5DBI

Antena externa se puede girar y ajustar en direcciones diferentes para adaptarse a diferentes entornos de operación, mejora el rendimiento de la antena interna en condiciones de uso normal en interiores. Para aún más exigentes aplicaciones, la antena también se puede reemplazar con diversa antena interior o antena direccional (usando conector estándar RP-SMA) para mostrar mayor flexibilidad y mayor cobertura inalámbrica. (TP-LINK, TP-LINK, 2016). Ver figura 23.



Figura 23. Antena Externa Desmontable 5dBi.

Fuente: <http://www.tp-link.com/ar/products/details/TL-WN7200ND.html>

1.7.5. DISEÑO ESTILO ESCRITORIO Y EXTENSIÓN USB DE CABLE DE 1.5M

Además del exterior de moderno, el diseño de estilo de escritorio es beneficioso para la recepción de la señal en diversos entornos de aplicación, garantizando la señal suave y estable. Y TL-WN7200ND también proporciona cable de extensión USB de 1,5 m, conveniente para su instalación, incluso para los equipos de escritorio. (TP-LINK, TP-LINK, 2016). Ver figura 24.



Figura 24. Diseño Estilo Escritorio y Extensión USB de Cable de 1.5m.

Fuente: <http://www.tp-link.com/ar/products/details/TL-WN7200ND.html>

1.8. CABLE COAXIAL RG-58 CABLE COAXIAL CON ACTIVO UNIFILAR

CARACTERÍSTICAS

- Conductor central: cobre pulido rígido de 0.81mm de diámetro
- Malla: trenza de cobre estañado con apantallamiento al 95%
- Aislamiento: polietileno natural
- Cubierta de PVC negro de 5mm de diámetro exterior
- Impedancia característica: 50Ω
- Capacitancia: 93.6 picofaradios/metro
- Disponible con activo en hilo flexible (9058-0001) (CONEXCON, 2015) ver Figura 25.



Figura 25. Cable Coaxial RG-58

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>

CÓDIGO DE DIMENSIONES

La tabla 5 muestra las atenuaciones del cable coaxial RG-58

Tabla 5. Atenuaciones de Cable Coaxial RG-58

ATENUACIONES	
50 MHz	10.20 dB/100m
400 MHz	32.80 dB/100m
1000 MHz	55.80 dB/100m

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

1.9. CONECTORES SMA

El diseño de conectores SMA ha sido utilizada para acomodar muchas aplicaciones de interconexión en la gama de microondas con un rango de frecuencias de operación de 0 a 12.4 GHz con un interface mínimo de atenuación y bajo VSWR (ROE) (CONEXCON, 2015). Sus aplicaciones más comunes son:

- Aplicaciones con satélites
- Microondas
- Instrumentos de precisión, audio y video

1.9.1. CONECTOR SMA MACHO



Figura 26. Conector SMA macho

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

CARACTERÍSTICAS

Tabla 6. Características del Conector SMA Macho

Resistencia de aislamiento	5000 MΩmin
Rigidez dieléctrica	1000 VRMS Max
Impedancia	50 Ω
Tensión de trabajo	500 VRMS Max
VSWR	1'3 Max
Rango de frecuencias	0-18 GHz
Resistencias de contacto máximo	6mΩ
Material aislante	PTFE

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

En la tabla 6 se puede observar las características del conector SMA macho

1.9.2. CONECTOR SMA HEMBRA



Figura 27. Conector SMA hembra

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

Conector utilizado para placa de circuito impreso para implementación de antenas

CARACTERÍSTICAS

En la tabla 7 se puede observar las características del conector SMA hembra

Tabla 7. Características del Conector SMA Hembra

Resistencia de Contacto	6 mΩ min
Resistencia de aislamiento	5000 MΩ min
Rigidez dieléctrica	1000 VRMS Max
Impedancia	50 Ω
Tensión de trabajo	500 VRMS Max
VSWR	1'3 Max
Rango de frecuencias	0-18 GHz
Resistencias de contacto máximo	6mΩ
Material aislante	PTFE

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

1.10. SUSTRATO FR4

El material está formado por varias hojas de Prepeg, que a su vez está construido por fibra de vidrio impregnadas con resina epoxi. El material de espesor estándar (1.6mm) consta de 8 capas de Prepeg o fibra de vidrio y una de cobre de 35micrones. Las capas de fibra de vidrio y el laminado de cobre se presan bajo presión y temperatura controladas para formar el material final que se utilizado en los procesos de fabricación, tiene alta estabilidad dimensional, bajo coeficiente de absorción y buena resistencia a la temperatura (Eleprint, 2015), ver Figura 28.

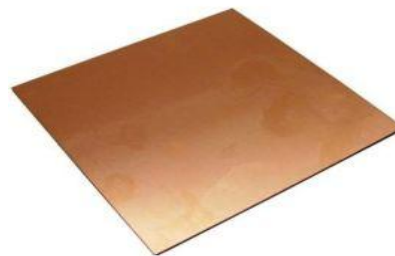


Figura 28. Fibra de Vidrio FR4

Fuente: <http://www.eleprint.com.ar/material.htm>.

TABLA DE PARÁMETROS DE FR4

Tabla 8. Parámetros de fr4

Parámetros	valores
Constante dieléctrica del sustrato	4.9 (FR4)
Tangente de pérdida	0,015
Altura (H)	1,6 mm
Espesor	32 um

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

La tabla 8 muestra características importantes para el diseño de una antena entre las que se tiene constante dieléctrica, tangente de pérdida, altura, entre otros.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE ESTUDIO

2.1.1. INVESTIGACIÓN APLICADA.

Busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, depende de los avances y resultados de la investigación, lo que le interesa al investigador son las consecuencias prácticas realizadas.

Los métodos que serán utilizados para la investigación:

2.2. MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

2.2.1. MÉTODOS

2.7.2.1. MÉTODO DESCRIPTIVO.

Consiste en realizar una exposición narrativa, numérica y/o gráfica, lo más detallada y exhaustiva posible de la realidad que se investiga.

- Análisis del substrato para el diseño (permitividad, permeabilidad, conductividad, separación de los postes).
- Análisis del diseño de las antenas a estas frecuencias (Describir fórmulas).

2.7.2.2. MÉTODO INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL.

- Realizar simulaciones de las antenas diseñadas a la frecuencia de 2.4GHz. (parámetros S, impedancia de entrada, lóbulos de radiación, campos eléctricos, campos magnéticos).
- Realizar las pruebas de las antenas con un ambiente establecido (velocidad de transmisión, paquetes transmitidos, tiempo de transmisión).

2.7.2.3. MÉTODO ANALÍTICO.

- Comprobación de las hipótesis a través de las variables y mediciones establecidas.
- Análisis del rendimiento de los dispositivos.

2.2.2. TÉCNICAS

2.7.2.1. OBSERVACIÓN

En este proyecto se empleó la técnica de observación, consiste en visualizar o captar mediante la vista, de forma sistemática, cualquier hecho fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación pre-establecidos. Además, es estructurada porque se utilizan una guía diseñada previamente, en la que se especifican los elementos que serán observados, en este proyecto se evidencian los siguientes parámetros: la velocidad de transmisión, los paquetes enviados, la potencia, y el tiempo.

2.2.3. INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados para desarrollar este proyecto son: libros, paper, tesis, páginas web, datasheet, software de simulación y materiales adicionales para el desarrollo de antenas e implementación de las mismas.

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. POBLACIÓN

Se conoce como población a cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o analizar alguna o algunas de sus características. Para este proyecto se utilizará como población la red inalámbrica de la Universidad Nacional de Chimborazo.

2.3.2. MUESTRA

Se define a la muestra como el subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. Teniendo en cuenta que la población carece de registro definido, por lo tanto, es desconocida ya que el número de pruebas puede ser infinito. Es por este motivo que la muestra se establece de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Zc^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

Zc= distribución de gauss donde Zc=0.005=2.575

E= Error Muestral falla que se produce al extraer la muestra de la población generalmente, oscila entre 1% y 5%

Pq= constante de la varianza población (0.25)

$$n = \frac{0.6^2 * 0.25}{0.05^2}$$

$$n = \frac{0.9}{0.0025}$$

$$n = 36$$

2.4. HIPÓTESIS

¿El análisis del rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW mejorará el estándar 802.11?

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Es un proceso mediante se procede a descomponer deductivamente las variables que conforman el proyecto de investigación, partiendo desde lo más general hasta lo más específico.

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Análisis del rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Mejorar el estándar 802.11, observar tabla 9

Tabla 9. Operacionalización de las variables

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Análisis del rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW	Analizar mediante instrumentos el rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW	- Diseño de la antena Microstrip	- Tipo de antena - Cálculos - Diseño de la antena - Característica de los materiales Datasheet
		- Diseño de la antena SIW	

Mejorar el estándar 802.11	Comparar el rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW.	- Ancho de Banda	- Analizador de espectros
		- Velocidad de transmisión	- Sniffer
		- Paquetes transmitidos	
		- Paquetes Perdidos	
		- Jitter	

Fuente: Autor

2.6. PROCEDIMIENTOS

Para el desarrollo del diseño e implementación de la antena Microstrip y antena SIW se requiere seguir una serie de procesos, conjuntamente se llegará a cumplir con el objetivo que se desea. Los que se los detalla a continuación:

- a) Cálculos para las antenas.
- b) Simulación de antenas en los programas AWR y HFSS, para obtener resultados de las mismas.
- c) Elaboración de antenas físicas para ser estudiadas.
- d) Análisis las antenas mediante software para verificar velocidad de trasmisión, paquetes enviados, paquetes recibidos, tiempo de demora, cobertura, características de una red eficiente.

2.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

2.7.1. DISEÑO DE ANTENAS

2.7.2.1. DISEÑO DE LA ANTENA MICROSTRIP

Para el diseño de la antena Microstrip se procede a realizar los cálculos establecidos mediante las fórmulas, por lo que se necesita tener las características de la placa FR4 (Observar tabla 8):

- Constante dieléctrica $Er = 4.9$
- Tangente de pérdida 0.0015
- Espesor del cobre $t = 32\mu m$
- Espesor del sustrato $h = 1.6mm$

Una vez obtenidos estos valores se procederá a realizar los cálculos necesarios de la antena utilizando así los siguientes datos.

Datos:

$$F_c = 2,437 \text{ GHz}$$

$$Er = 4,9$$

$$h = 1,6mm$$

$$t = 0.032mm$$

$$c = 3 \cdot 10^8$$

$$\text{Tangente Pérdida} = 0.015$$

- Cálculo de (W)

$$W = \frac{c}{2 * f_c * \frac{(Er + 1)}{2}}$$

$$W = \frac{3 * 10^8}{2 * 2,437 * 10^9 * \frac{(4,9 + 1)}{2}}$$

$$W = \frac{3 * 10^8}{8371369912}$$

$$W = 0.035836mm$$

$$W = 35.836mm$$

- Cálculo para Eeff

$$E_{eff} = \frac{Er + 1}{2} + \frac{Er - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$E_{eff} = \frac{4.9 + 1}{2} + \frac{4.9 - 1}{2} \left(1 + \frac{12 * 1.6}{0.035}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$E_{eff} = 2.95 + 1.95 * 0.0446$$

$$E_{eff} = 4.52mm$$

➤ Cálculo de (ΔL)

$$\Delta L = 0.412h \frac{(E_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264\right)}{(E_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.813\right)}$$

$$\Delta L = 0.6592 \frac{(4.52 + 0.3) \left(\frac{0.035}{1.6} + 0.264\right)}{(4.52 - 0.258) \left(\frac{0.035}{1.6} + 0.813\right)}$$

$$\Delta L = 0.6592 \frac{(4.82)(0.30)}{(4.26)(0.85)}$$

$$\Delta L = 0.2682$$

➤ Cálculo de (L_{eff})

$$L_{eff} = \frac{c}{2 * F_c * E_{eff}}$$

$$L_{eff} = \frac{3 * 10^8}{2 * 2.437 * 10^9 * 4.52}$$

$$L_{eff} = \frac{3 * 10^8}{4874000002}$$

$$L_{eff} = 0.2893$$

$$L_{eff} = 28.93mm$$

➤ Cálculo (L)

$$L = L_{eff} - 2 \Delta L$$

$$L = 28.93 - (2 * 0.2682)$$

$$L = 28.40mm$$

➤ Cálculo (L_g)

$$L_g = 6h + L$$

$$L_g = 6 * 1.6 + 28.40$$

$$L_g = 38$$

Acople $\lambda/4$, resistencia de entrada e impedancia 1

- Cálculo para el acople $\lambda/4$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$
$$\lambda = \frac{3^8}{2.437 * 10^9}$$
$$\lambda = 0.123$$

- Cálculo G_e

$$G_e = 0.00836 \frac{W}{\lambda}$$
$$G_e = 0.00836 \frac{0.03583}{0.123}$$
$$G_e = 0.002515$$

- Cálculo de R_{in}

$$R_{in} = \frac{1}{2G_e}$$
$$R_{in} = \frac{1}{2 * 0.002515}$$
$$R_{in} = 198.84\Omega$$

- Cálculo de Z_1

$$Z_0 = 50\Omega$$

$$Z_1 = \sqrt{R_{in} * Z_0}$$
$$Z_1 = \sqrt{198.84 * 50}$$
$$Z_1 = 99.7 = 100\Omega$$

Con ayuda del software AWR en la herramienta Tools se escoge la opción que dice TXLINE, ahí se escribirán las características de la placa y las impedancias para obtener el acople. Así como se puede apreciar en la Figura 29.

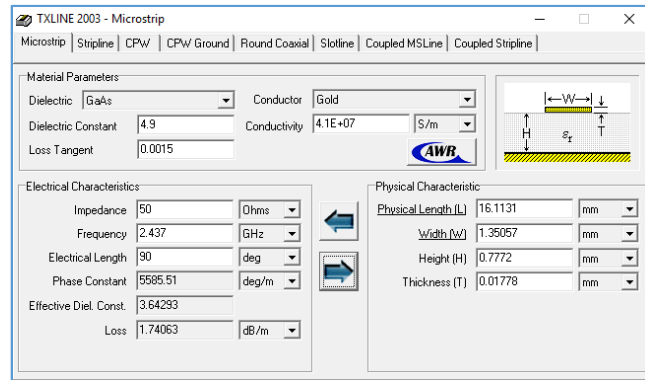


Figura 29. Acople a 50Ω

Fuente: Autor

Con estos valores se procede a realizar la antena por lo que es necesario iniciar un nuevo proyecto en el software HFSS, como se puede observar en la Figura30.

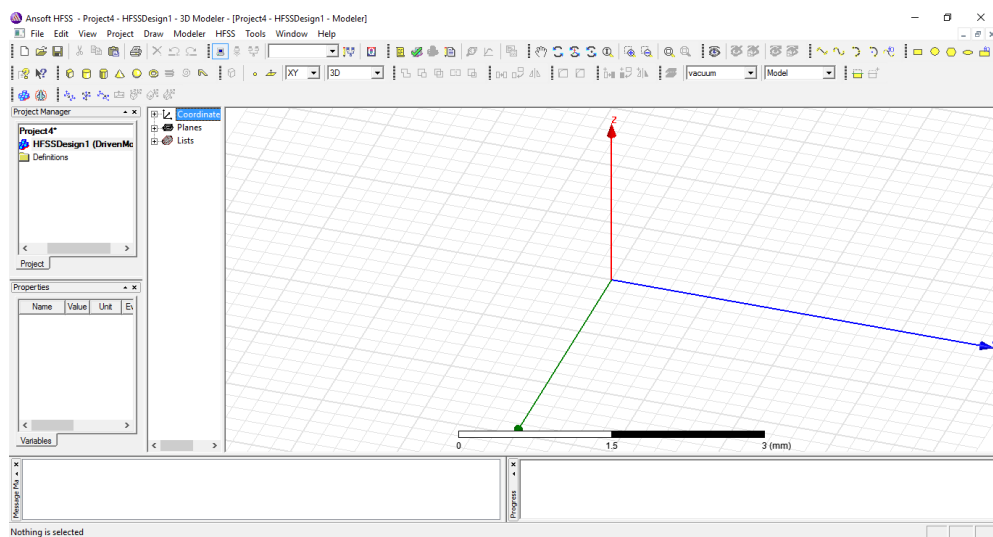


Figura 30 Crear proyecto nuevo

Fuente: Autor

Se inserta los valores calculados al programa para lo que se dirige a la herramienta Design Propieties, ver Figura 31.

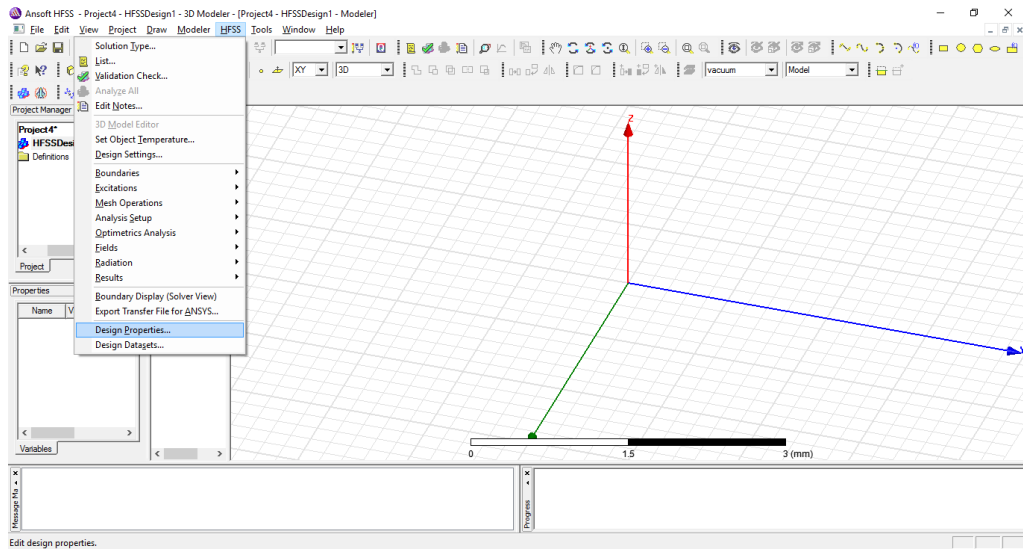


Figura 31. Propiedades de diseño

Fuente: Autor

Se procede a crear las variables con los datos obtenidos de los cálculos observar Figura 32.

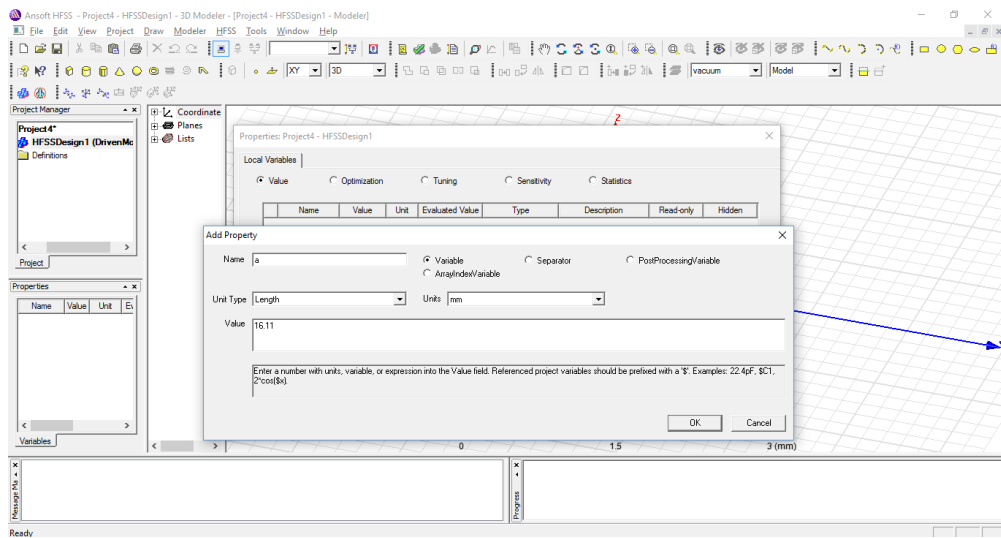


Figura 32 Valores para diseño de la antena

Fuente: Autor

Se ingresa todos los valores para el diseño de la antena para proceder a realizarla, como se observa en la Figura 33.

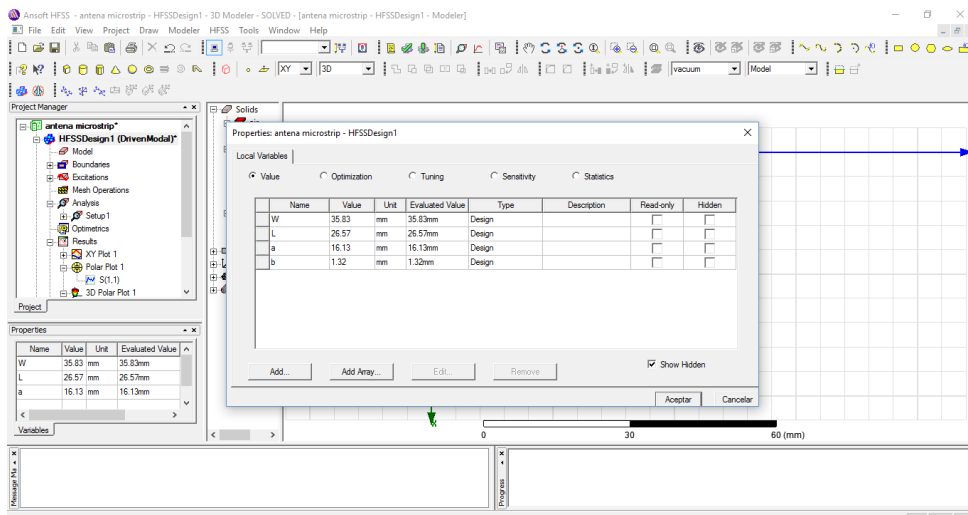


Figura 33 Variables antena

Fuente: Autor

De igual manera se procede a ingresar los valores de la placa FR4 característicos con los que se va a realizar la antena, ver Figura 34.

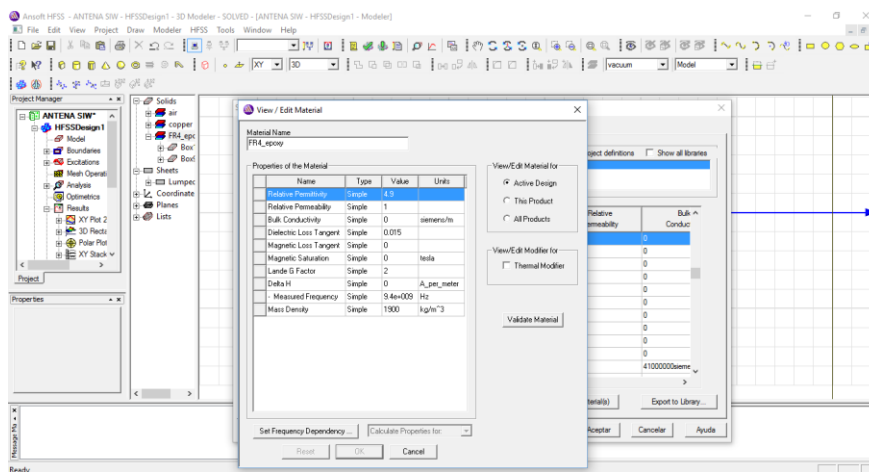


Figura 34 Valores de la Placa FR4

Fuente: Autor

Se procede a crear un cubo y se lo asignara con el material FR4 se lo modifica, además se ingresa los valores de diseño así como se observa en las Figura 35 y Figura 36.

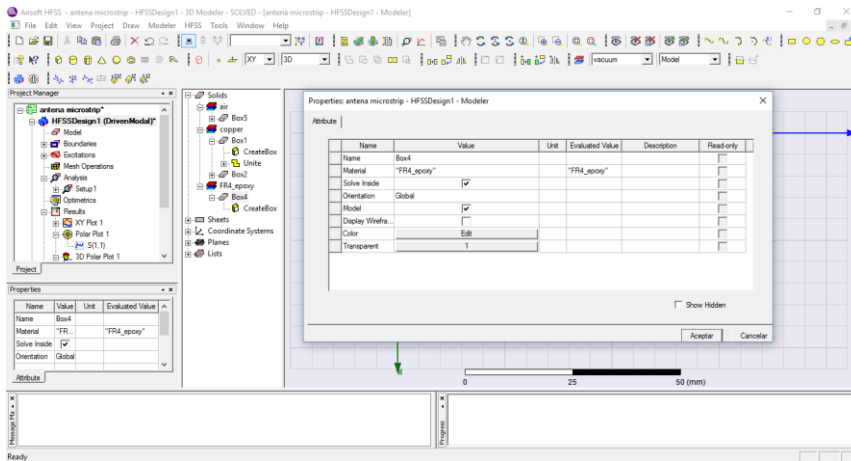


Figura 35 Asignación del material

Fuente: Autor

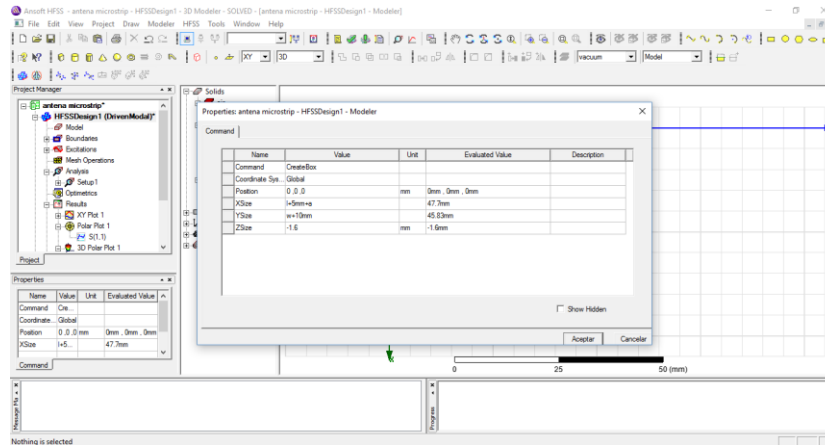


Figura 36 Asignación de datos para FR4

Fuente: Autor

De la misma manera se crea un cubo adicional y se lo asignará al cobre como material, de la misma manera se ingresa las variables para el diseño de la capa de cobre, ver Figura 37 y Figura 38.

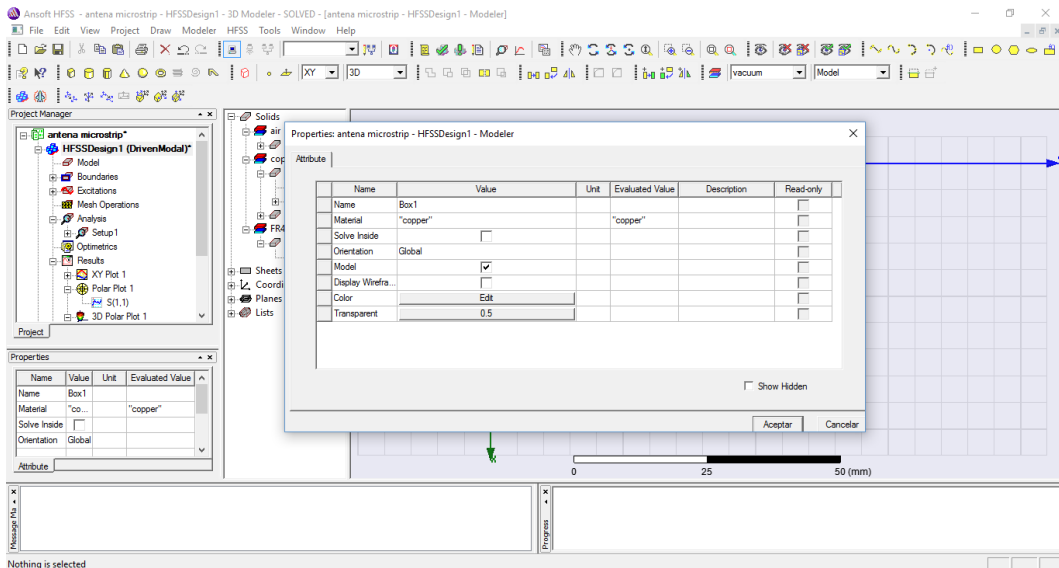


Figura 37 Asignación del cobre.

Fuente: Autor

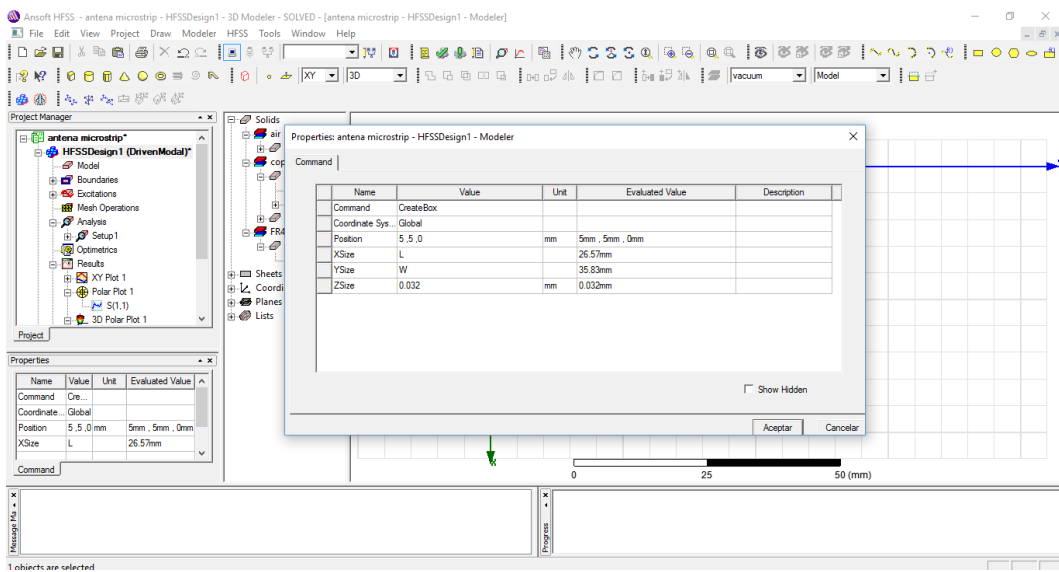


Figura 38. Asignación de datos del cobre.

Fuente: Autor

De igual manera se crea un cubo adicional con las medidas específicas para el acople a $\lambda/4$, observar Figura 39 y Figura 40.

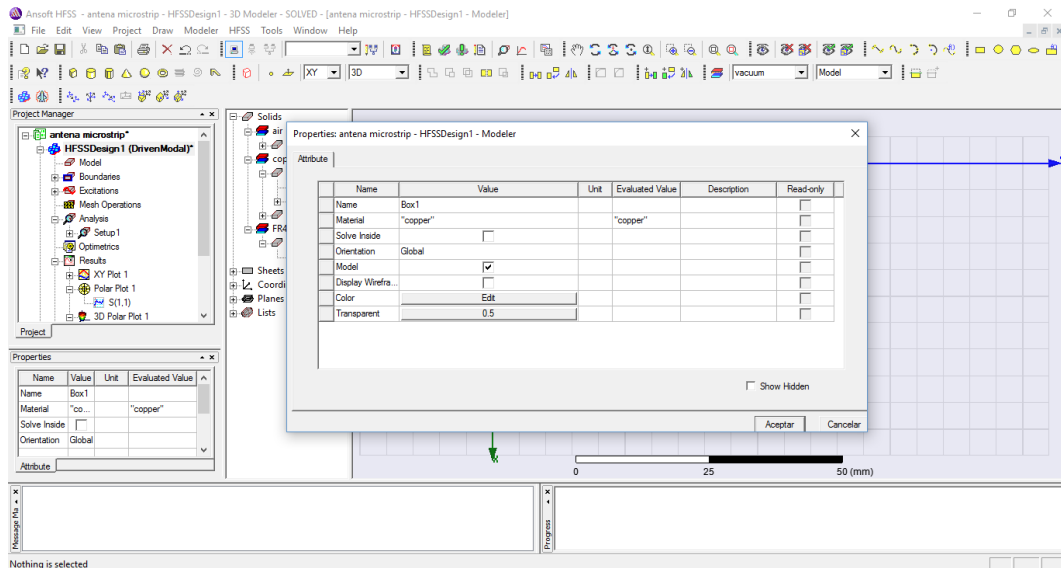


Figura 39. Asignación del material.

Fuente: Autor

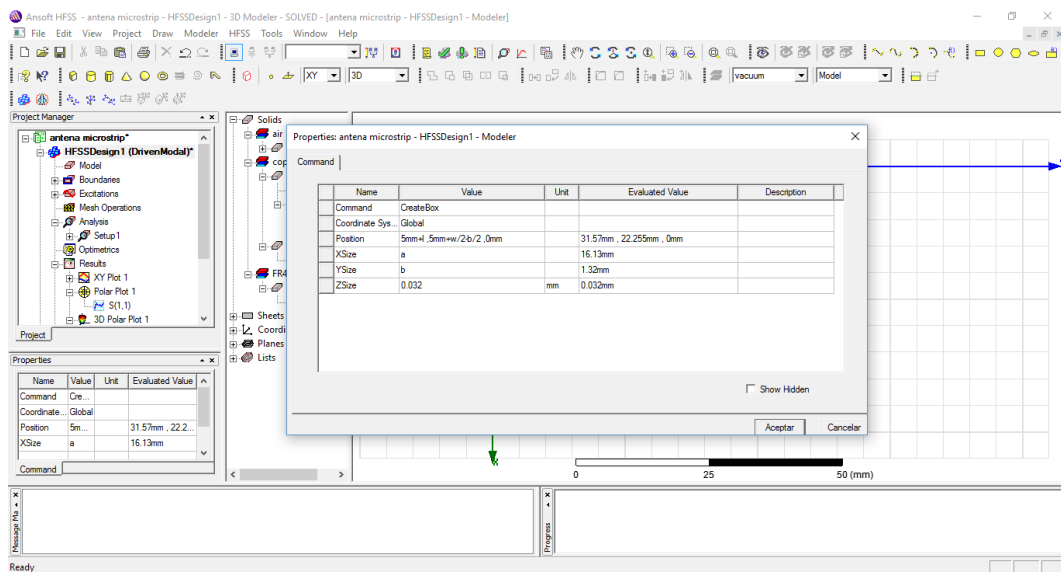


Figura 40. Asignación de datos.

Fuente: Autor

Además, se procede a crear un nuevo cubo asignando el cobre como material. Este cumplirá con la función de tierra, ver la Figura 41 y Figura 42.

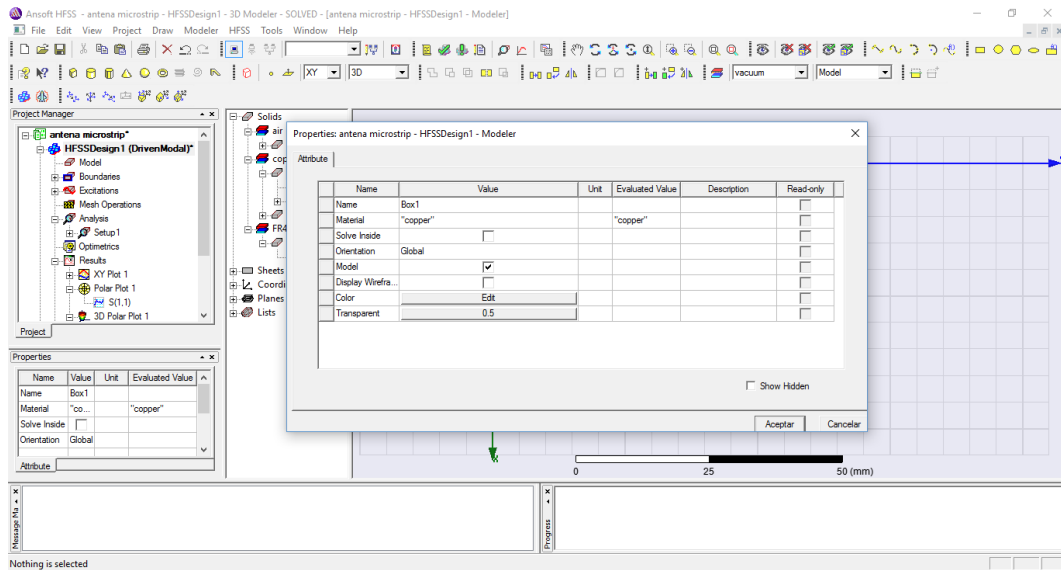


Figura 41. Asignación dematerial.

Fuente: Autor

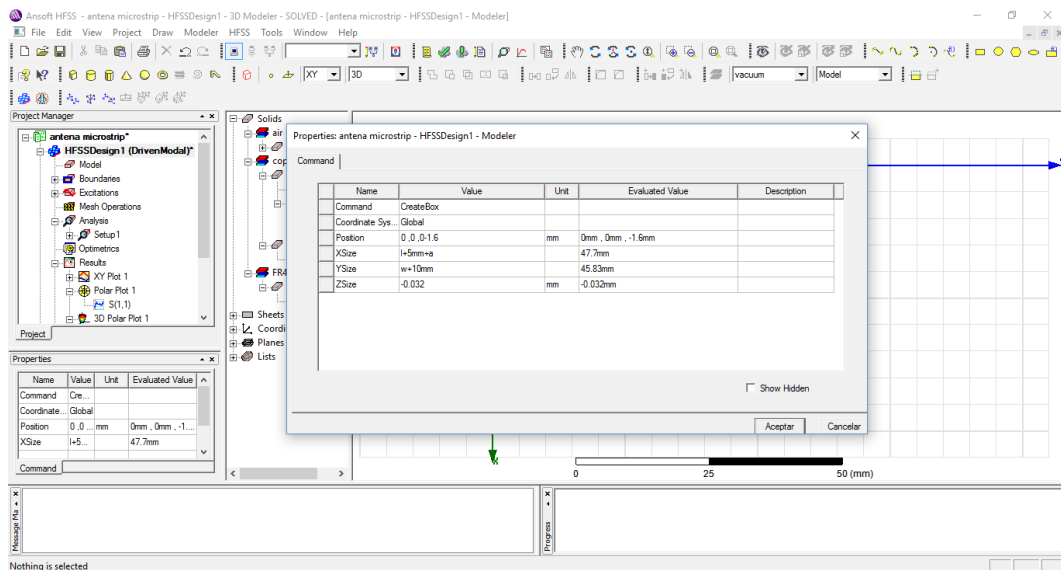


Figura 42. Asignación de datos.

Fuente: Autor.

Culminado esta parte se procede a realizar la unión entre la antena y el acople $\lambda/4$, se señala los elementos que se desea unir, así como se observa en la Figura 43.

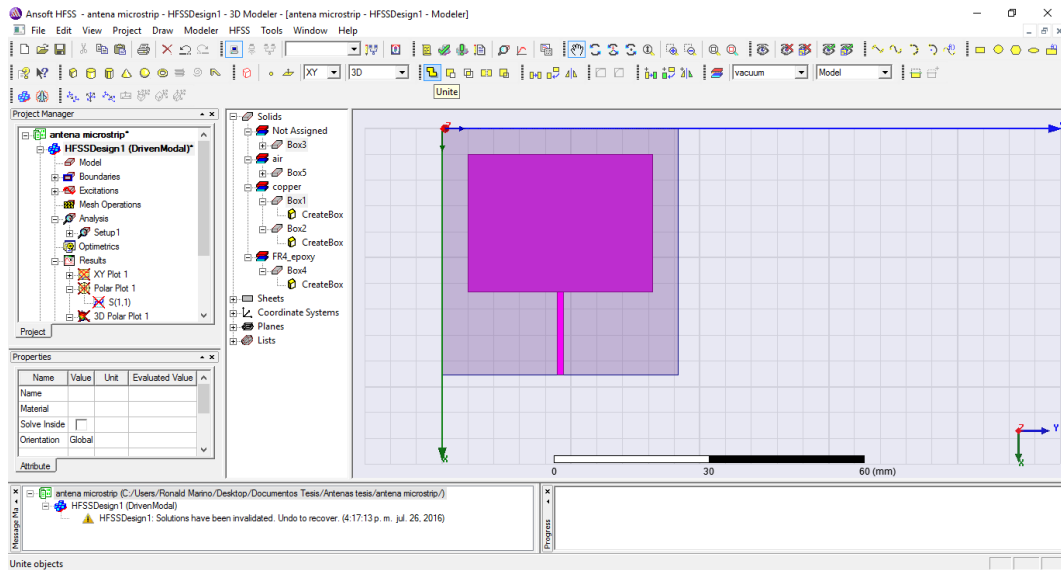


Figura 43. Diseño de Antena.

Fuente: Autor

Finalmente se procede a integrar un lumped port, este dará la dirección del campo eléctrico, como se observa en la Figura 44.

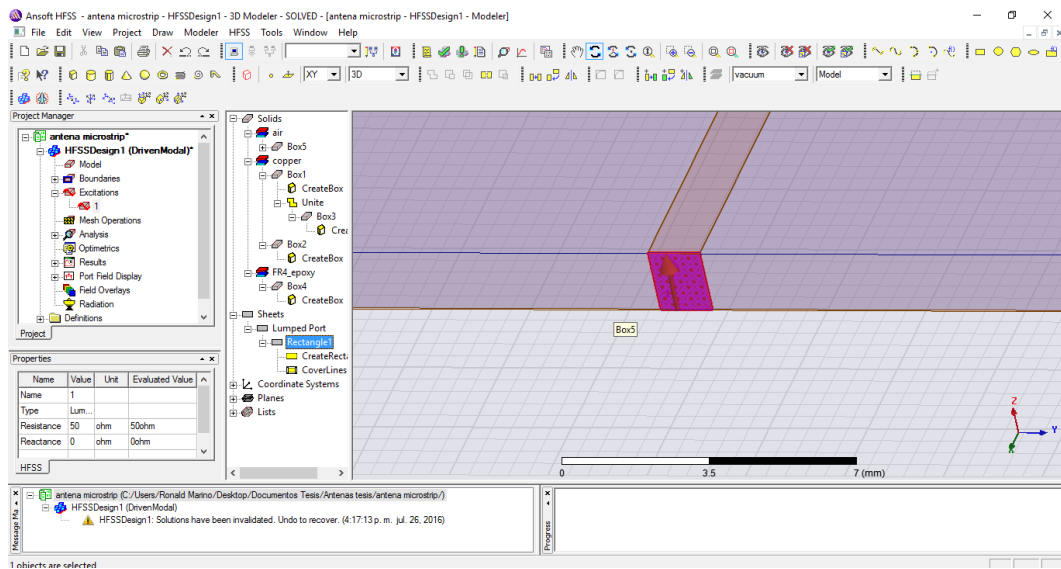


Figura 44. Agnación del lumped port.

Fuente: Autor.

Una vez realizada la antena se procede a crear un cubo en el que se va a radiar la antena, ver Figura 45.

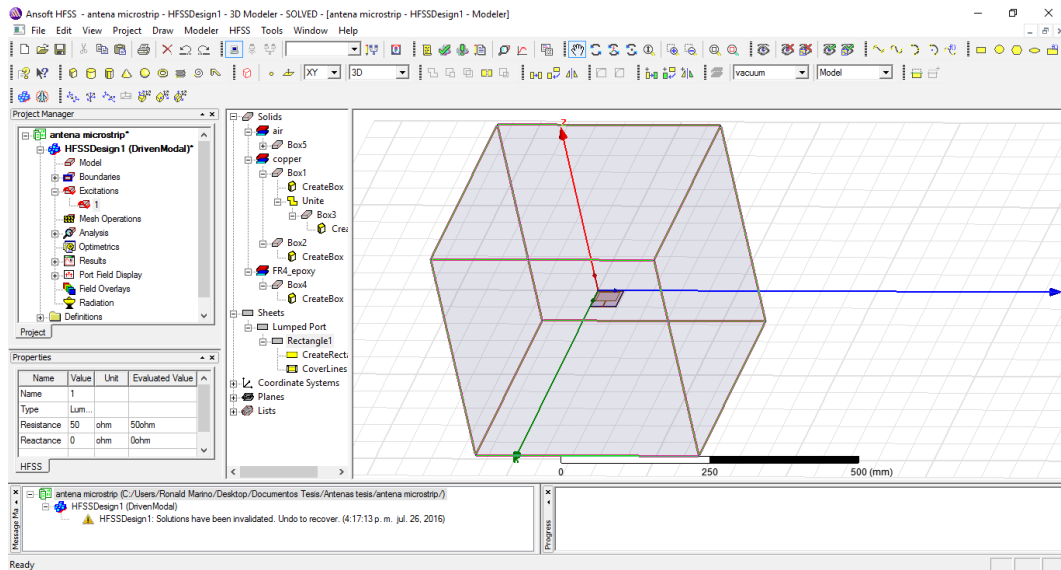


Figura 45. Radiación de la Antena.

Fuente: Autor

Posteriormente se procede a realizar la verificación y simulación de la antena, ver Figura 46.

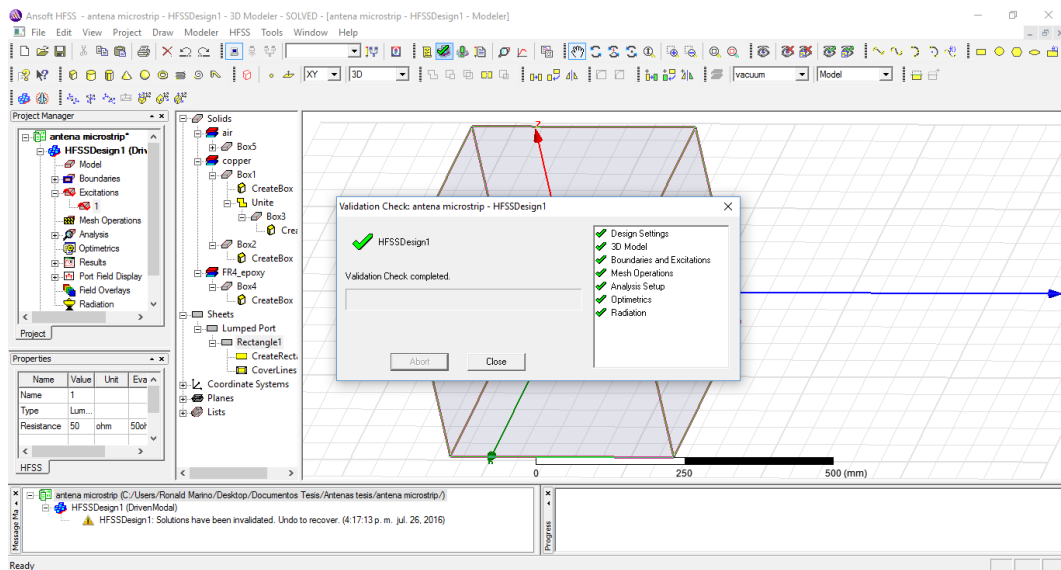


Figura 46. Verificación y Simulación de la Antena.

Fuente: Autor.

2.7.1.1.1. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

En la figura 47, se puede apreciar que la antena está funcionando a la frecuencia de operación asignada con un ancho de banda total de 240MHz.

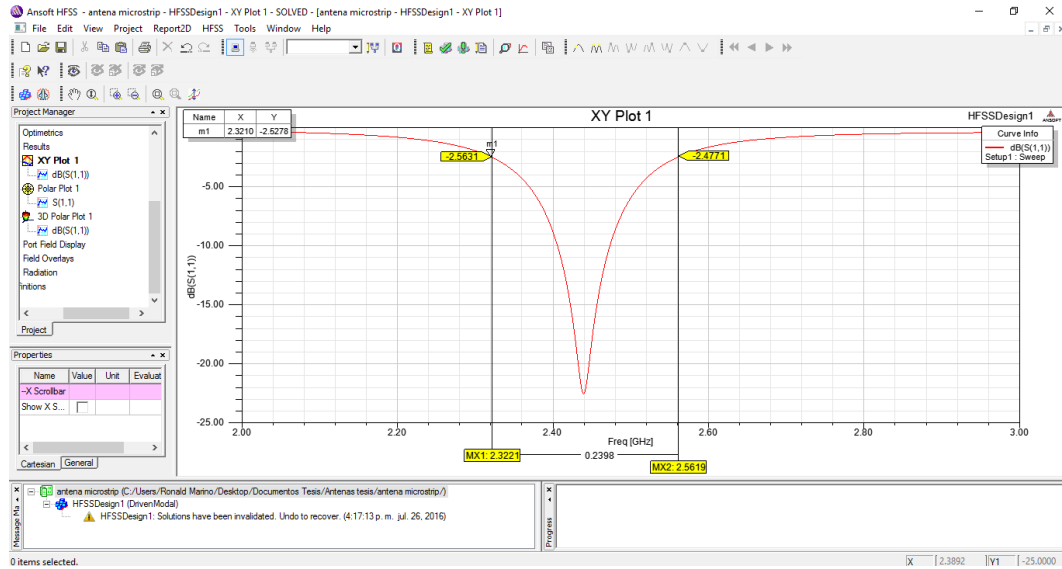


Figura 47. Frecuencia de corte simulada.

Fuente: Autor.

En la figura 48 se observa la radiación de la antena Microstrip.

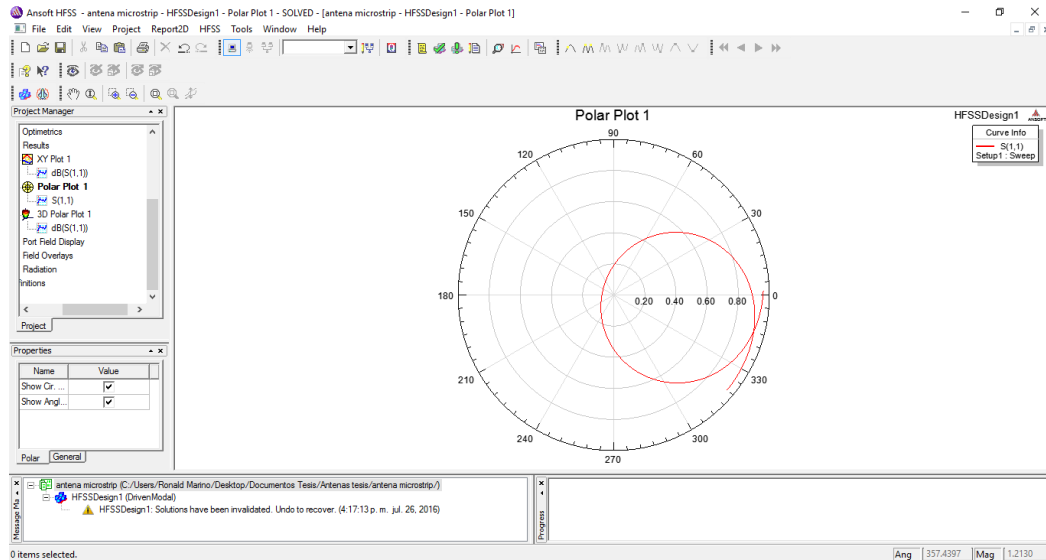


Figura 48. Radiación de la Antena.

Fuente: Autor

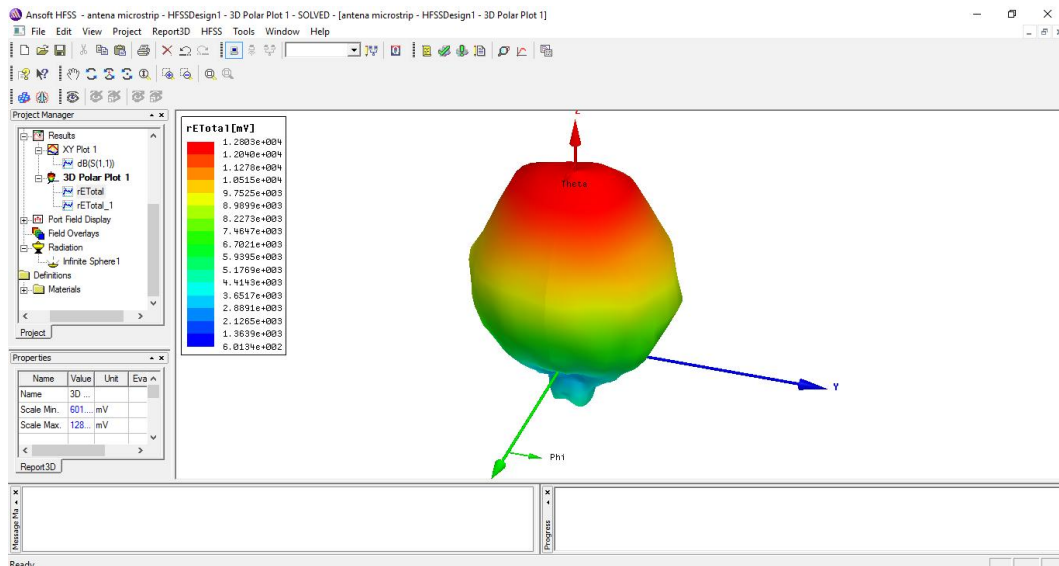


Figura 49. Radiacion 3D Antena Microstrip

Fuente: Autor

2.7.2.2. DISEÑO DE LA ANTENA SIW

Para el diseño de la antena SIW, se obtiene las dimensiones a diseñar en la guía, tales como: ancho de la guía (a), alto de la guía (b), diámetro de los orificios metalizados, se puede apreciar de mejor manera en la Figura 50.

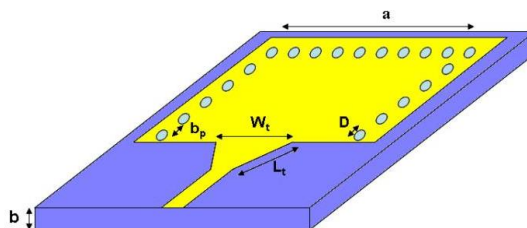


Figura 50. Dimensiones a Diseñar.

Fuente: Diseño, Simulación y Construcción de Antenas Parche Para Bluetooth y WI-FI, Bandas 2.4Ghz y 5.8Ghz.

Ahora se procede a realizar los Cálculos y parámetros necesarios, para esto se obtiene los siguientes datos de la Placa FR4.

Datos

$$F_c = 2,437 \text{ GHz}$$

$$E_r = 4,9$$

$$h = 1,6\text{mm}$$

$$t = 0.032\text{mm}$$

$$c = 3 \cdot 10^8$$

$$\text{Tangente Pérdida} = 0.015$$

La primera dimensión que se obtiene es la altura de la guía de onda, esta es equivalente al grosor del sustrato FR4, $b=1.6\text{mm}$.

Para el diseño de la antena se basó en el modelo de una antena Microstrip

Con ayuda del software AWR en la herramienta Tools se escoge la opción TXLINE, ahí se escribirá las características de la placa y las impedancias para obtener el acople. Así como se puede apreciar en la Figura 51.

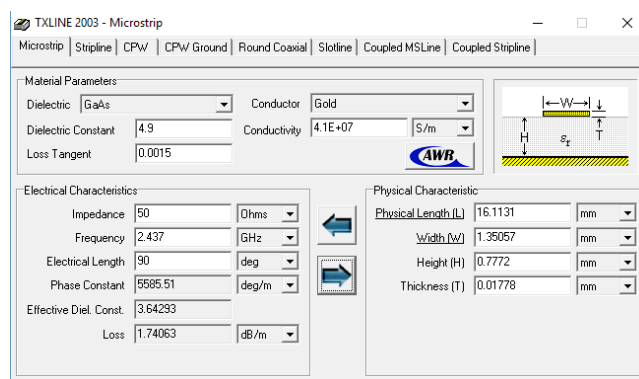


Figura 51. Acople a 50Ω .

Fuente: Autor

Una vez obtenidos estos datos se procede a crear un nuevo proyecto en el software HFSS, ver Figura 52.

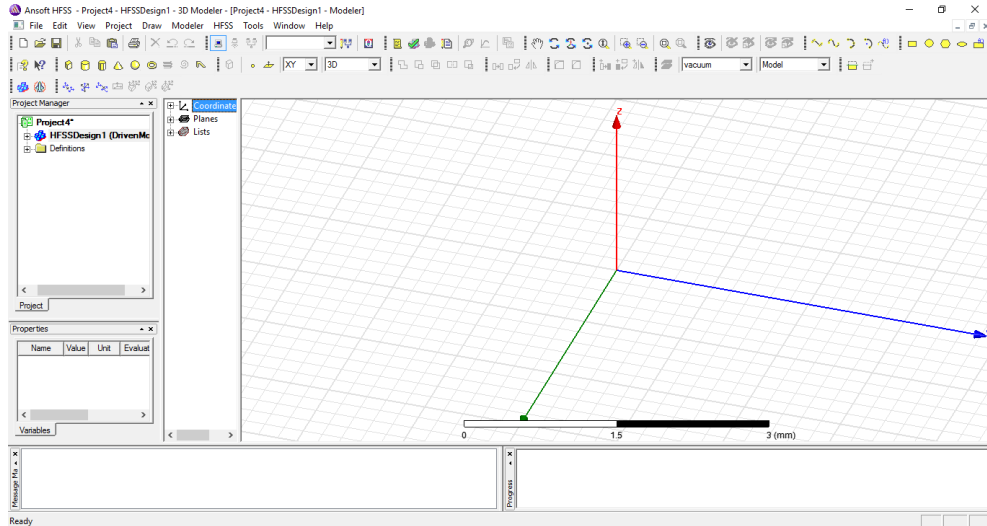


Figura 52. Nuevo proyecto en el software HFSS.

Fuente: Autor

Para el diseño de estas guías, se realiza a una frecuencia inferior de operación a la que se desea, para esto se diseña a una frecuencia de 1,5Ghz, de esta manera se debe encontrar la siguiente dimensión:

Cálculo de a:

$$a = \frac{c}{2 * f_c * \sqrt{\mu_R \epsilon_R}}$$

$$a = \frac{3 * 10^8}{2 * 1.5 * 10^9 * \sqrt{4.9 * 1}}$$

$$a = \frac{3 * 10^8}{6640783086}$$

$$a = 0.045$$

Cálculo de la longitud de onda en la guía:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}$$

$$\lambda_0 = \frac{3 * 10^8}{2.437 * 10^9}$$

$$\lambda_0 = 0.2$$

$$\lambda_g = \frac{2\pi}{\frac{(2\pi * f)^2 * Er}{c^2} - \frac{\pi^2}{a}}$$

$$\lambda_g = \frac{2\pi}{\frac{(2\pi * f)^2 * Er}{c^2} - \left(\frac{\pi}{a}\right)^2}$$

$$\lambda_g = \frac{2\pi}{\frac{(2\pi * 1.5 * 10^9)^2 * 4.9}{(3 * 10^8)^2} - \left(\frac{\pi}{0.2}\right)^2}$$

$$\lambda_g = 0.092$$

$$\lambda_c = 2a$$

$$\lambda_c = 0.090$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\mu_R \epsilon_R - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_c}\right)^2}$$

$$\lambda_g = \frac{0.2}{4.9 * 1 - \left(\frac{0.2}{0.090}\right)^2}$$

$$\lambda_g = \frac{0.2}{4.9 * 1 - \left(\frac{0.2}{0.090}\right)^2}$$

$$\lambda_g = 1.022$$

De la misma manera se debe cumplir con las siguientes desigualdades:

Diámetro de los orificios metalizados:

$$D < \lambda_g/5$$

Distancia de los orificios metalizados:

$$bp \leq 2D$$

Se determinó los siguientes valores:

$$D = 2\text{mm}$$

$$b_p = 1\text{mm}$$

Se procede a realizar varias simulaciones para obtener el mejor acoplamiento del ancho de la transición (W_t) y el largo de la transición (L_t) obteniendo así los valores de:

$$W_t = 6\text{mm}$$

$$L_t = 2.2\text{mm}$$

De igual manera que la antena Microstrip se procede a ingresar los valores de la antena en el programa HFSS, se crea un proyecto nuevo y se ingresa los datos del mismo, ver Figura 53.

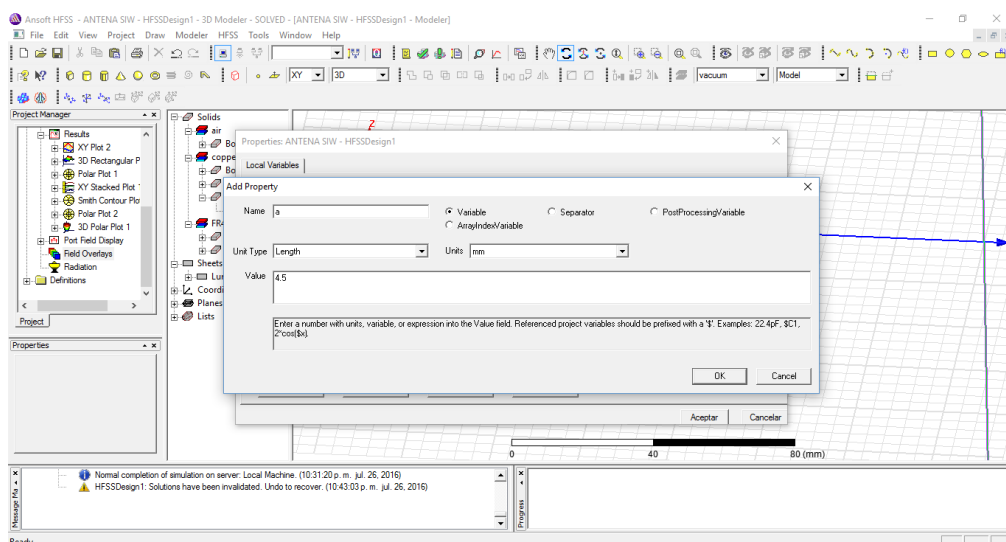


Figura 53. Ingreso de datos.

Fuente: Autor.

Se crea una antena parecida a una Microstrip con las características de la antena SIW, como se puede apreciar en la Figura 54.

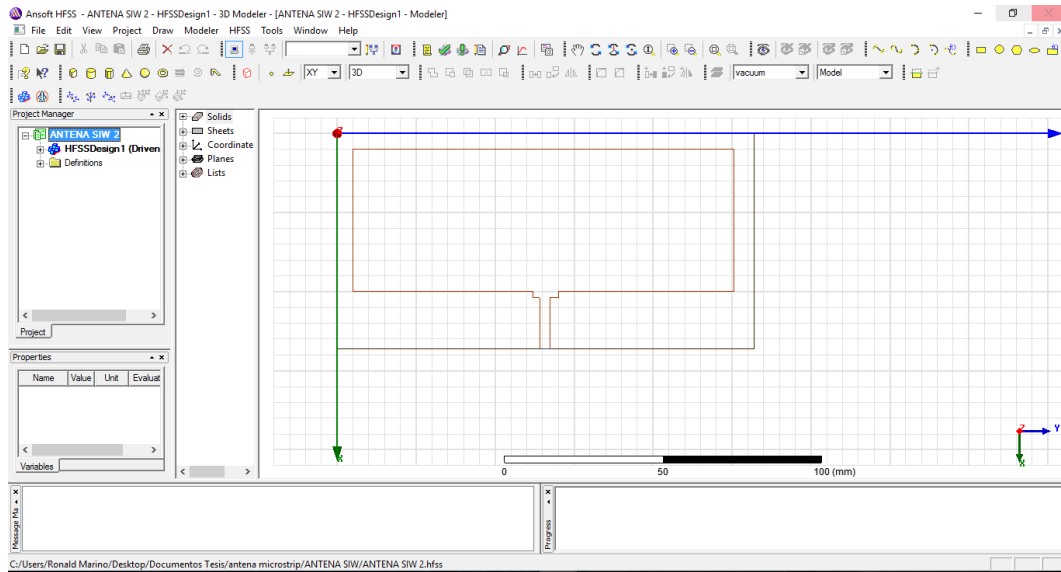


Figura 54. Antena SIW.

Fuente: Autor.

Mediante las simulaciones se puede apreciar el valor pico máximo de resonancia obteniendo una ganancia máxima en las frecuencias de 2.80 GHz y 4,7 GHz, ver Figura 55.

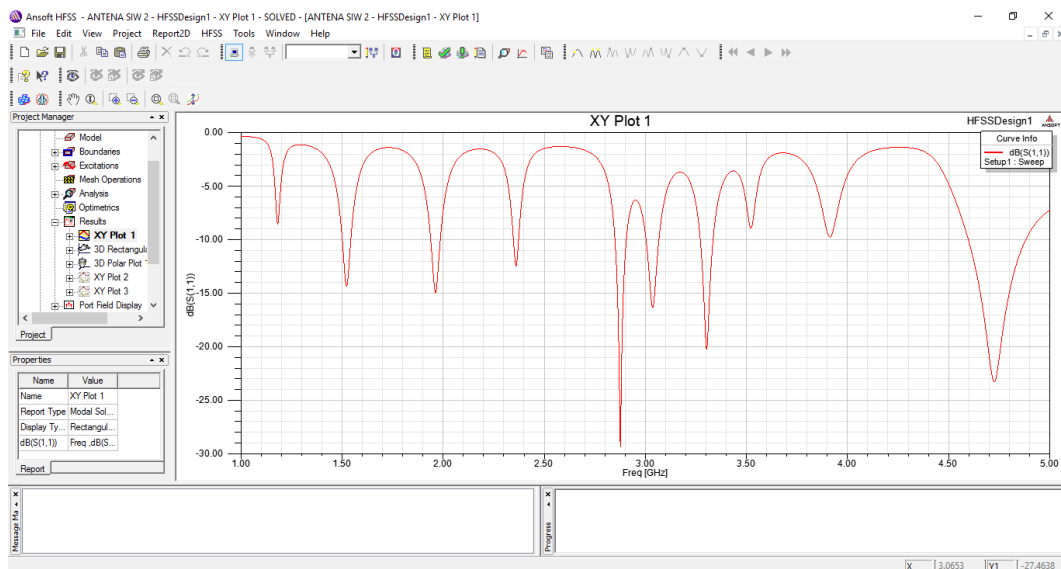


Figura 55. Simulación valor pico máximo

Fuente: Autor.

Colocación de la ranura o slot y orificios metalizados.

La ranura es ubicada de tal forma que al realizar las simulaciones se obtenga el mejor acople, para de esta forma obtener una ganancia optima, por último, se introducen los orificios metalizados para obtener los resultados experimentales del mismo como se observa en la Figura 56 y Figura 57.

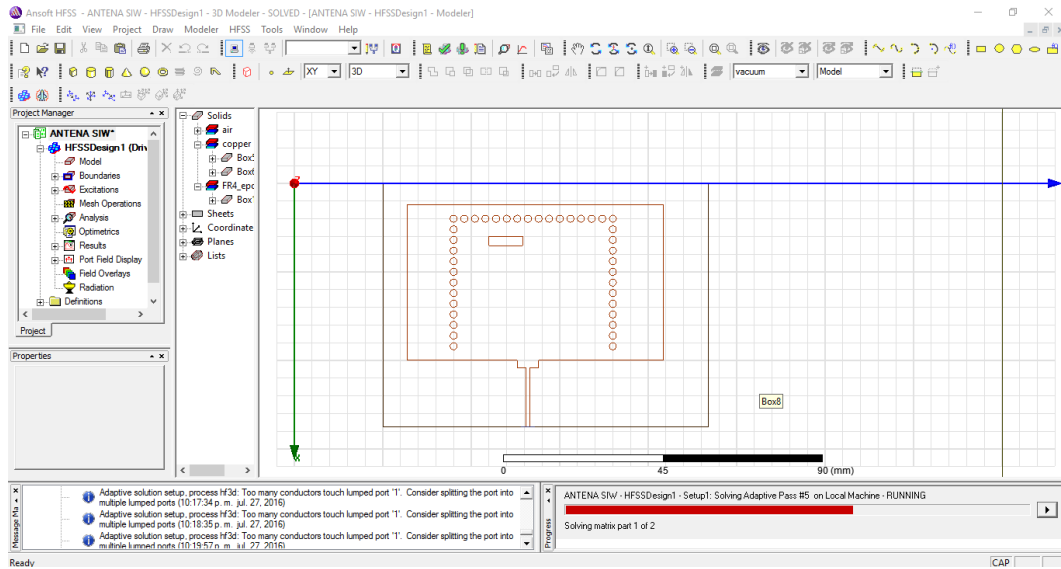


Figura 56. Ubicación de Slot y orificios metalizados

Fuente: Autor.

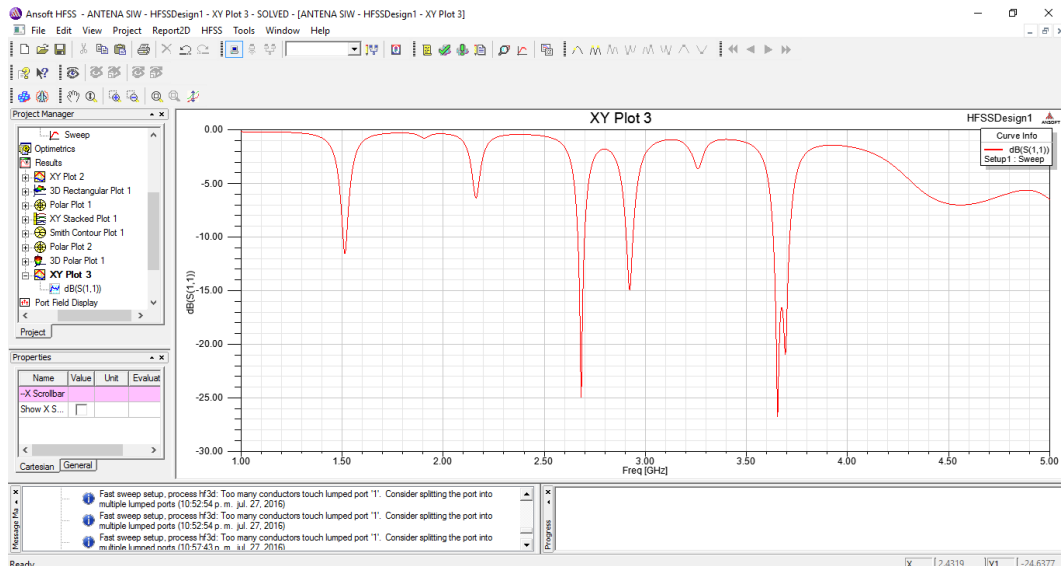


Figura 57. Simulación con slot y orificios metalizados

Fuente: Autor.

Para obtener la frecuencia deseada se ingresa un acople tipo parche en la parte superior del slot y finalmente se coloca un lumped port, ver Figura 58.

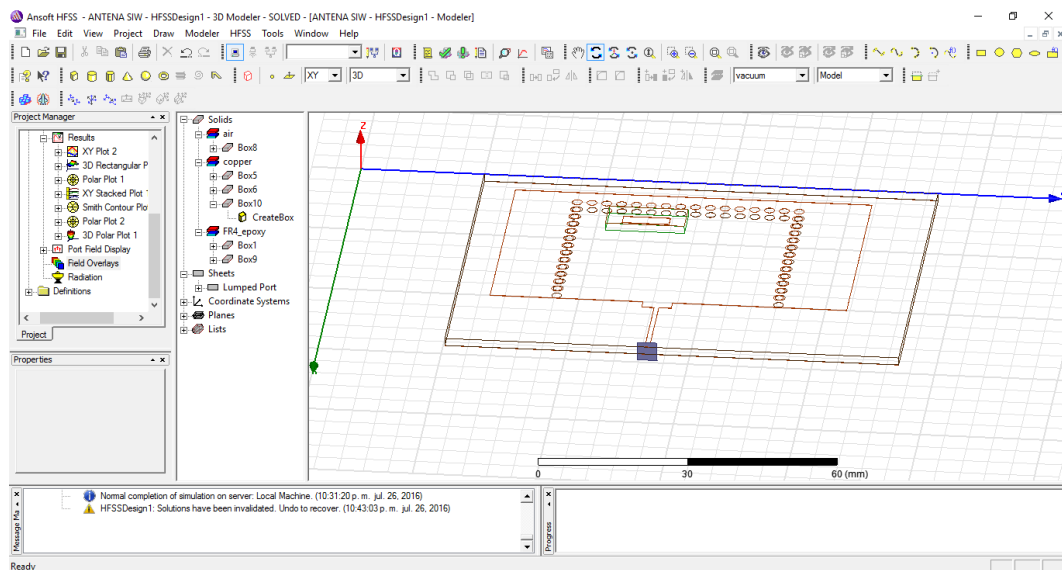


Figura 58. Antena SIW

Fuente: Autor.

De la misma manera que la antena Microstrip se procede a ubicarla dentro de un cubo, este será radiado para realizar pruebas de la antena, ver Figura 59.

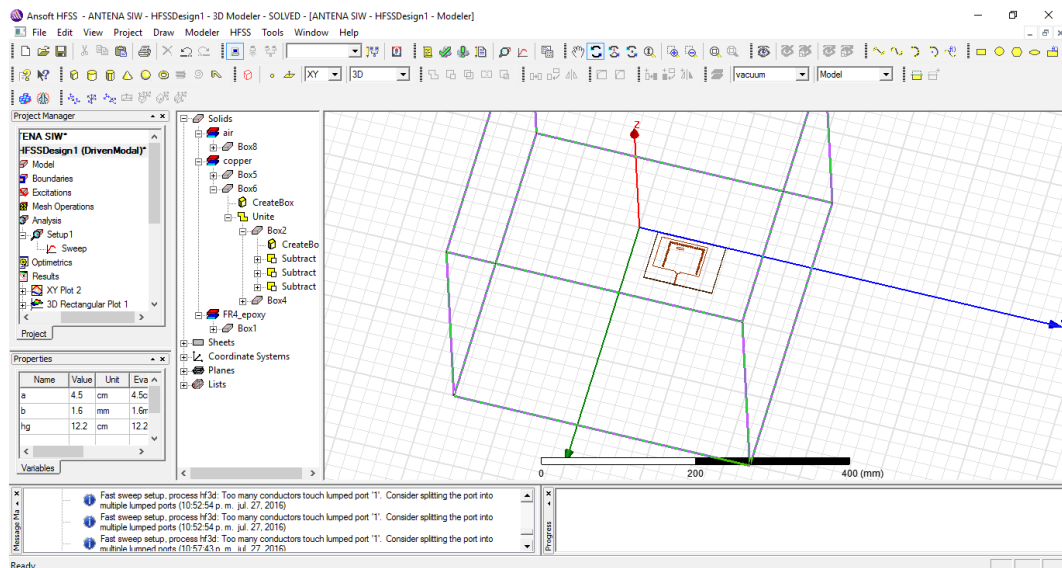


Figura 59. Antena radiada

Fuente: Autor.

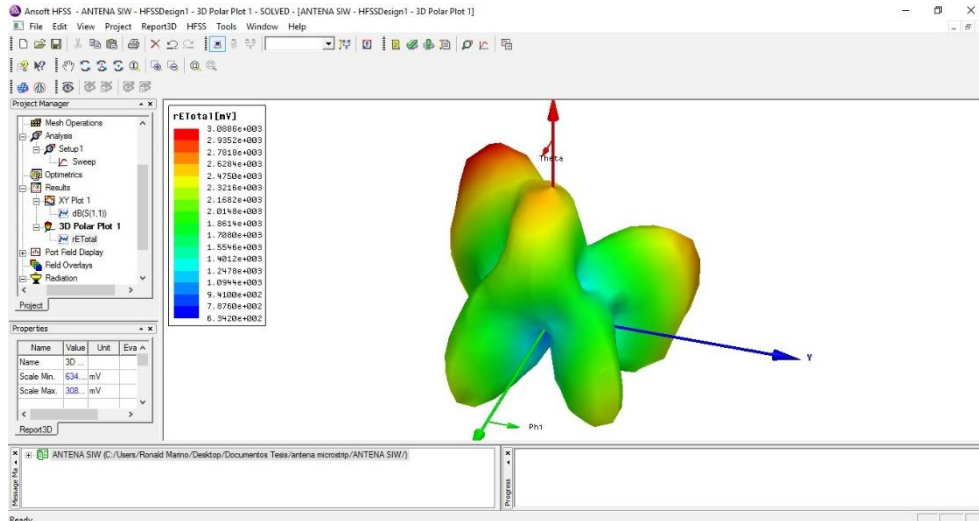


Figura 62. Radiación 3D Antena SIW

Fuente: Autor

2.7.2.3. ELABORACIÓN DE LAS ANTENAS MICROSTRIP Y SIW

Para los diseños de las antenas, lo primero es realizar el modelo exacto en AutoCAD, ver Figura 63.

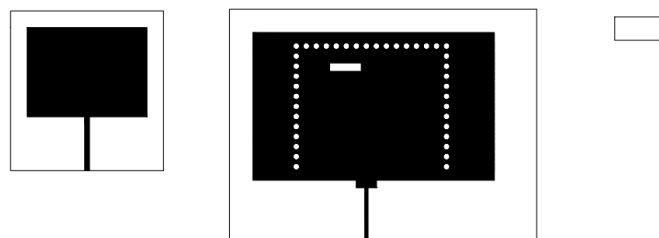


Figura 63. Diseños en AutoCAD

Fuente: Autor.

Estas antenas se realizan mediante uno de los métodos tradicionales el método de transferencia, consiste en utilizar Papel Transfer en el que se va a imprimir las antenas, después se ubica en la placa FR4 y se lo coloca al calor de la plancha hasta que se transfiera, luego se procede a insertarlas en cloruro férrico para retirar

el cobre innecesario, se limpia con un estropajo fino y alcohol para poder soldar el conector SMA así como se observa en la Figura 64 y Figura 65.

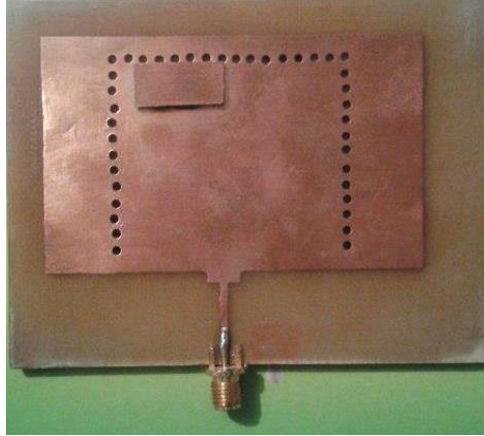


Figura 64. Antena SIW

Fuente: Autor.



Figura 65. Antena Microstrip

Fuente: Autor.

2.7.2.4. CONFIGURACIÓN DEL ACCESS POINT

Para la configuración del Access Point se ingresa a uno de los diferentes navegadores existente y en la parte superior se escribe la siguiente dirección IP 192.168.0.25, aparecerá una ventana, esta requerirá de autenticación para poder ingresar se debe escribir las palabras admin en usuario y contraseña y se tendrá acceso al mismo, ver Figura 66.

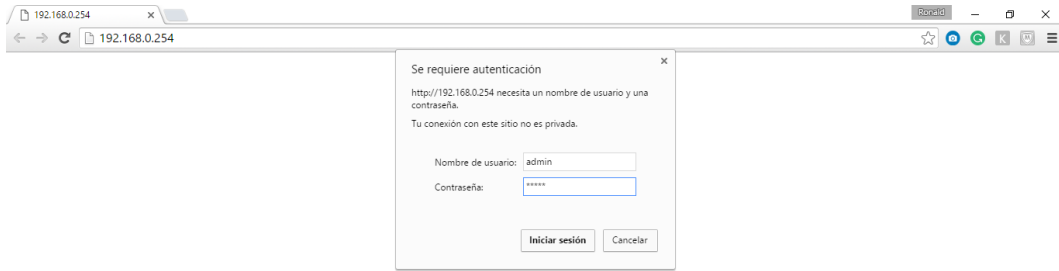


Figura 66. Ingreso al Access Point

Fuente: Autor.

Una vez dentro del Access Point se debe configurar, se realiza un clic en siguiente o next, ver Figura 67.

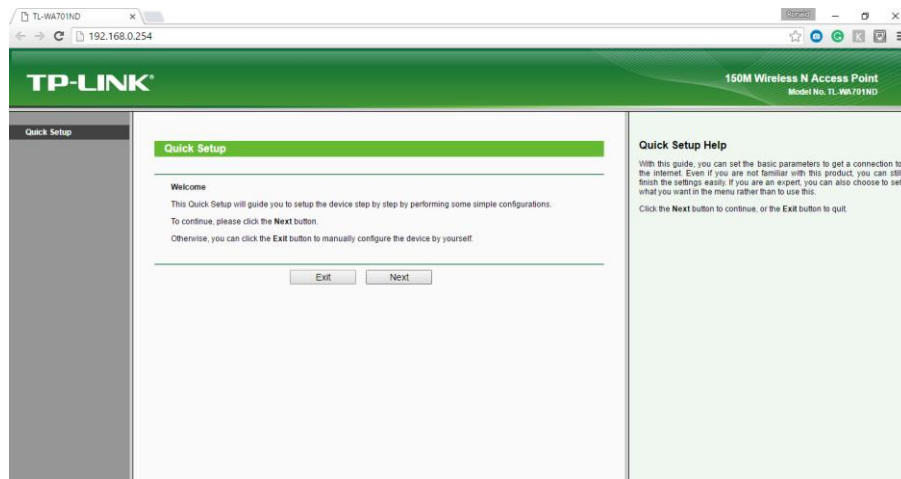


Figura 67. Cuadro de bienvenida

Fuente: Autor.

Se configura como Access Point, ver Figura 68.

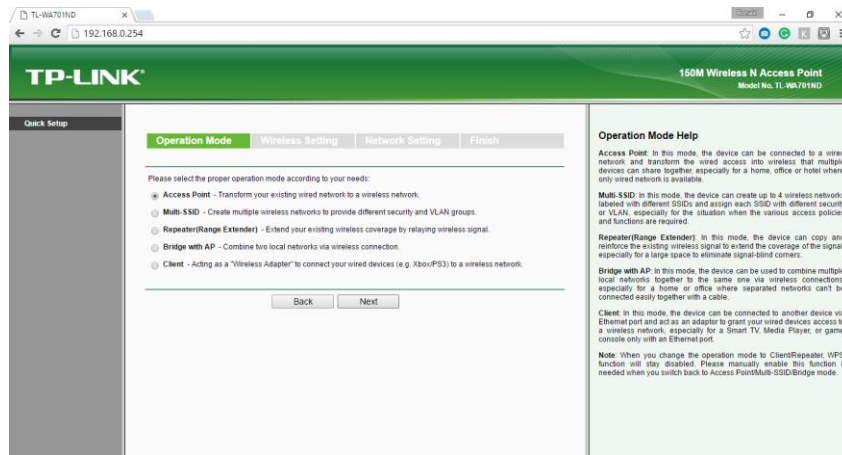


Figura 68. Configuración como Access Point

Fuente: Autor.

Posteriormente se debe ingresar un nombre para la red y una contraseña, en éste proyecto se denominará Prueba y la contraseña 123456789, ver Figura 69.

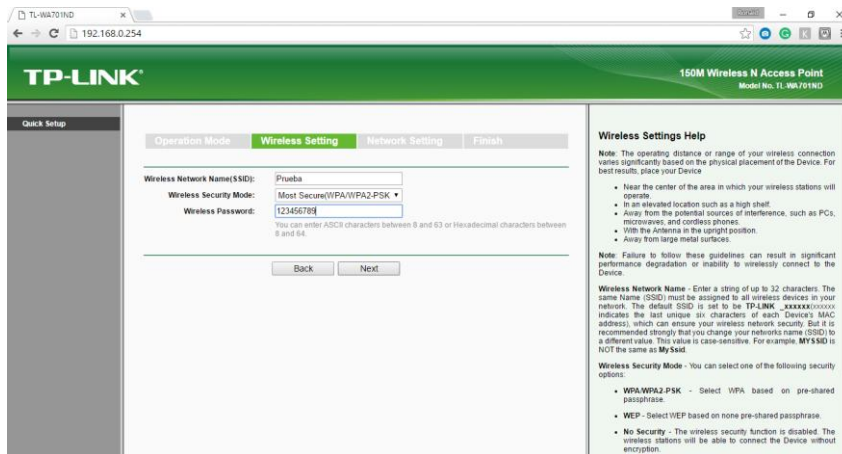


Figura 69. Configuración para nombre de red y contraseña

Fuente: Autor.

Se deshabilita la DHCP y se da clic en siguiente, ver Figura 70.

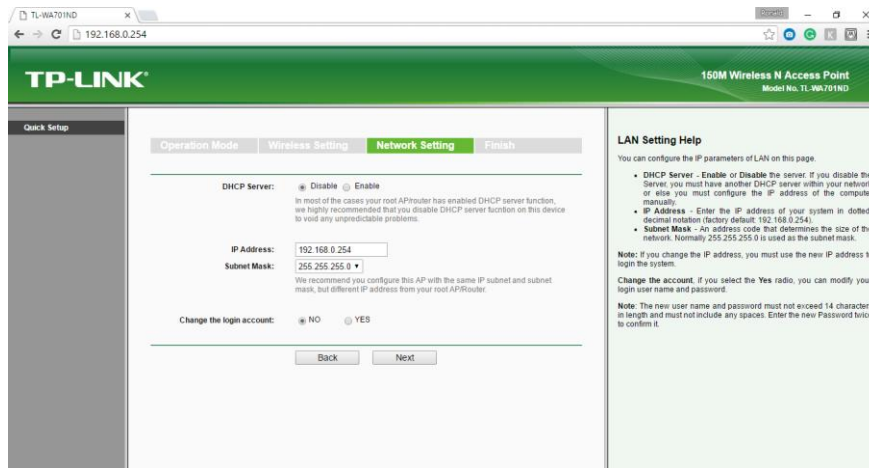


Figura 70. Deshabilitar DHCP

Fuente: Autor.

Finalmente se da clic en reboot para guardar las configuraciones del modem, ver Figura 71.

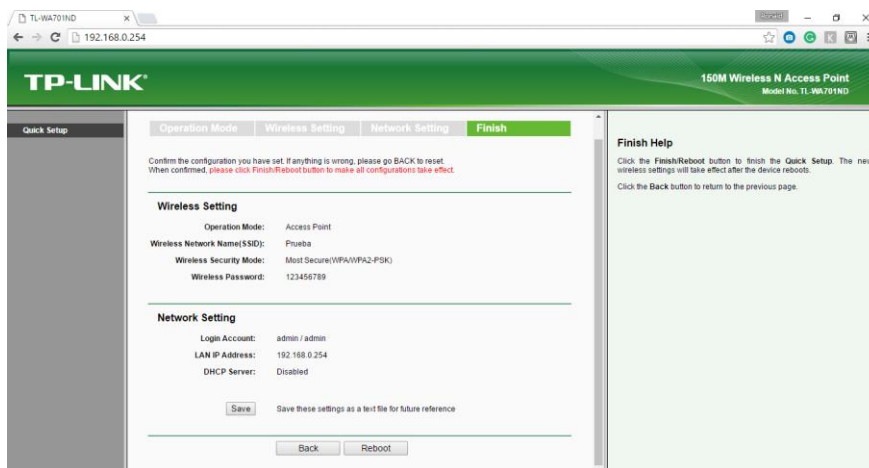


Figura 71. Aceptación de cambios realizados

Fuente: Autor.

Finalmente, se da un clic en reboot para guardar las configuraciones del modem.

2.7.2. RECOLECCIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOFTWARE COLASOFT 7

Para la recolección de datos y análisis de la red se debe buscar un programa capaz de obtener los datos que se necesita y que su entorno sea amigable con el usuario para esto se utiliza el programa Colasoft Capsa, es una herramienta profesional desarrollada para motorizar el tráfico de red. Este programa es muy usado desde su nivel básico hasta su nivel avanzado.

Mediante el software de simulación se obtiene las muestras necesarias tales como: velocidad de transmisión, tiempo de transmisión paquetes enviados, paquetes recibidos y paquetes perdidos en 2 escenarios. Figura 72 y Figura 73.

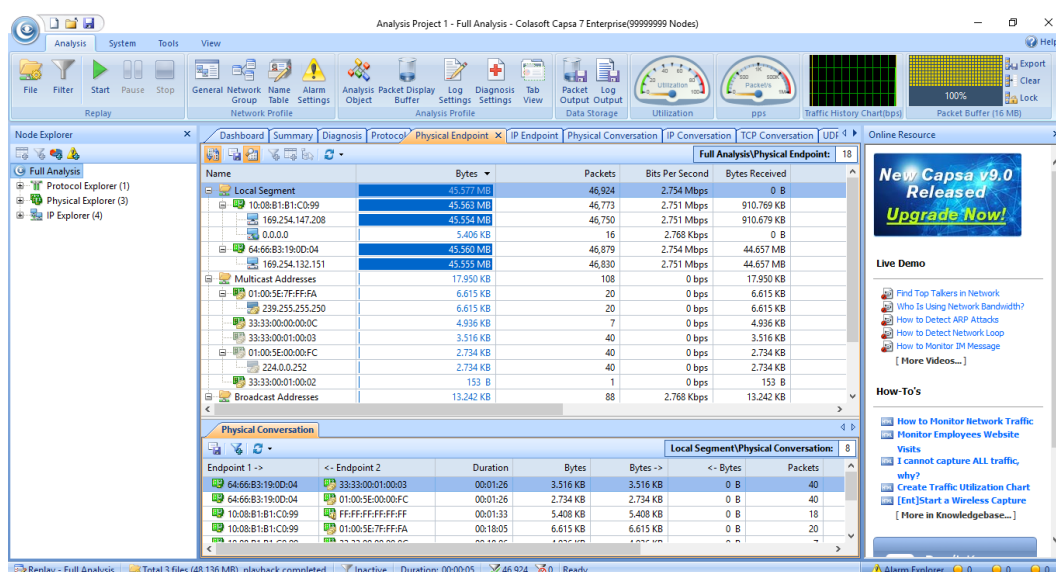


Figura 72. Recolección de datos en ambiente 1

Fuente: Autor.

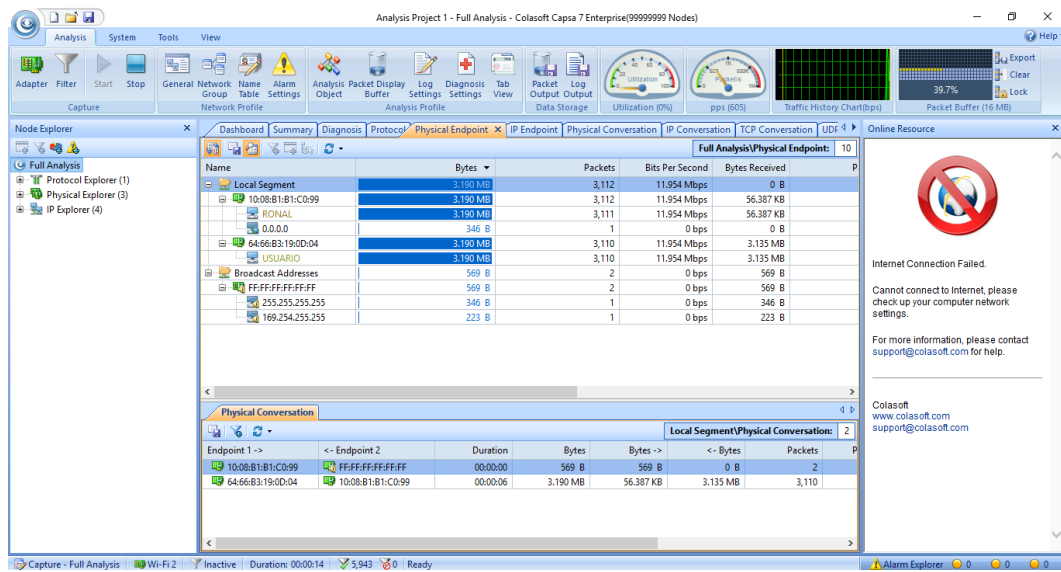


Figura 73. Recolección de datos en ambiente 2

Fuente: Autor.

2.7.2.1. HIPÓTESIS

El análisis del rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW mejorara el estándar 802.11

2.7.2.2. INTERPRETACIÓN ESTADÍSTICA DE PRUEBAS

Se realiza una simulación en tiempo real de transmisión de paquetes de datos las cuales son analizadas y medidas por el software, se transmite un archivo de 20MBytes en 2 ambientes distintos;

En el ambiente 1 se hicieron 36 pruebas utilizando el programa Colasoft Analyzer, intercambio un archivo de 20 MHz entre la estación transmisora y receptora. Además, la antena Microstrip se colocó en el Access Point. Esta herramienta se analizó el usando el protocolo TCP para la trasferencia de archivos y permitió obtener los datos de velocidad de transmisión, tiempo de transmisión, paquetes transmitidos, paquetes recibidos y perdidos, observar Figura 74 y Tabla 10.



Figura 74. Ambiente 1

Fuente: Autor.

La tabla 10 muestra los datos obtenidos de las 36 simulaciones obtenidas.

Tabla 10. Antena Microstrip, Simulación en un ambiente donde no existe congestión ni redes inalámbricas.

N°	Velocidad (Mbps)	Tiempo (Seg)	Paquetes Transmitidos	Paquetes Recibidos	Paquetes Pedidos
1	10,087	26	13.721	6.790	6.931
2	9,393	33	13.712	6.338	7.374
3	8,271	47	13.726	6.690	7.036
4	11,506	42	13.715	6.382	7.333
5	8,379	42	13.743	6.625	7.118
6	7,896	35	13.705	6.703	7.002
7	7,723	30	13.732	6.894	6.838
8	10,087	26	13.721	6.790	6.931
9	9,393	33	13.712	6.338	7.374
10	8,271	47	13.726	6.690	7.036
11	11,506	42	13.715	6.382	7.333
12	8,379	42	13.743	6.625	7.118
13	7,896	35	13.705	6.703	7.002
14	7,723	30	13.732	6.894	6.838
15	10,087	26	13.721	6.790	6.931
16	9,393	33	13.712	6.338	7.374
17	8,271	47	13.726	6.690	7.036
18	11,506	42	13.715	6.382	7.333

19	8,379	42	13.743	6.625	7.118
20	7,896	35	13.705	6.703	7.002
21	7,723	30	13.732	6.894	6.838
22	10,087	26	13.721	6.790	6.931
23	9,393	33	13.712	6.338	7.374
24	8,271	47	13.726	6.690	7.036
25	11,506	42	13.715	6.382	7.333
26	8,379	42	13.743	6.625	7.118
27	7,896	35	13.705	6.703	7.002
28	7,723	30	13.732	6.894	6.838
29	10,087	26	13.721	6.790	6.931
30	9,393	33	13.712	6.338	7.374
31	8,271	47	13.726	6.690	7.036
32	11,506	42	13.715	6.382	7.333
33	8,379	42	13.743	6.625	7.118
34	7,896	35	13.705	6.703	7.002
35	7,723	30	13.732	6.894	6.838
36	10,087	26	13.721	6.790	6.931
Prom Antena	9,066	36,1389	13721,97	6636,11	7085,86

Fuente: Autor

Ambiente 2:

En el ambiente 2 se hicieron 36 pruebas utilizando el programa Colasoft Analyzer, intercambio un archivo de 20 MHz entre la estación transmisora y receptora. Además, la antena SIW se colocó en el Access point. Esta herramienta se analizó el usando el protocolo TCP para la trasferencia de archivos y permitió obtener los datos de velocidad de transmisión, tiempo de transmisión, paquetes transmitidos, paquetes recibidos y perdidos, observar Figura 75 y Tabla 11.



Figura 75. Ambiente 2

Fuente: Autor.

La tabla 11 muestra los datos obtenidos de las 36 simulaciones obtenidas.

Tabla 11 Antena SIW, Simulación en un ambiente congestionado de redes inalámbricas.

N°	Velocidad (Mbps)	Tiempo (seg)	Paquetes Transmitidos	Paquetes Recibidos	Paquetes Pedidos
1	9,763	42	13.717	6.247	7.470
2	17,938	27	13.707	6.152	7.555
3	15,572	24	13.727	6.152	7.575
4	15,983	15	13.709	6.611	6.504
5	11,954	24	13.734	6.561	7.173
6	9,972	19	13.900	6.839	7.061
7	10,752	17	13.895	6.774	7.121
8	9,763	42	13.717	6.247	7.470
9	17,938	27	13.707	6.152	7.555
10	15,572	24	13.727	6.152	7.575
11	15,983	15	13.709	6.611	7.098
12	11,954	24	13.734	6.561	7.173
13	9,972	19	13.900	6.839	7.061
14	10,752	17	13.895	6.774	7.121
15	9,763	42	13.717	6.247	7.470
16	17,938	27	13.707	6.152	7.555
17	15,572	24	13.727	6.152	7.575

18	15,983	15	13.709	6.611	7.098
19	11,954	24	13.734	6.561	7.173
20	9,972	19	13.900	6.839	7.061
21	10,752	17	13.895	6.774	7.121
22	9,763	42	13.717	6.247	7.470
23	17,938	27	13.707	6.152	7.555
24	15,572	24	13.727	6.152	7.575
25	15,983	15	13.709	6.611	7.098
26	11,954	24	13.734	6.561	7.173
27	9,972	19	13.900	6.839	7.061
28	10,752	17	13.895	6.774	7.121
29	9,763	42	13.717	6.247	7.470
30	17,938	27	13.707	6.152	7.555
31	15,572	24	13.727	6.152	7.575
32	15,983	15	13.709	6.611	7.098
33	11,954	24	13.734	6.561	7.173
34	9,972	19	13.900	6.839	7.061
35	10,752	17	13.895	6.774	7.121
36	9,763	42	13.717	6.247	7.470
Prom Antena	13,040	24,50	13768,39	6470,19	7281,69

Fuente: Autor

2.7.2.3. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la comprobación de hipótesis se realiza una prueba por el método del Chi-Cuadrado para lo que se analizan los datos obtenidos mediante los experimentos realizados.

2.7.2.3.1. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Ho: El análisis del rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW mejorará el estándar 802.11.

H1: El análisis del rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW no mejorará el estándar 802.11.

$$H_0: x_2 < x_1$$

$$H_1: x_2 > x_1$$

2.7.2.3.2. ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL DE SIGNIFICANCIA

Esta prueba se realizó con un nivel de confiabilidad del 95.5%, a lo que se refiere que su nivel de significancia será de $\alpha = 0.005$.

En la tabla 12, se observa la media de los datos obtenidas y el porcentaje de tiempo de transmisión del archivo intercambiado, en el ambiente 1 y ambiente 2, la transferencia de la información entre el transmisor y receptor es más efectivo en el ambiente 2, esto es debido a que la antena SIW tienen mejor comportamiento en el ancho de banda por su fabricación.

Tabla 122. Velocidad de transmisión

	TIEMPO DE TRASMICION		VELOCIDAD DE TRASMICION		PAQUETES			
	TIEMPO	%	Rata(Mbps)	%	Paq. Tx	Paq. Rx	Paq. perdidos	%
AMBIENTE 1	36	66,667	9,066	69,52	6636,11	13721,97	7085,86	100
AMBIENTE 2	24	100,000	13,040	100,00	6470,19	13768,39	7298,2	97,09

En la tabla 13 se puede observar un resumen de las variables obtenidas experimentalmente, estas son necesarias para la comprobar con los dato de frecuencia de la tabla 14.

Tabla 133. Variables

Variables				
	Tiempo	Paquetes	Velocidad	Proporción Muestral
AMBIENTE 1	66,67	100,00	69,52	0,44
AMBIENTE 2	100,00	97,09	100,00	0,56
Total	166,67	197,09	169,52	

Fuente: Autor

Tabla 144. Frecuencia esperada

Frecuencias Esperadas			
	Tiempo	Paquetes	Velocidad
AMBIENTE 1	73,82	87,29	75,08
AMBIENTE 2	92,85	109,80	94,44

Fuente: Autor

2.7.2.3.3. SE ESTABLECE LA REGLA DE DECISIÓN

La prueba arroja valores estadísticos mediante los cuales el obtenido es menor al valor a tabular, por lo tanto, la hipótesis nula es aceptada, y la hipótesis alternativa es rechazada.

Como se observa en la Tabla 15 se puede apreciar que el valor $5.30 < 10.59$ por lo tanto, la hipótesis es afirmativa.

Tabla 155. Valores estadísticos

	r	2
	k	3
Grados de Libertad	$(r-1)(k-1)$	2
Nivel de significación	α	0,005
ji Cuadrado	H1	10,59663473
Probabilidad	P	0,070551783
X0 Prueba		5,302816665

Fuente: Autor

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Este capítulo describirá las diversas pruebas a las que se expuso a las Antenas en el Ambiente A, Antena Microstrip y en Ambiente B Antena SIW.

3.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para poder analizar la red se utiliza el software Colasoft, el mismo que calcula el tráfico de las redes, éste programa ayudará para recolectar datos para obtener el rendimiento de la red:

- Velocidad de transmisión
- Tiempo de transmisión
- Paquetes transmitidos, recibidos, perdidos

3.2. PRUEBAS DE COMUNICACIÓN

Velocidad de transmisión es el número de bits transmitidos por segundos cuando se envía un flujo continuo de datos en este caso se obtiene una velocidad de transmisión en el presente caso la velocidad de transmisión en el Ambiente 2 muestra un notable aumento en comparación con el ambiente 1, dando mejores resultados en la Tabla 16.

Tabla 166. Velocidad de Trasmisión

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	
ANTENA MICROSTRIP AMBIENTE 1	ANTENA SIW AMBIENTE 2
9,066 Mbps	13,040 Mbps

Fuente: autor

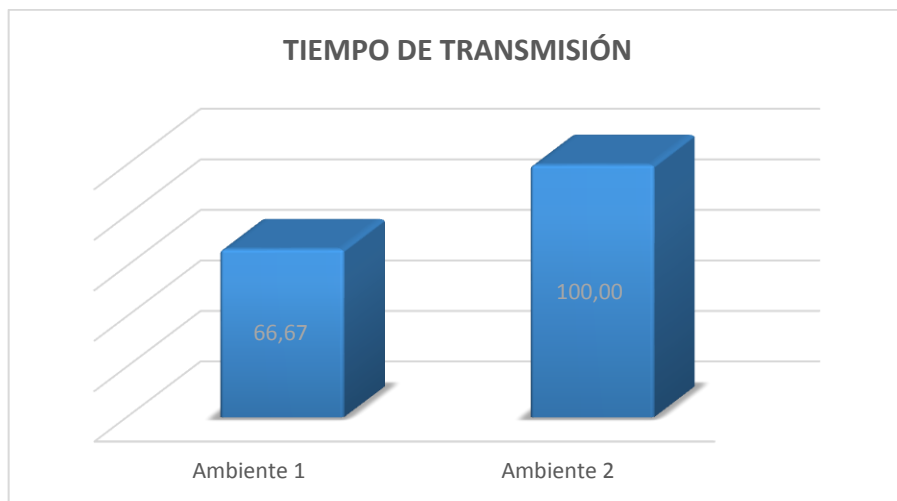


Figura 76. Tiempo de trasmisión

Fuente: autor

Mediante el análisis de los datos obtenidos se pone en consideración que el experimento en el Ambiente B tiene una reducción considerable del 10 segundo aproximadamente en comparación al ambiente. Así como se puede apreciar en la Tabla 17.

Tabla 177. Tiempo de Trasmisión

TIEMPO DE TRANSMISIÓN	
ANTENA MICROSTRIP AMBIENTE 1	ANTENA SIW AMBIENTE 2
36,13 s	24,50s

Fuente: autor

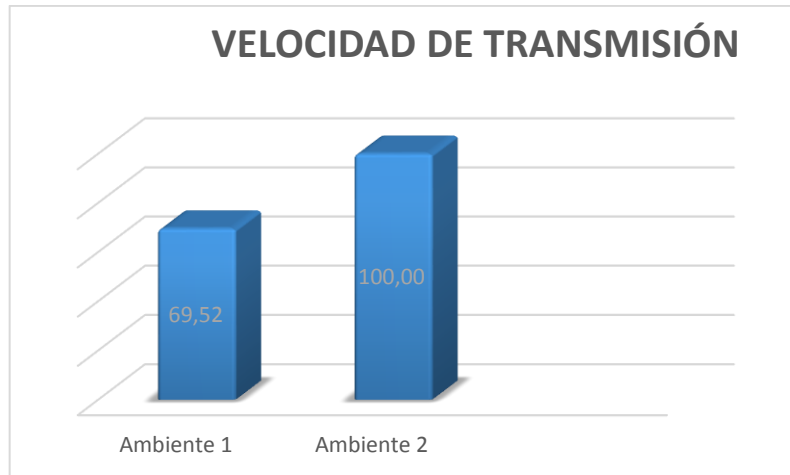


Figura 77. Velocidad de transmisión

Fuente: autor

El análisis muestra el tráfico total en los diferentes escenarios para paquetes transmitidos, paquetes recibidos y paquetes perdidos, como se puede apreciar en la tabla 18 la tasa de paquetes perdidos es menor en un Ambiente 2 pero entre la relación de paquetes transmitidos y recibidos es mejor un Ambiente 1.

Tabla 18. Análisis del tráfico

Paquetes transmitidos		Paquetes recibidos		Paquetes perdidos	
ANTENA MICROSTRIP AMBIENTE 1	ANTENA SIW AMBIENTE 2	ANTENA MICROSTRIP AMBIENTE 1	ANTENA SIW AMBIENTE 2	ANTENA MICROSTRIP AMBIENTE 1	ANTENA SIW AMBIENTE 2
13721,97	13768,39	6636,11	6470,19	7085,86	7281,69

Fuente: autor

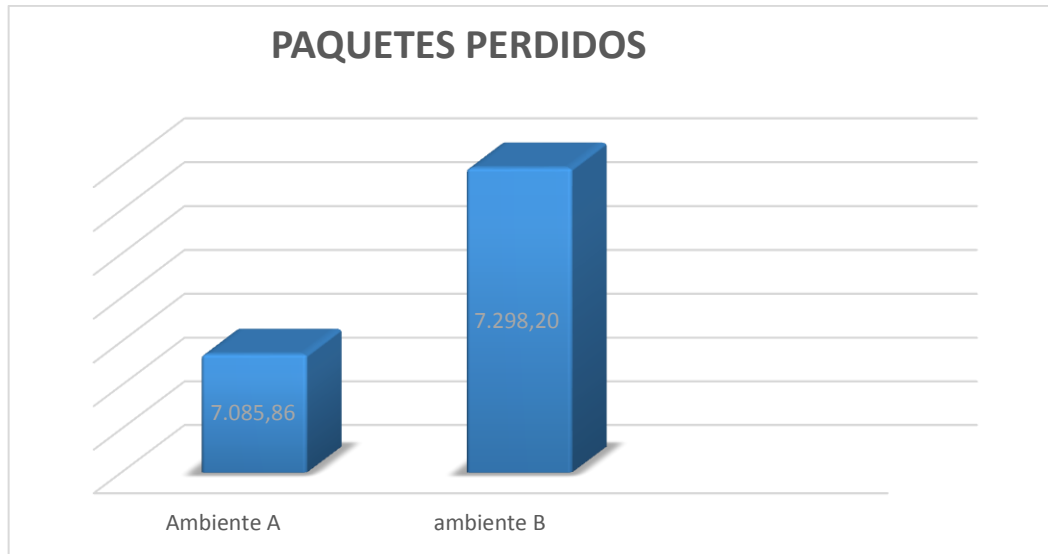


Figura 78. Paquetes perdidos

Fuente: autor

3.3. PRUEBA DE ANTENAS

Las pruebas de las antenas se realizan mediante un analizador de espectros, el equipo permite observar la frecuencia y la ganancia en la que se encuentran operando la antena.

La escala logarítmica que permite visualizar estos resultados se encuentra en dBm, la referencia se mide desde la línea central del analizador de espectros y se va observando la ganancia según el valor que se obtiene del pico más alto con el valor de referencia, como se puede apreciar en la Tabla 19.

Tabla 19. Datos obtenidos mediante analizador de espectros

ANTENA MICROSTRIP	ANTENA SIW
25dBm	33dBm

Fuente: autor

En la Figura 79 y Figura 80 se puede apreciar los valores obtenidos mediante el analizador de espectros, permite visualizar los valores de potencia y frecuencia a la que están trabajando las diferentes antenas.

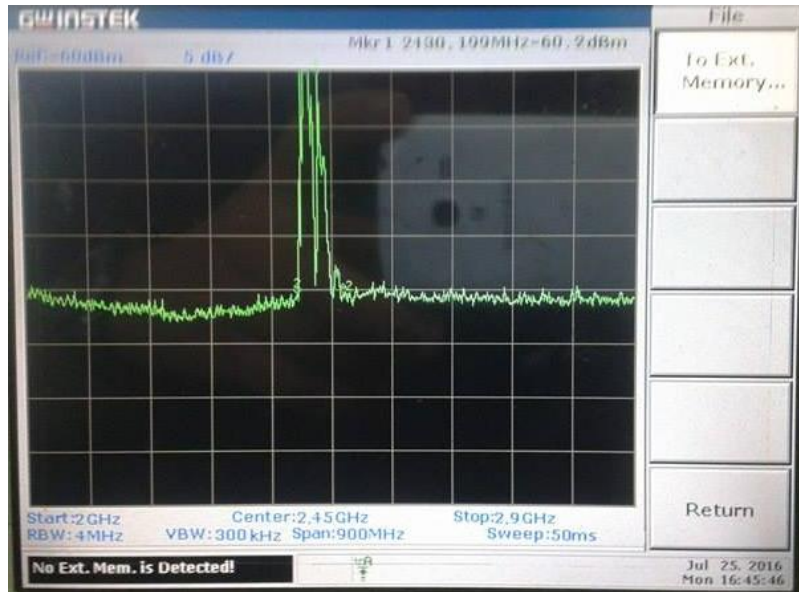


Figura 79. Antena Microstrip Analizador de espectros

Fuente: autor

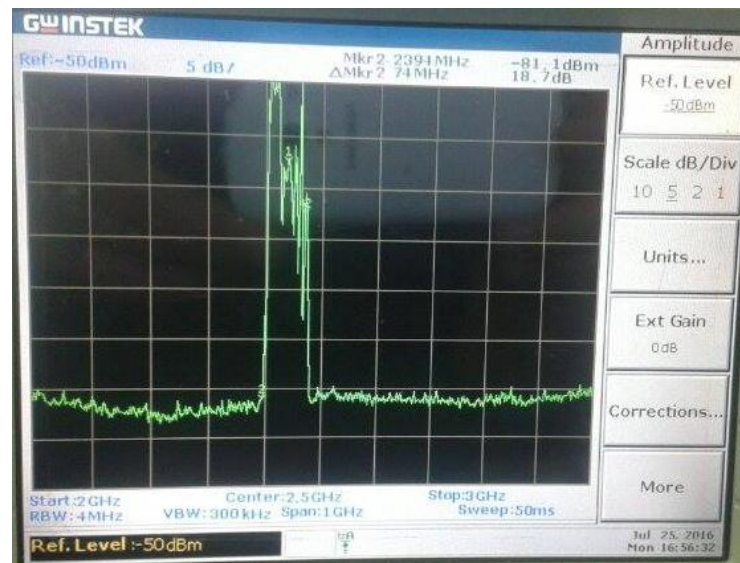


Figura 80. Antena SIW Analizador de espectros

Fuente: autor

Además, se comprueba el ancho de banda de cada una de las antenas obteniendo así los siguientes valores, ver Tabla 20.

Tabla 180. Ancho de banda analizador de espectros

ANTENA MICROSTRIP	ANTENA SIW
73.8 Mhz	74 Mhz

Fuente: autor

En la Figura 81 y Figura 82, se puede apreciar los valores obtenidos mediante el analizador de espectros que permite visualizar el valor del ancho de banda.

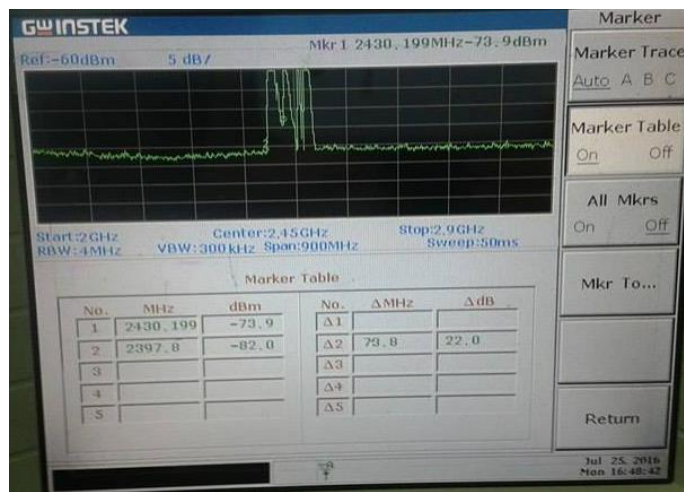


Figura 81. Antena Microstrip analizador de espectros

Fuente: autor

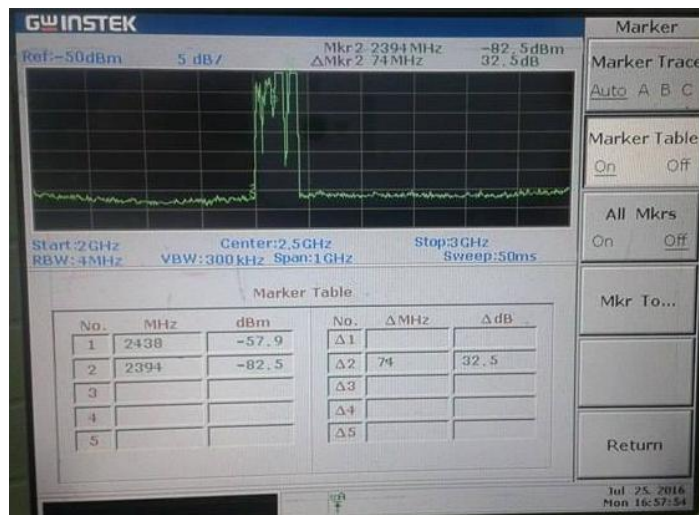


Figura 82. Antena SIW analizador de espectros

Fuente: autor

3.4. COMPROBACIÓN DE LAS ANTENAS SIMULADAS Y LAS ANTENAS FÍSICAS

Para la comprobación de las antenas se basó en los resultados obtenidos mediante el software HFSS y los resultados obtenidos mediante el analizador de espectros.

En la Figura 83 y Figura 84, se puede apreciar los resultados de la antena Microstrip simulada y física.

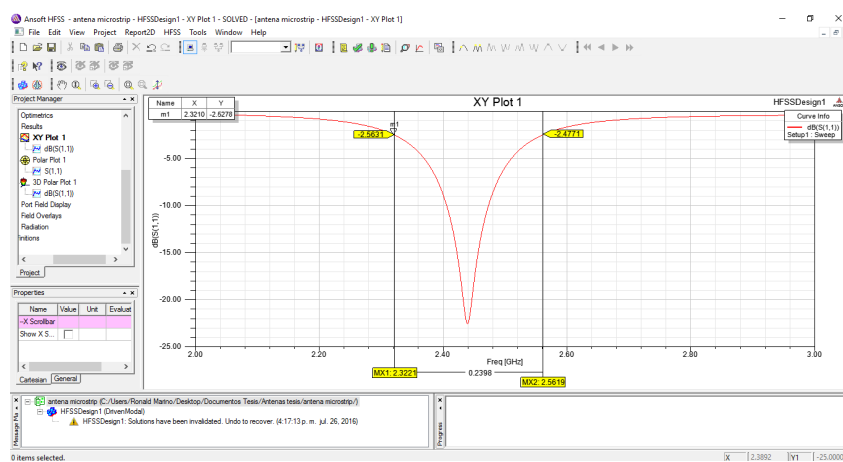


Figura 83. Resultados de la simulación

Fuente: autor

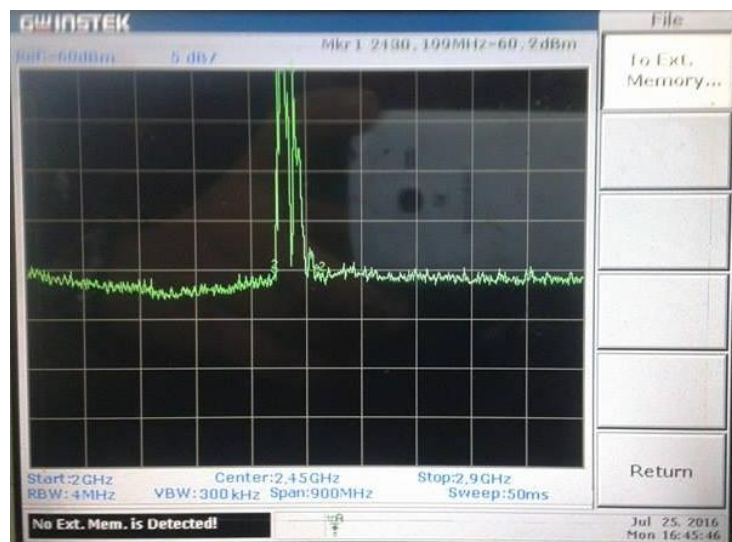


Figura 84. Resultados mediante el analizador de espectros

Fuente: autor

Se realiza el cálculo del error de la ganancia la simulación muestra una ganancia de 22dB y el analizador de espectros muestra una ganancia 25dB, con estos valores se procede a realizar el cálculo del porcentaje de error.

$$\%error = \frac{|valor\ aproximado - valor\ exacto|}{|valor\ exacto|} * 100\%$$

$$\%error = \frac{|22 - 25|}{|25|} * 100\%$$

$$\%error = \frac{|3|}{|25|} * 100\%$$

$$\%error = 12\%$$

En la Figura 85 y Figura 86 se aprecia los resultados de la antena Microstrip simulada y física.

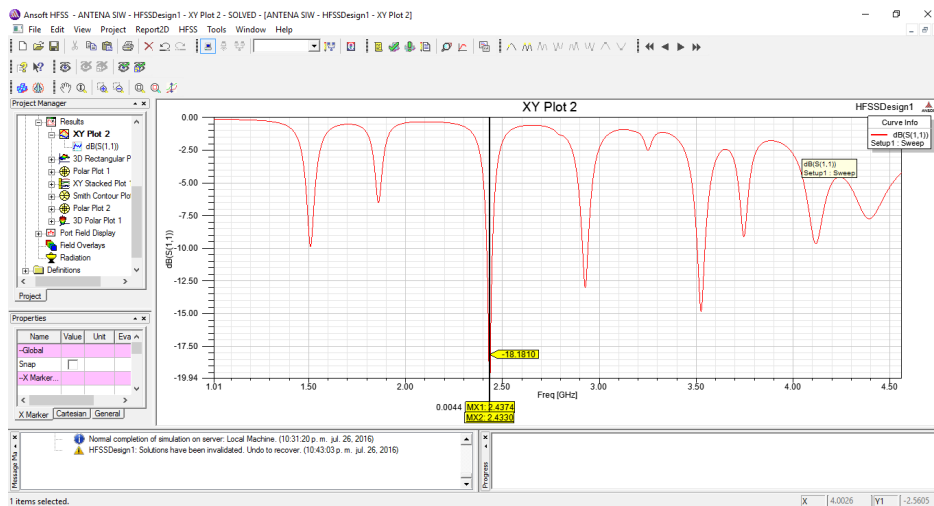


Figura 85.Resultado de la simulación

Fuente: autor

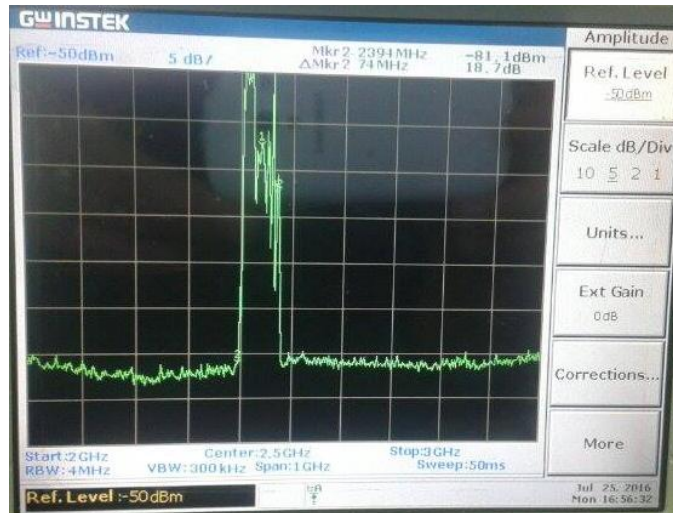


Figura 86. Resultado mediante analizador de espectros

Fuente: autor

Se realiza el cálculo del error de la ganancia la simulación muestra una ganancia de 19.95dB y el analizador de espectros muestra una ganancia 33dB, con estos valores se procede a realizar el cálculo del porcentaje de error.

$$\%error = \frac{|valor\ aproximado - valor\ exacto|}{|valor\ exacto|} * 100\%$$

$$\%error = \frac{|19,95 - 33|}{|33|} * 100\%$$

$$\%error = \frac{|13,05|}{|33|} * 100\%$$

$$\%error = 39.5\%$$

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN

El diseño de una antena para mejora del estándar 802.11 es en definitiva un trabajo que se realiza a diario, las antenas por lo general se encuentran expuestas a interferencias por lo que no se puede obtener una comunicación estable con el servidor de red.

Las antenas Microstrip son utilizadas a menudo por estudiantes, ya que este tipo de antenas utiliza un phased-array, el mismo que proporciona un diseño pequeño, de bajo costo y buena eficiencia, son de fácil fabricación e instalación, también este tipo de antenas tienen una gran y amplia gama de modelos sencillos, por este motivo se puede hacer arreglos de antenas que tendrán mejores prestaciones.

Las antenas SIW son antenas basadas en un modelo de antena Microstrip, como su nombre lo dice es una guía de onda dentro de un sustrato dieléctrica, esta tecnología se crea para trabajar a altas frecuencias, al trabajar a frecuencias baja el tamaño de la guía de onda, las que serán similares a la de la guía convencional y por lo tanto tendrá sus mismas deficiencias, las antenas SIW por su estructura es difícil de modelar e incluso integrar ya que para la estructura de orificios metalizados es necesario tener gran precisión al momento de realizarlas, este tipo de antenas todavía se encuentran en investigación ya que es una tecnología reciente, no tienen procedimientos estándar establecidos para el diseño y dependen de las simulaciones.

La tecnología avanza a cada instante, necesitando así nuevos servicios en el área de telecomunicaciones, por este motivo se crean nuevos métodos para el funcionamiento de una red eficiente. El aumento exponencial de usuarios y la progresiva saturación de las redes es la principal causa para no obtener buenos servicios, al diseñar una antena SIW, se obtiene una mejor prestación en calidad de servicio conectividad transferencia de datos y potencia al obtener una mejora en estos parámetros, se obtiene una mejora en el rendimiento de la red.

Este tema de tesis da paso a investigaciones futuras en el ámbito de crear nuevas antenas diseñadas con equipos de precisión para mejorar este tipo de antenas, miniaturizar las antenas para obtener mejores resultados. También se puede diseñar antenas a diferentes frecuencias, estas antenas tienen buenas características para ser usadas como antenas multibanda ya que se obtiene buenas ganancias.

Finalmente, en la actualidad el estar conectado a la red proporciona información, comunicación, la facilidad de descargar archivos y varias actividades más que se han convertido hoy en día en una necesidad para los seres humanos.

Partiendo de esta necesidad se busca mejorar las características de las redes y se resuelve varios inconvenientes que existen en la actualidad.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Al terminar esta investigación se concluye lo siguiente:

- Entre las tecnologías más eficientes se obtiene la tecnología Microstrip por las facilidades que ofrece realizar una antena de estas mientras tanto las antenas SIW, todavía siguen en desarrollo ofrece tener mejores prestaciones de servicio en comparación con la antena Microstrip por lo tanto las antenas SIW son una tecnología apropiada para mejorar el desempeño del sistema radiante.
- Para los diseños de antenas SIW se lo debe realizar con elementos de precisión, las antenas por su compleja estructura tiene bastantes deficiencias al momento de construirlas.
- Las antenas SIW son capaces de mejorar el estándar 802.11. al obtener datos de simulación se comprobó que la hipótesis es verdadera ya que este tipo de antenas es más eficiente.
- Una antena SIW en comparación con una antena Microstrip se logra apreciar de gran manera que una antena SIW expuesta a un ambiente congestionado tubo mejores prestaciones de servicio que una antena Microstrip en un ambiente no existe congestión de redes por lo tanto concluyo que una antena SIW es más efectiva que la antena Microstrip.

5.2. RECOMENDACIONES

Después de realizar esta investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

- Al momento de diseñar este tipo de antenas realizarlo con un material que tenga mejores prestaciones para ondas radiadas y ondas guiadas.
- Realizar las antenas con equipos y herramientas de precisión ya que al momento de implementarlas estos errores son muy significativas.
- Realizar más experimentos para lograr obtener reglas de diseño estándar para antenas a bajas frecuencias.
- Utilizar estas antenas para diseños de antenas multibandas ya que son muy eficientes.
- Adquirir equipos y materiales de precisión para realizar este tipo de antenas ya que la tecnología usada en estas pruebas no es suficientemente amplia para seguir con estas investigaciones.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1. TÍTULO DEL PROYECTO

Analizar el rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW

6.2. INTRODUCCIÓN

Desde el desarrollo de la comunicación inalámbrica las antenas han sido un equipo fundamental para el funcionamiento de estas, por las investigaciones de las mismas se han desarrollado desde hace muchos años. En la actualidad debido a que las redes inalámbricas están limitadas y las comunicaciones con la red son una exigencia de los usuarios que disponen de ella, se presenta una solución para mejorar las comunicaciones inalámbricas por lo que se procede a desarrollar una comparación entre antenas de 2 tecnologías: SIW SUSTRATE Y MICROSTRIP. Este estudio permitirá analizar y determinar cuál de estas tecnologías brinda mejores prestaciones de servicio en lo referente al rendimiento y la eficiencia de una red inalámbrica o sistema radiante.

6.3. OBJETIVOS

6.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el rendimiento del sistema radiante utilizando la tecnología MICROSTRIP y SIW para mejorar el estándar 802.11

6.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar y determinar las tecnologías más apropiadas para mejorar el desempeño del sistema radiante.
- Analizar el diferente rendimiento de los sistemas radiantes Microstrip y SIW mediante un sniffer de red que puedan ser un complemento para la mejora de ellos.
- Diseñar e implementar el sistema radiante a través de conceptos de líneas de transmisión.
- Demostrar cuál de estos sistemas es el más efectivo.

6.4. JUSTIFICACIÓN

La realización de este proyecto es de gran importancia ya que permitirá resolver problemas que se puede obtener en un sistema radiante, incentiva el descubrimiento de nuevas tecnologías las que son de gran interés para ser investigadas, las teorías sobre la tecnología Microstrip y SIW son ahora solo un avance para las nuevas generaciones, por medio de estas se desarrollaran antenas miniaturizados, arreglos para mejorar la eficiencia y sencillos métodos de fabricación e instalación, esta tecnología que es muy importante ya es utilizada en otros campos de la ciencia lo que es un avance muy significativo para universidad y el país.

Además para la UNIVERSIDAD NACIONAL de CHIMBORAZO, es importante que por medio de la ESCUELA DE ELECTRÓNICA y TELECOMUNICACIONES, se presente el actual proyecto ya que es una base importante para el diseño de nuevas antenas permitiendo así seguir desarrollando tecnología y fortaleciendo conocimientos en ciencia y tecnología para poder llegar a ser los pioneros diseño y construcción de dispositivos de telecomunicaciones.

Bibliografía

- AQUINO, R. H. (2008). *Diseño, Simulación y Construcción de Antenas Parche Para Bluetooth y WI-FI, Bandas 2.4Ghz y 5.8Ghz*. Mexico.
- Baeza, U. A. (22 de 07 de 2016). Obtenido de <http://es.slideshare.net/ugoandresprofesor/leccion3-f-redes>
- Client, n. l. (s.f.). Obtenido de http://www.moxa.com/Event/IW/2012/AWK-1121/Application_ebus.html
- CONEXCON. (2015). *Cenval*. Obtenido de Cenval: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>
- EcuRed*. (22 de 07 de 2016). Obtenido de EcuRed: http://www.ecured.cu/Est%C3%A1ndar_inal%C3%A1mbrico_802.11b
- Eleprint. (2015). *Eleprint*. Obtenido de Eleprint: <http://www.eleprint.com.ar/material.htm>
- Ferrando, M., & Valero, A. (2014). *Universidad Politecnica de Valencia*. Recuperado el 21 de 07 de 2016, de http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf
- Galeon*. (22 de 07 de 2016). Obtenido de Galeon: <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>
- Jiménes Martín , J. L., Rodríguez Martín , J. M., & González Posadas, V. (2011). *Procedimiento de Diseño y Realización de Antenas de Parche en Tecnología Microstrip*.
- Navarro Méndez, D., Carrera Suárez , L., & Baquero Escudero, M. (2010). *Guías de Onda Integradas en Substrato para Aplicaciones en las Bandas Microondas y Ondas Milimétricas*. Valencia.
- Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. (2013). Copenhagen.
- TP-LINK. (2013). *TP-LINK*. Obtenido de TP-LINK: http://www.tp-link.com/resources/document/TL-WA701ND_V2_Datasheet.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

Característica de la placa FR4

KIT REPLACEMENT ITEM

PCB FAB -IN-A-BOX

DOUBLE-Sided PCB

<p>RATING: FR-4/G10</p> <p>MATERIAL: FIBERGLASS</p> <p>QUANTITY: 2 PANELS</p> <p>THICKNESS: .032"</p> <p>PANEL SIZE: 8"x10"</p> <p>COPPER WT: 1/2oz</p> <p>Material Characteristics: Difunctional FR-4/G-10 rigid laminates are manufactured from high reliability epoxy resin and woven glass fabrics used for multi-layer copper clad one or two sided boards.</p>	<p>General Information:</p> <table border="0"> <tr><td>MIL P-13949G Type Designation</td><td>GF</td></tr> <tr><td>U.L. Designation - ANSE Grade</td><td>FR-4</td></tr> <tr><td>U.L. File Number</td><td>E38534</td></tr> <tr><td>Manufacturer's Rating</td><td>9850</td></tr> <tr><td>Maximum Operating Temperature</td><td>130°C</td></tr> <tr><td>Copper Weight</td><td>1/2 oz</td></tr> </table> <p>Electrical Properties:</p> <table border="0"> <tr><td>Dielectric Constant</td><td>5.2 @ 1MHz</td></tr> <tr><td>Dielectric Strength</td><td>400 v/mil</td></tr> <tr><td>Dissipation Factor</td><td>0.025 @ 50Hz</td></tr> <tr><td>ARC Resistance</td><td>80 sec</td></tr> </table> <p>Difunctional Properties:</p> <table border="0"> <tr><td>Porosity, 1MΩ</td><td>4.7 mm</td></tr> <tr><td>Loss Tangent, 1MΩ</td><td>.015, max</td></tr> <tr><td>Water Absorption</td><td>.15, max</td></tr> <tr><td>Volume Resistance (Concl. F)</td><td>1.0 x 10¹⁰, min</td></tr> <tr><td>Surface Resistance (Concl. F)</td><td>1.0 x 10¹⁰, min</td></tr> <tr><td>Volume Resistance E-24/125</td><td>5 x 10¹⁰, min</td></tr> <tr><td>Surface Resistance E-24/125</td><td>1 x 10¹⁰, min</td></tr> <tr><td>Chemical Resistance</td><td>1.5%</td></tr> <tr><td>Standard Tolerance</td><td>±.0050</td></tr> <tr><td>Class 3 Tolerance</td><td>±.0035</td></tr> </table> <p>Mechanical Properties:</p> <table border="0"> <tr><td>Bond Strength</td><td>2,500 lbs</td></tr> <tr><td>Compressive Strength</td><td>60,000 psi</td></tr> <tr><td>Flexural Strength</td><td>55,000 psi</td></tr> <tr><td>Shear Strength</td><td>19,000 psi</td></tr> <tr><td>Tensile Strength</td><td>40,000 psi</td></tr> <tr><td>Impact Strength, 2000 (inch/lb)</td><td>7 ft-lbs/inch</td></tr> <tr><td>Specific Gravity</td><td>1.82</td></tr> </table>	MIL P-13949G Type Designation	GF	U.L. Designation - ANSE Grade	FR-4	U.L. File Number	E38534	Manufacturer's Rating	9850	Maximum Operating Temperature	130°C	Copper Weight	1/2 oz	Dielectric Constant	5.2 @ 1MHz	Dielectric Strength	400 v/mil	Dissipation Factor	0.025 @ 50Hz	ARC Resistance	80 sec	Porosity, 1MΩ	4.7 mm	Loss Tangent, 1MΩ	.015, max	Water Absorption	.15, max	Volume Resistance (Concl. F)	1.0 x 10 ¹⁰ , min	Surface Resistance (Concl. F)	1.0 x 10 ¹⁰ , min	Volume Resistance E-24/125	5 x 10 ¹⁰ , min	Surface Resistance E-24/125	1 x 10 ¹⁰ , min	Chemical Resistance	1.5%	Standard Tolerance	±.0050	Class 3 Tolerance	±.0035	Bond Strength	2,500 lbs	Compressive Strength	60,000 psi	Flexural Strength	55,000 psi	Shear Strength	19,000 psi	Tensile Strength	40,000 psi	Impact Strength, 2000 (inch/lb)	7 ft-lbs/inch	Specific Gravity	1.82
MIL P-13949G Type Designation	GF																																																						
U.L. Designation - ANSE Grade	FR-4																																																						
U.L. File Number	E38534																																																						
Manufacturer's Rating	9850																																																						
Maximum Operating Temperature	130°C																																																						
Copper Weight	1/2 oz																																																						
Dielectric Constant	5.2 @ 1MHz																																																						
Dielectric Strength	400 v/mil																																																						
Dissipation Factor	0.025 @ 50Hz																																																						
ARC Resistance	80 sec																																																						
Porosity, 1MΩ	4.7 mm																																																						
Loss Tangent, 1MΩ	.015, max																																																						
Water Absorption	.15, max																																																						
Volume Resistance (Concl. F)	1.0 x 10 ¹⁰ , min																																																						
Surface Resistance (Concl. F)	1.0 x 10 ¹⁰ , min																																																						
Volume Resistance E-24/125	5 x 10 ¹⁰ , min																																																						
Surface Resistance E-24/125	1 x 10 ¹⁰ , min																																																						
Chemical Resistance	1.5%																																																						
Standard Tolerance	±.0050																																																						
Class 3 Tolerance	±.0035																																																						
Bond Strength	2,500 lbs																																																						
Compressive Strength	60,000 psi																																																						
Flexural Strength	55,000 psi																																																						
Shear Strength	19,000 psi																																																						
Tensile Strength	40,000 psi																																																						
Impact Strength, 2000 (inch/lb)	7 ft-lbs/inch																																																						
Specific Gravity	1.82																																																						

Pulsar
PROFESSIONAL fx

3602 Hwy 160, Colorado Springs, CO 80904-1502
PHONE: 303-595-2220 FAX: 303-595-1508
www.PulsarPCB.com / mail@pulsarprof.com

Made in U.S.A. / Tech Support in U.S.A.




Figura 87. Características de placa

Fuente: autor

ANEXO 2

Imágenes varias de construcción de antenas

En las presentes imágenes se muestra los pasos a seguir para el desarrollo de las antenas por el metro tradicional de transferencia de calor

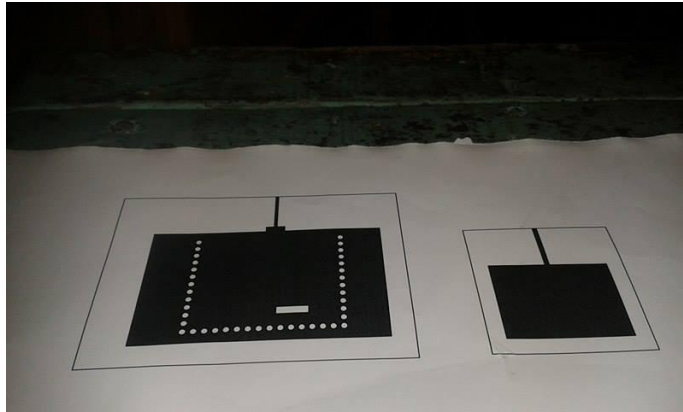


Figura 88. Impresión de las antenas

Fuente: autor



Figura 89. transferencia a la placa

Fuente: autor



Figura 90. Antenas listas para introducirlas al acido

Fuente: autor



Figura 91. Antenas expuestas a acido}

Fuente:

autor



Figura 92. Orificios de la placa

Fuente: autor



Figura 93. Antenas Terminadas

Fuente: autor

ANEXO 3

Simulación de las antenas



Figura 94. Tránsito de datos

Fuente: autor