



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ARREGLO DE ANTENAS
INTELIGENTES CONMUTADAS MEDIANTE LA RELACIÓN S/N PARA
MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LA COMUNICACIÓN WIFI EN 2.4 GHZ**

AUTORES:

ELÍAS FERNANDO ALLAUCA CARRILLO

MARÍA JOSÉ INCA CUENCA

DIRECTORA:

Ing. Deysi Inca Balseca

AÑO

2016

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ARREGLO DE ANTENAS INTELIGENTES CONMUTADAS MEDIANTE LA RELACIÓN S/N PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LA COMUNICACIÓN WIFI EN 2.4 GHZ**, presentado por: **María José Inca Cuenca y Elías Fernando Allauca Carrillo** 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 constatado 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 del Tribunal


Elías Fernando Allauca
C.I: 0604110031



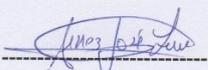
Firma

Ing. Deysi Inca
Directora del Proyecto



Firma

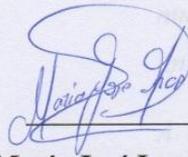
Ing. José Jinez
Miembro del Tribunal



Firma

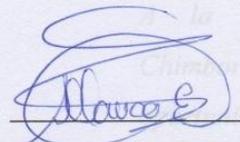
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN DECIMIENTO

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: **María José Inca, Elías Allauca e Ingeniera Deysi Inca**; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



María José Inca Cuenca

C.I: 0605211887



Elías Fernando Allauca

C.I: 0604110031

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por brindarnos su fuerza y apoyo en este camino arduo para cumplir una de las metas de nuestra vida el obtener un título universitario.

A nuestras familias y en especial a nuestros padres y hermanos, por su apoyo incondicional en cada decisión que hemos tomado.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, por habernos dado la oportunidad de aprender, obtener los conocimientos los cuales fueron impartidos por los prestigiosos ingenieros, docentes de la Facultad de Ingeniería; Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones.

A la Ingeniera Deysi Inca quien asesoró esta tesis y constantemente nos motivó para realizar un buen trabajo.

Elías Allauca

María José Inca

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado fuerza y salud para lograr mis objetivos

A mis padres y hermanos por su apoyo moral e incondicional en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios y por la motivación constante para ser una persona de bien.

Elías Allauca

*Quiero empezar agradeciendo a Dios,
por permitirme culminar una etapa
más en la vida;*

*A mi esposo por ser mi apoyo y estar
conmigo en cada paso que doy, por
esas palabras de aliento y por su
ayuda incondicional.*

*A mí amada hija por convertirse en mi
motor de mí día a día.*

*A mi padre por haber confiado en mí,
sin sus consejos nada de esto sería
realidad*

María José Inca

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | 4 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE ANEXOS | 8 |
| RESUMEN..... | 9 |
| SUMMARY | 10 |
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| CAPÍTULO I..... | 12 |
| 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 12 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 12 |
| 1.2. RELACIÓN SEÑAL RUIDO (S/N)..... | 13 |
| 1.3. ANTENAS INTELIGENTES..... | 13 |
| 1.4. ANTENAS MICROSTRIP | 16 |
| 1.5. CABLE COAXIAL RG-58 | 22 |
| 1.6. CONECTOR SMA | 22 |
| 1.7. CONMUTADOR HMC252QS24 | 23 |
| 1.8. ACCESS POINT TP-LINK TL-WA701ND | 26 |
| 1.9. MEDIDOR DE POTENCIA DE RF | 29 |
| 1.10. CONTROLADOR ARDUINO UNO | 29 |
| 1.11. SUSTRATO FR4 | 34 |
| 1.12. WI-FI (802.11)..... | 35 |
| CAPITULO II..... | 38 |
| 2. METODOLOGÍA | 38 |
| 2.1 TIPO DE ESTUDIO | 38 |
| 2.2 MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS | 38 |
| 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 39 |
| 2.3.1. POBLACIÓN | 39 |
| 2.4 HIPÓTESIS | 40 |
| 2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... | 40 |
| 2.6 PROCEDIMIENTOS..... | 41 |
| 2.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS | 43 |
| CAPÍTULO III | 70 |

| | |
|---|-----------|
| 3. RESULTADOS..... | 70 |
| 3.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN | 70 |
| 3.2. PRUEBAS DE COMUNICACIÓN | 70 |
| 3.3. PRUEBA DE FRECUENCIA DE LAS ANTENAS MICROTRIP ... | 73 |
| 3.4. COMPARATIVA ENTRE LAS ANTENAS SIMULADAS Y FÍSICAS..... | 75 |
| CAPÍTULO IV..... | 77 |
| 4. DISCUSIÓN | 77 |
| CAPÍTULO V | 79 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 79 |
| CAPÍTULO VI..... | 81 |
| 6. PROPUESTA | 81 |
| 6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA | 81 |
| 6.2. INTRODUCCIÓN | 81 |
| 6.3. OBJETIVOS | 81 |
| 6.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA | 82 |
| 6.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA..... | 82 |
| 6.6. DISEÑO ORGANIZACIONAL..... | 82 |
| 6.7. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA..... | 83 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA..... | 84 |
| 8. APÉNDICES O ANEXOS..... | 85 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Haz conmutado | 14 |
| Figura 2. Haz seguimiento | 15 |
| Figura 3. Haz adaptativo | 16 |
| Figura 4. Formas del parche..... | 17 |
| Figura 5. Alimentación línea de transmisión | 17 |
| Figura 6. Alimentación conector coaxial | 18 |
| Figura 7. Alimentación acoplamiento por proximidad | 18 |
| Figura 8. Acoplamiento a través de una ranura. | 18 |
| Figura 9. Funcionamiento línea microstrip | 19 |
| Figura 10. Microstrip Híbrido y con Divisor De Potencia..... | 20 |
| Figura 11. Cable RG58 | 22 |
| Figura 12. Atenuación cable RG58..... | 22 |
| Figura 13. Conector SMA..... | 23 |
| Figura 14. Conmutador HMC252QS24 | 24 |
| Figura 15. Placa del conmutador HMC252QS24 | 26 |
| Figura 16. Access Point | 27 |
| Figura 17. Velocidad inalámbrica AP..... | 27 |
| Figura 18. Modos operación AP | 28 |
| Figura 19. Despliegue y flexibilidad AP..... | 28 |
| Figura 20. Rf medidor de potencia..... | 29 |
| Figura 21. Arduino Uno Convencional..... | 30 |
| Figura 22. Arduino Pines | 31 |
| Figura 23. Conversor Analógico Digital..... | 34 |
| Figura 24. Sustrato Fibra de Vidrio | 34 |
| Figura 25. Logo Wi-Fi | 35 |
| Figura 26. Diagrama de bloques sistema | 42 |
| Figura 27. Impedancia antena | 46 |
| Figura 28. Acople 50 Ω a 180° | 47 |
| Figura 29. Acople 100 Ω a 90° | 47 |
| Figura 30. Acople 50 Ω a 25° | 47 |
| Figura 31. Optimizar Antena | 48 |
| Figura 32. Diseño Antena Microstrip | 49 |
| Figura 33. Proyecto nuevo | 49 |
| Figura 34. Propiedades..... | 49 |
| Figura 35. Variables antena | 50 |
| Figura 36. Valores antena y placa | 50 |
| Figura 37. Valores placa FR4 | 50 |
| Figura 38. Box sustrato | 51 |
| Figura 39. Medidas del sustrato | 51 |
| Figura 40. Material del Patch..... | 51 |
| Figura 41. Medidas del Box Patch..... | 52 |
| Figura 42. Primer acople medidas..... | 52 |

| | |
|---|----|
| Figura 43. Segundo acople medidas | 52 |
| Figura 44. Tercer acople medidas | 53 |
| Figura 45. Cuarto acople medidas..... | 53 |
| Figura 46. Antena simulada en HFSS | 53 |
| Figura 47. Radiación Antena | 54 |
| Figura 48. Validación Simulación | 54 |
| Figura 49. Frecuencia de corte de la antena..... | 54 |
| Figura 50. Radiación de la antena 2D | 55 |
| Figura 51. Radiación de la antena 3D | 55 |
| Figura 52. Dirección Access Point..... | 55 |
| Figura 53. Configuración de Red del AP | 56 |
| Figura 54. Nombre de la Red | 56 |
| Figura 55. DHCP del AP | 56 |
| Figura 56. Reinicio del AP..... | 57 |
| Figura 57. Medida corte cable coaxial | 57 |
| Figura 58. Corte cable coaxial RG58..... | 57 |
| Figura 59. Malla aislante RG58 | 58 |
| Figura 60. Conector SMA al cable RG58 | 58 |
| Figura 61. Ubicación conector SMA | 58 |
| Figura 62. Conector SMA en cable coaxial RG58..... | 58 |
| Figura 63. Medidas ponchado coaxial RG58..... | 59 |
| Figura 64. Ponchado cable RG58 y conector SMA..... | 59 |
| Figura 65. Ponchado cable R58 | 59 |
| Figura 66. Ponchado final SMA y coaxial RG58 | 59 |
| Figura 67. Diagrama de flujo conmutador | 60 |
| Figura 68. Programación ARDUINO | 61 |
| Figura 69. Comunicación serie ARDUINO | 61 |
| Figura 70. Antena Microstrip FR4..... | 62 |
| Figura 71. Puesta a Tierra Antena Microstrip..... | 62 |
| Figura 72. Muestras con antena convencional | 63 |
| Figura 73. Muestras con el sistema de antenas inteligentes..... | 63 |
| Figura 74. Escenario A..... | 65 |
| Figura 75. Escenario B..... | 65 |
| Figura 76. Campana de Gauss para la decisión | 69 |
| Figura 77. Velocidad de transmisión | 71 |
| Figura 78. Potencia de Transmisión..... | 71 |
| Figura 79. Potencia de transmisión INSSIDER | 72 |
| Figura 80. Tiempo de transmisión | 72 |
| Figura 81. Frecuencia y potencia de las antenas Microstrip | 74 |
| Figura 82. Ancho de banda de las antenas Microstrip | 75 |
| Figura 83. Resultado simulación HFSS | 75 |
| Figura 84. Resultado obtenido del analizador de espectro | 76 |
| Figura 85. Diseño Organizacional. | 83 |
| Figura 86. Sistema de antenas inteligentes | 85 |
| Figura 87. Arreglo de Antenas inteligentes | 85 |

| | |
|---|----|
| Figura 88. Voltaje sensor RF | 86 |
| Figura 89. Access Point sistema de antenas..... | 86 |
| Figura 90. Conmutador en el sistema de antenas..... | 87 |
| Figura 91. Conexiones del sistema de antenas..... | 87 |
| Figura 92. Comprobando Voltaje del sistema..... | 88 |
| Figura 93. Funcionamiento de la antena Access Point | 88 |
| Figura 94. Prototipo final de un sistema de antenas inteligentes | 89 |
| Figura 95. Diseños de antenas microstrip | 90 |
| Figura 96. Hoja de datos conmutador | 91 |
| Figura 97. Datasheet conmutador | 92 |
| Figura 98. Datasheet medidor de potencia RF..... | 93 |
| Figura 99. Diagrama Arduino Uno | 94 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tabla de verdad conmutador..... | 24 |
| Tabla 2. Voltajes control..... | 24 |
| Tabla 3. Voltajes y corriente..... | 25 |
| Tabla 4. Especificaciones eléctricas..... | 25 |
| Tabla 5. Características Técnicas Arduino Uno..... | 32 |
| Tabla 6. Características FR4..... | 34 |
| Tabla 7. Estándar Wi-Fi..... | 35 |
| Tabla 8. Velocidad 802.11a..... | 36 |
| Tabla 9. Velocidad 802.11b..... | 36 |
| Tabla 10. Velocidad 802.11g..... | 37 |
| Tabla 11. Operacionalización de variables..... | 41 |
| Tabla 12. Tabla de verdad control conmutador..... | 61 |
| Tabla 13. Escenario A con antena convencional..... | 66 |
| Tabla 14. Escenario B con antenas Microstrip..... | 67 |
| Tabla 15. Tiempo de transmisión..... | 68 |
| Tabla 16. Velocidad de transmisión..... | 68 |
| Tabla 17. Potencia de transmisión..... | 68 |
| Tabla 18. Media muestral..... | 68 |
| Tabla 19. Frecuencia esperada..... | 68 |
| Tabla 20. Valores estadísticos..... | 69 |
| Tabla 21. Resultado Velocidad transmisión Antenas..... | 70 |
| Tabla 22. Media de la Potencia transmisión..... | 71 |
| Tabla 23. Tiempo de transmisión..... | 72 |
| Tabla 24. Frecuencia y potencia de las antenas Microstrip..... | 73 |
| Tabla 25. Ancho de banda de las antenas Microstrip..... | 74 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1: Sistema de antenas inteligentes..... | 85 |
| Anexo 2: Prueba para comprobar le funcionamiento de las antenas | 87 |
| Anexo 3: Prototipo final | 89 |
| Anexo 4: Elaboración de antenas Microstrip..... | 90 |
| Anexo 5: Hoja de datos del conmutador HMC252QS24 | 91 |
| Anexo 6: Datasheet medidor de potencia RF | 93 |
| Anexo 7: Arduino Uno diagrama | 94 |

RESUMEN

Las redes inalámbricas de área local han tenido gran acogida ya que permite libertad de movimiento, conexión de una gran cantidad de dispositivos móviles y se ha convertido en una solución para acceso a Internet. Por su bajo costo, su fácil configuración y la capacidad de interconectarse varios dispositivos entre sí, las redes inalámbricas han sido implementadas en empresas y hogares.

El presente proyecto describe el diseño y la implementación de un arreglo de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación S/N para así mejorar el rendimiento de la señal WIFI en 2.4GHz, basado en la teoría de las antenas Patch Microstrip el diseño de la antena tendrá acoples $\lambda/4$ y así su radiación sea directiva y no omnidireccional como la antena Patch Microstrip tradicionales.

Se construyó una antena con ayuda del software HFSS y fibra de vidrio FR4, en el analizador de espectros se observa la radiación, potencia y ancho de banda de la antena. El conmutador de antenas HMC252 permite controlar solo con valores lógicos cuál de las antenas se activa dependiendo de la relación S/N, el ARDUINO UNO envía valores lógicos dependiendo de la potencia de la señal. Para adquirir la potencia de la antena se utilizó un medidor de potencia de RF que detecta señales desde 1 MHz hasta 8 GHz, este dispositivo detecta la potencia desde -65dBm hasta los 5dBm.

Los datos adquiridos en el medidor de potencia de RF serán procesados por el ARDUINO UNO, en este dispositivo se procesa la señal para así hallar la potencia y dependiendo de la distancia se envía los valores lógicos hasta encontrar una antena que posea una mejor potencia. En conclusión, se pretende medir la velocidad de transmisión, potencia, el tiempo y los paquetes para conocer si mejoró el rendimiento de la red.

SUMMARY



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO Centro De Idiomas Institucional

MSc. Edison Salazar

16 de Junio 2016

ABSTRACT

Wireless local area networks have had great reception since it allows freedom of movement, a large number of mobile devices connecting and it has become a solution for Internet access. By its low cost, its easy configuration and the ability to interconnect multiple devices together, wireless networks have been implemented in businesses and homes.

The present project describes the design and implementation of an array of smart antennas switched through the s/n relation to improve the performance of the WIFI signal at 2.4 GHz, based on the theory of the Patch Microstrip antennas the antenna design will take $\lambda/4$ couplings and thus its radiation are directive and omnidirectional Patch Microstrip antennas not traditional.

Was built with help of the software HFSS antenna and fiberglass FR4, on the spectrum analyzer shall be observed radiation, power and bandwidth of the antenna. HMC252 antenna switch allows you to control only with logical values which antennas are activated depending on the signal to noise ratio S/N, the ARDUINO UNO sends logical values depending on the signal strength. To acquire the power of the antenna was used a meter of RF power sensing signals from 1 MHz to 8 GHz, this device detects the power from -65dBm until the 5dBm.

Data acquired on the RF power meter will be processed by the ARDUINO UNO, this device is processed signal to so find the power and depending on the distance sent the logical values until you find an antenna that has a better power. In conclusion, is intended to measure the speed of transmission, power, time, and the packages to see if it improved the performance of the network.



Edison Salazar

INTRODUCCIÓN

Con el avance y nuevos servicios en el área de las telecomunicaciones hace necesario, crear nuevos métodos que permitan alcanzar parámetros que hacen de la antena un elemento, que definirá en un sistema el rendimiento ya que con el aumento de los usuarios en forma exponencial ocasiona que los proveedores del servicio se vieran colapsados sin poder entregar buenas prestaciones a sus clientes, por lo cual, en forma obligada, se vieron en la necesidad de invertir costos muy altos para el diseño e implementación de un sistema que permitiera solventar los problemas asociados a la red como la pérdida en el espacio libre, interferencia y la alta potencia que necesitan los dispositivos.

Al controlar la radiación de las antenas por medio de la relación señal ruido S/N permitirá mejorar la calidad de conexión a una de estas redes, esperando así mayores velocidades para poder optimizar su trabajo, ya que la tecnología de las antenas inteligentes permite mejorar el rendimiento de la comunicación ajustando los patrones de radiación de las antenas con el receptor y son relativamente innovadoras ya que ayuda optimizando la comunicación y la transmisión de la señal, cabe mencionar que la calidad de la comunicación se ven substancialmente incrementadas con respecto al sistema actual. Este tema de las antenas inteligentes es un tema de vanguardia científica que promete aplicaciones en los cuales los enlaces alcanzaran niveles altos de rendimiento y eficiencia.

El estudio de este tema se pretende conocer que con el control de las antenas por medio de la relación señal ruido S/N mejorar el rendimiento de la red inalámbrica WIFI en cuanto a velocidad, tiempo y varios factores que medirán el rendimiento de la red, implementado con bajos costos.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto de investigación toma como punto de partida de varios estudios de antenas inteligentes, cabe mencionar que el proyecto se enfoca antenas de inteligencia media, estos estudios muestran los diversos tipos de antenas inteligentes por tal motivo se detallan a continuación los siguientes temas:

“DISEÑO DE UNA ANTENA DE PATRÓN CONMUTADO PARA BANDA ISM (2.4GHZ)”.-El proyecto elaborado por Carlos Iván Páez Rueda del Departamento de Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana, consiste en el diseño de una antena de patrón conmutado, conformado por un arreglo lineal de antenas de 4 elementos tipo patch Microstrip y una alimentación por medio de un circuito desfasador Butler de 4x4 operando en la banda no licenciada de ISM (Industrial, Scientific and Medical) con una frecuencia central de operación de 2.45GHz.

“ESTUDIO DE REDES INALAMBRICAS (WIRELESS) Y SISTEMAS UMTS, CON EL USO DE ANTENAS INTELIGENTES”.- El proyecto elaborado por Ruth Paola Zúñiga Ortega de la Universidad de Azuay, en este trabajo de Tesis se detallan el funcionamiento de las redes inalámbricas y aspectos relativos a las antenas en los sistemas de comunicación continuando con la formación de sistemas inteligentes o antenas inteligentes, para lo cual la metodología empleada consiste en una investigación bibliográfica acerca del tema. El alcance del trabajo incluye temas generales como la descripción de la clasificación de redes, concepto de antenas, los tipos de antenas y su funcionamiento básico.

“ESTUDIO DE ANTENAS RECONFIGURABLES”. - El proyecto elaborado por Jesús Castelán Martínez de la Universidad Nacional Autónoma De México, en

esta tesis detalla como una Antena Reconfigurable es aquella que cambia intencionalmente la distribución de sus campos electromagnéticos, dando lugar a cambios reversibles en las propiedades de radiación. Dentro de las características de radiación que este tipo de antena es capaz de cambiar son: el patrón de radiación, la frecuencia de operación y la polarización. Dicho tipo de antena tiene la capacidad de adaptar su comportamiento a las necesidades cambiantes del sistema o de las condiciones ambientales.

1.2. RELACIÓN SEÑAL RUIDO (S/N)

Los factores fundamentales que controlan el índice y la calidad de la transmisión de información son el ancho de banda B y la potencia S de la señal. La relación señal/ruido (S/N) se define como la proporción existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios. La potencia S de la señal desempeña un papel dual en la transmisión de información. Primero, S está relacionada con la calidad de la transmisión. Al incrementarse S , la potencia de la señal, se reduce el efecto del ruido de canal, y la información se recibe con mayor exactitud, o con menos incertidumbre. Una mayor relación de señal a ruido S/N permite también la transmisión a través de una distancia mayor. En cualquier caso, una cierta S/N mínima es necesaria para la comunicación. (Eveliux, 2015)

1.3. ANTENAS INTELIGENTES

Un sistema de antena inteligente combina múltiples elementos de antenas con la capacidad de procesamiento de la señal, lo que mejora su radiación y su lóbulo de radiación en respuesta al ambiente de operación actual al ambiente señalado (Aznar, 2012)

Se considera que las antenas inteligentes son la última innovación tecnológica que tiene el potencial para aumentar la funcionalidad de los sistemas de comunicaciones inalámbricas. Las ventajas para los sistemas de comunicaciones inalámbricos: aumento de cobertura, aumento de la calidad de la comunicación, aumento de la capacidad, bajo consumo de potencia, localización de los usuarios

y reducción de la interferencia a otros usuarios. Existen tres formas de implementación de antenas inteligentes:

- Haz conmutado
- Haz seguimiento
- Haz adaptativo

1.3.1. HAZ CONMUTADO

El haz conmutado se lo llama también “Switched Lobe” (cambio de dirección del lóbulo). Es la técnica más simple. El sistema radiante genera varios haces fijos, cada uno de ellos apuntando en una dirección distinta, de modo que entre todos se cubre toda zona deseada (un sector o una celda), la inteligencia del sistema se encarga de seleccionar el haz que mejor servicio da a cada usuario en particular, en función de algún parámetro de control (mayor nivel de potencia recibida), mejor SINR (relación señal a ruido más interferencia) y mejor C/I (relación señal a interferencia). Esta técnica no garantiza que el móvil se encuentre en la dirección de máxima radiación del haz que le da servicio, ni que las señales interferentes se vean notablemente reducidas (ya que siempre es posible que alguna entre por uno de los lóbulos secundarios). (Aznar, 2012). Ver figura 1.

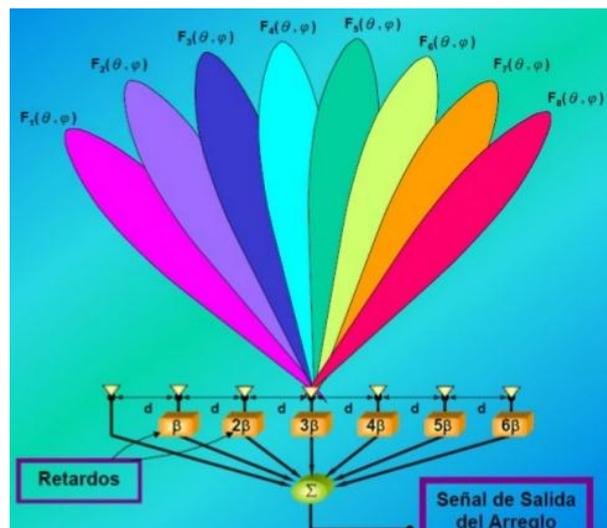


Figura 1. Haz conmutado

Fuente: <http://es.slideshare.net/alcajo2011/presentacion-antenas-inteligentes>

1.3.2. HAZ SEGUIMIENTO

El haz de seguimiento es conocido también como “arreglo dinámico en fase” y puede verse como una generalización del concepto del haz conmutado. Esta técnica es más compleja que la anterior, requiere el uso de un arreglo progresivo (arreglo de fase); es decir, un arreglo en el que se pueden controlar electrónicamente las fases con las que se alimentan los distintos elementos, de modo que pueda modificarse a voluntad la dirección que apunta el lóbulo principal de la antena (Aznar, 2012).

A su vez, es necesario utilizar algún algoritmo de detección de la dirección de llegada (DoA) de la señal, de modo que pueda reorientarse dinámicamente el haz para apuntar al usuario deseado. Ver Figura 2.



Figura 2. Haz seguimiento

Fuente: <http://es.slideshare.net/alcajo2011/presentacion-antenas-inteligentes>

1.3.3. HAZ ADAPTATIVO

Este es el máximo nivel de inteligencia con que se podría dotar al sistema. En este caso, se utiliza un algoritmo de DoA para determinar la dirección hacia las fuentes de la interferencia. Aquí, la salida de cada elemento del arreglo se pondera con un factor de peso cuyo valor se asigna dinámicamente, de modo que se conforma el diagrama de radiación para maximizar algún parámetro de la señal, (por ejemplo, la SINR) de este modo el diagrama sintetizado habitualmente presentará un lóbulo principal en la dirección del usuario deseado, lóbulos secundarios en las direcciones de las componentes multitrayectoria y mínimos

(e incluso nulos) de radiación en las direcciones de las fuentes de interferencia. (Aznar, 2012)

No siempre será posible eliminar toda la interferencia, ya que el número de fuentes interferentes que se pueden suprimir está directamente relacionado con el número de elementos de la antena. Esta técnica requiere del uso de complicados algoritmos, tanto para la detección de las señales deseada e interferente como para la optimización de los parámetros que forman el haz. Estos algoritmos suelen conllevar una gran carga computacional, mientras que deben procesarse en tiempo real, por lo que suponen una seria limitación. Ver figura 3.



Figura 3. Haz adaptativo.

Fuente: <http://es.slideshare.net/alcajo2011/presentacion-antenas-inteligentes>

1.4. ANTENAS MICROSTRIP

Microstrip o antenas de parches son cada vez más útiles porque se pueden imprimir directamente sobre una placa de circuito. Ellos son cada vez más generalizados en el mercado de la telefonía móvil. Son de bajo costo, tienen un perfil bajo y se fabrican fácilmente. (ANGEL, 2012)

Las antenas de tipo parche son antenas planas fabricadas sobre tecnología de circuito impreso. Debido a su configuración plana y fácil integración, este tipo de antenas se suelen usar como elementos unitarios de un array. La forma y dimensiones se calculan para que el parche disipe la potencia en forma de radiación y suelen tener los espesores entre un rango de 0.005λ y 0.2λ . Su estructura se basa en:

- Parche metálico de dimensiones comparables a la longitud de onda
- Sustrato dieléctrico
- Plano de masa

Se usa en multitud de aplicaciones tales como telefonía móvil, redes inalámbricas, radar, comunicación por satélite, etc. (MILLIGAN, 2014)

Las antenas tipo parche se clasifican según la forma. Las más habituales son los parches rectangulares y circulares, también se puede encontrar en forma de anillo, triangular u otros más irregulares. En la figura 4 se muestran las posibles formas de la antena tipo parche:

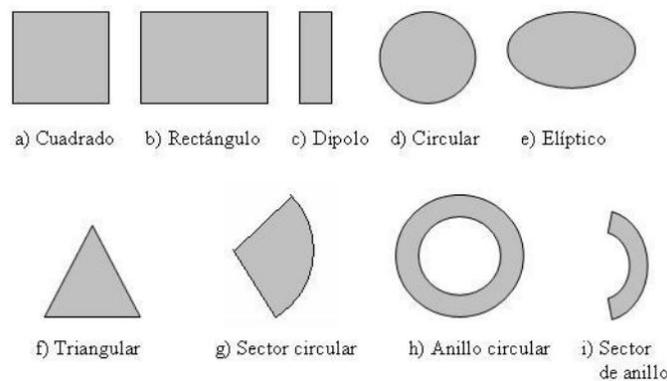


Figura 4. Formas del parche

Fuente: Libro Modern Antenna Design

1.4.1. ALIMENTACIÓN

Las antenas se pueden alimentar a través de líneas impresas, o bien a través de ranuras, sondas coaxiales, o bien por acoplamiento a las cavidades. Una de las formas más habituales es la alimentación a través de una línea de transmisión en el mismo plano del parche. (MIGUEL FERRANDO, 2014). Ver figura 5.

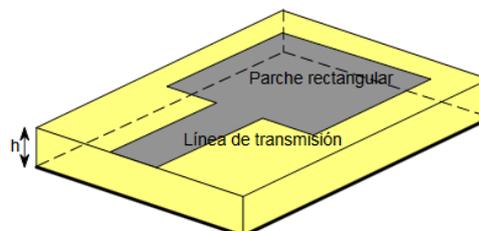


Figura 5. Alimentación línea de transmisión

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

La alimentación a través de un conector coaxial también es bastante frecuente, sobre todo en antenas poco directivas. Ver figura 6.

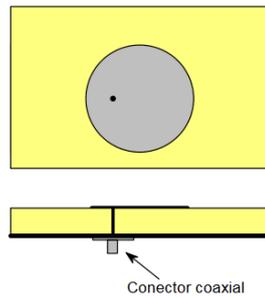


Figura 6. Alimentación conectora coaxial

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

Otras formas de alimentación son el acoplamiento por proximidad, en una estructura multicapa. Ver figura 7.

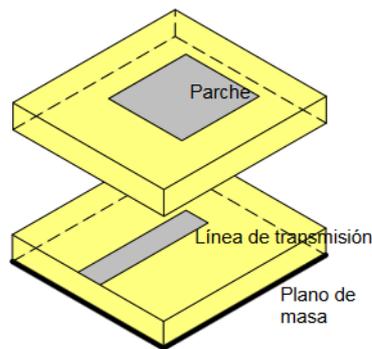


Figura 7. Alimentación acoplamiento por proximidad

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

Y finalmente el acoplamiento a través de una ranura. Ver figura 8.

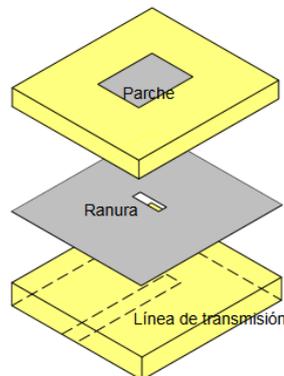


Figura 8. Acoplamiento a través de una ranura.

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

1.4.2. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Las antenas microstrip se pueden analizar de muy diversas formas, desde los modelos más simples, basados en líneas de transmisión o cavidades hasta los más complejos, utilizando métodos numéricos o espectrales. La línea de transmisión microstrip consiste en un conductor separado por un dieléctrico sobre un plano de masa. (MIGUEL FERRANDO, 2014)

El modo fundamental es quasi-TEM, estando la mayor parte del campo confinado en el dieléctrico. El dieléctrico es eléctricamente delgado ($0.003\lambda < h < 0.05\lambda$), para evitar fugas y ondas superficiales. La permitividad es a ($3 < \epsilon_r < 10$), para que las líneas de campo estén confinadas en torno a la línea microstrip. Ver figura 9.

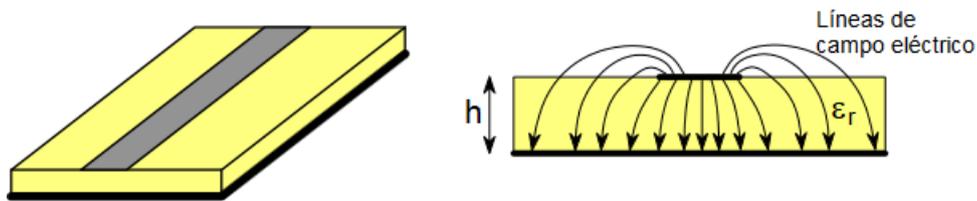


Figura 9. Funcionamiento línea microstrip

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

1.4.3. 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:

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

El factor de calidad está relacionado 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 dieléctricas elevadas se favorece el almacenamiento de energía en la cavidad, y el factor de calidad aumenta, disminuyendo el ancho de banda.

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

1.4.4. 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 líneas de alimentación de distinta longitud o bien mediante circuitos híbridos que consiguen el mismo efecto. (Pozar, 2014) Ver figura 10.

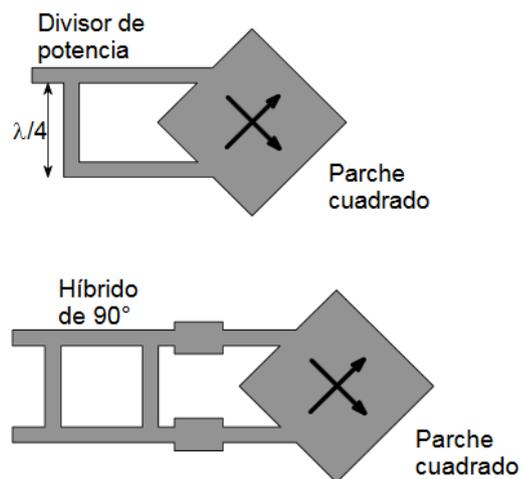


Figura 10. Microstrip Híbrido y con Divisor De Potencia

Fuente: Libro Microwave Engineering Pozar

1.4.5. APLICACIONES DE LAS ANTENAS DE PARCHES

Las antenas de parche se pueden utilizar en forma de agrupaciones, con alimentación serie o 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. (MIGUEL FERRANDO, 2014)

- ✓ Antenas embarcadas en misiles
- ✓ Altímetro radar en aviones
- ✓ Antenas de exploración radar en satélites
- ✓ Sistemas GPS
- ✓ Telefonía móvil
- ✓ Comunicaciones móviles por satélite
- ✓ Aplicadores de calor en medicina (hipertermia)

1.4.6. DISEÑO ANTENA PARCHE RECTANGULAR

Para diseñar una antena tipo parche, se ha de especificar la frecuencia de resonancia, la constante dieléctrica y el grosor del sustrato.

- **Cálculo el ancho (W)**

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

- **Cálculo Eeff**

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

- **Cálculo Delta L (AL)**

$$AL = 0,412h \frac{(Eeff + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0.264\right)}{(Eeff - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0.813\right)}$$

- **Cálculo Longitud efectiva (Leff)**

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

- **Cálculo longitud (L)**

$$L = Leff - 2AL$$

- **Cálculo tierra (Lg)**

$$Lg = 6h + L$$

1.5. CABLE COAXIAL RG-58

- ✓ Cubierta de PVC negro de 5 mm de diámetro exterior.
- ✓ Conductor central: cobre pulido rígido de 0.81 mm de diámetro.
- ✓ Malla trenza de cobre estañado con apantallamiento al 95%.
- ✓ Capacitancia de 93.6 picofaradios / metro.
- ✓ Aislamiento de polietileno natural. (CONEXCON, 2015)
- ✓ Impedancia característica de 50 Ω . Ver figura 5 y figura 6.



Figura 11. Cable RG58

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

| Atenuaciones | |
|---------------------|-----------------|
| 50 MHz | 10.20 dB/100 m. |
| 400 MHz | 32.80 dB/100 m. |
| 1000 MHz | 55.80 dB/100 m. |

Figura 12. Atenuación cable RG58.

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

1.6. CONECTOR SMA

Es un tipo de conector roscado para cable coaxial utilizado en microondas, útil hasta una frecuencia de 33 GHz, si bien suele dejar de utilizarse a partir de los 18 GHz, existen tipos diseñados para 26,5 GHz. Tienen una impedancia característica de 50 Ω , llegando a una relación de onda estacionaria (VSWR) tan baja como 1:1.5.

Un conector SMA no suele ser una buena opción para las aplicaciones metrológicas. El conector estándar, el macho lleva la "tuerca", existen los SMA inversos, con la

tuerca en la hembra, lo suelen llevar las antenas WIFI (conector hembra con rosca). Ver figura 7. (conectores, 2015).



Figura 13. Conector SMA.

Fuente: <http://www.farnell.com/datasheets/196168.pdf>

1.7. CONMUTADOR HMC252QS24

Es un interruptor para 6 antenas, este dispositivo trabaja hasta 3 GHz, se puede controlar con 3 líneas de valores lógicos, posee un decodificador de 3:6. (MICROWAVE, 2014) Ver figura 8 y figura 9. Este conmutador posee las siguientes características:

- Baja pérdida de inserción (2 GHz): 0,9 dB
- Alimentación: VDD = 5 V o 3,3 V
- Posee un decodificador de 3: 6 TTL

Aplicaciones Típicas

El HMC252QS24 / HMC252QS24E es ideal para:

- Estación base
- CATV / DBS
- MMDS y Wireless LAN
- Equipo de prueba

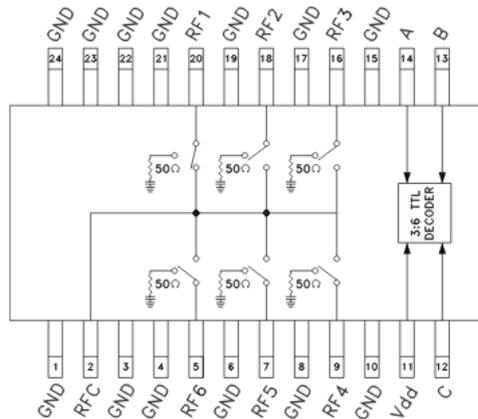


Figura 14. Conmutador HMC252QS24

Fuente: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc252.pdf>

TABLA DE VERDAD CONMUTADOR HMC252QS24.

En la tabla 1 se muestra los valores lógicos para la conmutación de las antenas HMC252QS24.

Tabla 1. Tabla de verdad conmutador

| CONTROL INPUT | | | Signal Path State |
|---------------|------|------|-------------------|
| A | B | C | RFCOM |
| LOW | LOW | LOW | RF1 |
| HIGH | LOW | LOW | RF2 |
| LOW | HIGH | LOW | RF3 |
| HIGH | HIGH | LOW | RF4 |
| LOW | LOW | HIGH | RF5 |
| HIGH | LOW | HIGH | RF6 |
| LOW | HIGH | HIGH | ALL OFF |
| HIGH | HIGH | HIGH | ALL OFF |

Fuente: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc252.pdf>

TTL / CMOS voltajes de control

La tabla 2 muestra los valores de voltaje y corriente que acepta el conmutador en cuanto a los valores lógicos.

Tabla 2. Voltajes control

| VDD | State | BIAS CONDITION |
|-----|-------|-------------------------------|
| 3,3 | LOW | 0 to +0.8 Vdc @ 5µA Typ. |
| | HIGH | +2.0 to +3.3 Vdc @ 70 µA Typ. |
| 5 | LOW | 0 to +0.8 Vdc @ 5µA Typ. |
| | HIGH | +2.0 to +5 Vdc @ 70 µA Typ. |

Fuente: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc252.pdf>

VOLTAJE Y CORRIENTE

La tabla 3 indica los valores típicos de corriente del conmutador dependiendo de su valor de voltaje.

Tabla 3. Voltajes y corriente

| VDD | I _{dd} (Typ.) (mA) | I _{dd} (Max.) (mA) |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| +3.3 (V _{dc} ± 5%) | 4,8 | 8 |
| +5.0 (V _{dc} ± 10%) | 5 | 8 |

Fuente: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc252.pdf>

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

La tabla 4 indica varios parámetros del conmutador como TA= +25°C, Para TTL Control y VDD= +5V en un sistema de 50 Ohm.

Tabla 4. Especificaciones eléctricas

| Parameter | Frequency | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---------------|------|-----------|------|-------|
| Insertion Loss | DC - 1.0 GHz | | 0.8 | 1.2 | dB |
| | DC - 2.0 GHz | | 0.9 | 1.3 | |
| | DC - 2.5 GHz | | 1.0 | 1.5 | |
| | DC - 3.0 GHz | | 1.3 | 1.8 | |
| Isolation | DC - 1.0 GHz | 38 | 41 | | dB |
| | DC - 2.0 GHz | 32 | 35 | | |
| | DC - 2.5 GHz | 29 | 32 | | |
| | DC - 3.0 GHz | 26 | 29 | | |
| Return Loss "On State" | DC - 2.5 GHz | 14 | 18 | | dB |
| | DC - 3.0 GHz | 7 | 12 | | |
| Return Loss RF1-6 "Off State" | 0.3 - 3.0 GHz | 8 | 8 | | dB |
| | 0.5 - 2.5 GHz | 11 | 11 | | |
| Input Power for 1dB Compression | 0.3 - 3.0 GHz | 21 | 24 | | dBm |
| Input Third Order Intercept (Two-Tone Input Power = +7 dBm Each Tone) | 0.3 - 3.0 GHz | 42 | 46 | | dBm |
| Switching Characteristics | 0.3 - 3.0 GHz | | 35 120 | | ns |

Fuente: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc252.pdf>

La figura 15 muestra la placa del conmutador HMC252QS24, en donde se observa los conectores SMA y el chip que controla la conmutación.

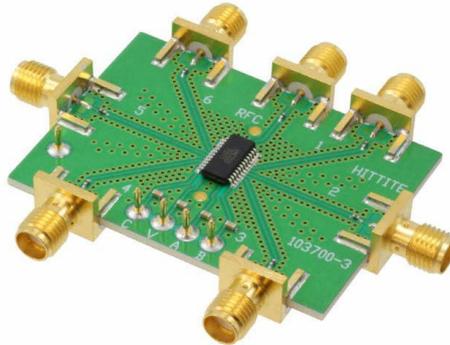


Figura 15. Placa del conmutador HMC252QS24

Fuente: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc252.pdf>

1.8. ACCESS POINT TP-LINK TL-WA701ND

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, impresoras o la red dispositivos de almacenamiento conectados a una red inalámbrica. Ver figura 16. Está diseñado para proporcionar alta velocidad, rendimiento inalámbrico incomparable para tu red a 150 Mbps. Los APs soportan una gran cantidad de diferentes funciones que hace tu experiencia de red inalámbrica más flexible que nunca. Las principales características son las siguientes:

- 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. (TP-LINK, 2013)



Figura 16. Access Point

Fuente: <http://www.tp-link.com.mx/products/details/TL-WA701ND.html>.

1.8.1. RANGO Y VELOCIDAD INALÁMBRICA N

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



Figura 17. Velocidad inalámbrica AP

Fuente: <http://www.tp-link.com.mx/products/details/TL-WA701ND.html>

1.8.2. MODOS MÚLTIPLES DE OPERACIÓN - WLAN FÁCIL DE CONSTRUIR

Soporta múltiples modos de funcionamiento (Access Point, Multi-SSID, Cliente, Universal / WDS Repeater, 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 te ayuda fácilmente para construir la red inalámbrica en lugares difíciles o eliminar zona muerta inalámbrica. Ver figura 18. (TP-LINK, 2013)

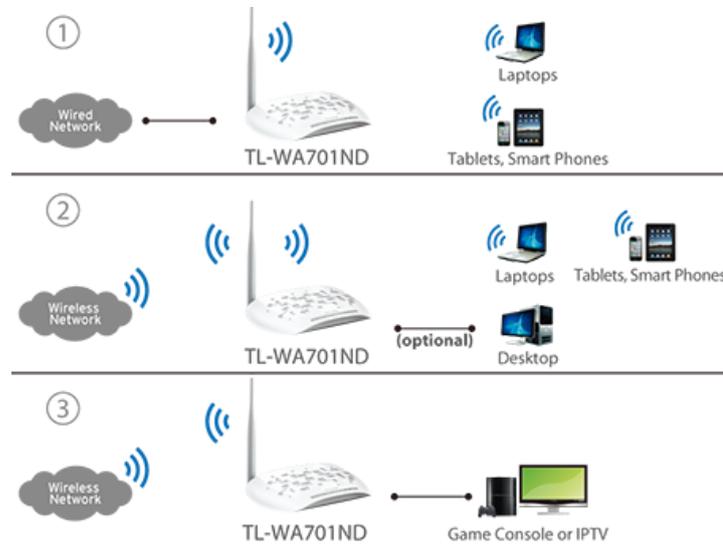


Figura 18. Modos operación AP

Fuente: <http://www.tp-link.com.mx/products/details/TL-WA701ND.html>.

1.8.3. SOPORTE PASIVO POE - DESPLIEGUE MÁS FLEXIBLE

El TL-WA701ND es capaz de ser alimentado mediante un cable Ethernet para enviar datos simultáneamente y electricidad a donde quiera que su AP pueda estar situado, incluso hasta 100 pies de distancia. Esta función multiplica sus opciones de lo que le 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. Ver figura 19. (TP-LINK, 2013)

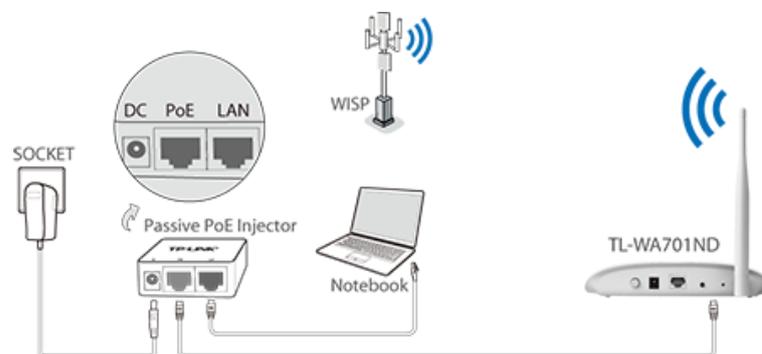


Figura 19. Despliegue y flexibilidad AP

Fuente: <http://www.tp-link.com.mx/products/details/TL-WA701ND.html>.

1.9. MEDIDOR DE POTENCIA DE RF

El medidor de potencia de RF trabaja a frecuencias de 1 a 8000 MHz, puede detectar señales de RF de -65dBm a 5dBm, convertir la señal de RF en una salida de voltaje de corriente continua. Ver figura 20. (MICROCHIP, 2014)

Características técnicas:

- ✓ Frecuencia de trabajo: 1 MHz-8000 MHz
- ✓ Rango Potencia: -65dBm a + 5dBm
- ✓ Prueba la pendiente: 25 mV/dB (típico)
- ✓ Rango detección de tensión de salida: 0.6-2.1 V
- ✓ Tensión de alimentación: 7-15 VDC
- ✓ La impedancia de entrada: 50 ohms.
- ✓ Interfaz de RF: conector SMA hembra.

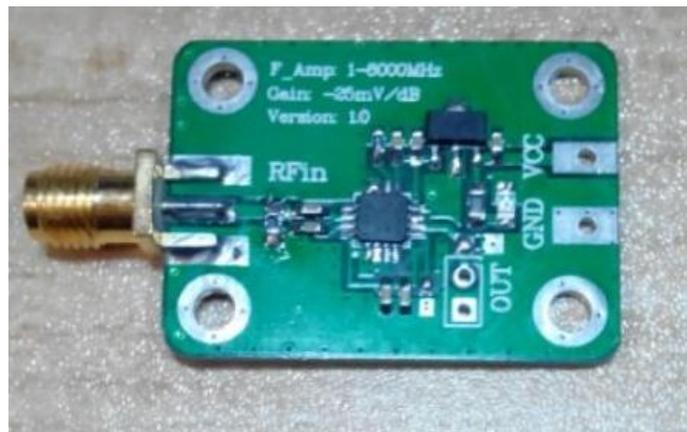


Figura 20. Rf medidor de potencia

Fuente: <http://www.ebay.com/itm/NEW-1-8000MHz-RF-power-meter-8GHZ-Detectors-for-power-detection-/172035878549>.

1.10. CONTROLADOR ARDUINO UNO

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB (En los últimos modelos, aunque el original utilizaba un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda. Un arduino dispone de 14 pines que pueden

configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 V.

También dispone de entradas y salidas analógicas. Mediante las entradas analógicas se puede obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM. Arduino UNO es la última versión de la placa, existen dos variantes, la Arduino UNO convencional y la Arduino UNO SMD. La única diferencia entre ambas es el tipo de microcontrolador que montan. (ARDUINO, 2014)

1.10.1 ENTRADAS Y SALIDAS

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o como salida. Funcionan a 5V, cada pin puede suministrar hasta 40 mA. La intensidad máxima de entrada también es de 40 mA. (ARDUINO, 2014)

Cada uno de los pines digitales dispone de una resistencia de pull-up interna de entre 20K Ω y 50 K Ω que está desconectada, salvo que indique lo contrario. Arduino también dispone de 6 pines de entrada analógicos que trasladan las señales a un conversor analógico/digital de 10 bits. Ver figura 21 y figura 22.



Figura 21. Arduino Uno Conventional

Fuente: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ADsticas-Arduino.pdf>

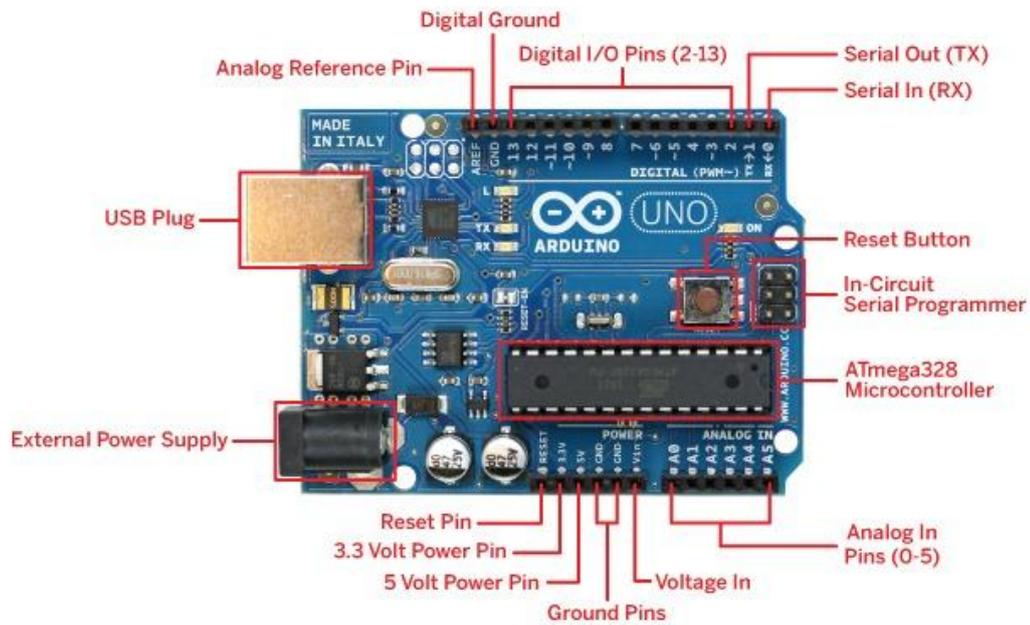


Figura 22. Arduino Pines

Fuente: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ADsticas-Arduino.pdf>

1.10.2 PINES ESPECIALES DE ENTRADA Y SALIDA:

- **RX y TX:** Se usan para transmisiones serie de señales TTL.
- **Interrupciones externas:** Los pines 2 y 3 están configurados para generar una interrupción en el Atmega. Las interrupciones pueden dispararse cuando se encuentra un valor bajo en estas entradas y con flancos de subida o bajada de la entrada.
- **PWM:** Arduino dispone de 6 salidas destinadas a la generación de señales PWM de hasta 8 bits.
- **SPI:** Los pines 10, 11, 12 y 13 pueden utilizarse para llevar a cabo comunicaciones SPI, que permiten trasladar información full dúplex en un entorno Maestro/Esclavo.
- **I2C:** Permite establecer comunicaciones a través de un bus I2C. El bus I2C es un producto de Phillips para interconexión de sistemas embebidos. Actualmente se puede encontrar una gran diversidad de dispositivos que utilizan esta interfaz, desde pantallas LCD, memorias EEPROM, sensores. (ARDUINO, 2014)

1.10.3 ALIMENTACIÓN DE UN ARDUINO

Puede alimentarse directamente a través del propio cable USB o mediante una fuente de alimentación externa, como puede ser un pequeño transformador o, por ejemplo, una pila de 9V. Los límites están entre los 6 y los 12 V. Como única restricción hay que saber que, si la placa se alimenta con menos de 7V, la salida del regulador de tensión a 5V puede dar menos que este voltaje y si sobrepasas los 12V, probablemente se daña la placa. La alimentación puede conectarse mediante un conector de 2,1mm con el positivo en el centro o directamente a los pines Vin y GND marcados sobre la placa.

Hay que tener en cuenta que se puede medir el voltaje presente en el jack directamente desde Vin. En el caso de que el Arduino esté siendo alimentado mediante el cable USB, ese voltaje no podrá monitorizarse desde aquí. (ARDUINO, 2014)

1.10.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

En la tabla 5 se observa las principales características técnicas del ARDUINO UNO en cuanto a voltajes, memorias y corriente.

Tabla 5. Características Técnicas Arduino Uno

| Microcontrolador | Atmega328 |
|-------------------------------------|---|
| Voltaje de operación | 5V |
| Voltaje de entrada (Recomendado) | 7 – 12V |
| Voltaje de entrada (Límite) | 6 – 20V |
| Pines para entrada- salida digital. | 14 (6 pueden usarse como salida de PWM) |
| Pines de entrada analógica. | 6 |
| Corriente continua por pin IO | 40 mA |
| Corriente continua en el pin 3.3V | 50 mA |
| Memoria Flash | 32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader) |
| SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Frecuencia de reloj | 16 MHz |

Fuente: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ADsticas-Arduino.pdf>

1.10.5 CONVERTOR ANALÓGICO-DIGITAL (A/D)

Un conversor analógico-digital es un dispositivo electrónico capaz de convertir una señal analógica en un valor binario, en otras palabras, éste se encarga de transformar señales analógicas a digitales (0 y 1). El dispositivo establece una relación entre su entrada (señal analógica) y su salida (digital) dependiendo de su resolución. La resolución determina la precisión con la que se reproduce la señal original. (ARDUINO, 2014)

Esta resolución se puede saber, siempre y cuando conozca el valor máximo de la entrada a convertir y la cantidad máxima de la salida en dígitos binarios.

$$\text{Resolución} = \frac{+V_{ref}}{2^n} \text{ donde } n \text{ es el número de bits}$$

Por ejemplo, un conversor A/D de 8-bits puede convertir valores que van desde 0V hasta el voltaje de referencia (V_{ref}) y su resolución será de:

$$\text{Resolución} = \frac{V_{ref}}{256}.$$

Lo que quiere decir que mapeará los valores de voltaje de entrada, entre 0 y V_{ref} voltios, a valores enteros comprendidos entre:

$$0 \text{ y } 255 (2^n - 1)$$

La tarjeta Arduino utiliza un conversor A/D de 10-bits, así que:

$$\text{Resolución} = \frac{V_{ref}}{1024}$$

Mapeará los valores de voltaje de entrada, entre 0 y V_{ref} voltios, a valores enteros comprendidos entre 0 y 1023 ($2^n - 1$). Con otras palabras, esto quiere decir que los sensores analógicos están caracterizados con un valor comprendido entre 0 y 1023. (ARDUINO, 2014)

Si V_{ref} es igual a 5v, la resolución es aproximadamente de 5 milivoltios. Por lo tanto, el error en las medidas de voltaje será siempre de sólo 5 milivoltios. En la figura 23 se observa una conversión analógica digital.

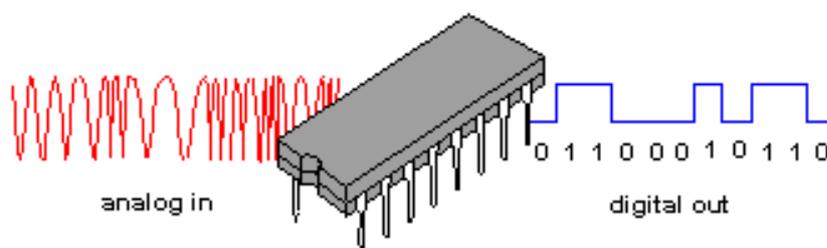


Figura 23. Conversor Analógico Digital

Fuente: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ADsticas-Arduino.pdf>

1.11. SUSTRATO FR4

FR4 tiene un material de fibra de vidrio, impregnados con una resina epóxica resistente a las llamas. Debido al reforzamiento de la fibra de vidrio, exhibe una resistencia a la flexión alrededor de 5 veces más alta que el Pertinax, aunque a un costo más alto. Sustrato de FR4 con lámina de cobre (32, 64, 1284um). (FARNELL, 2014) . Como se observa en la figura 24

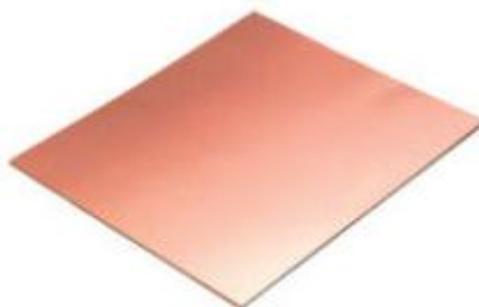


Figura 24. Sustrato Fibra de Vidrio

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

La tabla 6 muestra los parámetros del sustrato FR4.

Tabla 6. Características FR4

| PARAMETER | VALUE |
|--------------------------------------|-----------|
| Dielectric constant of the substrate | 4,9 (FR4) |
| Loss tangent | 0,015 |
| Height | 1,6 mm |
| Thickness | 32 um |

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

1.12. WI-FI (802.11)

La especificación IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN). Wi-Fi (que significa "Fidelidad inalámbrica", a veces incorrectamente abreviado WiFi) es el nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance, anteriormente WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11. Por el uso indebido de los términos (y por razones de marketing) el nombre del estándar se confunde con el nombre de la certificación. Ver figura 19. Una red Wi-Fi es en realidad una red que cumple con el estándar 802.11. A los dispositivos certificados por la Wi-Fi Alliance se les permite usar este logotipo de la figura 25: (HIGH-TECH, 2014)



Figura 25. Logo Wi-Fi

Fuente: <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>.

Los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g, llamados "estándares físicos", son modificaciones del estándar 802.11 y operan de modos diferentes, lo que les permite alcanzar distintas velocidades en la transferencia de datos según sus rangos. (HIGH-TECH, 2014). Como se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Estándar Wi-Fi

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

Fuente: <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

1.12.1. ESTÁNDAR 802.11a

El estándar 802.11 tiene en teoría un flujo de datos máximo de 54 Mbps, cinco veces el del 802.11b y sólo a un rango de treinta metros aproximadamente. El estándar 802.11a se basa en la tecnología llamada OFDM (multiplexación por división de frecuencias ortogonales). Transmite en un rango de frecuencia de 5

GHz y utiliza 8 canales no superpuestos. (HIGH-TECH, 2014)

Es por esto que los dispositivos 802.11a son incompatibles con los dispositivos 802.11b. Sin embargo, existen dispositivos que incorporan ambos chips, los 802.11a y los 802.11b y se llaman dispositivos de "banda dual". Como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Velocidad 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://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

1.12.2. ESTÁNDAR 802.11b

El estándar 802.11b permite un máximo de transferencia de datos de 11 Mbps en un rango de 100 metros aproximadamente en ambientes cerrados y de más de 200 metros al aire libre (o incluso más que eso con el uso de antenas direccionales). Como se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Velocidad 802.11b

| Velocidad hipotética | Rango (en ambientes cerrados) | Rango (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://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

1.12.3. ESTÁNDAR 802.11g

El estándar 802.11g permite un máximo de transferencia de datos de 54 Mbps en rangos comparables a los del estándar 802.11b. Además, y debido a que el estándar 802.11g utiliza el rango de frecuencia de 2.4 GHz con codificación OFDM, es

compatible con los dispositivos 802.11b con excepción de algunos dispositivos más antiguos. Como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10. Velocidad 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://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 TIPO DE ESTUDIO

2.1.1. DESCRIPTIVA

La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). (ARIAS, 2012)

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (ARIAS, 2012)

El diseño e implementación de las antenas inteligentes conmutadas mediante la relación S/N será una investigación de campo o experimental ya que se realiza pruebas para comprobar que tal factible es aplicar este tipo de tecnología en la red inalámbrica de la Universidad Nacional de Chimborazo, analizar varios factores que puedan ayudar a mejorar el rendimiento de los diversos sistemas radiantes, por este motivo se la ubica en una investigación descriptiva.

2.2 MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

2.2.1. MÉTODOS

2.2.1.1. ANALÍTICO/DEDUCTIVO

Se utiliza el método analítico-deductivo en el proyecto por la razón de que se inicia con un análisis particular del funcionamiento de los componentes necesarios para el desarrollo del sistema y la forma de interactuar entre sí para que el sistema desempeñe su función de la manera más óptima.

2.2.2. TÉCNICAS

2.2.2.1.OBSERVACIÓN

Se utilizó la técnica de la observación ya que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos. Y además es estructurada porque se utiliza una guía diseñada previamente, en la que se especifican los elementos que serán observados, en este proyecto se observa los siguientes parámetros la velocidad de transmisión, los paquetes, la potencia y el tiempo.

2.2.3. INSTRUMENTOS

Se utilizó listas de cotejo, folletos, libros, páginas web, datasheet y otros instrumentos necesarios para la selección de la información que se refiere al diseño e implementación del mismo.

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. POBLACIÓN

La población es cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna o algunas de sus características. La población será el rendimiento de la red inalámbrica de la Universidad Nacional de Chimborazo.

2.3.2. MUESTRA

La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. La población carece de registro definido, es decir que es desconocida ya que el número de pruebas puede ser infinito, por lo tanto, la muestra es establecida de acuerdo al cálculo con la siguiente fórmula:

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

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Zc= Distribución de Gauss donde $z_c = 0.005 = 2.575$

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 diseño e implementación del arreglo de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación S/N permitirá mejorar el rendimiento de la comunicación Wifi en 2.4 GHz?

2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Es un proceso que se inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que se les llama indicadores. El proceso obliga a realizar una definición conceptual de la variable para romper el concepto difuso que ella engloba y así darle sentido concreto dentro de la investigación, luego en función de ello se procesa a realizar la definición operacional de la misma para identificar los indicadores que permitirán realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativamente llegado el caso.

En la Tabla 11 se indica la operacionalización de variables dependiente e independiente del proyecto.

Tabla 11. Operacionalización de variables

| VARIABLES | CONCEPTO | INDICADORES | INSTRUMENTO |
|--|--|--|---|
| <p>Variable independiente: Arreglo De Antenas Inteligentes</p> | <p>Las antenas inteligentes son arreglos de antenas que mediante el control de la fase y la amplitud de la excitación de cada uno de los elementos que conforma el arreglo, poseen la capacidad de ajustar su diagrama de radiación de forma predeterminada.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Arreglo de antenas • Conmutador • Diagrama de radiación | <ul style="list-style-type: none"> • Analizador de red • Analizador de espectro |
| <p>Variable dependiente: El rendimiento de los sistemas inalámbricos.</p> | <p>Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas en lugar de cableado estándar. Hay muchas tecnologías diferentes que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, el alcance, la cobertura y la velocidad de sus transmisiones.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de transmisión. • Paquetes enviados y recibidos. • Tiempo de transmisión. • Cobertura | <ul style="list-style-type: none"> • Software AWR • Matlab • HFSS. |

Fuente: Autores

2.6 PROCEDIMIENTOS

Para el desarrollo del diseño e implantación de las antenas inteligentes conmutadas mediante la relación señal a ruido (S/N), se siguió una serie de procesos, que, en conjunto, cumplirían con el objetivo deseado. A continuación, se presenta los siguientes pasos a seguir en la investigación propuesta:

1. Simulación del arreglo de las antenas con ayuda de los dos programas como el AWR y el HFSS, para posteriormente proceder a sacar los patrones de radiación de la antena.
2. Analizar el circuito que permitirá conmutar las antenas según la programación realizada en el controlador.
3. Realizar los circuitos electrónicos necesarios para la puesta en marcha de un sistema de antenas inteligentes.
4. Realizar las medidas con ayuda de un analizador de red para verificar la velocidad de transmisión, los paquetes enviados y recibidos, el tiempo que se demora en la transmisión, la cobertura y los diversos factores que hace posible que la red sea más eficiente.

2.6.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

En la figura 26 se puede observar un diagrama de bloques del sistema.

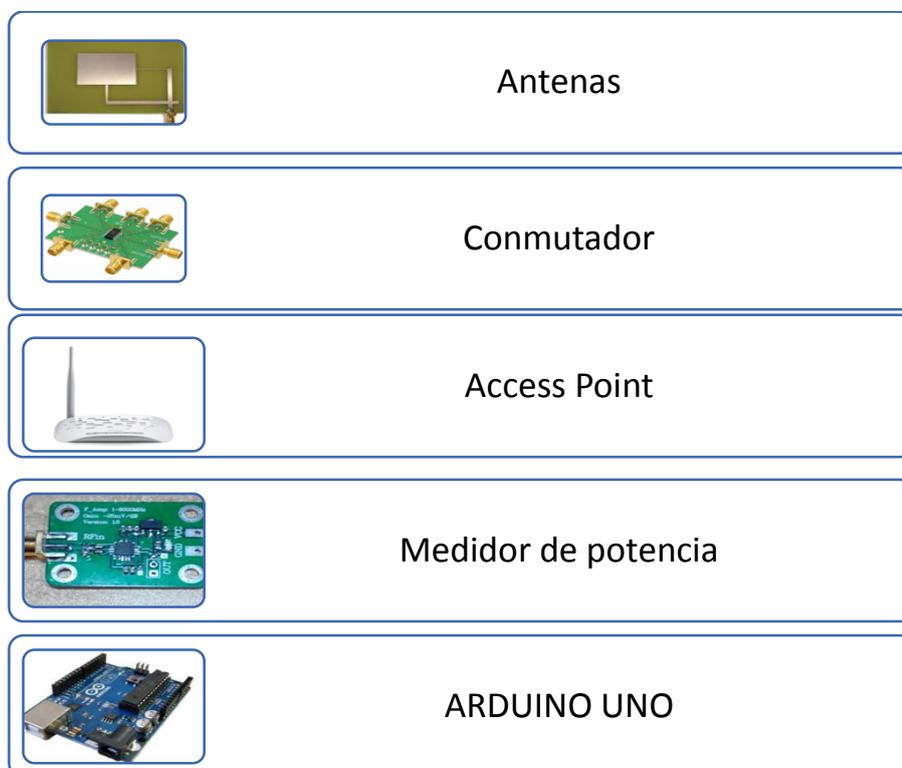


Figura 26. Diagrama de bloques sistema

Fuente: Autores

2.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

2.7.1. DISEÑO

2.7.1.1. DISEÑO DE LA ANTENAS PATCH MICROSTRIP

Para el diseño de la antena, con ayuda del software HFSS se simula con todos los parámetros y cálculos necesarios. Para la elaboración de la antena lo primero es hacer los cálculos y para ello se necesita las características de la placa FR4 (Ver tabla 7):

- **Constante dieléctrica Er:** 4.9
- **Tangente de pérdida:** 0.015
- **Espesor cobre:** 32um
- **Espesor sustrato:** 1.6 mm

Conocido estos valores se procede a realizar los cálculos necesarios para se utilizará los siguientes datos:

DATOS

$$F_c = 2,437GHz$$

$$Er = 4,9$$

$$h = 1,6mm$$

$$t = 0,032mm$$

$$c = 300000000m/s$$

$$Tan Pérdida = 0.015$$

- **Cálculo ancho (W)**

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

$$W = \frac{300000000}{2 * 2,437 * 10^9 * \sqrt{\frac{(4,9 + 1)}{2}}}$$

$$W = \frac{300000000}{2 * 2,437 * 10^9 * \sqrt{\frac{(4,9 + 1)}{2}}}$$

$$W = \frac{300000000}{8371369911,79}$$

$$W = 0,035836429$$

$$W = 3,584 \text{ cm}$$

- **Cálculo Eeff**

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

$$Eeff = \frac{4,9 + 1}{2} + \frac{4,9 - 1}{2} \left(1 + \frac{12 * 1,6}{0,032}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$Eeff = 2,95 + 1,95 * (601)^{-\frac{1}{2}}$$

$$Eeff = 2,95 + 1,95 * 0,0408$$

$$Eeff = 3,03$$

- **Cálculo Delta L (AL)**

$$AL = 0,412h \frac{(Eeff + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264\right)}{(Eeff - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,813\right)}$$

$$AL = 0,6592 \frac{(3,33)(22,66)}{(2,77)(23,21)}$$

$$AL = 0,6592 \frac{(3,33)(22,66)}{(2,77)(23,21)}$$

$$AL = 0,6592 \frac{75,46}{64,29}$$

$$AL = 0,6592 * 1,17$$

$$AL = 0,774$$

- **Cálculo Longitud efectiva (Leff)**

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

$$Leff = \frac{300000000}{2 * 2,437 * 10^9 * \sqrt{3,03}}$$

$$Leff = \frac{300000000}{8484120713}$$

$$Leff = 0,03536$$

$$Leff = 3,536cm$$

- **Cálculo longitud (L)**

$$L = Leff - 2AL$$

$$L = 3,536 - (2 * 0,774)$$

$$L = 1,98cm$$

$$L = 2 cm$$

- **Cálculo tierra (Lg)**

$$Lg = 6h + L$$

$$Lg = 6 * 1,6 + 2$$

$$Lg = 11,6$$

2.7.1.2.ACOLPLE $\lambda/4$

Cálculo acople $\lambda/4$

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

$$c = 3^8 \frac{m}{s^2}$$

$$f = 2.437 GHz$$

$$\lambda = \frac{3^8}{2.437^9}$$

$$\lambda = 0,123$$

$$W = 35,84 \text{ mm}$$

$$Ge = 0,00836 \frac{W}{\lambda}$$

$$Ge = 0,00836 \frac{35,84^{-3}}{0,123}$$

$$Ge = 0,002515$$

$$Rin = \frac{1}{2Ge}$$

$$Rin = \frac{1}{2 * 0,002515}$$

$$Rin = \frac{1}{2 * 0,002515}$$

$$Rin = 198,84\Omega$$

$$Z0 = 50 \Omega$$

$$Z1 = \sqrt{Rin * Z0}$$

$$Z1 = \sqrt{198,84 * 50}$$

$$Z1 = 99,7 = 100\Omega$$

Con ayuda del software AWR en Tools esoger la opcion TXLINE escribir las características de la placa y las impedancias, como se observa en la figura 27.

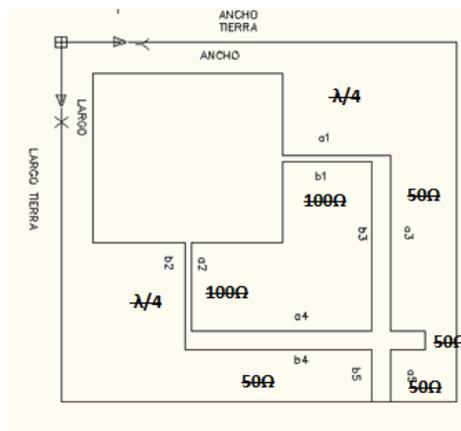


Figura 27. Impedancia antena

Fuente: Autores

La figura 28 muestra los datos para calcular las medidas del acople a 50 ohms.

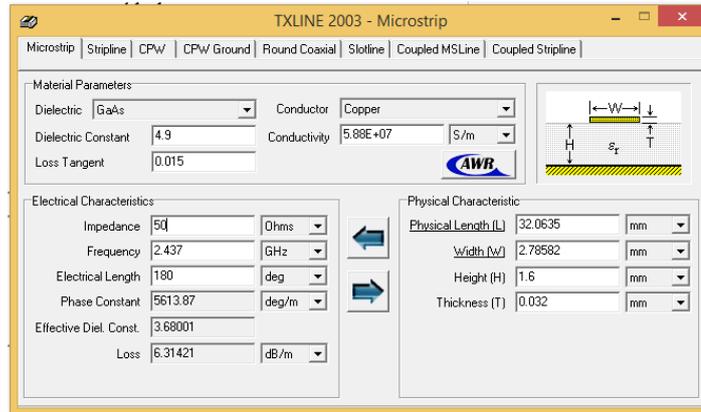


Figura 28. Acople 50 Ω a 180°

Fuente: Autores

La figura 29 se observa los datos del acople de 100 ohms.

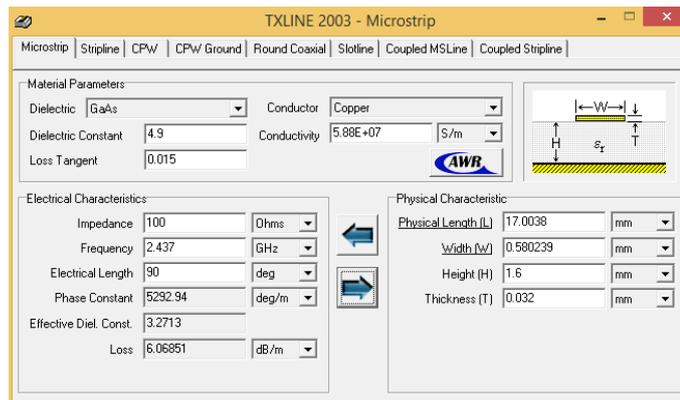


Figura 29. Acople 100 Ω a 90°

Fuente: Autores

La figura 30 muestra los datos del acople de 50 ohms a 25 grados.

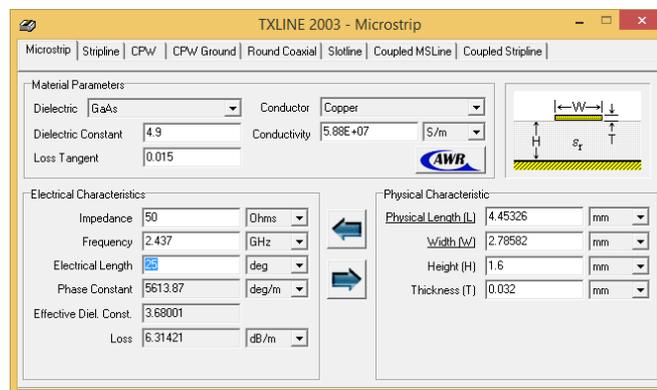


Figura 30. Acople 50 Ω a 25°

Fuente: Autores

2.7.1.3.SIMULACIÓN DE LA ANTENA EN EL SOFTWARE HFSS

Con ayuda del software HFSS optimizar las medidas para que corte en la frecuencia necesaria, para ello hay que enviar a optimizar los valores y en la figura 20 se observa los valores que se utiliza para la simulación de la antena.

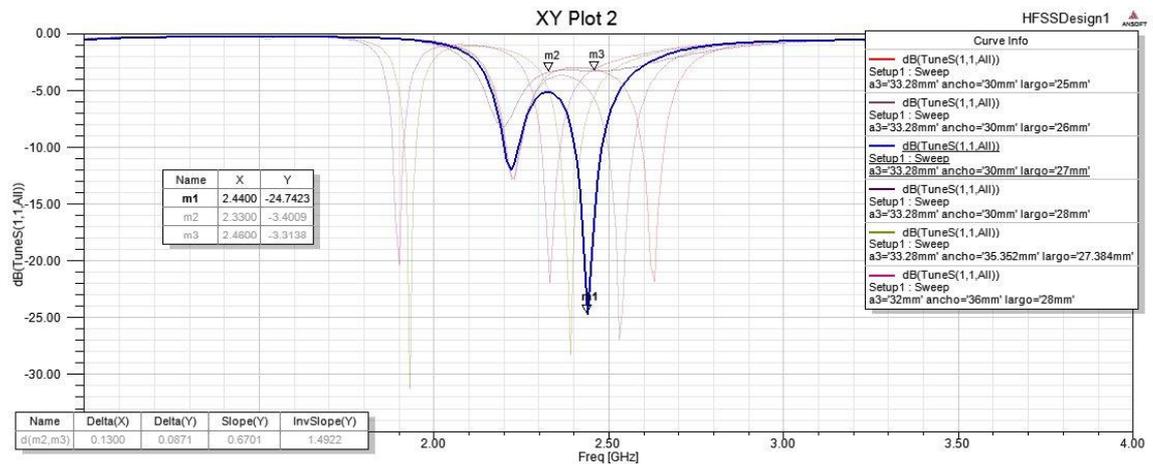


Figura 31. Optimizar Antena

Fuente: Autores

En la figura 32 se escoge las medidas de la línea azul ya que se aproxima a la frecuencia necesaria de 2,44 GHz, las medidas son:

- Ancho=30mm
- Largo=27mm
- Largo tierra =57mm
- Ancho tierra =62mm
- a1=17mm
- a2 =17mm
- a3= 33.28mm
- a4 =32mm
- a5 =5mm
- b1= 1mm
- b2 =1mm
- b3= 3mm
- b4 =3mm
- b5 =3mm
- t =32um
- h =1.6mm

En la figura 32 se observa el diseño de la antena microstrip, con las variables en donde irán las medidas para la simulación.

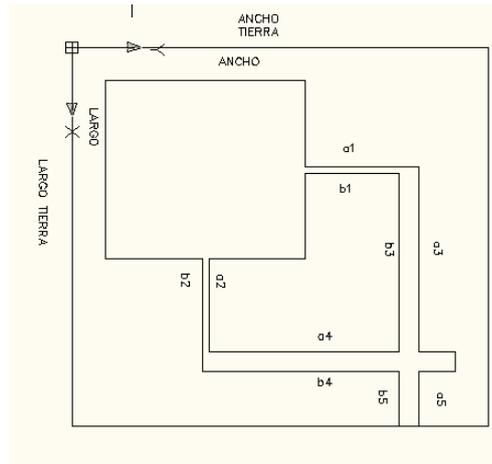


Figura 32. Diseño Antena Microstrip

Fuente: Autores

Con estos valores se procede a simular la antena en el software HFSS:

1. Crear un nuevo proyecto. Ver figura 33.

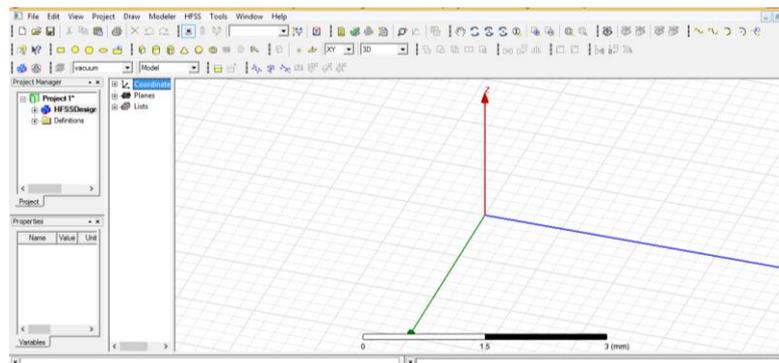


Figura 33. Proyecto nuevo

Fuente: Autores

2. Designar propiedades. Ver figura 34

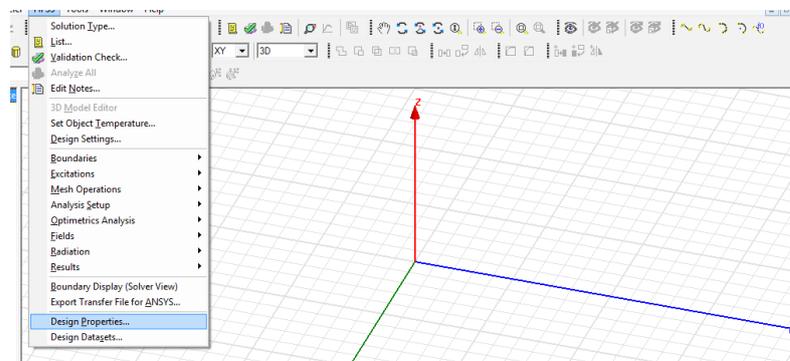


Figura 34. Propiedades

Fuente: Autores

3. Crear variables con los datos de la antena. Ver figura 35.

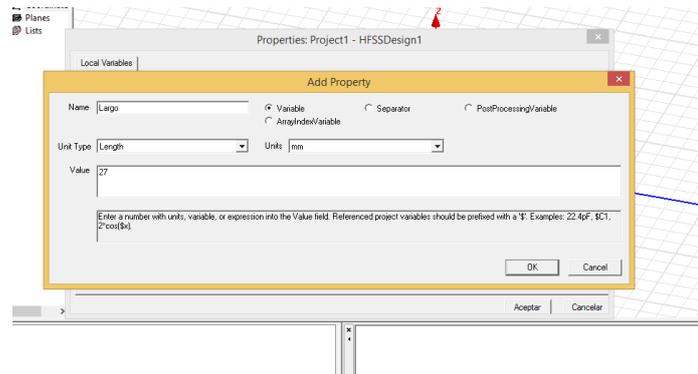


Figura 35. Variables antena

Fuente: Autores

4. Ingresar todo el valor de la antena y la placa para poder realizar la simulación. Ver figura 36.

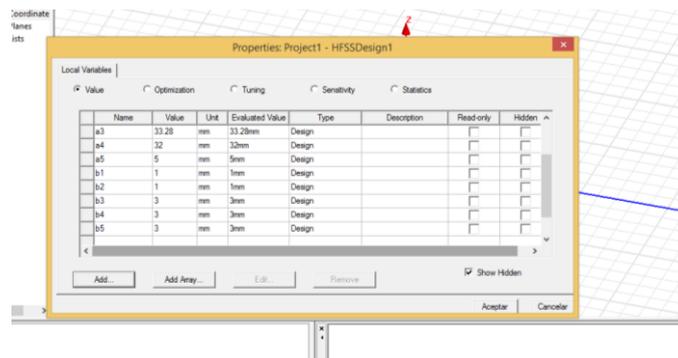


Figura 36. Valores antena y placa

Fuente: Autores

5. Editar los valores de la placa FR4 ya que el $\epsilon_r=4.9$ y la tangente de pérdida es de 0.015. Ver figura 37.

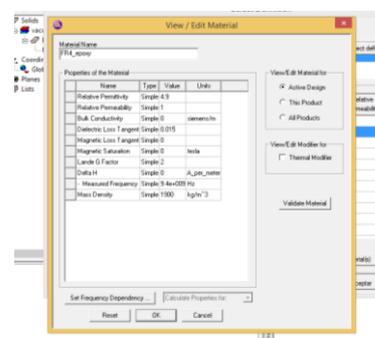


Figura 37. Valores placa FR4

Fuente: Autores

6. Crear un Box con el nombre de sustrato y añadir el material de la placa en este caso FR4. Ver figura 38.

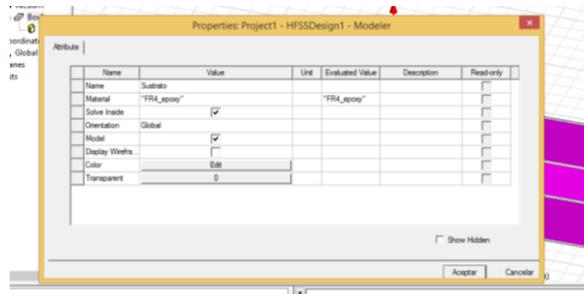


Figura 38. Box sustrato

Fuente: Autores

7. Añadir las medidas del sustrato acorde lo calculado y las características como la altura del sustrato. Ver figura 39.

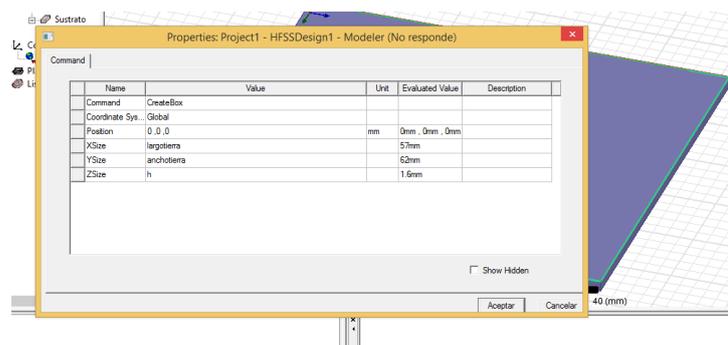


Figura 39. Medidas del sustrato

Fuente: Autores

8. Crear un box con el nombre de PATCH y añadir el material en este caso COOPER. Ver figura 40.

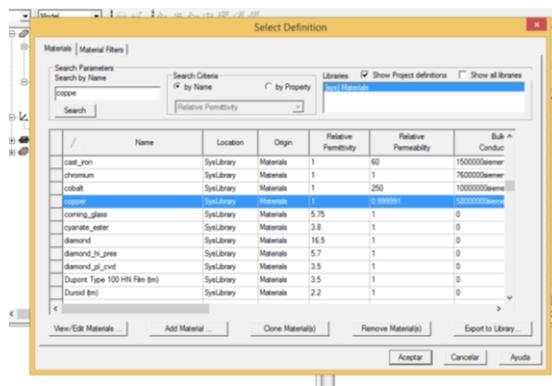


Figura 40. Material del Patch

Fuente: Autores

9. Añadir las medidas del Box Patch con las variables de ancho y largo. Ver figura 41.

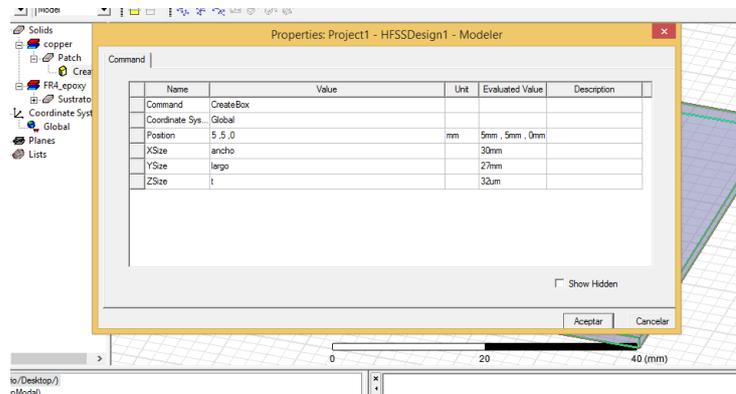


Figura 41. Medidas del Box Patch

Fuente: Autores

10. Crear el primer acople $\lambda/4$ con las medidas calculadas. Ver figura 42.

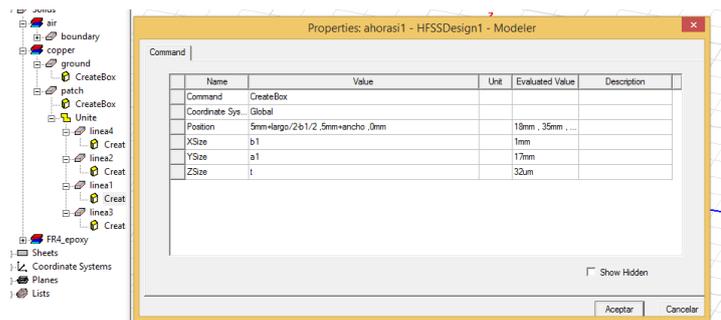


Figura 42. Primer acople medidas

Fuente: Autores

11. Crear el segundo acople $\lambda/4$ con las medidas calculadas. Ver figura 43.

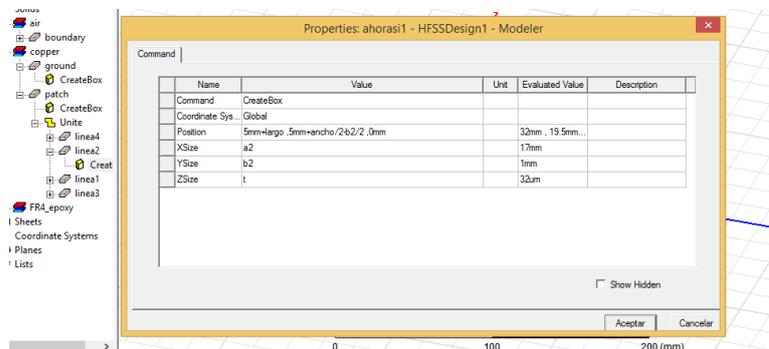


Figura 43. Segundo acople medidas

Fuente: Autores

12. Crear el tercer acople $\lambda/4$ con las medidas calculadas. Ver figura 44.

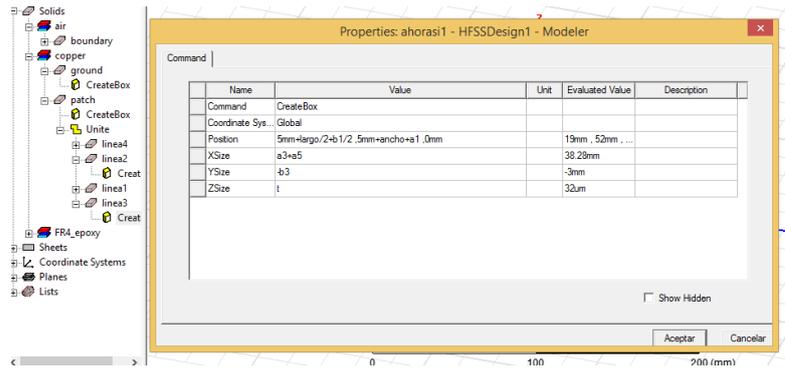


Figura 44. Tercer acople medidas

Fuente: Autores

13. Crear el cuarto acople $\lambda/4$ con las medidas calculadas. Ver figura 45.

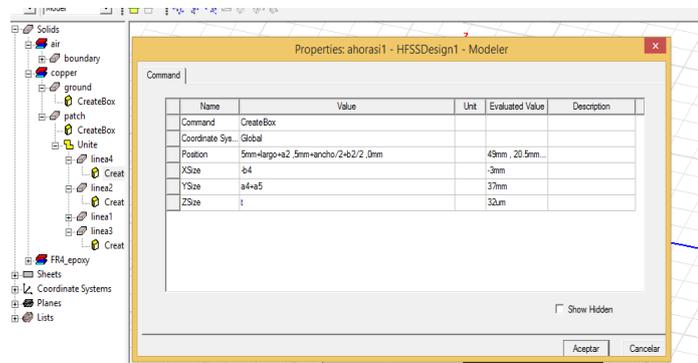


Figura 45. Cuarto acople medidas

Fuente: Autores

14. Unir todos los acoples haciendo CLIC en EDIT y luego BOOLEAN y finalmente en UNITE. Ver figura 46.

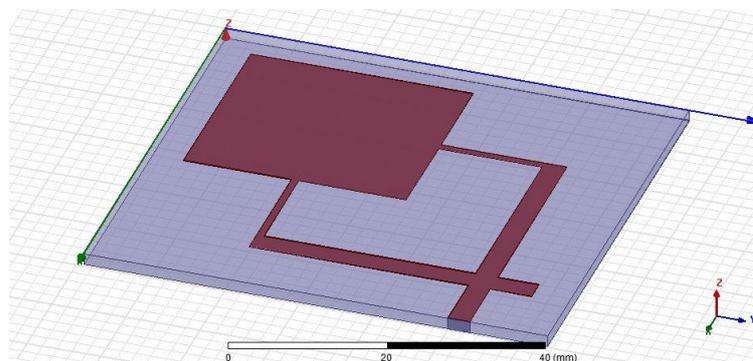


Figura 46. Antena simulada en HFSS

Fuente: Autores

15. Crear un Box en donde va radiar la antena y en material ubica AIR. Clic en el BOX y luego en EDIT y en RADIATION. Ver figura 47.

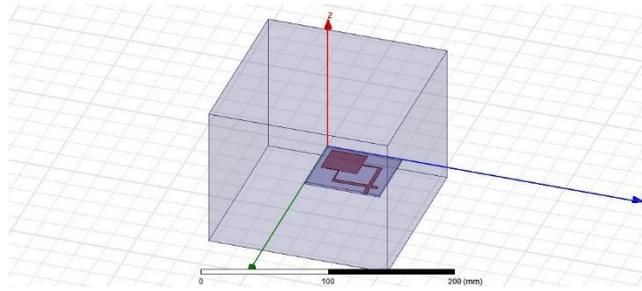


Figura 47. Radiación Antena

Fuente: Autores

16. Verificar si está bien la simulación. Ver figura 48.

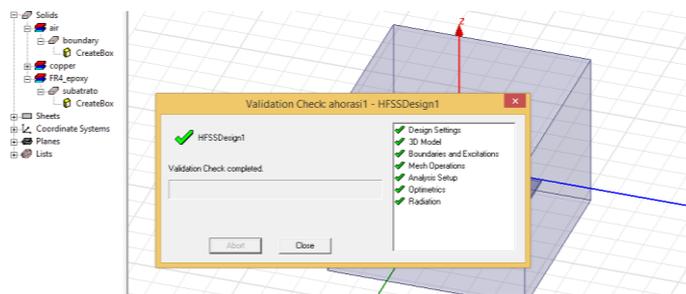


Figura 48. Validación Simulación

Fuente: Autores

2.7.1.4. RESULTADOS SIMULACIÓN

En la Figura 42 se observa en que frecuencia está operando la antena en 2,45GHz y posee un ancho de banda de 760 MHz, esto se observa más detallado en la figura 49.

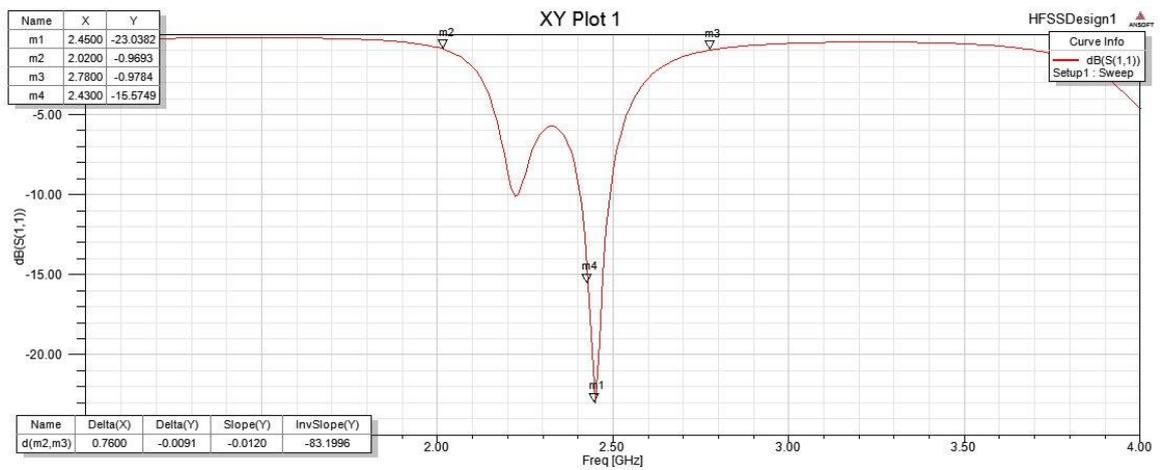


Figura 49. Frecuencia de corte de la antena

Fuente: Autores

En la figura 50 se observa la radiación de la antena patch microstrip en 2D y en la figura 51 se puede observar la radiación de la antena en 3D.

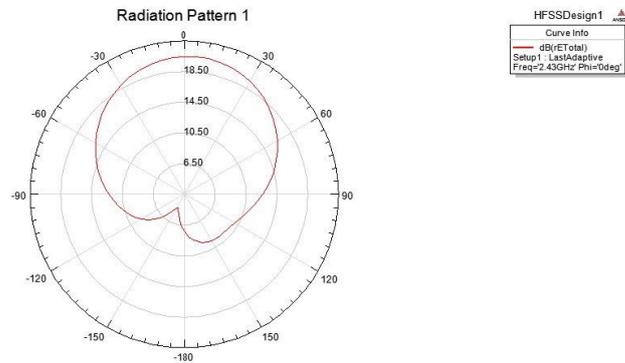


Figura 50. Radiación de la antena 2D

Fuente: Autores



Figura 51. Radiación de la antena 3D

Fuente: Autores

2.7.1.5. CONFIGURACIÓN DEL ACCESS POINT.

Ingresar con la dirección 192.168.0.254, se procede a escoger la opción Bridge with AP. Ver figura 52.

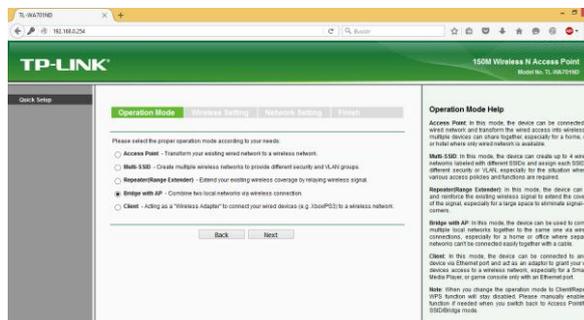


Figura 52. Dirección Access Point

Fuente: Autores

Clic en SURVEY para escoger la red inalámbrica, escoger en región el país, se procede a escribir la clave y finalmente en NEXT. Ver Figura 53.

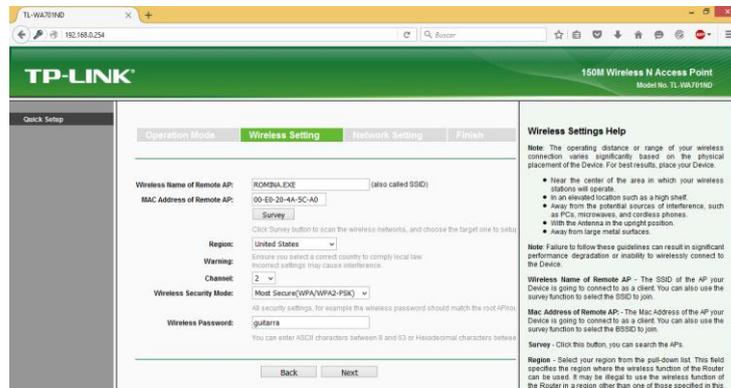


Figura 53. Configuración de Red del AP

Fuente: Autores

Escribir el nombre de la Red en este caso CISCO y clic en NEXT. Ver Figura 54.

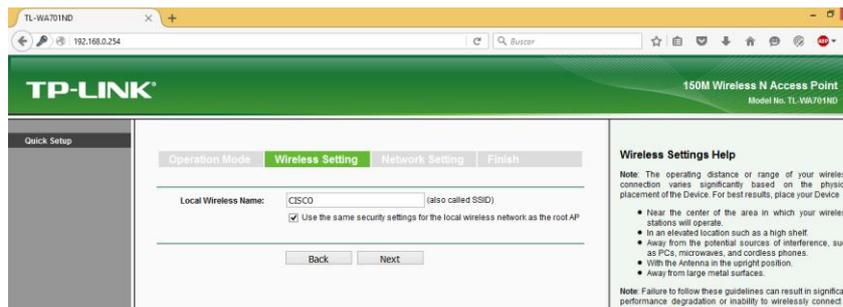


Figura 54. Nombre de la Red

Fuente: Autores

Deshabilitar DHCP y clic en NEXT. Ver Figura 55.

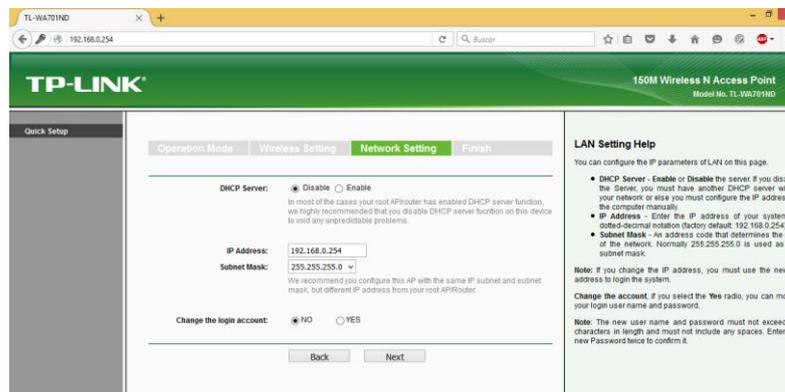


Figura 55. DHCP del AP

Fuente: Autores

Finalmente se procede a reiniciar para ello clic en REBOOT. Ver Figura 56.

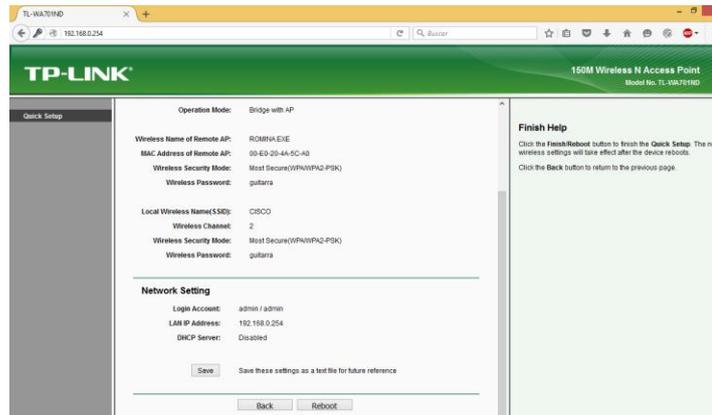


Figura 56. Reinicio del AP

Fuente: Autores

2.7.1.6. ELABORACIÓN DE LOS CABLES COAXIAL RG58 Y CONECTOR SMA

Para realizar el pochando del cable lo primero hay que verificar cuanto hay que pelar el cable como se observa en la figura 57 es de 1 cm.

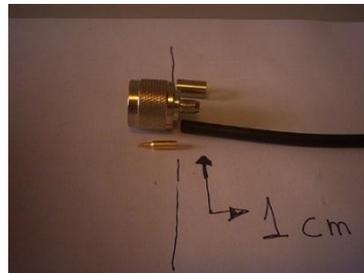


Figura 57. Medida corte cable coaxial

Fuente: Autores

Se procede a cortar el cable coaxial rg58 como se observa en la figura 58.



Figura 58. Corte cable coaxial RG58

Fuente: Autores

Se procede a sacar el aislante, en la figura 59 se observa tambien la malla aislante.



Figura 59. Malla aislante RG58

Fuente: Autores

Abrir ligeramente la malla y retirarla hacia atrás. En la figuras se observa un segundo aislante que esta dentro de la malla, en donde se ubica el conector sma macho. En la figuras 60, 61 y 62 se observa los pasos para ubicar el conectro SMA en el cable coaxial RG58.



Figura 60. Conector SMA al cable RG58

Fuente: Autores



Figura 61. Ubicación conectora SMA

Fuente: Autores



Figura 62. Conector SMA en cable coaxial RG58

Fuente: Autores

Se procede a ponchar el cable con ayuda de una criptadora de cable coaxial RG58 y como se observa en las figuras 63, 64, 65 y 66 lo primero es tomar las medidas para el corte y luego proceder a ponchar el cable coaxial y el cable esta listo.

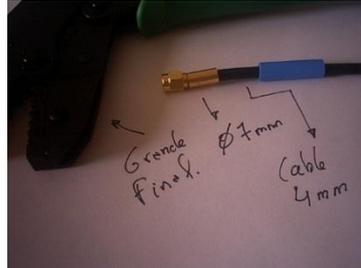


Figura 63. Medidas ponchado coaxial RG58

Fuente: Autores



Figura 64. Ponchado cable RG58 y conector SMA

Fuente: Autores



Figura 65. Ponchado cable R58

Fuente: Autores



Figura 66. Ponchado final SMA y coaxial RG58

Fuente: Autores

2.7.1.7. PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR PARA EN CONMUTADOR

Para la programación se genera un diagrama de flujo, como se observa en la figura 67 en este se muestra el funcionamiento del programa. Lo primero es generar la entrada analógica y según el voltaje en sus salidas hay valores lógicos para poder conmutar las antenas, esto depende del voltaje y una variable denominada control.

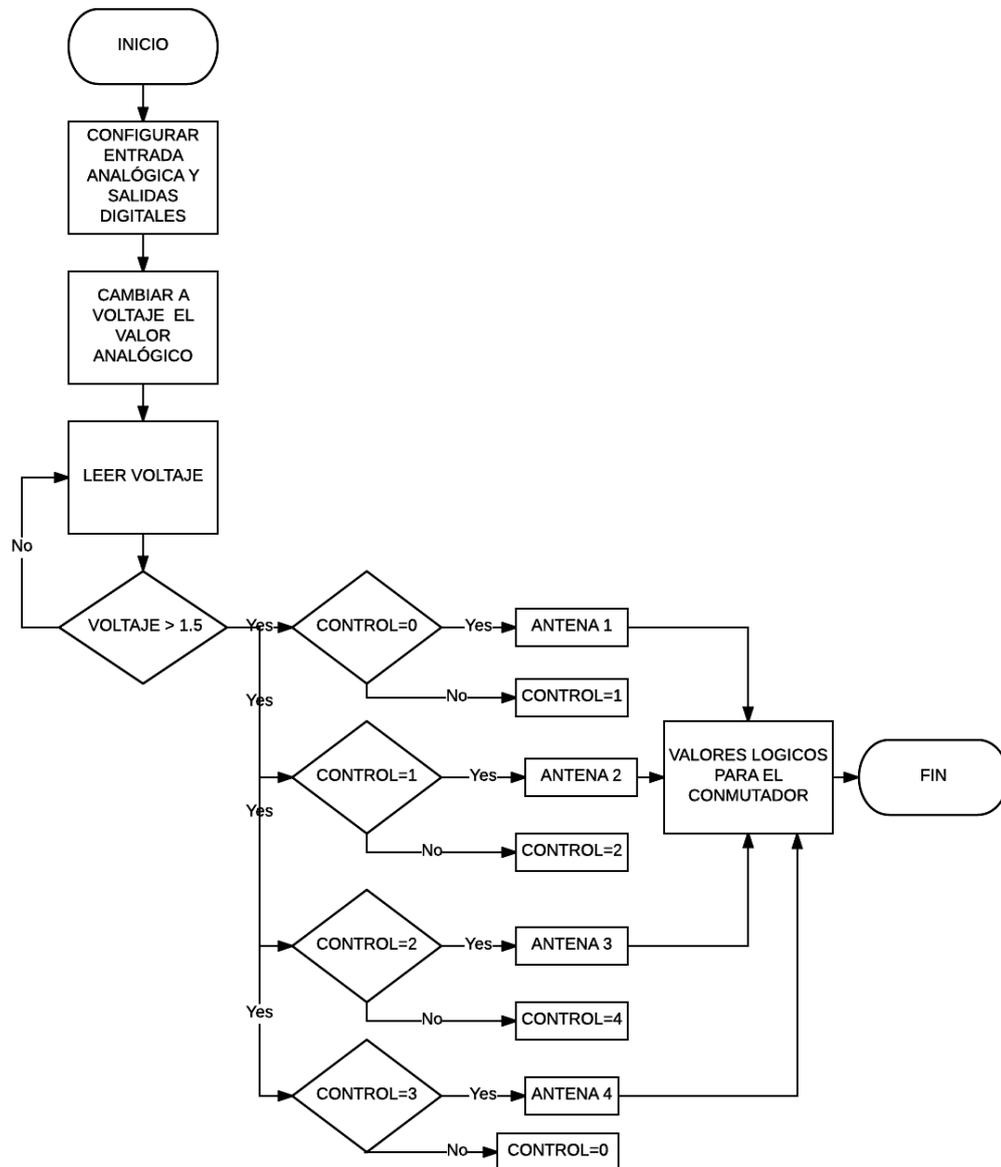


Figura 67. Diagrama de flujo conmutador

Fuente: Autores

Para la programación se basa en la tabla de verdad del conmutador y como es un conmutador de 6 antenas, en este caso solo se utiliza 4 antenas para ello se debe conocer los valores lógicos para activar cada antena en la siguiente tabla muestra los valores lógicos necesarios para conmutar las 4 antenas y en la figura 61 se muestra la programación, ver tabla 12 y figuras 68 y 69.

Tabla 12. Tabla de verdad control conmutador

| CONTROL INPUT | | | Signal Path State |
|---------------|---|---|-------------------|
| A | B | C | RFCOM |
| 1 | 0 | 0 | ANTENA 1 |
| 0 | 1 | 0 | ANTENA 2 |
| 1 | 1 | 0 | ANTENA 3 |
| 0 | 0 | 1 | ANTENA 4 |
| 1 | 1 | 1 | TODAS APAGADAS |

Fuente: Autores

```

potenciaEJM1 $
int control=0;
int pin1=13;
int pin2=12;
int pin3=11;
void setup() {
  pinMode(pin1,OUTPUT);
  pinMode(pin2,OUTPUT);
  pinMode(pin3,OUTPUT);
  Serial.begin(9600); //inciamos la comunicacion a 9600bps
}
void loop() {
  float sensorValue=analogRead(A0); //Leer el puerto analogico pin0
  float voltaje= sensorValue*(5/1023.0); // convertir la lectura de
  double dBm=(20*log(voltaje/5.))+5; //Calculamos dBm
  double P= pow(10.0, (dBm)/10); // calculamos la potencia

  if( voltaje > 1.5)
  
```

Figura 68. Programación ARDUINO

Fuente. Autores

```

COM7 (Arduino/Genuino Uno)
1.50V
-19.07dBm
0.01mW
0 ANT
1.40V
-20.42dBm
0.01mW
0 ANT
1.48V
-19.94dBm
0.01mW
0 ANT
1.50V
-19.14dBm
0.01mW
0 ANT
Autoscroll
Sin ajuste de línea
9600 baudio
  
```

Figura 69. Comunicación serie ARDUINO

Fuente: Autores

2.7.1.8. ELABORACIÓN DE ANTENAS MICROSTRIP CON SUSTRATO

FR4

Para esto se imprime la placa en papel coche, se utilizó en método de la plancha para ubicar la antena en el sustrato FR4. Luego de esto se procede a pasar en el ácido de placa, se limpia con algodón y alcohol la placa y soldar el conector SMA para placa hembra. Ver figura 70 y 71.

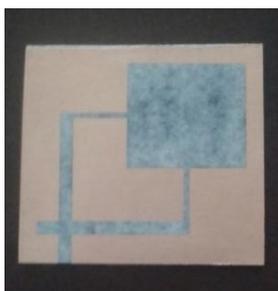


Figura 70. Antena Microstrip FR4

Fuente: Autores



Figura 71. Puesta a Tierra Antena Microstrip

Fuente: Autores

2.7.2. RECOLECCIÓN DE DATOS MEDIANTE UN ANALIZADOR DE RED

Cuando se trata de analizar la actividad de red de una conexión se debe buscar siempre aplicaciones completas que sean a la vez sencillas de utilizar, especialmente si no se es expertos en ese ámbito. Colasoft Capsa es una completa herramienta profesional desarrollada para monitorizar y analizar el tráfico de red. Aunque este programa es muy avanzado y cuenta con un gran número de funciones también es posible utilizarlo a nivel básico para que usuarios no profesionales puedan tener un control sobre la actividad de su red.

Con este software se obtiene 36 muestras, para obtener los siguientes datos como la velocidad de transmisión, los paquetes y el tiempo de transmisión, en dos escenarios uno con la antena de fábrica como se muestra en la figura 72 y el otro con el sistema de antenas inteligentes como se muestra en la figura 73.

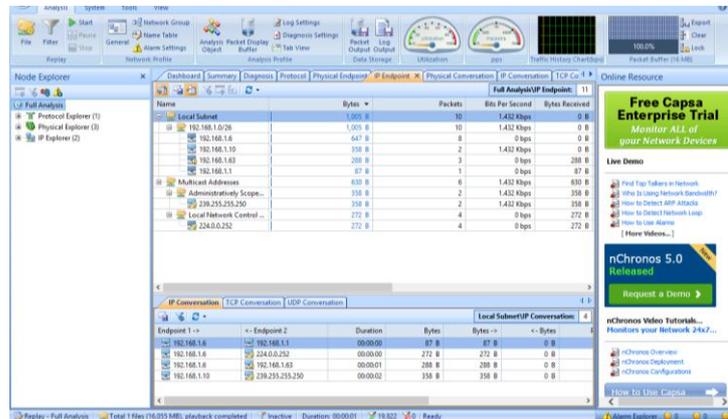


Figura 72. Muestras con antena convencional

Fuente: Autores

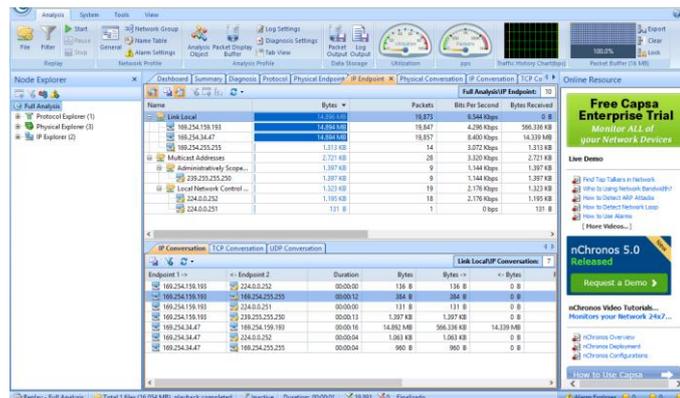


Figura 73. Muestras con el sistema de antenas inteligentes

Fuente: Autores

2.7.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una prueba de hipótesis es una prueba estadística que se utiliza para determinar si existe suficiente evidencia en una muestra de datos para inferir que cierta condición es válida para toda la población. Una prueba de hipótesis examina dos hipótesis opuestas sobre una población: la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. La hipótesis nula es el enunciado que se probará. Por lo general, la hipótesis nula es un

enunciado de que "no hay efecto" o "no hay diferencia". La hipótesis alternativa es el enunciado que se desea poder concluir que es verdadero.

Con base en los datos de la muestra, la prueba determina si se debe rechazar la hipótesis nula. Para tomar la decisión se utiliza un valor p. Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, que es un punto de corte que usted define, entonces puede rechazar la hipótesis nula.

2.7.3.1. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H₀: El diseño e implementación del arreglo de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación S/N permitirá mejorar el rendimiento de la comunicación Wifi en 2.4 GHz.

H₁: El diseño e implementación del arreglo de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación S/N no permitirá mejorar el rendimiento de la comunicación Wifi en 2.4 GHz.

$$H_0: u_s > u_d$$

$$H_1: u_s < u_d$$

2.7.3.2. ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL DE SIGNIFICANCIA

La prueba se realizó con un 95.5 % de confiabilidad, es decir con un nivel de significancia de $\alpha = 0.005$.

2.7.3.3. DETERMINACIÓN DEL ESTADÍSTICO PERTINENTE

Si **H₀** es verdad, la media de la distribución es $u_s = u_d \geq 0$ su varianza es $\frac{\sigma_s^2}{n_1} - \frac{\sigma_d^2}{n_2}$. Como σ_s^2 y σ_d^2 son desconocidas, no se puede calcular la varianza verdadera, en consecuencia, se excluye a z como estadístico de prueba.

2.7.3.4. DETERMINACIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA.

Para determinar esto se crea dos escenarios, el escenario A utiliza la antena convencional del Access Point como se observa en la figura 74 y el escenario B utiliza las antenas y todos los circuitos diseñados como se observa en la figura 75.



Figura 74. Escenario A

Fuente: Autores

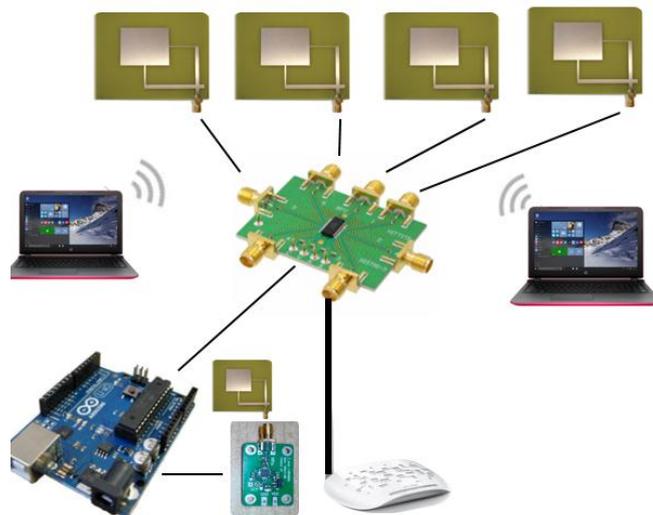


Figura 75. Escenario B

Fuente: Autores

El escenario A muestra el Access Point conectada con su antena de fábrica, con ayuda de las laptops crear una red llamada CISCO y enviar un paquete de aproximadamente 63 MB en donde se mide la velocidad de transmisión, los paquetes, la potencia y el tiempo de transmisión como se muestra en la tabla 13, con ayuda del analizador de red Colasoft se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 13. Escenario A con antena convencional

| NÚMERO MUESTRAS | PAQUETES TX | PAQUETES RX | VELOCIDAD TX(KBPS) | POTENCIA | TIEMPO TX (Segundos) |
|-----------------|-------------|-------------|--------------------|------------|----------------------|
| 1 | 20 | 20 | 768 | -31 | 78 |
| 2 | 40 | 40 | 1456 | -33 | 71 |
| 3 | 24 | 24 | 1312 | -30 | 49 |
| 4 | 56 | 56 | 1520 | -38 | 52 |
| 5 | 12 | 12 | 1052 | -43 | 9 |
| 6 | 12 | 12 | 1457 | -30 | 11 |
| 7 | 25 | 25 | 768 | -30 | 18 |
| 8 | 16 | 16 | 768 | -30 | 20 |
| 9 | 20 | 20 | 768 | -30 | 57 |
| 10 | 22 | 22 | 1276 | -30 | 70 |
| 11 | 16 | 16 | 1357 | -30 | 64 |
| 12 | 23 | 23 | 2654 | -33 | 63 |
| 13 | 20 | 20 | 2768 | -32 | 58 |
| 14 | 25 | 25 | 1432 | -32 | 63 |
| 15 | 22 | 22 | 1438 | -32 | 77 |
| 16 | 16 | 16 | 1843 | -31 | 40 |
| 17 | 12 | 12 | 1254 | -30 | 42 |
| 18 | 10 | 10 | 1396 | -31 | 38 |
| 19 | 33 | 33 | 1436 | -31 | 51 |
| 20 | 37 | 37 | 1416 | -30 | 110 |
| 21 | 32 | 32 | 1260 | -31 | 65 |
| 22 | 10 | 10 | 1452 | -30 | 57 |
| 23 | 12 | 12 | 1203 | -31 | 65 |
| 24 | 12 | 12 | 696 | -31 | 36 |
| 25 | 10 | 10 | 1274 | -30 | 54 |
| 26 | 41 | 41 | 1337 | -30 | 110 |
| 27 | 28 | 28 | 1432 | -31 | 53 |
| 28 | 23 | 23 | 696 | -30 | 54 |
| 29 | 25 | 25 | 1088 | -31 | 110 |
| 30 | 28 | 28 | 1464 | -31 | 60 |
| 31 | 15 | 15 | 1416 | -30 | 56 |
| 32 | 14 | 14 | 1476 | -30 | 51 |
| 33 | 16 | 16 | 1052 | -31 | 42 |
| 34 | 26 | 26 | 1528 | -31 | 64 |
| 35 | 16 | 16 | 1063 | -30 | 58 |
| 36 | 25 | 25 | 1095 | -31 | 52 |
| MEDIA | 21 | 21 | 1347 | -31 | 56.5 |

Fuente: Autores

El escenario B se utilizó las antenas Microstrip, el conmutador, el medidor de potencia, el Arduino y el Access Point así mismo se mide los parámetros

mencionados anteriormente y con la misma red llamada CISCO. En la tabla 14 se muestra los datos obtenidos.

Tabla 14. Escenario B con antenas Microstrip

| NUMERO MUESTRAS | PAQUETES TX | PAQUETES RX | VELOCIDAD TX (KBPS) | POTENCIA | SEGUNDOS |
|-----------------|-------------|-------------|---------------------|------------|-------------|
| 1 | 18 | 18 | 1144 | -26 | 90 |
| 2 | 16 | 16 | 1420 | -30 | 61 |
| 3 | 18 | 18 | 1416 | -31 | 50 |
| 4 | 15 | 15 | 1412 | -30 | 59 |
| 5 | 16 | 16 | 1510 | -31 | 55 |
| 6 | 16 | 16 | 1528 | -30 | 65 |
| 7 | 22 | 22 | 1564 | -30 | 52 |
| 8 | 16 | 16 | 1536 | -31 | 52 |
| 9 | 24 | 24 | 1624 | -30 | 52 |
| 10 | 27 | 27 | 1510 | -30 | 60 |
| 11 | 24 | 24 | 4296 | -30 | 50 |
| 12 | 38 | 38 | 2700 | -30 | 53 |
| 13 | 29 | 29 | 1700 | -31 | 50 |
| 14 | 41 | 41 | 1719 | -31 | 51 |
| 15 | 27 | 27 | 1200 | -31 | 48 |
| 16 | 29 | 29 | 1604 | -30 | 56 |
| 17 | 27 | 27 | 1598 | -30 | 52 |
| 18 | 37 | 37 | 1618 | -29 | 57 |
| 19 | 33 | 33 | 1392 | -31 | 60 |
| 20 | 39 | 39 | 1658 | -30 | 51 |
| 21 | 28 | 28 | 1719 | -30 | 56 |
| 22 | 29 | 29 | 1679 | -31 | 52 |
| 23 | 20 | 20 | 1348 | -31 | 60 |
| 24 | 31 | 31 | 1679 | -30 | 48 |
| 25 | 21 | 21 | 1624 | -30 | 58 |
| 26 | 24 | 24 | 1585 | -31 | 50 |
| 27 | 21 | 21 | 1681 | -30 | 52 |
| 28 | 24 | 24 | 1438 | -31 | 54 |
| 29 | 31 | 31 | 1624 | -31 | 59 |
| 30 | 44 | 44 | 1662 | -30 | 51 |
| 31 | 25 | 25 | 1681 | -30 | 50 |
| 32 | 30 | 30 | 1546 | -30 | 59 |
| 33 | 22 | 22 | 1624 | -31 | 52 |
| 34 | 35 | 35 | 1662 | -31 | 56 |
| 35 | 26 | 26 | 1528 | -31 | 60 |
| 36 | 34 | 34 | 1681 | -30 | 52 |
| MEDIA | 26.5 | 26.5 | 1611 | -30 | 52.5 |

Fuente: Autores

En la tabla 15 se encuentra en porcentaje el tiempo de transmisión en segundos.

Tabla 15. Tiempo de transmisión

| TIEMPO DE TRANSMISIÓN | | | |
|-----------------------|----------|------------|-------|
| | Segundos | | % |
| ESCENARIO A | 57 | 0.51818182 | 51.8 |
| ESCENARIO B | 53 | 0.48181818 | 48.18 |

Fuente: Autores

En la tabla 16 se encuentra en porcentaje la velocidad de transmisión en Kbps.

Tabla 16. Velocidad de transmisión

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN | | | |
|--------------------------|------------|------------|------------|
| | Rata(Kbps) | | % |
| AMBIENTE A | 1347 | 0.45537525 | 45.5375254 |
| AMBIENTE B | 1611 | 0.54462475 | 54.4624746 |

Fuente: Autores

En la tabla 17 se encuentra en porcentaje la potencia transmisión en dBm.

Tabla 17. Potencia de transmisión

| POTENCIA TRANSMISIÓN | | | | |
|----------------------|-----|----|------------|------------|
| | dBm | | | % |
| AMBIENTE A | -31 | 31 | 0.50819672 | 50.8196721 |
| AMBIENTE B | -30 | 30 | 0.49180328 | 49.1803279 |

Fuente: Autores

En la tabla 18 se encuentra los valores calculados para la media muestral.

Tabla 18. Media muestral

| VARIABLES | TIEMPO | POTENCIA | VELOCIDAD | PROPORCIÓN DE MUESTRA |
|-------------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| AMBIENTE A | 51.8181818 | 50.8196721 | 45.5375254 | 0.49391793 |
| AMBIENTE B | 48.1818182 | 54.4624746 | 49.1803279 | 0.50608207 |

Fuente: Autores

En la tabla 19 están los valores de la frecuencia esperada

Tabla 19. Frecuencia esperada

| | TIEMPO | POTENCIA | VELOCIDAD |
|-------------------|------------|------------|------------|
| AMBIENTE A | 49.3917931 | 52.0007401 | 46.7828461 |
| AMBIENTE B | 50.6082069 | 53.2814067 | 47.9350071 |

Fuente: Autores

En la tabla 20 se muestran el valor de chi cuadrado y valores estadísticos.

Tabla 20. Valores estadísticos

| | | |
|-------------------------------|----------------|------------|
| | r | 3 |
| | k | 3 |
| Grados de Libertad | $(r-1) (k-1)$ | 4 |
| Nivel de significación | α | 0.005 |
| Chi Cuadrado | X ² | 14.860259 |
| Probabilidad | P | 0.83776442 |
| X²Prueba | 1.43685725 | |

Fuente: Autores

2.7.3.5. ESTABLECER LA REGLA DE DECISIÓN

Si el valor estadístico de prueba es menor que el valor tabular, la hipótesis nula es aceptada, caso contrario, Ho es rechazado.

Como $1.43 < 14.86$ se puede mencionar que la hipótesis es verdadera. Como se puede observar en l figura, el valor crítico de t cae en la zona de aceptación de la hipótesis Ho.

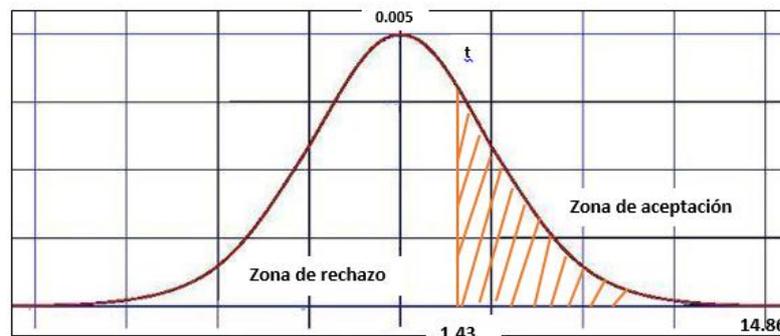


Figura 76. Campana de Gauss para la decisión

Fuente: Autores

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

En este capítulo describe las diversas pruebas realizadas entre la antena convencional denominado ambiente A y las antenas inteligentes conmutadas mediante la relación señal/ruido denominado ambiente B.

3.1.PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para analizar la red se utiliza el software el COLASOF CAPSA que calcula el tráfico de la red y el INSIDDER que mide la potencia, estos dos programas muestra los siguientes datos que ayuda a medir el rendimiento de la red:

- ✓ Velocidad de transmisión
- ✓ Potencia de transmisión
- ✓ Tiempo de transmisión
- ✓ Paquetes transmitidos y recibidos

3.2.PRUEBAS DE COMUNICACIÓN

3.1.1. VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

La velocidad de transmisión de datos mide el tiempo que tarda un host o un servidor en poner en la línea de transmisión el paquete de datos a enviar. El tiempo de transmisión se mide desde el instante en que se pone el primer bit en la línea hasta el último bit del paquete a transmitir y su unidad de medida son los bits/segundos bps. La velocidad de transmisión de los dos ambientes A y B se muestra en la tabla 21. En el grafico 77 se muestra la velocidad de transmisión comparando así los dos ambientes.

Tabla 21. Resultado Velocidad transmisión Antenas

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN | |
|--------------------------|------------|
| | Rata(Kbps) |
| AMBIENTE A | 1347 |
| AMBIENTE B | 1611 |

Fuente: Autores

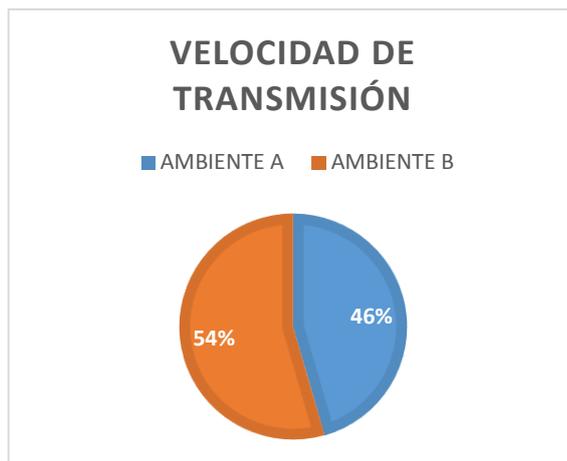


Figura 77. Velocidad de transmisión

Fuente: Autores

3.1.2. POTENCIA DE TRANSMISIÓN

La potencia de transmisión se expresa en dBm. Se utiliza en redes de radio, microondas y fibra óptica como una medida conveniente de la potencia absoluta a causa de su capacidad para expresar tanto valores muy grandes como muy pequeñas en forma corta. En la tabla 22 se muestra los valores obtenidos de potencia en los dos escenarios y en las figuras 78 y 79 se observa la potencia de transmisión.

Tabla 22. Media de la Potencia transmisión

| POTENCIA TRANSMISIÓN | |
|----------------------|-----|
| | dBm |
| AMBIENTE A | -31 |
| AMBIENTE B | -30 |

Fuente: Autores

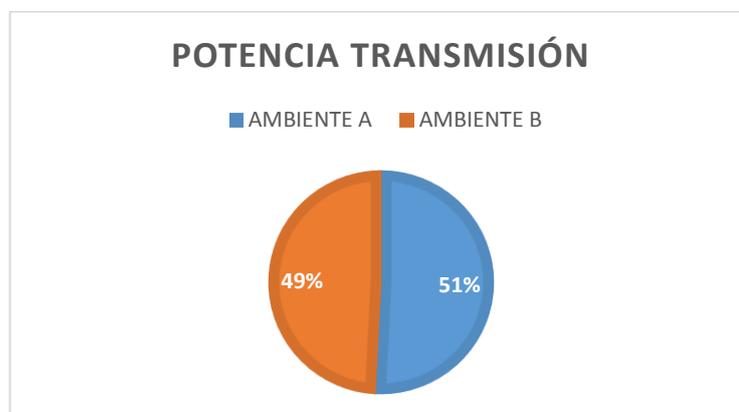


Figura 78. Potencia de Transmisión

Fuente: Autores

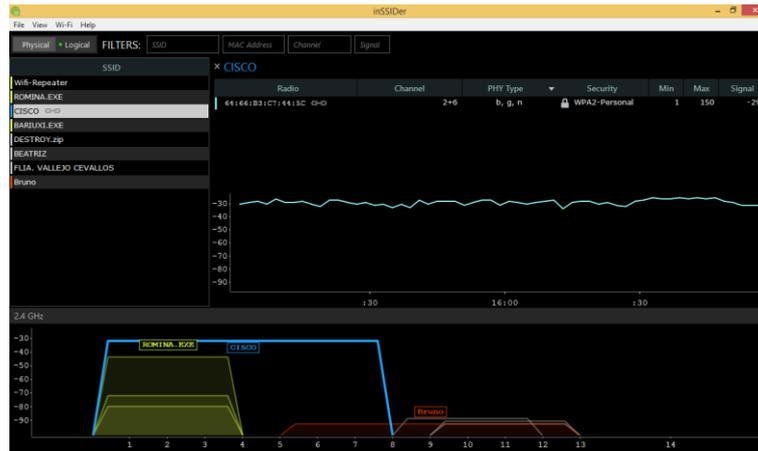


Figura 79. Potencia de transmisión INSSIDER

Fuente: Autores

3.1.3. TIEMPO DE TRANSMISIÓN

El tiempo es una magnitud física creada para medir el intervalo en el que suceden una serie ordenada de acontecimientos, se mide en segundos el tiempo que se tarda en transmitir un paquete de un host a otro. En la tabla 23 y figura 80 se muestra los datos obtenidos.

Tabla 23. Tiempo de transmisión

| TIEMPO DE TRANSMISIÓN | |
|-----------------------|----------|
| | Segundos |
| ESCENARIO A | 57 |
| ESCENARIO B | 53 |

Fuente: Autores

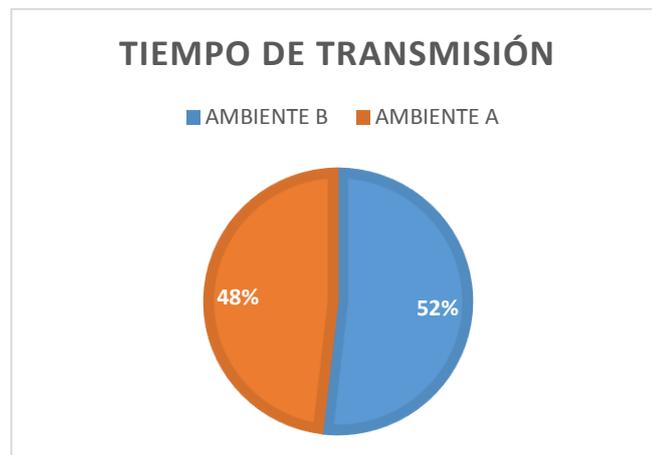


Figura 80. Tiempo de transmisión

Fuente: Autores

3.3.PRUEBA DE FRECUENCIA DE LAS ANTENAS MICROTRIP

Se utiliza el analizador de espectro, se realiza la prueba de cada una de las antenas ya que un analizador de espectro es un equipo de medición electrónica que permite visualizar en una pantalla las componentes espectrales en un espectro de frecuencias de las señales presentes en la entrada, pudiendo ser ésta cualquier tipo de ondas eléctricas, acústicas u ópticas.

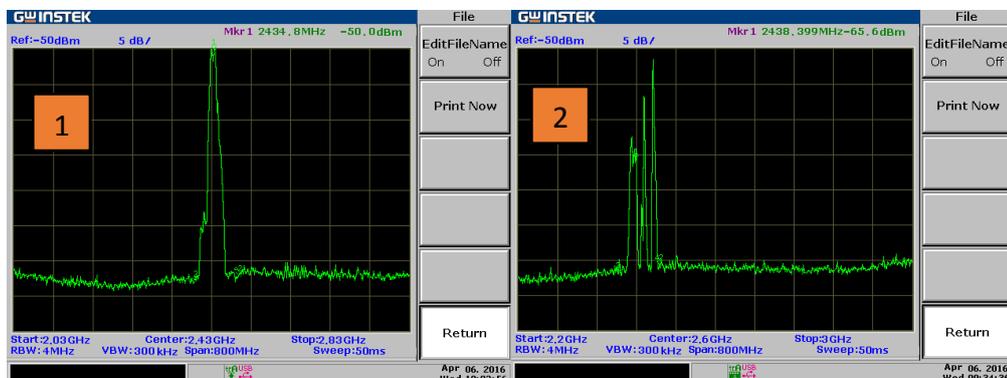
En el eje de ordenadas suele presentarse en una escala logarítmica el nivel en dBm del contenido espectral de la señal. En el eje de abscisas se representa la frecuencia, en una escala que es función de la separación temporal y el número de muestras capturadas. Se denomina frecuencia central del analizador a la que corresponde con la frecuencia en el punto medio de la pantalla. En la tabla 24 se observa la frecuencia y la potencia de cada antena.

Tabla 24. Frecuencia y potencia de las antenas Microstrip

| Antena | Frecuencia MHz | Potencia dBm |
|--------|----------------|--------------|
| 1 | 2434 | -50 |
| 2 | 2438 | -65 |
| 3 | 2414 | -82 |
| 4 | 2434 | -67 |

Fuente: Autores

En figura 81 se observa las capturas de pantalla del analizador de espectro de cada una de las antenas Microstrip, en donde se puede observar la potencia y frecuencia de cada una de las antenas.



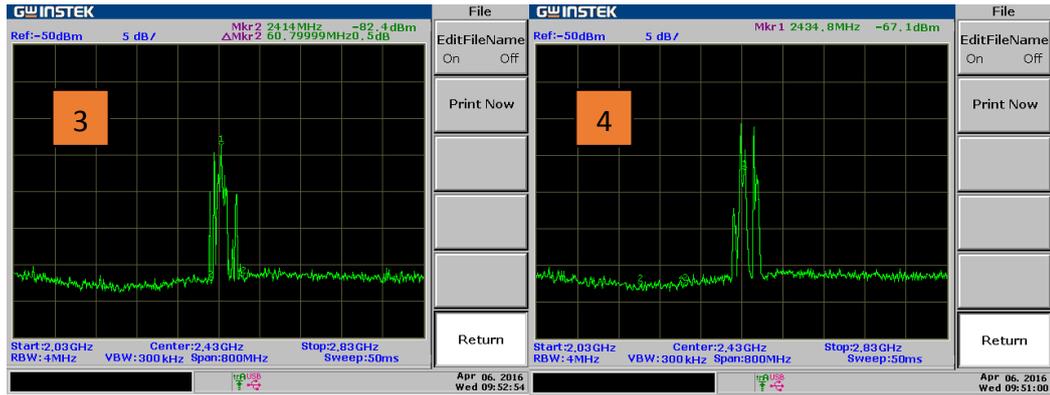


Figura 81. Frecuencia y potencia de las antenas Microstrip

Fuente: Autores

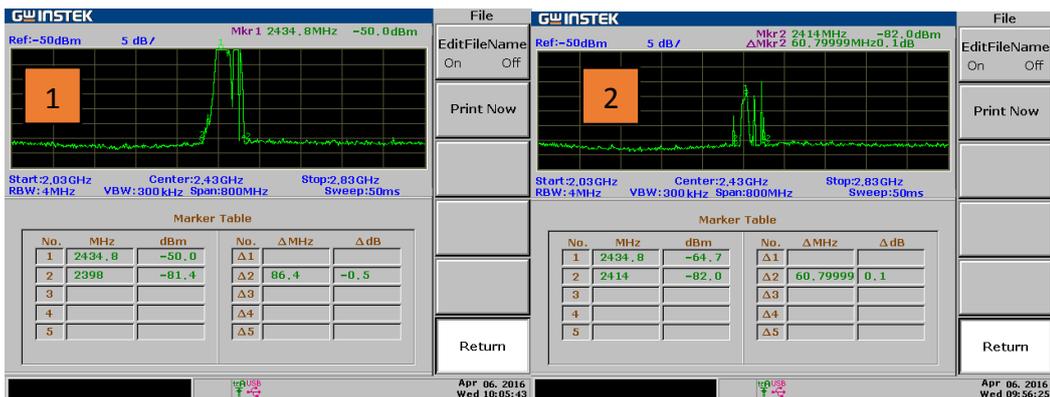
En la tabla 25 se muestra el ancho de banda de cada una de las antenas Microstrip.

Tabla 25. Ancho de banda de las antenas Microstrip

| Antena | Ancho de Banda MHz |
|--------|--------------------|
| 1 | 86,4 |
| 2 | 60,79 |
| 3 | 84 |
| 4 | 60,79 |

Fuente: Autores

En la figura 82 se muestra las capturas de pantalla del analizador de espectro en donde se observa el ancho de banda de cada una de las antenas.



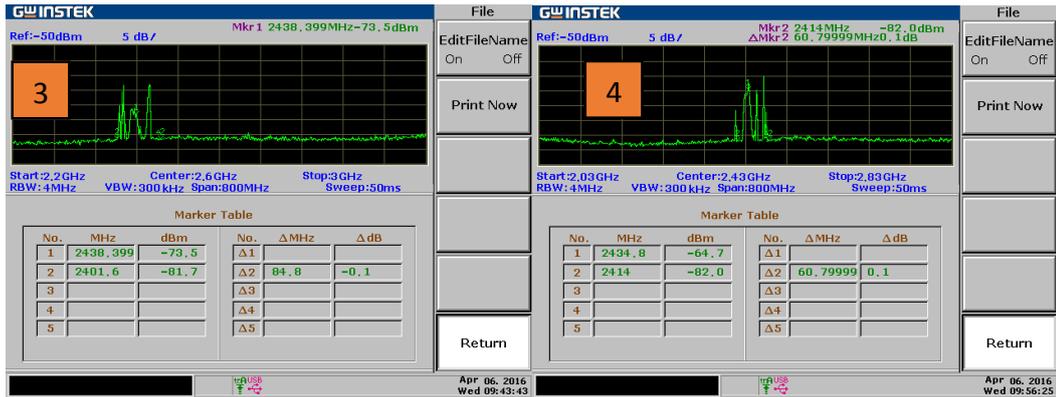


Figura 82. Ancho de banda de las antenas Microstrip

Fuente: Autores

3.4.COMPARATIVA ENTRE LAS ANTENAS SIMULADAS Y FÍSICAS

En la figura 83 se observa el resultado de la simulación en el software HFSS en donde se obtiene los siguientes resultados, la frecuencia 2.45 GHz y la ganancia de -23 dB.

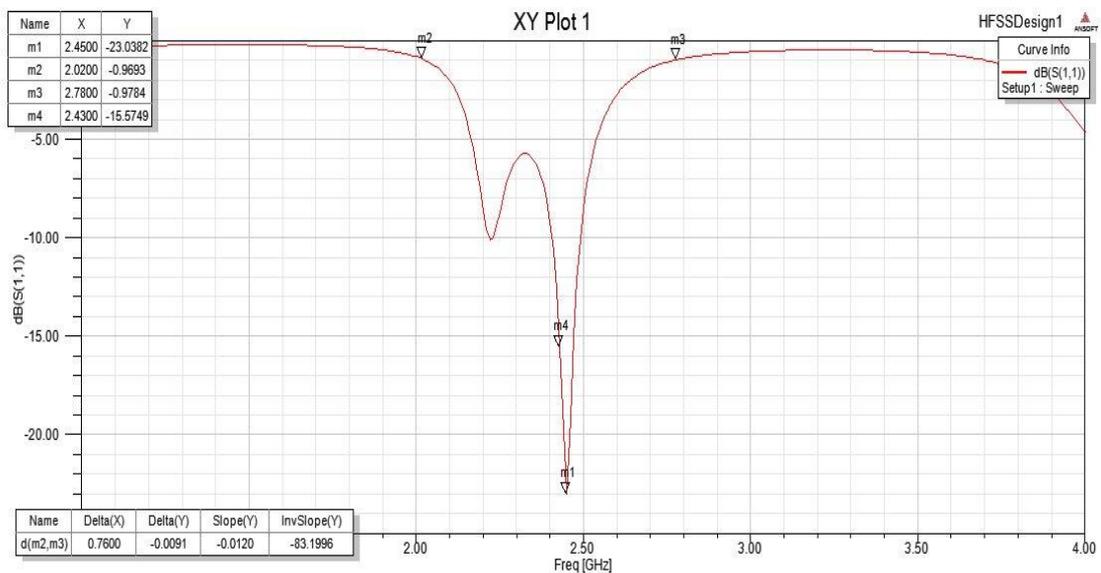


Figura 83. Resultado simulación HFSS

Fuente: Autores

En la figura 84 se observa el resultado de las antenas físicas con ayuda de un analizador de espectro se obtiene los siguientes resultados, la frecuencia 2.434 GHz y la ganancia de -30 dB, obtenidos estos valores se puede calcular el error que existe entre la simulación y su implementación.

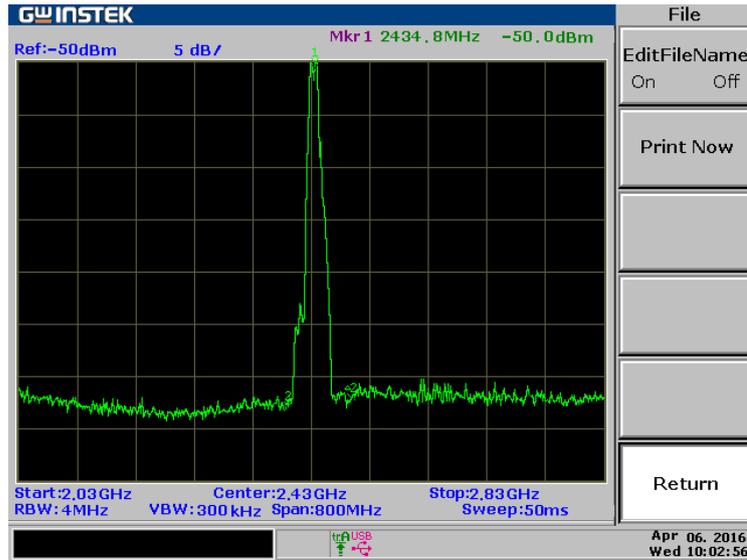


Figura 84. Resultado obtenido del analizador de espectro

Fuente: Autores

Para el cálculo del error se necesita de la ganancia, en la simulación se obtuvo -23 dB y en el analizador de espectro -30 dB, con estos datos y la siguiente fórmula se calcula el porcentaje de error.

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

$$\%error = \frac{|23 - 30|}{|30|} \times 100\%$$

$$\%error = \frac{|7|}{|30|} \times 100\%$$

$$\%error = 23\%$$

Entre el valor simulado y el valor obtenido en el analizador de espectro existe un error porcentual del 23%.

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN

El sistema de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación señal/ruido para la comunicación WIFI a 2,4 GHz, es capaz de conmutar una antena que tenga mejor potencia y así no bajar el rendimiento del usuario al estar conectado a dicha red. El propósito final es que este sistema se implemente en todas las redes inalámbricas que trabajen a la frecuencia de 2.4 GHz y para mejorar la conexión del usuario a este tipo de redes.

Los principales usos de esta tecnología son en la transmisión de paquetes, usuarios que tengan privilegios de conexión, velocidad en la navegación en internet, estudiantes, usuarios que necesitan un gran ancho de banda para su trabajo y en varios entornos que necesiten mejorar el rendimiento de la red inalámbrica WIFI.

Hoy en día con el avance y nuevos servicios en el área de las telecomunicaciones es necesario, crear nuevos métodos que permitan alcanzar parámetros que hacen de la antena un elemento, que definirá en un sistema el rendimiento ya que con el aumento de los usuarios en forma exponencial ocasiona que los proveedores del servicio se vean colapsados sin poder entregar buenas prestaciones a sus clientes, al implementar el sistema de antenas inteligentes es un sistema de bajo costo y eficiente y así poder solventar varios problemas que se presentan en la red como la potencia, tiempo y velocidad al mejorar estos parámetros el rendimiento de la red abra aumento.

Este tema de tesis abre el campo a investigaciones futuras como por ejemplo crear un analizador de espectros, un medidor de potencia de RF en tiempo real, implementar unos algoritmos para el conmutador de antenas, con las microstrip se puede lograr dispositivos que manipulen directamente la señal eléctrica pudiendo separar señales en tiempo real estos son algunos temas de investigación que pueden partir con base en este tema de tesis.

Al utilizar los métodos de implementación realizado en esta tesis se podría realizar mediciones en tiempo real de potencia a la salida de un sistema y así poder crear un sistema completo de transmisión para la medición de parámetros.

Finalmente, en la actualidad es necesario estar conectados en una red inalámbrica ya sea para descargar música, hacer tareas, trabajar en línea, conectarse a redes sociales y varias actividades que hoy en día son necesarios para los seres humanos. Al aumentar el rendimiento de la red resolverá varios problemas que se presentan en la actualidad las redes inalámbricas Wifi.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Al terminar la presente investigación se concluye lo siguiente:

- ✓ El sistema es capaz de mejorar el rendimiento de la comunicación WIFI, al sacar las muestras se comprobó que la hipótesis es verdadera ya que el sistema de antenas inteligentes es más eficiente que una antena convencional.
- ✓ El diseño de las antenas Microstrip da una cobertura de 360 grados y trabaja a la frecuencia de 2,437 GHz, esto se comprueba gracias al analizador de espectro y en su lóbulo de radiación.
- ✓ El conmutador HCM252 es el más factible porque trabaja con valores lógico y de estos valores depende que antena va a ser seleccionada.
- ✓ El diseño del sistema de conmutación es eficiente, adquiere los datos con el sensor de potencia RF, estos datos pasan al controlador Arduino UNO y al conmutador, este sistema es de bajo costo y buena eficiencia.
- ✓ Los resultados obtenidos determinan que el sistema de antenas inteligentes es la mejor opción para la fabricación por su buen rendimiento y su bajo costo.

5.2.RECOMENDACIONES

Luego de haber realizado las conclusiones de la investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

- ✓ Utilizar los conector y adaptadores SMA para evitar que haya perdidas y así obtener un mejor rendimiento de la red.
- ✓ Comprar los cables coaxiales RG58, porque al realizar la fabricación de los mismos se notó que el rendimiento de la red baja por tal motivo se recomienda comprar los cables ya fabricados.
- ✓ Realizar más proyectos de investigación con estos elementos ya que abre un gran campo a la investigación y así poder realizar más temas en lo relacionado a las telecomunicaciones.
- ✓ Seguir apoyando a los temas de investigación en lo relacionado a las telecomunicaciones, porque es un campo muy amplio en donde se puede crear proyectos interesantes e innovadores aplicando la electrónica y telecomunicaciones.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1.TÍTULO DE LA PROPUESTA

Diseño e implementación del arreglo de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación s/n para mejorar el rendimiento de la comunicación WIFI en 2.4 GHz

6.2.INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de los sistemas inalámbricos ha existido una revolución por el uso de la información y esto ha llamado la atención a una gran cantidad de usuarios que cada día requieren de mayores y mejores servicios. Hoy en día muchas actividades empresariales e institucionales no son para nada independientes de las redes de comunicación. Por ello se vuelve muy atractiva la idea de compartir información sin que sea necesario buscar una conexión física. Pero la señal recibida por los sistemas inalámbricos es afectada por varios factores tales como las pérdidas en el espacio libre, multitrayectoria y las obstrucciones existentes entre el transmisor y receptor. Al implementar el arreglo de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación señal/ruido se mejoró el rendimiento de la red inalámbrica, para mejorar el rendimiento de la cualquier red inalámbrica esta opción es la mejor alternativa por su bajo costo de implementación y varios factores como la velocidad, el tiempo y la potencia de transmisión que hacen que una red mejore su rendimiento.

6.3.OBJETIVOS

6.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Diseñar e implementar arreglos de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación S/N para mejorar el rendimiento de la comunicación WIFI en 2.4 GHz

6.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Diseñar el arreglo de antenas inteligentes que permita una cobertura de 360 grados.

- ✓ Analizar el conmutador más factible que permita el control del arreglo de antenas inteligentes.
- ✓ Simulación y verificación de los resultados obtenidos para determinar la mejor opción de fabricación.
- ✓ Diseño del sistema de conmutación que permita establecer el mejor el nivel de cobertura con el receptor.

6.4.FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA

El sistema de arreglo de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación señal/ruido está formado de varios elementos como el conmutador de antenas HMC252, las antenas Microstrip, un Access Point, el medidor de potencia de RF y el módulo Arduino Uno.

Las antenas Microstrip trabajan a la frecuencia de 2,437 GHz, estas son conmutadas dependiendo de su potencia con ayuda del medidor de potencia de RF, los datos adquiridos son enviados al módulo Arduino Uno que con una de sus entradas analógicas recibe estos datos y los procesa, en la salida del controlador envía datos lógicos, estos deciden que antena será conmutada y emitirá su radiación en la Red creada por el Access Point.

6.5.DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El proyecto parte del uso del sensor de potencia de RF que se encarga de medir la potencia de la Red Inalámbrica WIFI, este dispositivo elige a cuál de las cuatro antenas conectarse, en si todo el sistema se denomina un sistema de antenas inteligentes que son conmutadas automáticamente, y así mejorar el rendimiento de red, cambiando su lóbulo de radiación dependiendo de la potencia.

6.6.DISEÑO ORGANIZACIONAL.

En la figura 85 se presenta la estructura funcional de la unidad administrativa con la que se ejecutó el proyecto

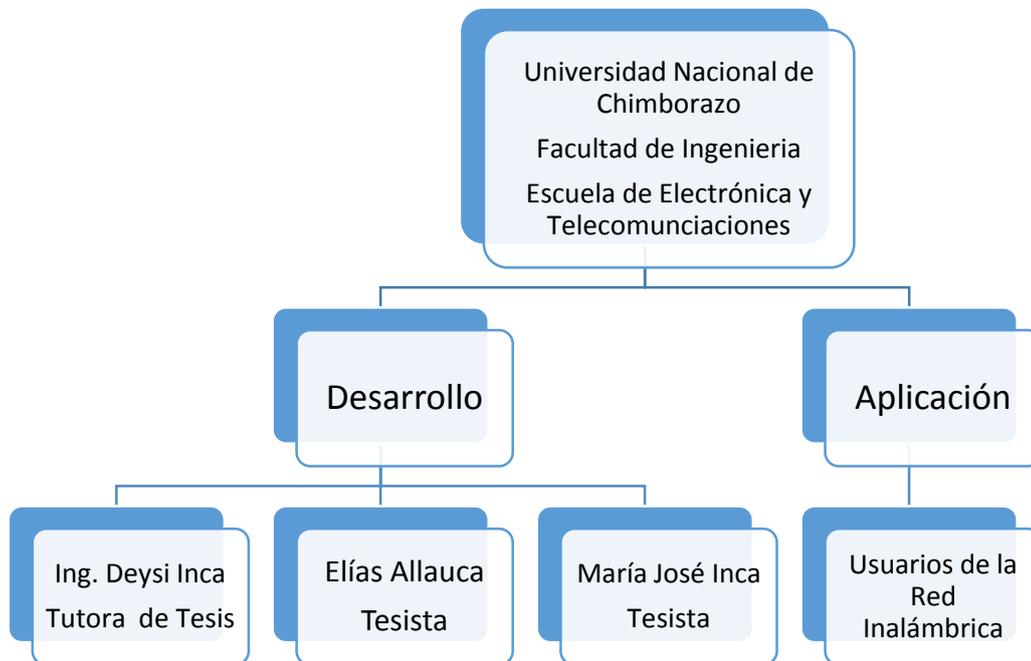


Figura 85. Diseño Organizacional.

Fuente: Autores

6.7.MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

El monitoreo y la evaluación de la propuesta se la realizará a través de pruebas al enviar paquetes de 6.2 MB de un host a otro y notar como varia la velocidad, el tiempo, la potencia y el número de paquetes.

El impacto producido al implementar el sistema de antenas inteligentes en beneficioso ya que aumenta el rendimiento de las redes inalámbricas, se podría implementar en cualquier red inalámbrica que trabaje a 2,4 GHz, además se podría dar prioridad algún usuario que necesite mayor velocidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ANGEL, A. (2012). *ANTENAS INTELIGENTES*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/alcajo2011/presentacion-antenas-inteligentes>
- ARDUINO. (2014). *ARDUINO UNO*. Obtenido de <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ralygon/files/2013/05/Caracter%C3%ADsticas-Arduino.pdf>
- ARIAS, F. G. (2012). *EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN*. CARACAS-VENEZUELA: EPISTEME.
- Aznar, A. C. (2012). *ANTENAS SMART*. ESTADOS UNIDOS: Alfaomega.
- conectores, F. (2015). *CONECTOR SMA*. Obtenido de <http://www.farnell.com/datasheets/196168.pdf>
- CONEXCON. (2015). *Conectores Cenval*. Obtenido de <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>
- Eveliux. (2015). *ARTÍCULOS SOBRE REDES, TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN*. Obtenido de <http://www.eveliux.com/mx/Relacion-senal-a-ruido-SNR.html>
- FARNELL. (2014). *SUSTRATO FR4*. Obtenido de <http://www.farnell.com/datasheets/1644697.pdf>
- HIGH-TECH. (2014). *WIFI*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>
- MICROCHIP. (2014). *Regulador de voltaje*. Obtenido de <http://es.aliexpress.com/item/1-8000MHZ-RF-Signal-Power-Detector-Meter-module-Environmental-Field-Detection/32600749900.html?spm=2114.43010208.4.43.0Rsqsq>
- MICROWAVE, C. (2014). *MICROWAVE*. Obtenido de HMC252QS24: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc252.pdf>
- MIGUEL FERRANDO, A. V. (2014). *Dep. Comunicacion UPV*. Obtenido de http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf
- MILLIGAN, T. A. (2014). *MODERN ANTENNA DESIGN*. New York: A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. Obtenido de https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/662965/Xueqing_Yu_tfg.pdf?sequence=1
- Pozar, D. M. (2014). *Microwave Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- TP-LINK. (2013). *TL-WA701ND*. Obtenido de <http://www.tp-link.com.mx/products/details/TL-WA701ND.html>

8. APÉNDICES O ANEXOS

Anexo 1: Sistema de antenas inteligentes

Sistema de antenas inteligentes se observa en la figura 86 con todos los elementos necesarios.



Figura 86. Sistema de antenas inteligentes

Fuente: Autores

Arreglo de las antenas y el sistema completo de antenas inteligentes. Ver figura 87.



Figura 87. Arreglo de Antenas inteligentes

Fuente: Autores

Voltaje del sensor de potencia RF. Ver figura 88.



Figura 88. Voltaje sensor RF

Fuente: Autor

Access Point, conmutador y Arduino para el sistema de antenas inteligentes. Ver figura 89.

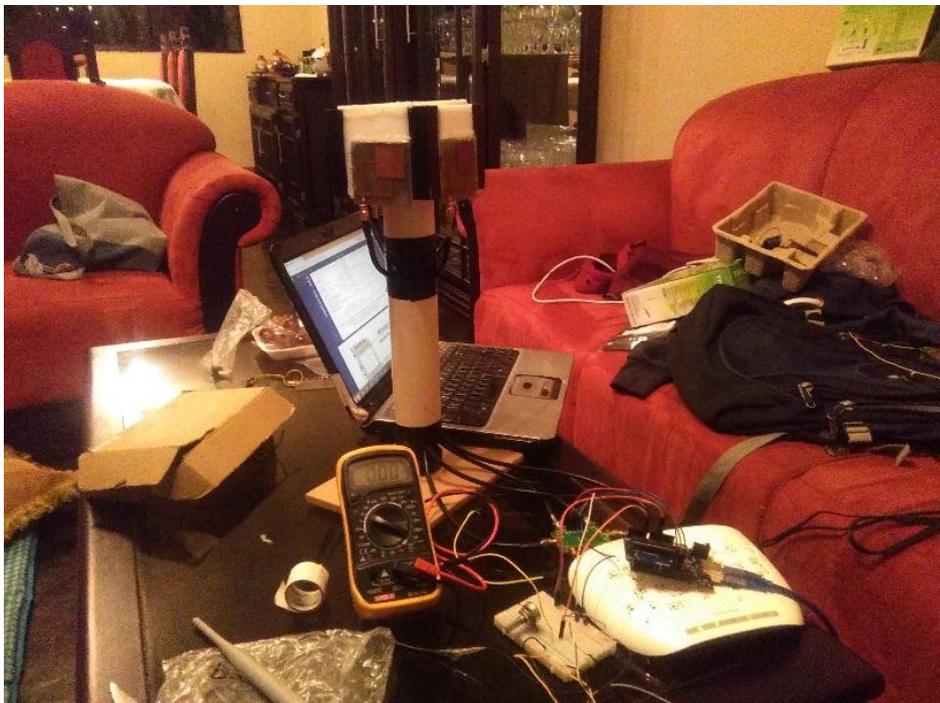


Figura 89. Access Point sistema de antenas

Fuente: Autores

Anexo 2: Prueba para comprobar le funcionamiento de las antenas

En la figura 90 se observa el conmutador de antenas.

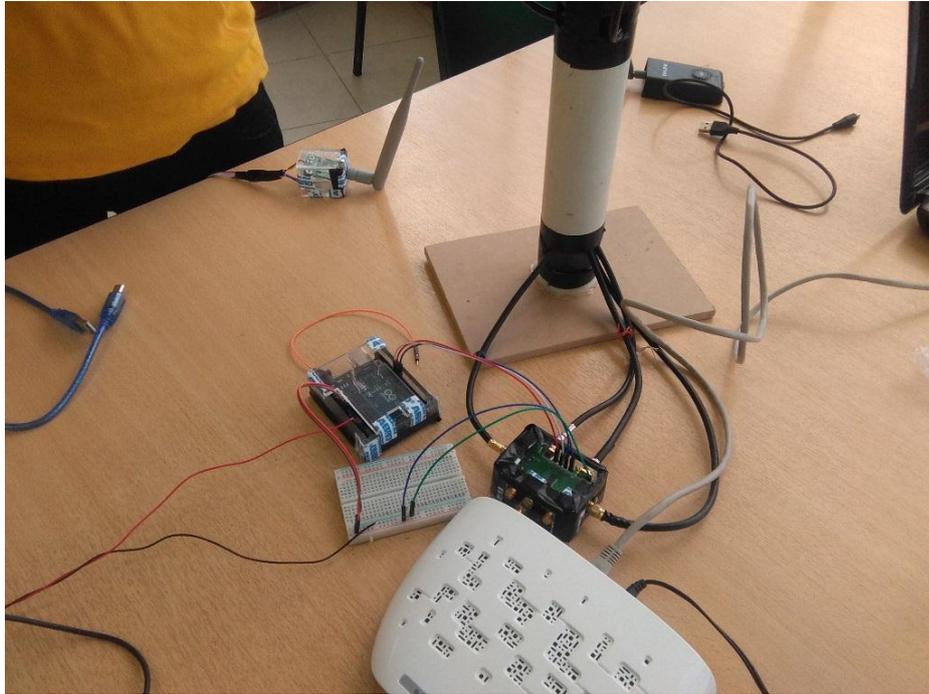


Figura 90. Conmutador en el sistema de antenas

Fuente: Autores

Realizando las conexiones necesarias del sistema. Ver figura 91.

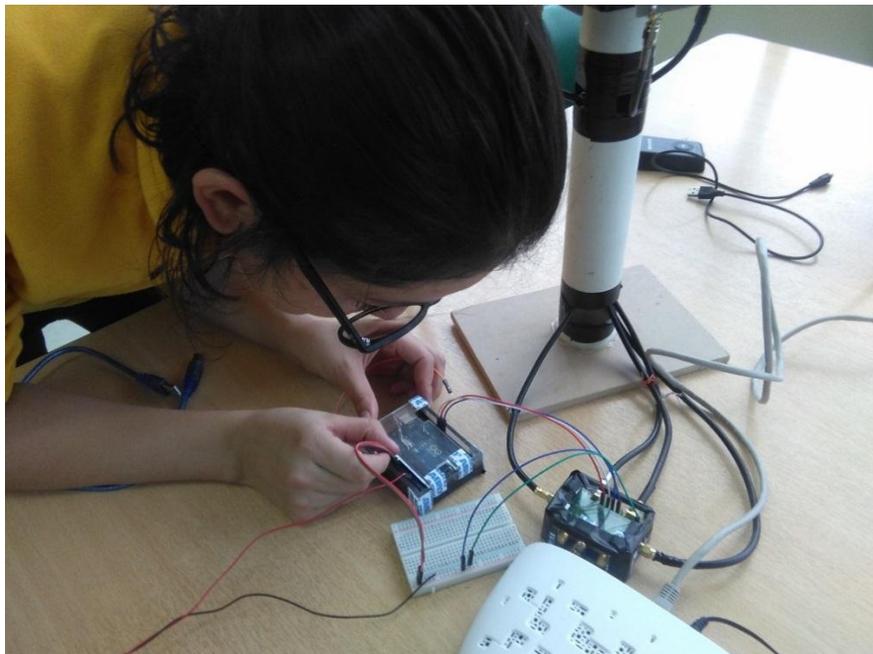


Figura 91. Conexiones del sistema de antenas

Fuente: Autores

Comprobando el voltaje del medidor de potencia de RF. Ver figura 92.



Figura 92. Comprobando Voltaje del sistema

Fuente: Autor

Comprobando el funcionamiento de la antena microstrip con ayuda del Access Point. Ver figura 93.

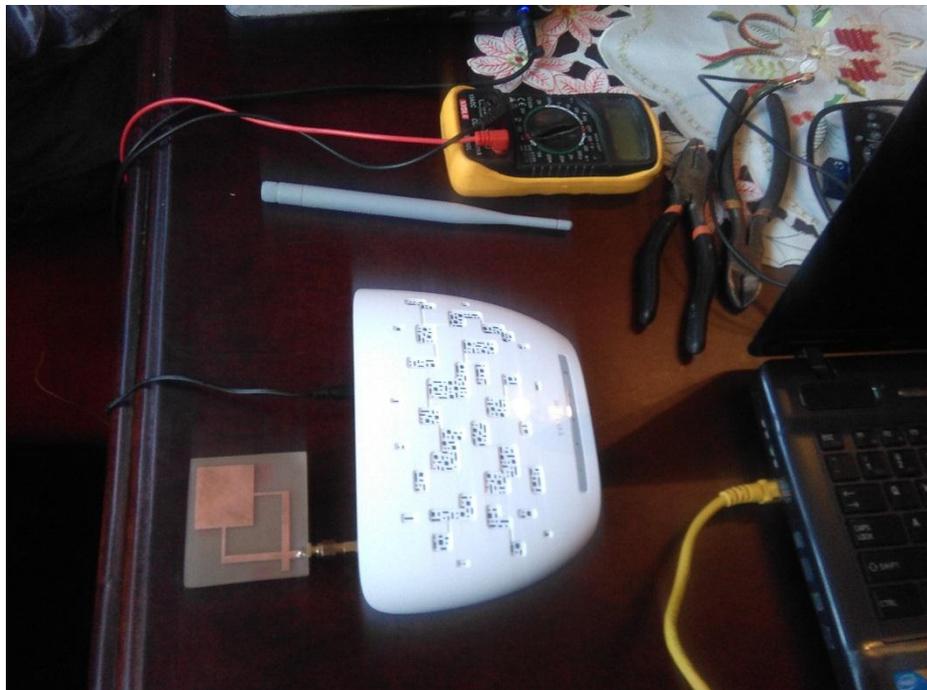


Figura 93. Funcionamiento de la antena Access Point

Fuente: Autores

Anexo 3: Prototipo final

Se muestra el prototipo final del sistema de antenas inteligentes conmutadas mediante la relación S/N para mejorar la comunicación WIFI. Como se observa en la figura 94.

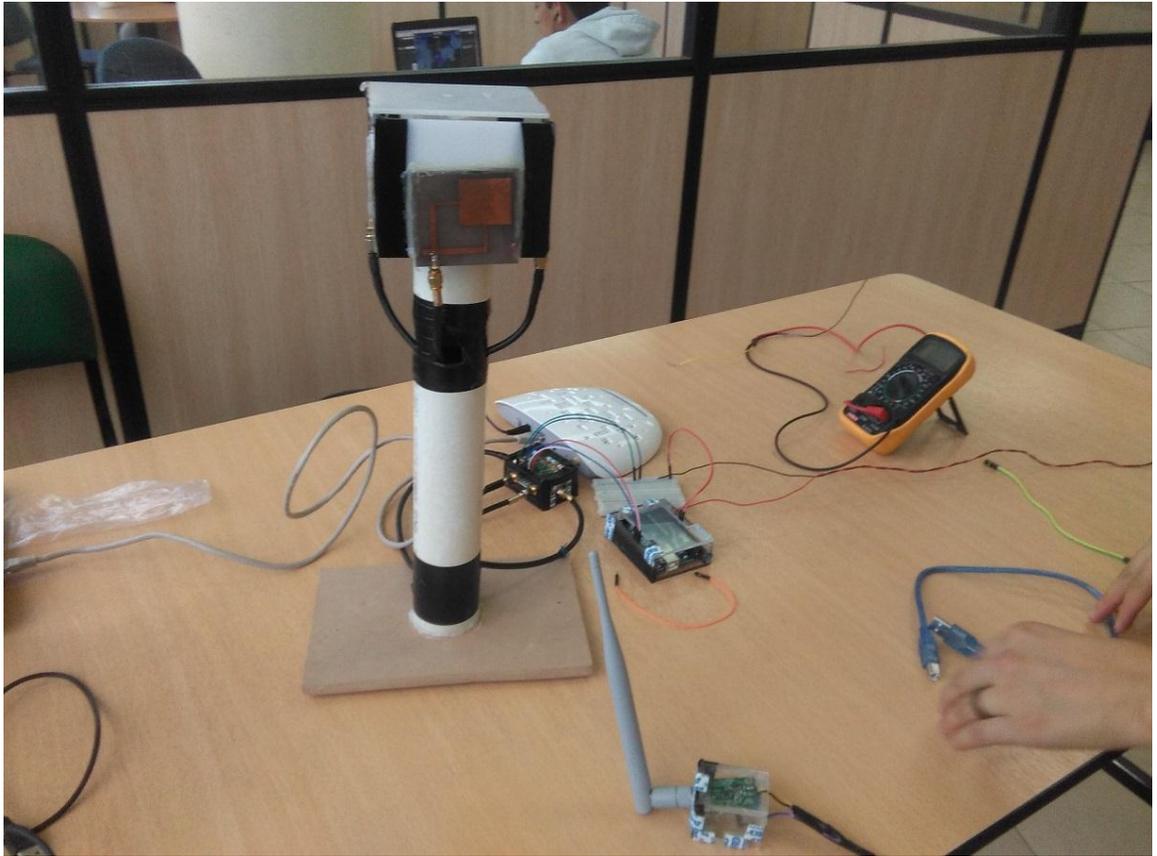


Figura 94. Prototipo final de un sistema de antenas inteligentes

Fuente: Autores

Anexo 4: Elaboración de antenas Microstrip

Imágenes de varios pasos necesarios para la fabricación de las antenas microstrip.
Ver figura 95.



Figura 95. Diseños de antenas microstrip

Fuente: Autores

Anexo 5: Hoja de datos del conmutador HMC252QS24

En la figura 96 y 97 se observa el datasheet del conmutador HMC252

SWITCHES - MULTI-THROW - SMT



HMC252QS24 / 252QS24E
GaAs MMIC SP6T NON-REFLECTIVE SWITCH, DC - 3 GHz

Typical Applications

The HMC252QS24 / HMC252QS24E is ideal for:

- Base Station
- CATV / DBS
- MMDS & WirelessLAN
- Test Equipment

Features

- Low Insertion Loss (2 GHz): 0.9 dB
- Single Positive Supply: $V_{DD} = +5V$ or $+3.3V$
- Integrated 3:6 TTL Decoder
- 24 Lead QSOP Package

Functional Diagram

General Description

The HMC252QS24 & HMC252QS24E are low-cost non-reflective SP6T switches in 24-lead QSOP packages featuring wideband operation from DC to 3.0 GHz. The switch offers a single positive bias and true TTL/CMOS compatibility. A 3:6 decoder is integrated on the switch requiring only 3 control lines and a positive bias to select each path. The HMC252QS24 & HMC252QS24E SP6T replaces multiple configurations of SP4T and SPDT MMIC switches and logic drivers.

Electrical Specifications I,
 $T_A = +25^\circ C$, For TTL Control and $V_{DD} = +5V$ in a 50 Ohm System

| Parameter | Frequency | Min. | Typ. | Max. | Units |
|--|---|---------------|------|-----------|-------|
| Insertion Loss | DC - 1.0 GHz | | 0.8 | 1.2 | dB |
| | DC - 2.0 GHz | | 0.9 | 1.3 | |
| | DC - 2.5 GHz | | 1.0 | 1.5 | |
| | DC - 3.0 GHz | | 1.3 | 1.8 | |
| Isolation | DC - 1.0 GHz | 38 | 41 | | dB |
| | DC - 2.0 GHz | 32 | 35 | | |
| | DC - 2.5 GHz | 29 | 32 | | |
| | DC - 3.0 GHz | 26 | 29 | | |
| Return Loss | "On State" | | | | dB |
| | DC - 2.5 GHz | 14 | 18 | | |
| | DC - 3.0 GHz | 7 | 12 | | |
| Return Loss | RF1-6 "Off State" | | | | dB |
| | 0.3 - 3.0 GHz | 8 | 12 | | |
| | 0.5 - 2.5 GHz | 11 | 15 | | |
| Input Power for 1dB Compression | 0.3 - 3.0 GHz | 21 | 24 | | dBm |
| Input Third Order Intercept (Two-Tone Input Power \approx +7 dBm Each Tone) | 0.3 - 3.0 GHz | 42 | 46 | | dBm |
| Switching Characteristics | | | | | ns |
| | RISE, FALL (10%/90% RF) ION, IOFF (50% CTL to 100% RF) | 0.3 - 3.0 GHz | | 35 120 | |

For price, delivery and to place orders: Hittite Microwave Corporation, 2 Elizabeth Drive, Chelmsford, MA 01824
 Phone: 978-250-3343 Fax: 978-250-3373 Order On-line at www.hittite.com
 Application Support: Phone: 978-250-3343 or apps@hittite.com

Figura 96. Hoja de datos conmutador

Fuente:



HMC252QS24 / 252QS24E

GaAs MMIC SP6T NON-REFLECTIVE SWITCH, DC - 3 GHz

Bias Voltages & Currents

| V_{BIAS} (V) | I_{BIAS} (Typ.) (mA) | I_{BIAS} (Max.) (mA) |
|------------------------------|------------------------|------------------------|
| +3.3 ($V_{BIAS} \pm 5\%$) | 4.8 | 8 |
| +5.0 ($V_{BIAS} \pm 10\%$) | 5 | 8 |

TTL/CMOS Control Voltages

| V_{IN} (V) | State | Bias Condition |
|--------------|-------|------------------------------------|
| +3.3 | Low | 0 to +0.8 Vdc @ 5 μ A Typ. |
| | High | +2.0 to +3.3 Vdc @ 70 μ A Typ. |
| +5.0 | Low | 0 to +0.8 Vdc @ 5 μ A Typ. |
| | High | +2.0 to +5 Vdc @ 70 μ A Typ. |

Truth Table

| Control Input | | | Signal Path State |
|---------------|------|------|-------------------|
| A | B | C | RFCOM to: |
| LOW | LOW | LOW | RF1 |
| HIGH | LOW | LOW | RF2 |
| LOW | HIGH | LOW | RF3 |
| HIGH | HIGH | LOW | RF4 |
| LOW | LOW | HIGH | RF5 |
| HIGH | LOW | HIGH | RF6 |
| LOW | HIGH | HIGH | ALL OFF |
| HIGH | HIGH | HIGH | ALL OFF |

NOTE:

- DC Blocking capacitors are required at ports RFC and RF1, 2, 3, 4, 5, 6.
- Input is reflective when "ALL OFF" state is selected.

Figura 97. Datasheet conmutador

Fuente:

Anexo 6: Datasheet medidor de potencia RF

En la figura 98 se observa los datos técnicos del medidor de potencia RF

NEW 1 - 8000MHz RF power meter 8GHZ Detectors power detection

Product use:

The radio frequency detector working frequency range 1-8000 MHz (not wrong), can detect - 65-5 dBm signal, in the form of a dc voltage output is detected signal strength (unit dBm, logarithmic way detector convert the rf signal into a dc voltage output. Radio frequency or amplitude of the signal power corresponding to the output voltage. Can do the signal strength indicator RSSI, spectrometer, gain control and so on.

Technical indicators

- 1, the working frequency: 1MHz - 8000 MHz
- 2, the dynamic range: - 65 DBM DBM to + 5
- 3, testing the slope: 25 mV/dB (typical)
- 4, detection range of output voltage: 0.6-2.1 V
- 5, power supply voltage: 7 -- 15 VDC
- 6, the input impedance: 50 euro
- 7, rf interface: standard SMA female head

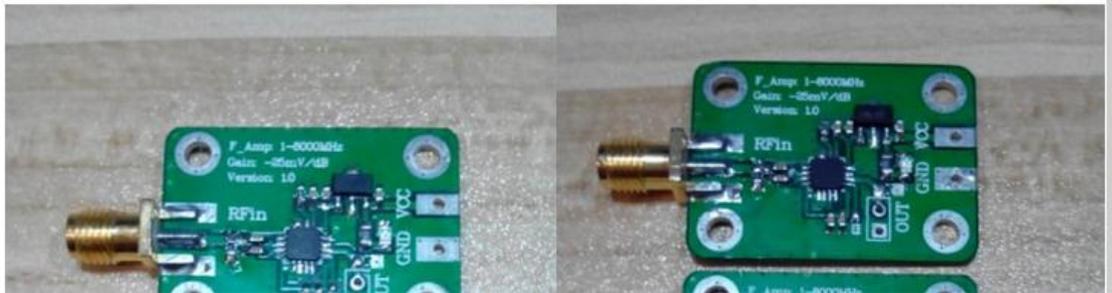


Figura 98. Datasheet medidor de potencia RF

Fuente: Autores

Anexo 7: Arduino Uno diagrama

En la Figura 99 muestra el diagrama de pines del arduino Uno

AIAA OC Rocketry (Revision 3 April 27, 2014 - <http://aiaacrocketry.org>)

APPENDIX A

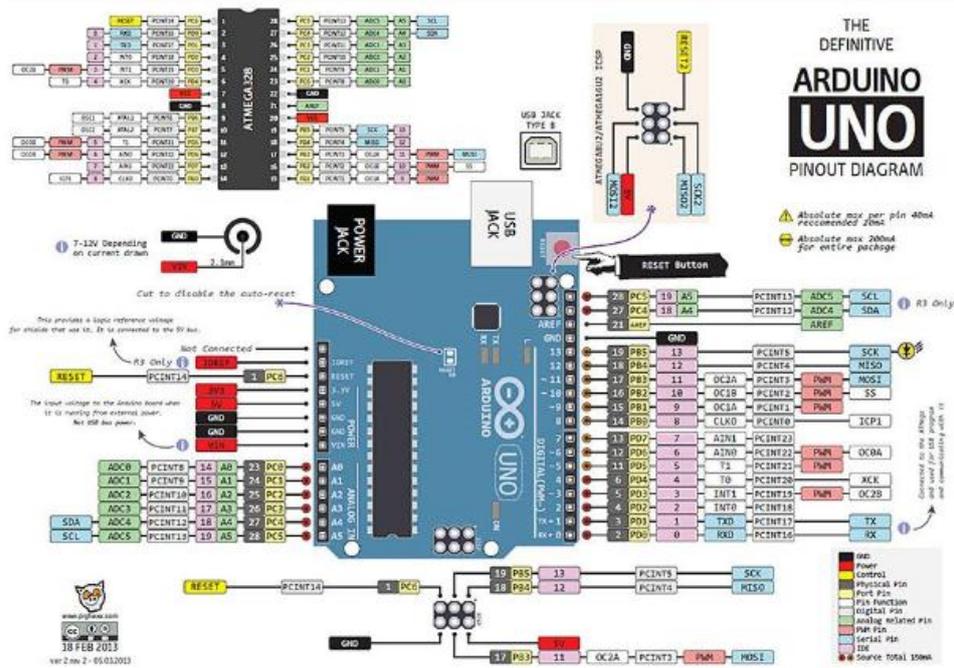


Diagram from: <http://arduino-info.wikispaces.com/file/view/ArduinoUNO-900.jpg/421496636/ArduinoUNO-900.jpg>

Figura 99. Diagrama Arduino Uno

Fuente: Autores