



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE  
OUTERNET POR MEDIO DE MICRO SATÉLITE PARA LA  
RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN EN EL LABORATORIO DE  
MICROONDAS Y COMUNICACIONES DE LA FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA”**

**Trabajo de titulación**

**Tipo: PROYECTO TÉCNICO**

Presentado para obtener el grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**AUTOR: GARY ALEXANDER CABEZA TAPIA**

**TUTORA: ING. MÓNICA ZABALA HARO Msc**

Riobamba-Ecuador

2018

**©2018, Gary Alexander Cabeza Tapia**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE OUTERNET POR MEDIO DE MICRO SATÉLITE PARA LA RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN EN EL LABORATORIO DE MICROONDAS Y COMUNICACIONES DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA”, de responsabilidad del señor Gary Alexander Cabeza Tapia, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Ing. Julio Santillán

**VICEDECANO FACULTAD DE** \_\_\_\_\_  
**INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. Patricio Romero

**DIRECTOR DE ESCUELA**  
**DE INGENIERÍA EN**  
**ELECTRÓNICA,** \_\_\_\_\_  
**TELECOMUNICACIONES Y REDES**

Ing. Mónica Zabala Haro MSc.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE** \_\_\_\_\_  
**TITULACIÓN**

Ing. David Moreno Ph.D.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL** \_\_\_\_\_

Yo, Gary Alexander Cabeza Tapia soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Los contenidos en el documento se encuentran citados y referenciados

Gary Alexander Cabeza Tapia

## **DEDICATORIA**

Desde el momento en que vine al mundo, siempre estuvieron buscando lo mejor para mí, trabajando duro cada día sin parar, porque el cansancio no era nada en comparación a la satisfacción de ver a sus hijos felices, es por ello que dedico este último esfuerzo de mi vida universitaria a mis padres Gary y Martha.

A mis hermanas Johanna, Martita y Niurka quienes son mi orgullo y mi inspiración para seguir adelante.

A mis abuelitas quienes me regalaron padres espectaculares, desde el cielo sé que me bendices abuelita Esmeraldas y en la tierra querida Livia sé que estoy en tus oraciones.

A mi tía Rocío quien me ha brindado su apoyo incondicional en toda mi educación profesional y ha estado siempre presente en los momentos más difíciles de mi familia, enseñándome el verdadero significado de un hermano.

A mis maestros a lo largo de toda mi educación, cada uno impartíendome sus conocimientos y ayudándome a ser cada día mejor.

Gary.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado en cada momento a lo largo de mi vida, permitiéndome encontrar el alivio necesario para levantarme y no decaer antes las adversidades.

La raíz de todo éxito reposa en la tierra que germina sueños y que día a día observa cómo van creciendo, sin darse cuenta que es la razón principal para que así sea. Por ello agradezco a mi madre, por ser ese soporte en los momentos más difíciles y lograr que todo sea más llevadero con solo pronunciar un ¡Vamos tu puedes! No tengo sino solo palabras de agradecimiento hacia usted, que en vano las diría ya que no hacen justicia a la magnitud de este sentimiento. A mi padre por ser mi modelo a seguir y por dedicarse a inculcar buenos valores en mí y en mis hermanas a quienes también agradezco su amor y apoyo incondicional.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas y permitirme desarrollarme como profesional y de manera especial a mi tutora Ing. Mónica Zabala por su infinita paciencia y profesionalismo en todo este tiempo en el cual, gracias a su dedicación, esfuerzo y motivación, criterio y compromiso podemos ver cristalizado el trabajo presente. Usted ha hecho más fácil lo difícil y contar con su guía y ayuda, ha sido un verdadero privilegio.

¿Que sería una vida sin amigos? La familia que se escoge, son sin duda alguna un pilar fundamental en nuestras vidas es por ello que les agradezco por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

Gary

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	xv
<b>SUMARY</b> .....	xvi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	2
<b>OBJETIVOS GENERALES</b> .....	6
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	6
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	7
<b>1.1. Internet</b> .....	7
<b>1.1.1. Tipos de tecnologías de conexión a internet</b> .....	7
1.1.1.1. <i>RTC</i> .....	7
1.1.1.2. <i>RDSI</i> .....	7
1.1.1.3. <i>Línea de abonado digital</i> .....	8
1.1.1.4. <i>Fibra óptica (GPON)</i> .....	9
1.1.1.5. <i>Satelital</i> .....	9
<b>1.2. Comunicación por satélite</b> .....	11
<b>1.2.1. Características de los satélites</b> .....	11
<b>1.2.2. Red satelital</b> .....	12
<b>1.2.3. Tipos de órbitas</b> .....	12
1.2.3.1. <i>Órbita Geoestacionaria (GEO)</i> .....	13
1.2.3.2. <i>Orbita terrestre media(MEO)</i> .....	13
1.2.3.3. <i>Orbita terrestre Baja (LEO)</i> .....	15
<b>1.3. CubeSat-Micro satélites</b> .....	16
1.3.1. <i>Introducción</i> .....	16
1.3.2. <i>Definición de CubeSat</i> .....	17
1.3.3.1. <i>Sistema de suministro de energía</i> .....	17
1.3.3.2. <i>Sistema de comunicaciones y manejo de datos</i> .....	18
1.3.4. <i>Especificaciones generales del estándar CubeSat</i> .....	19
1.3.5. <i>Servicios</i> .....	20
<b>1.4. Outernet</b> .....	20
1.4.1. <i>Demanda de conectividad</i> .....	21
1.4.2. <i>Funcionamiento</i> .....	21
1.4.3. <i>SDR22</i>	

<b>1.5.</b>	<b>Antenas</b> .....	25
<b>1.5.1.</b>	<b>Definición</b> .....	25
<b>1.5.2.</b>	<b>Características de las antenas</b> .....	26
1.5.2.1.	Patrones de Radiación.....	26
1.5.2.2.	Ganancia.....	26
1.5.2.3.	Directividad.....	26
1.5.2.4.	Polarización.....	26
1.5.2.5.	Ancho de banda.....	27
<b>1.5.3.</b>	<b>Tipos básicos de antenas</b> .....	27
<b>1.6.</b>	<b>Servidor Local</b> .....	28
<b>1.6.1.</b>	<b>Introducción</b> .....	28
<b>1.6.2.</b>	<b>Definición</b> .....	28
<b>1.6.3.</b>	<b>Servicios</b> .....	29
<b>1.6.4.</b>	<b>WAMP-SERVER</b> .....	29
1.6.4.1.	Definición.....	29
1.6.4.2.	Servidor Apache.....	30
1.6.4.3.	PHP .....	30
1.6.4.4.	MySQL.....	32

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	33
<b>2.1.</b>	<b>Escenario Ideal</b> .....	33
2.1.1.	<i>Presupuesto de enlace satélites NOAA</i> .....	34
2.1.2.	<i>Segmento espacial</i> .....	36
2.1.2.1.	Sistema satelital NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) .....	36
2.1.2.2.	Satélites que portan algún equipo de radioaficionados OSCAR.....	37
2.1.3.	<i>Segmento terrestre</i> .....	37
2.1.4.	<i>Segmento usuario</i> .....	38
<b>2.2.</b>	<b>Arquitectura</b> .....	38
2.2.1.	<i>Diagrama general</i> .....	38
<b>2.3.</b>	<b>Fase 1: Tracking Satelital</b> .....	39
2.3.1.	<i>Diseño y Construcción de las antenas</i> .....	40
2.3.1.1.	<i>Antena Yagi a frecuencia 437 MHz</i> .....	40
2.3.1.2.	<i>Diseño antenas para recepción de satélites de órbita polar NOAA</i> .....	43
2.3.2.	<b>RTL-SDR (RTL2832U R820T2)</b> .....	52
2.3.3.	<b>Software</b> .....	52
2.3.3.1.	<i>SDRSharp</i> .....	52

2.3.3.2.	<i>WxtoImg</i> .....	55
2.3.3.3.	<i>FOX 1 Telemetry Analysis Tool</i> .....	56
<b>2.4.</b>	<b>Fase 2: Servidor</b> .....	<b>58</b>
2.4.1.	<i>Sistema de Gestión de base de Datos MySql</i> .....	58
2.4.2.	<i>Software para servidor Web Apache</i> .....	58
2.4.3.	<i>Software de programación script Web PHP</i> .....	59
<b>2.5.</b>	<b>Fase 3: Distribución de datos (Local Area Network)</b> .....	<b>60</b>

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>62</b>
3.1.	<b>Escenario 1.- Antena Double Cross: Ausencia de lluvias</b> .....	<b>62</b>
3.2.	<b>Escenario 2: Antena Doble Cross: Fuertes Lluvias</b> .....	<b>64</b>
3.3.	<b>Escenario 3.- Antena Turnstile: Ausencia de lluvias</b> .....	<b>66</b>
3.4.	<b>Escenario 4.- Antena Turnstile: Fuertes Lluvias</b> .....	<b>68</b>
3.5.	<b>Escenario 5.- Escenario fuera de la ciudad</b> .....	<b>71</b>
3.6.	<b>Escenario 6.- Antena yagi recepción de satélites OSCAR-AMSAT</b> .....	<b>74</b>
3.6.1.	<i>Análisis de telemetría satélite AO-85</i> .....	75
3.6.2.	<i>Análisis de telemetría satélite AO-92</i> .....	79
3.6.3.	<i>Tabla Resumen para satélites NOAA Y AMSAT</i> .....	82
3.7.	<b>Pruebas de conectividad al servidor</b> .....	<b>83</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>84</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>86</b>

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Conexión internet satelital unidireccional.....	10
<b>Figura 2-1:</b>	Conexión internet satelital bidireccional.....	10
<b>Figura 3-1:</b>	Altitudes de las orbitas satelitales .....	13
<b>Figura 4-1:</b>	Navstar constelación de satélites gps para navegación espacial .....	14
<b>Figura 5-1:</b>	Arquitectura basica cubesat.....	17
<b>Figura 6-1:</b>	Mecanismo de despliegue cubesat .....	19
<b>Figura 7-1:</b>	Funcionamiento outernet .....	22
<b>Figura 8-1:</b>	Modulo rtl-sdr .....	24
<b>Figura 9-1:</b>	Diagrama de bloques sdr.....	25
<b>Figura 10-1:</b>	Servidor Local.....	28
<b>Figura 11-1:</b>	Estructura interna php.....	31
<b>Figura 12-1:</b>	Motores de almacenamientos MySql .....	32
<b>Figura 1-2:</b>	Escenario ideal .....	33
<b>Figura 2-2</b>	Calculo de presupuesto de enlace.....	32
<b>Figura 3-2</b>	Calculo de la intensidad desde el satélite al receptor.....	33
<b>Figura 4-2:</b>	Sistema de recepción de información satelital .....	39
<b>Figura 5-2:</b>	Primera fase de la implementación .....	39
<b>Figura 6-2:</b>	Simulacion antena.....	41
<b>Figura 7-2:</b>	Diagrama de radiación antena yagi.....	42
<b>Figura 8-2:</b>	Diagrama de radiación antena yagi 3d para el sistema de información satelital	42
<b>Figura 9-2:</b>	Antena yagi finalizada .....	43
<b>Figura 10-2:</b>	Diagrama de radiación para el sistema satelital noaa, antena turnstile .....	44
<b>Figura 11-2:</b>	Diagrama de radiación 3d para el sistema satelital noaa antena turnstile .....	45
<b>Figura 12-2:</b>	Antena turnstile finalizada .....	45
<b>Figura 13-2:</b>	Longitud de dipolos y colocacion de los mismos .....	46
<b>Figura 14-2:</b>	Alimentación de dipolos .....	46
<b>Figura 15-2:</b>	Alimentación de dipolos .....	48
<b>Figura 16-2:</b>	Planos para observar la polarización circular de la antena .....	48
<b>Figura 17-2:</b>	Conexiones internas de la antena double cross.....	50
<b>Figura 18-2:</b>	Diagrama de distribución de los dipolos antena double cross.....	50
<b>Figura 19-2:</b>	Diagrama real de radiación 3d antena double cross .....	50
<b>Figura 20-2:</b>	Patrón de radiación eje z .....	51
<b>Figura 21-2:</b>	Antena double cross aspecto final.....	51
<b>Figura 22-2:</b>	Instalación drivers zadig .....	52

<b>Figura 23-2:</b>	Pestaña source.....	53
<b>Figura 24-2:</b>	Espectro de la señal obtenida por el satélite noaa 19.....	53
<b>Figura 25-2:</b>	Pestaña source software sdrshrp.....	54
<b>Figura 26-2:</b>	Pestaña audio software sdrsharp.....	54
<b>Figura 27-2:</b>	Pestaña source.....	55
<b>Figura 28-2:</b>	Pestaña start fox1 telemetry analysis tool.....	56
<b>Figura 29-2:</b>	Seguimiento de satélites programa orbitron.....	57
<b>Figura 30-2:</b>	Wamp-server.....	58
<b>Figura 31-2:</b>	Pantalla principal servidor.....	59
<b>Figura 32-2:</b>	Gestor de páginas web dreamweaver.....	59
<b>Figura 33-2:</b>	Servidor local pantalla principal.....	60
<b>Figura 34-2:</b>	Laboratorio de microondas fie.....	60
<b>Figura 35-2:</b>	Diseño red lan para laboratorio de microondas fie.....	61
<b>Figura 36-2:</b>	Diseño red lan para laboratorio de microondas fie.....	61
<b>Figura 1-3:</b>	Imagen normal de noaa 15 del 28 de mayo-2018.....	62
<b>Figura 2-3:</b>	Imagen con msa de noaa 15 del 28 de mayo-2018.....	63
<b>Figura 3-3:</b>	Imagen con filtros noaa 15 del 28 de mayo-2018.....	63
<b>Figura 4-3:</b>	Análisis de espectro noaa 15.....	64
<b>Figura 5-3:</b>	Imagen normal de noaa 18 presencia de fuertes lluvias.....	65
<b>Figura 6-3:</b>	Imagen con msa de noaa 18 presencia de fuertes lluvias.....	65
<b>Figura 7-3:</b>	Análisis de espectro noaa 18 presencia de fuertes lluvias.....	66
<b>Figura 8-3:</b>	Imagen normal antena turnstile ausencia de lluvias.....	66
<b>Figura 9-3:</b>	Análisis del espectro noaa 15 ausencia de lluvia.....	67
<b>Figura 10-3:</b>	Imagen msa antena turnstile ausencia de lluvias.....	67
<b>Figura 11-3:</b>	Imágenes con filtros antena turnstile ausencia de lluvias.....	68
<b>Figura 12-3:</b>	Imágenes con filtros antena turnstile.....	68
<b>Figura 13-3:</b>	Imágenes msa antena turnstile escenario con lluvia.....	69
<b>Figura 14-3:</b>	Imágenes con filtros antena turnstile escenario con lluvia.....	69
<b>Figura 15-3:</b>	Análisis de espectro noaa 19 escenario con lluvia.....	70
<b>Figura 16-3:</b>	Radio bases y antenas de telefonía celular cerca de la estación terrena.....	70
<b>Figura 17-3:</b>	Antena double cross fuera de la ciudad (chimborazo).....	71
<b>Figura 18-3:</b>	Imagen normal antena double cross fuera de la ciudad (chimborazo).....	72
<b>Figura 19-3:</b>	Imagen con filtros msa antena double cross fuera de la ciudad (chimborazo) ..	73
<b>Figura 20-3:</b>	Imágenes con filtros de temperatura e ir fuera de ciudad (chimborazo).....	73
<b>Figura 21-3:</b>	Análisis de espectro escenario 5.....	74
<b>Figura 22-3:</b>	Telemetría satélite ao-85.....	75
<b>Figura 23-3:</b>	Mapa de temperatura de la radio satélite ao-85. Semana 07-14 junio.....	75

<b>Figura 24-3:</b>	Temperatura de la radio satélite ao-85. Semana 07-14 junio.....	76
<b>Figura 25-3:</b>	Temperatura de la radio satélite ao-85. Últimos 6 meses .....	76
<b>Figura 26-3:</b>	Mapa de temperatura del computador satélite ao-85. Semana 07-14 junio .....	77
<b>Figura 27-3:</b>	Temperatura del computador satélite ao-85. Semana 07-14 junio.....	78
<b>Figura 28-3:</b>	Temperatura del computador satélite ao-85. Últimos 6 meses. ....	78
<b>Figura 29-3:</b>	Mapa de temperatura de la radio satélite ao-92. Semana 07-14 junio .....	79
<b>Figura 30-3:</b>	Temperatura de la radio satélite ao-92. Semana 07-14 junio.....	80
<b>Figura 31-3:</b>	Temperatura de la radio satélite ao-92. Últimos 6 meses .....	80
<b>Figura 32-3:</b>	Mapa de temperatura del computador satélite ao-92. Semana 07-14 junio .....	81
<b>Figura 33-3:</b>	Temperatura del computador satélite ao-92. Últimos 6 meses .....	81
<b>Figura 34-3:</b>	Ping para prueba de conectividad al servidor .....	83
<b>Figura 35-3:</b>	Acceso al servidor por medio de la red LAN.....	83

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Ventajas y desventajas de los satélites en órbita meo.....	14
<b>Tabla 2-1:</b>	Ventajas y desventajas de los satélites en órbita leo .....	15
<b>Tabla 1-2:</b>	Tipos de antenas a ser diseñadas .....	34
<b>Tabla 2-2:</b>	Relación número de directores y ganancia para antena yagi .....	40
<b>Tabla 3-2:</b>	Cálculos de los parámetros para el diseño de la antena yagi .....	41
<b>Tabla 4-2:</b>	Parámetros de antenas.....	43
<b>Tabla 1-3:</b>	Tabla resumen recepción imágenes noaa .....	82
<b>Tabla 2-3:</b>	Tabla resumen recepción telemetría satélites oscar-amsat .....	82

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>1. CPAL</b>	Comisión Económica para América Latina
<b>2. OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
<b>3. TIC's</b>	Tecnologías de la Información y la Computación
<b>4. PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>5. INEC</b>	Instituto Nacional de Estadística y Censo
<b>6. ECV</b>	Encuestas de Condiciones de Vida
<b>7. ENEMDU</b>	Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo
<b>8. LEO</b>	Low Earth Orbit
<b>9. DVB</b>	Digital Video Broadcasting
<b>10. UDP</b>	User Datagram Protocol
<b>11. FTTH</b>	Fiber To The Home
<b>12. DSL</b>	Digital Subscriber Line
<b>13. ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line
<b>14. HDSL</b>	High bit rate Digital Subscriber Line
<b>15. VDSL</b>	Very high bit rate Digital Subscriber
<b>16. DMT</b>	Modulación por Multitono Discreto
<b>17. GPON</b>	Gigabit-capable Passive Optical Network
<b>18. AES</b>	Advanced Encryption Standard
<b>19. ONT</b>	Terminal de Red Óptica
<b>20. GEO</b>	Órbita Geoestacionaria
<b>21. GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>22. AKM</b>	Motor de apogeo
<b>23. EPS</b>	Electrical Power System
<b>24. P-POD</b>	Poly Pico-satellite Orbital Deployer
<b>25. DVB</b>	Digital Video Broadcasting
<b>26. DRM</b>	Digital Radio Mondiale
<b>27. ISS</b>	Internet Information Server
<b>28. PHP</b>	Personal Home Page Tools
<b>29. SDR</b>	Software Definition Radio
<b>30. ADSB</b>	Automatic Dependent Surveillance Broadcast
<b>31. MS/s</b>	Mega Muestras por Segundo
<b>32. OSCAR</b>	Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio
<b>33. AMSAT</b>	Radio Amateur Satellite Corporation

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el análisis e implementación del servicio de outernet mediante micro satélite para la recepción de información en el laboratorio de microondas y comunicaciones de la Facultad de Informática y Electrónica. El proyecto constó de tres fases, en la primera fase se diseñaron tres tipos de antenas: Double Cross, Turnstile y yagi, las dos primeras destinadas a la recepción de imágenes satelitales y la tercera para la obtención de la telemetría de los CubeSat de la familia OSCAR-AMSAT, además se consideraron seis escenarios basados en condiciones climáticas, tipo de antena y lugar de recepción siendo este dentro y fuera de la ciudad, la información que se logró captar fue luego decodificada usando un dongle USB llamado RTL-SDR este dispositivo en conjunto con software libre como WxtoImg, SDRsharp, Orbitron y FOX Telemetry Anlisy Tool ayudaron a la decodificación de la información completando así la segunda fase, por ultimo esta información se almacenó en un servidor local basado en WAMP-SERVER el cual integra servicios como servidor apache, Mysql y lenguaje basado en PHP para ser distribuido por medio de una red LAN llegando así a la tercera y última fase de implementación. Se obtuvieron imágenes con diferente nivel de SNR de acuerdo a cada escenario, resultando la antena Double Cross más adecuada que la antena Turnstile para la recepción de imágenes satelitales siendo el mejor escenario un ambiente amplio alejado de la contaminación por otros sistemas de comunicación que existe en las ciudades grandes y en cuanto a los satélites OSCAR-AMSAT la antena yagi que se diseñó e implemento funcionó correctamente, se recomienda para trabajos futuros implementar el servicio de outernet con la tarjeta Dreamcatcher ya que esta posee mejores características que el dongle RTL-SDR.

**PALABRAS CLAVES:** <TECNOLOGIAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>  
<TELECOMUNICACIONES> <COMUNICACIONES SATELITALES>, <ANTENAS OMNIDIRECCIONALES>, <TELEDETECCIÓN>, <TELEMETRÍA>, <NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA)>, <CUBESAT>, < RTL-SDR (HARDWARE)>

## SUMMARY

The purpose of the present titling work is the analysis and implementation of the outernet service through micro-satellites for the information reception in the laboratory of microwaves and communications of Informatics and Electronics Faculty. The project consists of three phases, in the first phase, three types of antennas are designed: Double Cross, Turnstile and Yagi; the first two destined to the reception of satellite images and the third one for obtaining the telemetry of the Cube Sat of OSCAR-AMSAT family; six scenarios are also considered based on weather conditions, antenna type and place of reception inside and outside the city, the information that is captured is encoded by using a USB dongle called RTL-SDR, device with free software such as Wxtolmg, SDRsharp, Orbitron and Fox Telemetry Anlisy Tool that works for the decoding of the information, thus completing the second phase; Finally this information is stored in a local server based on WAMP-SERVER integrating services as an Apache server, Mysql and language based on PHP to be distributed through a LAN network reaching the third and final phase of implementation. Images with different levels of SNR are obtained according to each scenario, resulting the Double Cross antenna more suitable than the Turnstile antenna for the reception of satellite images, the best scenario being a wide environment away from contamination by other communication systems that exist in the big cities and as for the OSCAR-AMSAT satellites, the yagi that is designed and implemented, worked correctly. It is recommended for future works to implement the outernet service with the Dreamcatcher card because it has better features than the RTL-SDR dongle.

**Keywords:** <TECHNOLOGIES AND SCIENCES OF ENGINEERING>, <TELECOMMUNICATIONS>, <SATELLITE COMMUNICATIONS>, <OMINDIRECTIONAL ANTENNAS>, <TELEDETECTION>, <TELEMETRY>, <NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA)>, <CUBESAT>, <RTL-SDR (HARDWARE)>

## INTRODUCCIÓN

A pesar de que el acceso a internet hoy en día está en constante crecimiento, existen aún muchos sectores, especialmente rurales, alrededor del mundo que no cuentan con este servicio impidiendo así su desarrollo ya que hoy en día la tecnología representa un punto clave para la educación y progreso de las personas, es por ello que se buscan alternativas para cubrir estas necesidades de las personas como el que se presenta en este trabajo de titulación el cual tiene por objetivo el análisis e implementación del servicio de outernet por medio de micro satélites para la recepción, almacenamiento y distribución de información satelital.

En este proyecto se realizarán diferentes pruebas que tomará como muestra a 6 diferentes satélites en órbita baja entre ellos los satélites NOAA y OSCAR-AMSAT, para captar la mayor cantidad de información de telemetrías e imágenes satelitales y sean almacenadas para su posterior distribución.

El documento consta de tres capítulos, en el capítulo 1 se detallan los fundamentos teóricos donde se explican conceptos características ventajas y desventajas de los diferentes temas dentro del área determinada de estudio, dando apertura para que el lector tenga un conocimiento previo antes de iniciarse en los capítulos de diseño y construcción.

En el capítulo 2 se explica la metodología que se seguirá para la recepción de la información satelital, siguiendo cada una de las fases que comienzan por el diseño y construcción de las antenas luego con la decodificación de las señales por medio de software gratuito y por último el almacenamiento de la misma en un servidor local.

En el capítulo 3 se desarrollan las pruebas que se realizaron en cada escenario propuesto, así como la cantidad de ruido en cada imagen y el nivel de SNR recibido en los diferentes escenarios.

Por último, se plantean las conclusiones de los resultados obtenidos al realizar cada uno de los experimentos y se plantean recomendaciones para trabajos futuros.

## ANTECEDENTES

El internet permite que personas de todo el mundo puedan conectarse de un modo que anteriormente no era experimentado transformándose de una herramienta de comunicación en un espacio que fomenta la innovación, el acceso a información y educación, el derecho de reunión, el derecho de libertad de expresión y oportunidades económicas. A pesar de todo lo anteriormente comentado el internet es también una representación incompleta del género humano así quien no esté conectado no puede contribuir a su desarrollo, su punto de vista no se ve representado y muchas de sus necesidades básicas de comunicación no obtienen respuesta.(Green, 2014)

Según la agencia de marketing y comunicación online “We are Social” El mundo digital día a día experimenta crecimientos espectaculares, por ejemplo, en el año 2016 se incrementó el número de usuarios conectados al internet siendo aproximadamente 3773 billones de personas conectadas a la WEB creciendo un 10% más que el año 2015 es decir aproximadamente 354 millones de usuarios nuevos, teniendo así una penetración del 50% del total de la población actual que es aproximadamente 7476 billones de personas. (KEMP, 2017, p. 7)

En América se registra según la agencia de marketing un aumento de 53 millones de nuevos usuarios de Internet, un crecimiento del 8% con respecto al año 2015 gran parte del crecimiento es proveniente de Centro y Sur América. (KEMP, 2017, p. 7)

En la segunda reunión de la Conferencia de Ciencia, Innovación y TIC’s presentado por CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) realizada en Costa Rica en el año del 2015 se analizó el número de hogares conectados a internet en ambas regiones, registrando un crecimiento de 14,1% con respecto al año 2010 alcanzando el 43,4% del total de hogares, aumentando la asequibilidad significativamente para los usuarios.

Esto ha permitido reducir la brecha digital existente con los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) esta organización está compuesta por 35 países entre ellos Alemania, Australia, Austria, Canadá etc. A pesar de dichos avances persisten problemas relacionados con la calidad y la equidad en el acceso a Internet según el documento.(CEPAL, 2016, p. 7)

Según el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador (2016-2021) la industria de las TIC’s representa 2.1% del Producto Interno Bruto (PIB). La industria de telecomunicaciones es intensiva en capital por naturaleza. Adicionalmente, las últimas

preferencias a nivel mundial, debido al ingreso y popularización de servicios de libre transmisión (por ejemplo, Netflix, Skype, WhatsApp), han concentrado la captación de valor en estos actores. A la misma vez, el operador de Telecomunicaciones tiene que invertir cada vez más en actualizar sus redes a las modernas tecnologías.(Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016, p. 25)

Es necesario priorizar en Ecuador el despliegue de infraestructura para ofrecer conectividad a la mayor parte de la población este objetivo es importante para la disminución de la brecha de población que no puede acceder al servicio en Ecuador y también mejorar la calidad del servicio brindado, pudiendo aumentar la cobertura de servicio en el territorio nacional.(Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016, p. 21)

Hasta el año 2013 cerca del 30% de la localidad rural y un 15% de la localidad urbana era analfabeta digitalmente. Esto simboliza que cerca de 1 de cada 5 ecuatorianos no ha tenido acceso a un computador o a Internet en dicho año. Esta cifra disminuye año a año, pero a pasos lentos debido a que la mayor parte de los sectores rurales de Ecuador se encuentran en difíciles zonas geográficas. (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016, p. 42)

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos mediante su última encuesta de condiciones de vida (ECV) realizada en 2014 concluyó que el porcentaje de hogares con conexión a internet es de 34% en sectores urbanos y solo un 8% en sectores rurales, esta diferencia afecta las oportunidades que tienen para acceder a los beneficios derivados del uso de las tecnologías de la información. Además, tan solo 32% de las instituciones educativas en el Ecuador están conectadas a Internet.(INEC, 2014, p. 1–18)

A nivel local la provincia de Chimborazo se encuentra en la posición número 11 de las 24 del país teniendo un porcentaje de personas que tienen acceso al internet de 37,5% según la Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo (ENEMDU) realizada por el INEC en el año de 2013 es decir aproximadamente 252.270 personas en la provincia no cuenta con acceso internet o a rápida información siendo este un servicio básico según la “Ley de Transparencia y el Derecho de la Información “.

Para tratar de cubrir las zonas más inhóspitas del país las empresas de telecomunicaciones también proponen la prestación de internet satelital, sin embargo, para las zonas rurales en donde el desarrollo económico es bajo les resulta difícil el acceso a este servicio. El sector rural cuenta con instituciones básicas como centro de salud, escuelas y UPC en donde es necesario estén conectados a internet.

Es por estas razones que el presente trabajo de titulación propone para satisfacer las necesidades de acceso a la información el estudio de este nuevo servicio outernet, aprovechando que es de fácil asequibilidad bajo costo y fácil implementación y así poder llegar con tecnología a los lugares más remotos de la provincia de Chimborazo.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es necesario el análisis de un nuevo servicio (outernet) a través de tecnología satelital para satisfacer las necesidades de información en zonas de difícil acceso?

## **JUSTIFICACIÓN**

Internet es una plataforma que posibilita una infinidad de actividades económicas. Es a la vez el mercado y la puerta de acceso al mercado donde personas de todo el mundo se reúnen para intercambiar bienes. No obstante, comunidades pobres, indígenas y rurales a menudo enfrentan obstáculos al acceso a oportunidades económicas incluso tienen un acceso limitado al internet.

Estas mismas comunidades por lo general tienen menor acceso a oportunidades educativas, tanto en el ámbito tradicional como en línea. Las universidades, bibliotecas y otros sitios que brindan educación formal no siempre están presentes en dichas comunidades. (Creative Commons, 2015)

Debido a la problemática antes mencionada se debe buscar alternativas para solucionar la falta de acceso a la información. Es por ello que se plantea Outernet que es un servicio satelitalmente nuevo que tiene como uno de sus finalidades es ser una “biblioteca en el cielo”, esencialmente sus servicios van a estar transmitiendo constantemente los archivos y datos como noticias y actualizaciones meteorológicas, haciendo posible descargar y decodificar estos datos desde cualquier parte del mundo. Siendo su prioridad proporcionar información actualizada a los usuarios en lugares con poca o ninguna conexión a internet (RTL-SDR.COM, 2016)

Outernet consta de una constelación de satélites en miniatura de bajo costo conocidos como “CubeSat” en una órbita LEO (Low Earth Orbit). Cada satélite recibe flujos de datos de una red de estaciones terrestres y transmite esos datos en un bucle continuo hasta que se recibe nuevo contenido. Con el fin de servir a todas las personas en el mundo, Outernet utiliza protocolos basados en estándares aceptados a nivel mundial, como DVB (Digital Video Broadcasting), Digital Radio Mondiale y UDP basado en Wifi de multidifusión.

El proyecto de Outernet consta de tres segmentos, el segmento espacial que consta de 14 satélites uniformemente espaciados en una órbita ecuatorial circular de 900 Km también consta de un segmento terreno que consiste en varias estaciones terrestres distribuidas alrededor del ecuador. Debido a la órbita ecuatorial de la constelación, cada uno de los satélites pasara por cada estación durante cada órbita y por último el segmento del usuario que son los clientes que se registran para utilizar el servicio de Outernet. (Rajasthan Technical University, 2014, pp. 6–7)

Actualmente en Ecuador las empresas de telecomunicaciones ofertan el servicio de internet a través de fibra óptica (FTTH), cable de cobre (ADSL), o incluso internet satelital. Sin embargo, para una familia ecuatoriana con nivel económico bajo y geográficamente alejada es casi imposible el acceso al internet tradicional, ya sea por la falta de recursos o por su difícil ubicación esta última hace que las empresas no inviertan dinero en zonas alejadas y pocas pobladas pues no resulta rentable.

El precio de los teléfonos inteligentes está bajando año a año, sin embargo, el de los datos en muchas partes del mundo sigue siendo inasequible para la mayoría de los ciudadanos del mundo. En algunos lugares del Ecuador, como las zonas rurales y las regiones remotas, las torres de celulares y cables de internet simplemente no existe.

Es por esta razón el objetivo principal de Outernet es cerrar la brecha de información global, garantizando así el derecho humano de acceso al conocimiento y la información, mediante un enfoque práctico para la entrega de la misma, transmitiendo contenido básico de noticias, información, educación, entretenimiento, además del acceso al sistema de notificación global durante emergencias y desastres naturales, los cuales mediante outernet estarán disponible para toda la humanidad.

## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

Debido a la falta de acceso a la información en los lugares remotos y zonas rurales del país es necesaria el estudio de una nueva tecnología capaz de cubrir estas necesidades. Outernet consta de una constelación de satélites en miniatura de bajo costo conocidos como “CubeSat” en una órbita LEO (Low Earth Orbit). Estos satélites al encontrarse en una órbita baja de aproximadamente 200-2000 Km sobre la superficie de la Tierra implica que los satélites podrán dar una vuelta a la tierra en menos tiempo, por lo que se podrá recibir la información de los satélites muchas más veces.

Para lograr la recepción y decodificación de esta información es necesaria una antena que se ajuste a las características de operación del sistema satelital, un software definido por radio SDR con su hardware un dongle USB llamado RTL-SDR y además de software para la decodificación y análisis de la información que se obtendrá.

Una vez la información sea recibida y a su vez decodificada será almacenada por lo que se propone implementar un servidor local, para el presente tema de investigación se usará el software basado en el sistema operativo Windows llamado WAMP-Server el cual contendrá servicios como base de datos basada en MySQL y Apache, para luego distribuir dicha información hacia una Red LAN.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

Analizar e implementar el servicio de outernet por medio de micro satélites para la recepción de información en el laboratorio de microondas y comunicaciones de la Facultad de Informática y Electrónica.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la información del sistema outernet y compararlo con otros servicios similares.
- Diseñar una antena receptora que se ajuste a los requerimientos del sistema propuesto.
- Implementar la estación receptora del servicio outernet
- Calcular y Analizar el presupuesto del enlace.
- Analizar el rendimiento del enlace.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Internet

Es un conjunto de redes cuya principal característica es la descentralización es decir nadie controla el internet, además podemos decir que internet es una colección de miles de redes de computadoras interconectadas en todo el mundo mediante cables y señales de telecomunicaciones, siendo un gran camino de la información, desde términos generales definimos al internet como un fenómeno sociocultural que cada día está creciendo de forma acelerada, convirtiéndose en una herramienta en la que millones de individuos acceden a la información.

##### *1.1.1. Tipos de tecnologías de conexión a internet*

Existen muchas formas para realizar una conexión hacia internet, estas diferencias pueden encontrarse en el nivel físico y el tipo de tecnología que se utilice, entre las principales tenemos:

##### *1.1.1.1. RTC*

Red Telefónica Conmutada (RTC) o también llamada como Red Telefónica Básica es aquella por la que pasa habitualmente las vibraciones de la voz, las cuales se traducen en impulsos eléctricos que son transmitidos a través de dos hilos de cobre. A este tipo de comunicación se denomina analógica. (Instituto de Tecnologías Educativas, 2015).

##### *1.1.1.2. RDSI*

La Red Digital de Servicios Integrados es una red que procede por evolución de una red digital integrada y que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de otros tipos y a la que sus usuarios tienen acceso a través de un conjunto limitado de interfaces normalizados. (Hernández & Castro, 2000, p.27).

### 1.1.1.3. *Línea de abonado digital*

Después de que los módems tradicionales alcanzaran su máxima velocidad de datos, las diferentes empresas de telefonía desarrollarán otro tipo de tecnología que proporcionaría acceso de mayor velocidad de internet, esta tecnología fue una de las primeras en soportar la alta velocidad de comunicación digital sobre bucles locales existentes, cada tecnología DSL difiere en la primera letra este conjunto se denomina xDSL donde x puede ser remplazada por las letras A, V, H o S. (Forouzan, 2013,p.288)

- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

Esta fue la primera tecnología en el conjunto xDSL proporciona una mayor velocidad en la dirección descendente es decir desde Internet hasta el abonado, es esta la principal razón por la que es una línea asimétrica, los diseñadores de esta tecnología dividieron específicamente el ancho de banda disponible de bucle local de forma desigual para el cliente, este servicio no es adecuado para clientes comerciales que necesitan un gran ancho de banda. (Forouzan, 2013,p.289)

- HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line)

La línea digital de suscriptor de alta velocidad de bits se diseñó como una alternativa a la línea T-1, esta línea T-1 usa codificación de inversión de marca alternativa que es muy susceptible a la atenuación a altas frecuencias esto limita la duración de una línea T-1 a 1km de distancia es decir que para distancias más largas se necesita un repetidor lo que significa aumentos considerables de costos.(Forouzan, 2013)

HDSL utiliza una codificación 2B1Q que es menos susceptible a la atenuación, con esta tecnología DSL se logra una velocidad de 1.544 Mbps sin necesidad de repetidores hasta una distancia de 3,86 Km aproximadamente además HDSL utiliza dos pares trenzados una para cada dirección y así logra una transmisión full dúplex

- SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)

La línea de abonado digital simétrica es una versión de HDSL de par trenzado, esta tecnología proporciona comunicación simétrica dúplex completa que admite hasta 768 Kbps en cada dirección, este tipo de línea digital se puede considerar como una alternativa a ADSL.

- VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber)

La línea de suscriptor digital de muy alta velocidad de bits tiene un enfoque alternativo que es similar a ADSL, usa cable coaxial, fibra óptica o par trenzado para distancias cortas, usa una modulación DMT y proporciona una velocidad de bits de 25-55 Mbps. (Forouzan, 2013,p.292)

#### *1.1.1.4. Fibra óptica (GPON)*

Red óptica pasiva este es el medio óptico que permite superar límites de ancho de banda y distancia existentes en la tecnología xDSL, GPON dispone de un modelo de QoS que garantiza el ancho de banda necesario para cada servicio y usuario manteniendo una alta seguridad ya que la información viaja cifrada en AES una de sus principales ventajas es la escalabilidad ya que si GPON evoluciona se podrá seguir usando la misma infraestructura de fibra.

Todos los elementos de la red GPON se encuentran en sincronización constante a una referencia temporal común esta sincronización se complementa con un muy alto método de ranging y equalización para que el acceso al medio de la ONT/ONU se produzca en el instante preciso de acuerdo a la distancia física separa de la ONT. (García Yagüe, 2014).

#### *1.1.1.5. Satelital*

El acceso a internet vía enlace satelital se puede configurar de dos formas básicas, la de acceso unidireccional y el acceso bidireccional.

- Acceso Unidireccional

Este tipo de acceso brinda conexión de alta velocidad con el proveedor de la información, usando únicamente el satélite como un canal de recepción desde la perspectiva del usuario mediante este tipo de configuración se puede llegar a tener anchos de banda de hasta 1 Mbps (Megabits por segundo) una de las principales ventajas del acceso unidireccional es que permita realizar envíos rápidos de grandes paquetes de información en real time o en modo difusión a muchos sitios al mismo tiempo.



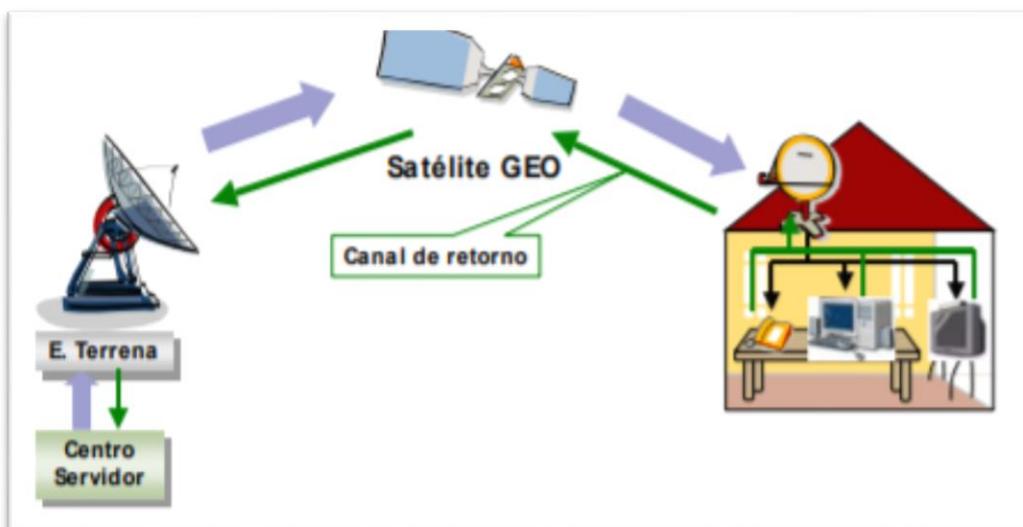
**Figura 1-1.** Conexión Internet Satelital Unidireccional

Fuente: (Mora, 2012, p. 5). Guías de tecnología fácil.

- Acceso Bidireccional

Este tipo de acceso brinda conexiones de alta velocidad tanto en recepción como emisión vía satélite mediante una antena parabólica capaz de recibir y transmitir información de manera simultánea además de agregarle al diseño una unidad interior apta para codificar y decodificar junto con un router.

La manera de transmitir en modo bidireccional es parecida al acceso unidireccional con la diferencia de que en el caso bidireccional el canal de retorno también se lo realiza vía satélite, el ancho de banda puede alcanzar hasta 512 Kbps en sentido usuario-proveedor. (Mora, 2012, pp. 3-5)



**Figura 2-1** Conexión Internet Satelital Bidireccional

Fuente: (Mora, 2012, p. 5).

## **1.2. Comunicación por satélite**

Gracias a la necesidad de establecer enlaces íntegros para la comunicación a grandes distancias especialmente entre continentes y para brindar servicios como telefónico, telegráfico y de televisión los satélites artificiales empezaron su comercialización.

El famoso físico Arthur Clarke propuso el concepto de la órbita geoestacionaria para ubicar en ella a los satélites artificiales para la comunicación y cobertura global, esa idea permitió el desarrollo de los sistemas de satélites a nivel mundial. Sin embargo, la necesidad de obtener más servicios civiles y militares como meteorología, navegación, exploración etc. ha hecho que un gran número de satélites se ubiquen en diferentes orbitas a la geoestacionaria.

### ***1.2.1. Características de los satélites***

- Según el diseño que tenga el satélite artificial este puede recibir y enviar desde el espacio ondas de radio en diferentes direcciones, habitualmente lo hacen desde y hacia grandes áreas de la Tierra y en otros casos envían y reciben información desde otros satélites.
- Una de las principales razones y a su vez la cualidad más notable de los satélites es tener la capacidad de enviar una señal que se puede recibir con intensidad similar y a la vez en cualquier punto de la superficie terrestre.
- Los satélites pueden brindar diferentes servicios móviles en el mar, tierra y espacio aéreo sin un límite de cobertura pudiendo cubrir casi todas las naciones su acogida en el mercado ha aumentado de forma extraordinarias convirtiéndolo en una de las principales alternativas de tecnología para la comunicación a largas distancias.
- La comunicación satelital ha resultado muy atractiva para muchas empresas por la facilidad de establecer redes de estaciones terrenas de distintos niveles de tráfico, con opción de diversas configuraciones y tecnologías, sin limitaciones de cobertura y bajo control total de usuario.
- Gracias a la flexibilidad de los satélites de comunicación no es necesario prever con rigor una proporción determinada de cada circuito o canales de comunicación que se utilicen en un satélite no especializado además de esto la capacidad de tráfico que se proyecta para un satélite o un conjunto de satélites en órbita geoestacionaria a fin de cubrir una huella

determinada no depende de la ubicación de las redes de estaciones terrenas, si no que depende específicamente del tráfico total que requiera el conjunto de servicios (Rosado, 2000,pp.1-7)

### ***1.2.2. Red satelital***

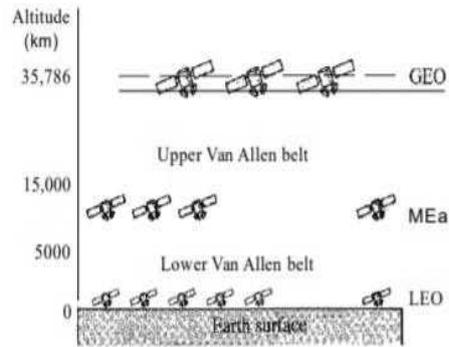
Una red satelital es una composición de nodos, algunos de los cuales son satélites que proveen comunicación desde un punto en la tierra a otro. Un nodo en la red puede ser un satélite, una estación terrena o un terminal o teléfono de un usuario final. La luna siendo un satélite natural es usada también como un nodo de retransmisión de señales, aunque es preferible utilizar satélites artificiales que puedan regenerar la señales que al viajar por el espacio libre pierden energía.

Las redes satelitales tienen un gran parecido a las redes celulares en las cuales se divide el planeta en células. Una de las principales ventajas de las redes satelitales es que se puede transmitir desde y cualquier lugar de la Tierra sin importa cuán remoto sea el lugar esto hace que la comunicación de alta calidad sea posible para partes no desarrolladas tecnológicamente en el mundo sin que se requiera de grandes inversiones para la infraestructura en tierra. (Forouzan, 2013, p.515)

### ***1.2.3. Tipos de órbitas***

Un satélite artificial necesita tener una órbita que es la ruta en la que viaja alrededor de la tierra. La órbita puede ser: Ecuatorial, inclinada o polar. El periodo de un satélite es decir el tiempo que requiere un satélite para dar una vuelta completa alrededor de la tierra viene determinado por la ley de Kepler que define el período como una función de la distancia del satélite desde el centro de la tierra.

Los satélites se dividen en tres categorías según la ubicación de la órbita las cuales son, órbita Geoestacionaria (GEO), órbita terrestre baja (LEO), órbita terrestre media (MEO). La figura 1-3 muestra las altitudes de las diferentes orbitas de los satélites con respecto a la superficie de la tierra.(Forouzan, 2013, p. 517)



**Figura 3-1.** Altitudes de las orbitas satelitales

**Fuente:** (Forouzan, 2013, p.517).

### 1.2.3.1. Órbita Geoestacionaria (GEO)

En una órbita geoestacionaria el satélite se lanza por primera vez a una órbita de transferencia altamente elíptica donde el perigeo tiene solo unos pocos cientos de kilómetros de altitud, pero el apogeo es al menos 36000 km. El satélite permanece en esta órbita de transferencia hasta que un apogeo apropiado esté cerca de la ubicación longitudinal deseada con respecto al ecuador de la tierra.

En esta etapa, un AKM o motor de apogeo empuja al satélite desde la órbita de transferencia a una nueva órbita circular perfectamente formada a aproximadamente 22000 millas de la superficie de la Tierra que permite al satélite moverse alrededor del planeta exactamente una vez cada 23 horas y 56 minutos.

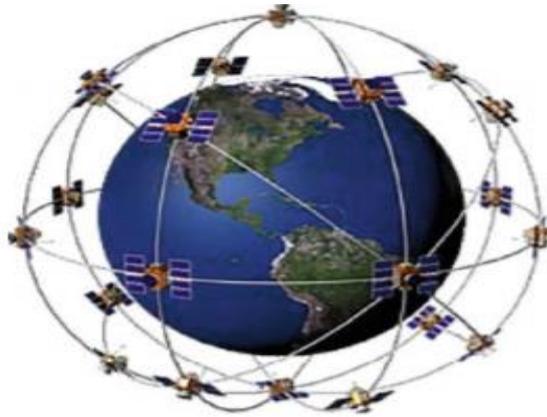
En esta órbita muy especial, el satélite parece permanecer exactamente estacionario con respecto a la tierra. Solo se necesitan tres satélites GEO para cubrir el planeta, excepto en regiones más extremas del casquete polar, la gran altitud significa que la densidad de flujo de los haces es mucho menor que para los sistemas LEO o MEO debido a la “pérdida de trayectoria” es decir la pérdida de la intensidad de la señal equivalente a la dispersión del haz desde la antena del satélite en su viaje a la tierra. Es mayor para los satélites ubicados en orbitas GEO que para orbitas más bajas.(Pelton, 2012, pp. 9-11)

### 1.2.3.2. Órbita terrestre media(MEO)

En el caso de los satélites en órbita MEO, la constelación es aproximadamente entre 8 a 24 satélites, estos satélites se encuentran típicamente entre los 10000 y 20000 km sobre la superficie de la tierra. Debido a que los satélites se encuentran en una órbita más alta son necesarios menos

satélites pero la pérdida de trayecto debido a la dispersión de los haces de la antena significa que la densidad de flujo de los haces sea menor cuando llegan al suelo.

El número de satélites en la constelación no solo depende de las altitud , sino también de la misión particular que los satélites estén diseñado para realizar por ejemplo los satélites de navegación satelital tales como GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de NAVSTAR necesitan que el usuario tenga acceso a cuatro o más satélites para obtener un archivo preciso en su ubicación por lo tanto esta constelación en una órbita relativamente alta necesita de 24-27 satélites operacionales para que se puedan ver múltiples satélites al mismo tiempo tal y como muestra la Figura 4-1.



**Figura 4-1** NAVSTAR Constelación de satélites GPS para navegación espacial

Fuente: (Pelton, 2012, p. 11) Satellite Communications

**Tabla 1-1:** Ventajas y desventajas de los satélites en órbita MEO

VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Menor latencia y retraso que GEO (pero mayor que LEO)	✓ Mas satélites para desplegar que GEO
✓ Ángulo de mira mejorado de los receptores de tierra	✓ Costos de lanzamientos más costosos que GEO
✓ Menos satélites para desplegar.	✓ Las antenas de Tierra son generalmente más costosas y complejas con sistemas de LEO.
✓ Mayor tiempo de vida en órbita que los sistemas LEO	✓ Cobertura de áreas de tráfico bajo
✓ Mayor exposición a la radiación del cinturón del cinturón Van Allen	

Realizado por: Gary Cabeza Tapia. 2018

Fuente: (Pelton, 2012, p. 11)

En la tabla 1-1 se muestran las principales ventajas y desventajas de los satélites en órbita MEO

### 1.2.3.3. Órbita terrestre Baja (LEO)

Para eliminar el largo viaje de ida y vuelta se debe posicionar el satélite en una órbita más baja es por ello que los satélites LEO funcionan a altitudes de 500 a 2000Km, estas altitudes orbitales se encuentran por debajo del cinturón de alta radiación de Van Allen y se requiere una constelación de aproximadamente de 40 a 80 satélites para proporcionar cobertura global, aunque se pueden diseñar redes que proporcionen cobertura solo a una parte de la tierra.

Los satélites en órbita LEO giran alrededor de la tierra una velocidad de 20000 a 25000 km/h aproximadamente y la huella que puede captar de la tierra es aproximadamente de 8000 km, debido a que los satélites en órbita LEO se encuentran as cerca de la tierra el retardo de propagación del tiempo de ida y vuelta normalmente es inferior a 20ms, lo que es aceptable para las comunicaciones de audio.

En esencia, cuanto más baja es la órbita de la tierra, mas satélites serán necesarios para completar la cobertura total de las constelaciones. La ventaja principal de este tipo de orbita satelital es que la densidad de flujo o potencia irradiada es mayor dentro del área de captación en la superficie de la tierra. (Pelton, 2012,pp. 6-7 )

En la tabla 2-1 se muestran algunas de las principales ventajas y desventajas de los satélites en órbita baja.

**Tabla 2-1:** Ventajas y desventajas de los satélites en órbita LEO

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
✓ Baja latencia o retraso de transmisión	✓ Mayor cantidad de satélites para construir y operar
✓ Ángulo de visión más alto	✓ Cobertura de áreas de tráfico mínimo
✓ Menos pérdida de trayectoria o propagación del haz	✓ Mayores costos de lanzamiento
✓ Más fácil de alcanzar altos niveles de reutilización de frecuencias	✓ Mayor dificultad de implementar y operar
✓ Más fácil de operar ante antenas de tierra de baja potencia	✓ Vida útil en órbita mucho más corta debido a la degradación orbital

Realizado por: Gary Cabeza Tapia. 2018

Fuente (Pelton, 2012, p. 11)

### **1.3. CubeSat-Micro satélites**

#### ***1.3.1. Introducción***

La idea de los satélites en miniatura ha existido desde el comienzo de la era espacial , uno de los pionero de esta idea de satélites ligeros fue el Sputnik 1 que pesaba algo más de 80Kg , pero a medida que los cohetes se hacían más poderosos los satélites se hacían más grandes y más complejos hasta el punto que un satélite de comunicaciones o investigación llego a pesar varias toneladas, mientras tanto los micro satélites fueron quedando al margen de la ciencia espacial pero nunca desaparecieron por completo.

En el año de 1980 el potencial de los satélites pequeños realmente comenzó a crecer gracias a la miniaturización electrónica y al desarrollo de técnicas de fabricación de precisión y sistemas micro electromecánicos, tal como los diminutos acelerómetros ahora muy comunes en dispositivos celulares como los iPhone.

Al final de la década de los 90 parecía posible crear satélites útiles que pesaban solo un kilogramo, un tamaño que reduciría radicalmente el desarrollo y los gastos de lanzamiento y alentaría a los desarrolladores a explorar nuevas formas de diseñar misiones.

En el año 2000 comenzaron las primeras especificaciones sobre los diseños de CubeSat lanzado por la Universidad de Stanford junto con Jordi Puig Suari un profesor de la Universidad Estatal Politécnica de California, el primer documento establecía algunas prescripciones simples como por ejemplo que cada unidad deber tener un cubo de 10 cm de lado y así tener un volumen de un litro, además de que no debía pesar más de 1Kg

Se especificó también que CubeSat puede ser rectangular, ocupando el espacio de dos o tres cajas con una sola unidad física a ese tipo de micro satélites se les denomino 2U o 3u CubeSat. Así, en los últimos años la gama de científicos e instituciones que trabajan con CubeSat se ha diversificado enormemente.

A los ingenieros aeroespaciales y astrofísicos se les han unido profesores y estudiantes además de empresarios con empresas iniciadas que ofrecen servicios de lanzamiento y soporte. Muchos países como Suiza y Colombia ya han lanzado sus primeros CubeSat .(Pang y Twiggs, 2011, pp. 48–53)

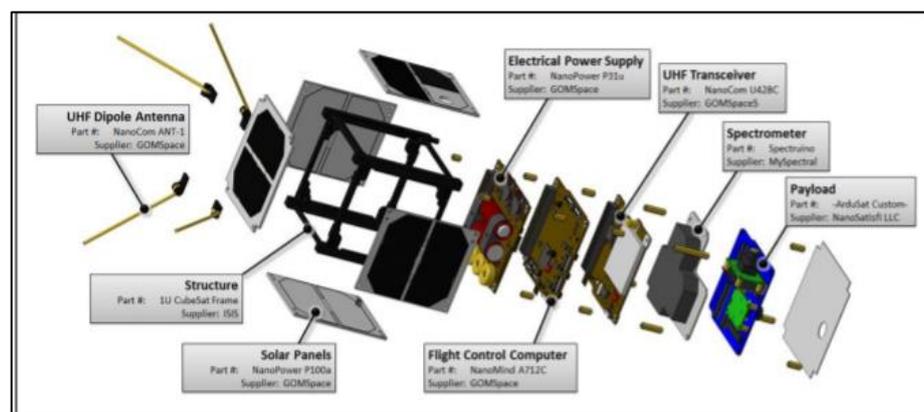
### 1.3.2. Definición de CubeSat

Un CubeSat consiste en una estructura de metal que contiene y protege toda la electrónica, los instrumentos, las comunicaciones y los sistemas de energía dentro de ella. Los CubeSat también tienen paneles solares en varios lados y una antena que sobresale de un extremo; algunos pueden tener un sistema de navegación rudimentarios, con pequeñas boquillas que pueden estabilizar la actitud de la nave y orientarla en la dirección deseada.

El diseño modular significa que los satélites se pueden lanzar en marcos estándar es decir que se sostienen varios a la vez, y expulsar su carga útil una vez que el cohete alcanza la órbita

### 1.3.3. Arquitectura

Su arquitectura consiste en un conjunto de subsistemas de suministro de energía, sistema de control de actitud y orbita, sistema de comunicaciones y manejo de datos, sistema de sensores, sistema de manejo de comandos o también llamada computadora de vuelo, sistema de propulsión y un sistema de carga útil, principalmente. Dichos subsistemas en CubeSat se implantan por medio de tarjetas electrónicas de aproximadamente una dimensión de 9x9x1 cm interconectadas entre sí. En la Figura 5.-1 se puede observar la estructura de un CubeSat.



**Figura 5-1** Arquitectra basica CubeSat

Fuente: (Sebastian Miguel Chanes Reza, 2014, p.14

#### 1.3.3.1. Sistema de suministro de energía

Todos los CubeSat necesitan de un sistema de suministro de energía que alimente los diferentes componentes para el desarrollo de la misión para la que el satélite es enviado al espacio. Generalmente este sistema de suministro de energía se lo puede conocer como EPS por sus siglas

en inglés Electrical Power System este sistema a más de alimentar los diferentes componentes del CubeSat también es el encargado de proveer, almacenar, acondicionar, controlar y distribuir la potencia requerida por todos los equipos además de ser el responsable de la protección de los componentes del sistema de potencia en caso de fallas.

#### *1.3.3.2. Sistema de comunicaciones y manejo de datos*

El sistema de comunicaciones y manejo de datos realiza tres funciones independientes:

- Recibe y de-modula la información transmitida al satélite desde la estación terrestre a través de enlaces de comando.
- Transmite datos, tanto grabados (remotos) como en tiempo real, desde el satélite a la estación terrestre a través de enlaces de datos.
- Transmite los equipos de bus y otros datos de telemetría del satélite a la estación terrestre a través de enlaces de telemetría.

En el sistema de comunicación y manejo de datos también se encuentra la computadora de vuelo que es aquella que ejecuta el software de vuelo y control mediante el cual se realizan funciones centrales como:

- Software de control de orientación.
- Corrección de errores
- Monitorización de telemetría.
- Manejo de subsistema eléctrico.
- Manejo de comandos
- Colección de telemetría y su empaquetado para envío a la tierra
- Y además controla el bus de manejo de datos.

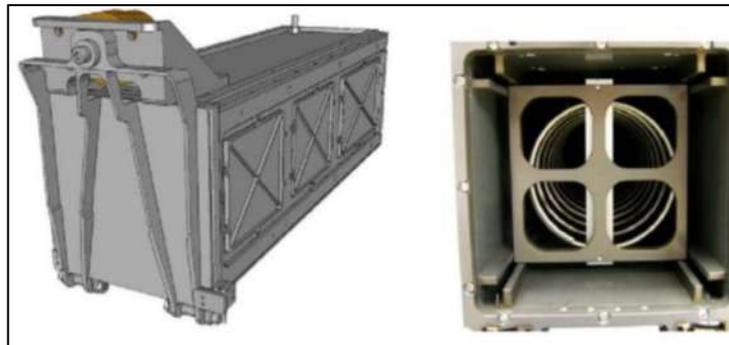
Entre los requerimientos de la computadora de vuelo están el bajo consumo de energía, bajo volumen y masa, resistencia a la radiación, así como redundancia y confiabilidad excepcional a fin de disminuir el riesgo de fallas. El sistema operativo que ejecutan es de tipo “Real Time” o tiempo real, el cual permite ejecutar operaciones ante eventos de software y hardware en tiempos de ejecución delimitados a fin de garantizar una respuesta en un marco de tiempo (milisegundos o microsegundos).

El software se diseña de manera modular, permitiendo etapas que operan y ejecutan acciones sobre determinadas entradas/ salidas de los diferentes subsistemas. (Agencia Espacial Mexicana, 2013, pp. 17–18)

#### 1.3.3.3. Carga útil o Payload

La carga útil representa el sistema o tripulación que cumplirá con el objetivo de la misión a la que se ha destinado el satélite, además consiste en la capacidad de carga de un satélite espacial o del lanzador, que por lo general se mide en términos de masa

En la figura 6-1 se puede observar el diseño del mecanismo de despliegue de los CubeSat desarrollado por Cal Poli estos son llamados P-POD (Poly Pico-satellite Orbital Deployer) el cual es una caja rectangular que contiene unos carriles lisos redondeados en la que se puede colocar hasta 2 CubeSat de 1U, los CubeSat se colocan dentro del P-POD y se aseguran con una puerta que contiene un mecanismo de resorte en las bisagras que le permite abrirse a partir de una señal eléctrica (Agencia Espacial Mexicana, 2013, p. 50).



**Figura 6-1** Mecanismo de despliegue CubeSat

Fuente: (Perez, 2000,p.2)

#### 1.3.4. Especificaciones generales del estándar CubeSat

El estándar para los satélites miniatura exige algunos requerimientos para poner los satélites en órbita los cuales se deben respetar, estas especificaciones fueron publicadas en el año de 1999 en un documento CDS (CubeSat Design Specification) este documento contiene una serie de parámetros creadas por los profesores Jordi Puig Suari de Cal Poly y Bob Twiggs de la Universidad de Stanford entre los principales requerimientos se tiene:

- *Requerimientos Generales*
- *Requerimientos mecánicos*

- Requerimientos Eléctricos
- Requerimientos de operación
- Requerimientos de Pruebas

Estos 5 principales requerimientos son necesario seguirlos uno a uno para poder poner un CubeSat en órbita si alguno de estos no se cumple no será posible el lanzamiento del vehículo espacial ya que dentro de estos requerimientos se evalúan puntos como tolerancia en las dimensiones, masa y tipo de materiales, además de los sistemas de protección eléctrica, capacidad de baterías, uso de sistemas de propulsión etc.

Un CubeSat no debe presentar ningún tipo de peligro para los CubeSat vecinos, ni para la carga útil primaria, ni para el vehículo de lanzamiento, sus dimensiones deben ser 10x10x11,35 cm incluyendo los rieles para su expulsión a través de P-POD, más de 1.33 kg, se debe tener en cuenta que ningún dispositivo electrónico puede estar activo durante el lanzamiento.

Las baterías recargables deben estar totalmente descargadas o el CubeSat deberá desactivarse completamente y no podrá despegar, esta entre otras especificaciones son el ejemplo de cómo debe estar un CubeSat para que pueda ser enviado sin errores al espacio.(Agencia Espacial Mexicana, 2016)

### **1.3.5. Servicios**

En los últimos años se ha desarrollado muchos proyectos satelitales que parten de la idea CubeSat, servicios como observación de la tierra, sistemas de datos a bordo, ciencia /exploración y robótica, telecomunicaciones, predicción del clima espacial, meteorología entre otros. Es por este motivo que se crea un sistema capaz de recolectar todos estos diferentes tipos de datos aprovechando el bajo costo de elaboración de este tipo de satélites.

## **1.4. Outernet**

Outernet es un proyecto que se basa en una red global que actualmente se encuentra en desarrollo por la organización sin fines de lucro MDIF (Development Investment Fund), esta organización con sede en los Estado Unidos de América se estableció en el año de 1995.

El objetivo principal de outernet es brindar acceso a la información de manera gratuita, teniendo esta información disponible de manera efectiva en todas las partes del mundo a través de los satélites CubeSat anteriormente mencionados, los dispositivos habilitados para la recepción se

comunicarían con los satélites que a su vez se comunican con otros satélites y redes terrestres formando así una red global.

Actualmente la red solo admite el tráfico en una sola dirección es decir el usuario puede acceder a la información, pero no subir datos a los satélites como si se puede hacer en internet mediante servidores. Los primeros archivos que se pudieron obtener de outernet desde que la red de satélites se desplegó en el año 2015 fueron noticias internacionales y locales, precios de cultivos para agricultores, comunicaciones de emergencia como socorro en desastres naturales etc.(Chinna, 2017, pp. 8-9)

#### ***1.4.1. Demanda de conectividad***

En la actualidad vivimos en la era de la revolución tecnológica, en la cual existen más dispositivos electrónicos que personas en el planeta. No obstante, tan solo el 40% de la población mundial tiene acceso a la riqueza del conocimiento que se encuentra en internet, es por ello la necesidad de buscar soluciones en otro tipo de sistemas que provean información a lugares remotos del planeta.

El enfoque principal de outernet es ese, tratar de cerrar la brecha de información digital, a medida que trata de reducir la dependencia de los costosos planes de datos de internet que ofrecen los proveedores de servicios a los ciudadanos mientras ofrece contenido básico continuamente actualizado desde el espacio evitando así la censura del internet.(NeoTeo, 2014)

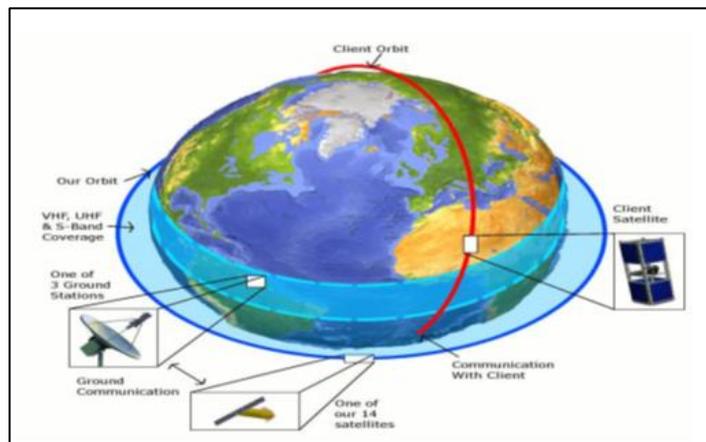
#### ***1.4.2. Funcionamiento***

Como se ha mencionado anteriormente outernet consiste en una constelación de 14 satélites en miniatura también llamados CubeSat espaciados uniformemente en una órbita ecuatorial circular de aproximadamente 900 km

Cada satélite recibe flujos de datos de una red de estaciones terrestre y transmite esos datos en un bucle continuo hasta que se recibe nuevo contenido. Para llegar a una audiencia mucho más grande outernet utiliza protocolos aceptados globalmente y basados en estándares, como DVB, DRM y multidifusión WIFI basada en UDP

En la estación terrena el usuario podrá decodificar los datos obtenidos desde los diferentes satélites a través de la tarjeta Dreamcatcher en su última versión, actualmente 3.0 la cual incluye una pantalla táctil resistiva que mostrará el estado de la recepción, un LNB Maverick MK1-PPL

que usa como antena, para el almacenamiento tiene una ranura microSD, y además integra un procesador ARM de 1GHz y 512 Mb de RAM etc.



**Figura 7-1** Funionamiento Outernet

Fuente: (Perez, 2000,p.2)

Sin embargo, en la presente investigación se realizará la recepción de datos con una solución alternativa utilizando software definido por radio SDR mediante un dongle USB llamado RTL-SDR.

### **1.4.3. SDR**

#### *1.4.3.1. Definición*

SDR (Software Definition Radio) es una unidad de exploración de radio de banda ancha y usos múltiples que consta de una entidad de hardware económica para la recepción de señal y una porción de software para el procesamiento de señales, lo que permite que se produzca un procesamiento de señal sencillo y, por lo tanto, radios económicas de escáneres de banda ancha.

#### *1.4.3.2. Características*

En la tabla 3-1 se muestran algunas 3 de las características más importantes del dispositivo RTL-SDR.

**Tabla 3-1:** Características RTL-SDR

<b>CARACTERISTICAS RTL-SDR</b>	
<b>Frecuencia de Muestreo</b>	La máxima frecuencia teórica de muestreo es 3.2MS/s (Mega muestras por segundo) sin embargo el RTL-SDR es inestable a este ritmo y puede dejar caer muestras , en la practica la máxima muestra es de 2.4 MS/s .
<b>Resolución ADC</b>	La resolución nativa es de 8bits, pero el ENOB (numero efectivo de bits ) se estima en ~7.
<b>Impedancia de entrada</b>	Dado a que este dongle fue diseñado al inicio para TV, la mayoría tiene una impedancia de entrada de aproximada 75 ohmios que funciona en la práctica ya que la perdida por desajuste al usar cableado de 50 Ohm en una entrada de 75 Ohm es muy mínima a menos de 0.177 dB.

**Realizado por:** Gary Cabeza Tapia. 2018  
**Fuente:** (RTL-SDR.COM, 2015)

#### *1.4.3.3. Aplicaciones*

Como se mencionó anteriormente SDR se puede utilizar como un escáner de radio de banda ancha, las aplicaciones incluyen:

- Escuchar conversaciones no cifradas de Policía, Ambulancia, Bomberos etc.
- Escuchar las conversaciones de control de tráfico de las aeronaves
- Seguimiento de posiciones de aeronaves como un radar con decodificación ADSB (Automatic Dependent Surveillance Broadcast)
- Radioastronomía
- Analizador de espectro
- Monitoreo de la dispersión de meteoros
- Triangular la fuente de una señal

#### *1.4.3.4. Arquitectura*

### **HARDWARE**

- RTL-SDR

RTL-SDR es un dongle USB muy económico que se puede utilizar como un escáner de radio basado en computador para recibir señales de radio en vivo en un área determinada sin necesidad de internet, dependiendo del modelo se puede recibir frecuencias desde los 500 KHz hasta 1.75 GHz. En la figura 8-1 se observa el módulo RTL-SDR con sus dos partes principales, el chip demodulador RTL2832U y el Sintonizador R820T



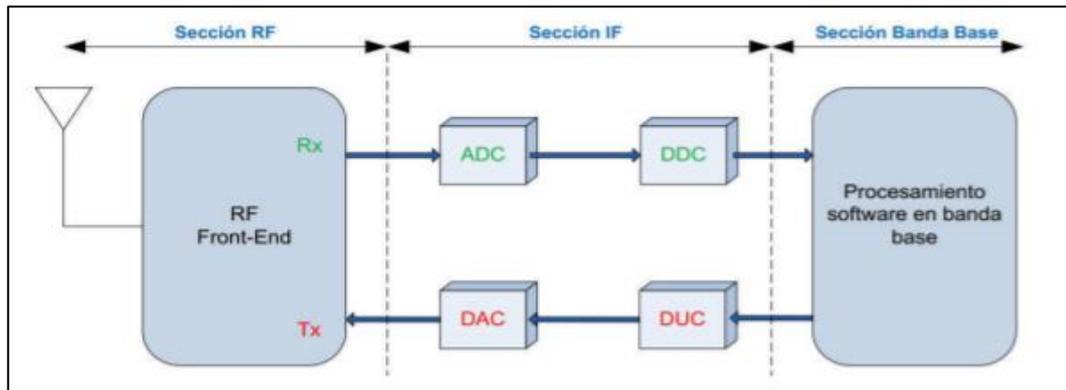
**Figura 8-1** Modulo RTL-SDR

**Fuente:** (Velasco Arias, 2016, p. 43)

Este dongle USB se deriva de los dongles de sintonizadores de TV DBV-T basados en el chip RTL2832U. Con el pasar de los años RTL-SDR se ha hecho extremadamente popular y ha democratizado el acceso al espectro de radio, hoy en día cualquier persona incluidos los aficionados con un presupuesto limitado, pueden acceder al espectro de radio.(RTL-SDR.COM, 2015)

## SOFTWARE

El diseño básico de la tecnología SDR se muestra en la figura 9-1, el cual contiene tres bloques funcionales: sección de RF (radiofrecuencia), sección de IF (Frecuencia Intermedia) y sección de banda base.



**Figura 9-1** Diagrama de bloques SDR

Fuente: (Domínguez, José y Fuentes, 2011, p. 13)

La sección de radiofrecuencia o también conocida como RF Front-End es la encargada de transmitir y recibir las señales de radiofrecuencia para adecuarlas y convertirlas en frecuencias intermedias en el caso de recepción y en el caso de transmisión es la encargada de amplificar y modular las señales de IF. La IF puede ser cero, dando lugar al concepto de Zero-IF el cual hoy en día es posible gracias a los diferentes avances en los componentes de hardware.

Por otro lado, la sección de IF se encarga de transformar la señal de IF a banda base además de la digitalización en recepción o en el caso de transmisión hacer la conversión digital analógica de la señal pasando la señal de banda base a IF. La sección de banda base es la encargada de todo el procesamiento de la señal en banda base como modulación/demodulación, análisis espectral de la señal etc. (Domínguez, José y Fuentes, 2011, p. 13)

## 1.5. Antenas

### 1.5.1. Definición

Según el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2018) una antena es el elemento de un sistema transmisor o receptor que se diseña para recibir o radiar ondas electromagnéticas. Además de esto es necesario saber que la principal característica de una onda electromagnética es su frecuencia y longitud de onda. En la Ecuación 1 se muestra la fórmula para calcular la longitud de una onda electromagnética.

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

**Ecuación 1.-** Longitud de onda electromagnética

Donde  $c$  representa la velocidad de propagación de la luz en el medio que es aproximadamente  $3 \times 10^8$

### **1.5.2. Características de las antenas**

Existen varias características importantes de las antenas que se deben tomar en cuenta al momento de elegir una para su posterior diseño y aplicación.

#### **1.5.2.1. Patrones de Radiación.**

El patrón de radiación es usualmente representado de dos formas, el patrón de azimut y el patrón de elevación. En donde el patrón de radiación representa una gráfica de la energía radiada por la antena vista de perfil. Por otro lado, el patrón de azimut representa una gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba. Al momento que ambas graficas se combinan se tiene una representación tridimensional de cómo es realmente radiada la energía de la antena. (WNI México, 2015, p. 1)

#### **1.5.2.2. Ganancia.**

Se define a la ganancia de una antena como la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de la misma. La unidad de medida de la ganancia son comúnmente los dBi's y esta se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena comparada con a que saldría de una antena isotrópica. (WNI México, 2015, p. 2)

#### **1.5.2.3. Directividad.**

Se define como la concentración de la potencia radiada en una dirección específica. Además, la directividad puede ser entendida como la habilidad de la antena para dirección la energía radiada en una dirección en particular. (WNI México, 2015, p. 2)

#### **1.5.2.4. Polarización.**

Esta característica de la antena se define como la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena. Existen dos tipos básicos de polarización las cuales son: Lineal y circular. Esta es una de las características más importantes si se desea obtener un buen rendimiento de esta. La antena receptora debe tener la misma polaridad que la antena transmisora. (WNI México, 2015, p. 2)

#### 1.5.2.5. Ancho de banda.

Se define al ancho de banda de una antena como el margen de frecuencias para las cuales la antena sigue manteniendo sus características.(McGraw-Hill/ Interamericana de España, 2012, p. 9)

#### 1.5.3. Tipos básicos de antenas

- **Antenas de Reflector o Parabólica.** - Estas antenas están provistas de un reflector metálico en forma de parabólica, esférica o de bocina. Este tipo de antenas sirve para limitar las radiaciones a un cierto espacio concentrando así la potencia de las ondas.
- **Antena Lineal.** - Se llama antena Lineal a las que están constituidas por un conductor rectilíneo, generalmente en posición vertical.
- **Antena Multibanda.** – La principal característica de este tipo de antenas es que permite la recepción de ondas cortas en una amplitud de banda que abarca muy diversas frecuencias.
- **Dipolo de Media Onda.** - También llamado dipolo de media onda lineal o dipolo simple, este tipo de antenas es una de las más utilizadas en frecuencias por encima de los 2MHz.
- **Antena Yagi.** - Este tipo de antenas está constituida por muchos elementos paralelos y coplanarios, directores, activos y reflectores, Esta es una de las antenas más utilizadas para la recepción de señales televisivas. La función de los elementos directores es dirigir el campo eléctrico, la función de los elementos activos es radiar el campo y los reflectores lo reflejan

En una antena yagi los elementos que no están activados se denominan parásitos estos ayudan a mejorar la ganancia de la antena que viene dada por la ecuación 2.

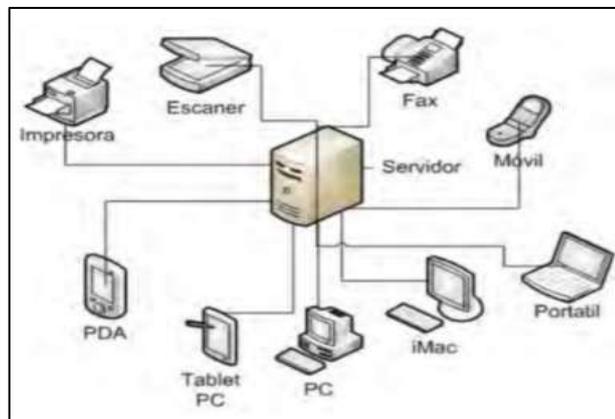
$$G= 10 \log n$$

**Ecuación 2.-** Formula ganancia antena yagi.

## 1.6. Servidor Local

### 1.6.1. Introducción

Un servidor es un ordenador o máquina informática que se encuentra al servicio de otras máquinas, ordenadores o personas a las cual se las llama cliente, el servidor suministra la información que los clientes requieran, los clientes pueden ser personas, o también pueden ser otros dispositivos como ordenadores, móviles, impresoras, etc. En la figura 10-1 se muestra el esquema general de un servidor, dicho esquema se denomina cliente-servidor y es uno de los más usados ya que en él se basa gran parte de internet.



**Figura 10-1** Servidor Local

Fuente: (Sierra, 2008, p. 2)

Como se puede observar se tiene una máquina servidora que se comunica con diferentes clientes, todos haciendo diferentes tipos de pedidos de información, esta información puede ser desde archivos de texto, video, audio, imágenes, emails, aplicaciones, programas, consultas a base de datos, etc. (Sierra, 2008, pp. 2-3)

### 1.6.2. Definición

Un servidor local es un servidor que se encuentra instalado en una computadora de uso personal y que da acceso al usuario o dueño de dicha computadora, este tipo de servidores se usa mucho para hacer pruebas ya que todo se encuentra en un mismo equipo, los servidores locales se encuentran en la una misma red.

Un servidor web local es aquel que reside en una red local al equipo de referencia, este tipo de servidores puede ser instalado en cualquiera de los equipos que forman parte de una red local, por

lo tanto, un servidor web será local a la red en la que se encuentra, o como mínimo, locales al sistema que están instalados.

Cuando un servidor web se encuentra instalado en el mismo equipo desde el cual se desea acceder se puede utilizar la dirección de loopback, 127.0.0.1 en Ipv4 y ::1 en Ipv6. Actualmente existen numerosas aplicaciones que facilitan la instalación automática de servidores locales y aplicaciones adicionales como MySql y PHP entre ellas tenemos XAMPP, JAMP, EasyPHP. Estas aplicaciones reciben el nombre de LAMP cuando se instalan en plataformas Linux, WAMP en sistemas Windows y MAMP en sistemas de Apple Macintosh

### **1.6.3. Servicios**

Un servidor local debe incluir diferentes servicios que se deben ir configurando según las necesidades del sistema, por ejemplo en el presente trabajo de investigación se configuraran servicios como:

- **Servidor web:** Los servidores Web se encargan de almacenar sitios en la red interna (intranet) tienen la capacidad de publicar cualquier aplicación web, brindarle la seguridad correspondiente y administrarla por completo.
- **Servidor de base de datos:** La característica principal de estos servidores es la posibilidad de manejar grandes cantidades de datos y generar información. (Marchionni Enzo Augusto, 2011, pp.25-27)

En el presente trabajo de titulación se utilizará servidora local WAMP-SERVER basado en sistema operativo Windows

### **1.6.4. WAMP-SERVER**

#### **1.6.4.1. Definición**

WAMP es un paquete asistido y además representa las siglas utilizadas para describir el sistema de infraestructura de internet que usa cuatro diferentes herramientas.

- W: Windows, como sistema operativo;
- A: Apache, como servidor Web;
- M: MySQL, como gestor de base de datos;

- P: PHP, Perl, o Python, como lenguajes de programación.

Este paquete permite a los usuarios instalar un servidor web local de manera simple, además de servir páginas HTML a internet, también es posible gestionar datos en ella y al mismo tiempo un WAMP proporciona lenguajes de programación para desarrollar aplicaciones web (Tutor, 2015).

Como se mencionó anteriormente WampServer es un paquete que incluye 4 herramientas, a continuación, se mencionaran información más relevante de dichas herramientas.

#### *1.6.4.2. Servidor Apache*

Apache es un servidor Web por lo tanto es un software que responde a las solicitudes de los navegadores web, gracias a su alta calidad y por ser de código abierto (open source) Apache se ha convertido es uno de los servidores web más populares del mundo llegando actualmente a una cota de aproximadamente 68% de los servidores web frente un 31% de ISS siendo este último su principal competidor.

Apache ha tenido una gran acogida también gracias a su desarrollo continuo y su portabilidad que lo ha llevado a plataformas como Windows NT/2000/XP y Windows 95/98/Me, y también a los sistemas Unix y MacOs. Una de las principales características de Apache es su extensibilidad basada en una gran modulación de su código fuente, hecho que ha facilitado la aparición de módulos de extinción como PHP.(Millet, 2013, p. 9–10)

#### *1.6.4.3. PHP*

PHP (personal home page tolos) que en español significa herramientas para paginas iniciales personales, este es un lenguaje de programación tipo script sirve especialmente para entornos web con ciertas funciones semejantes a las de ASP y JSP, PHP es utilizado sobre todo en servidores Linux para personalizar la información que es enviada a los usuarios que acceden a un sitio web determinado.

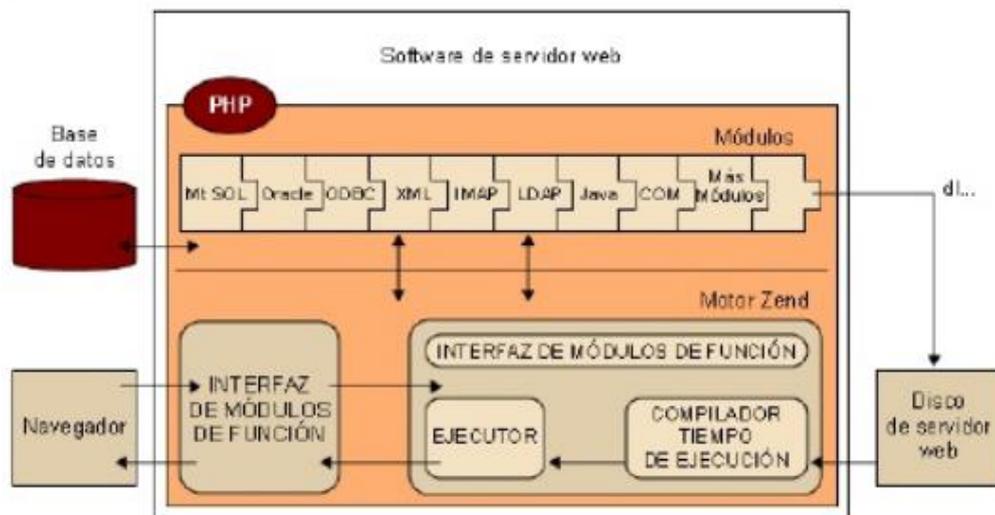
PHP desde un punto de vista técnico es un lenguaje de alto nivel muy similar en su sintaxis a lenguajes como C, C++, Java, Perl. PHP también es considerado como un lenguaje incrustado en páginas HTML esto se significa que se introduce dentro de las paginas HTML, este código se interpreta en el servidor web, desde donde se genera la página HTML solicitada antes de comenzar su transmisión al navegador.

PHP se ha ido mejorando y cada versión es mejor a la anterior, aunque la versión 3 ya era un gran logro siendo tan rápido como los interpretas de ASP, luego con la versión 4 el rendimiento y las prestaciones de PHP mejoraron aún más el nuevo interprete de esta versión llamado Zend que era hasta 12 veces más rápido que el de la versión 3 además de que se perfecciono su integración con otros servidores HTTP como el ISS de Microsoft y adicional a esto se enfrentó hacía la programación orientada a objeto.

Con la última versión, el intérprete Zend se rediseño completamente para crear un lenguaje completamente orientado a objetos agilizando así mucho mejor su funcionamiento y extrayendo la compatibilidad con MySQL.

En resumen se puede decir que el nuevo PHP se ha ampliado mucho desde su versión 3 en aspectos muy importantes como conceptos de programación orientada a objeto, y su sintaxis que ahora es mucha más cercana a la del lenguaje C, por lo que para un programador que ha usado anteriormente el lenguaje C no tendría inconvenientes con PHP.(Millet, 2013, pp. 7-8)

Hay que tener en cuenta que el nombre Zend se refiere al motor del lenguaje que ocupa la parte de interprete es decir que analiza el código de entrada de un script, lo traduce y lo ejecuta, es decir Zend forma realmente el núcleo del lenguaje, mientras que PHP se refiere al sistema completo, este ocupa la parte de funcionalidad y la de interfaz a más de contener todos los módulos internos tal y como se muestra en la figura 11-1.



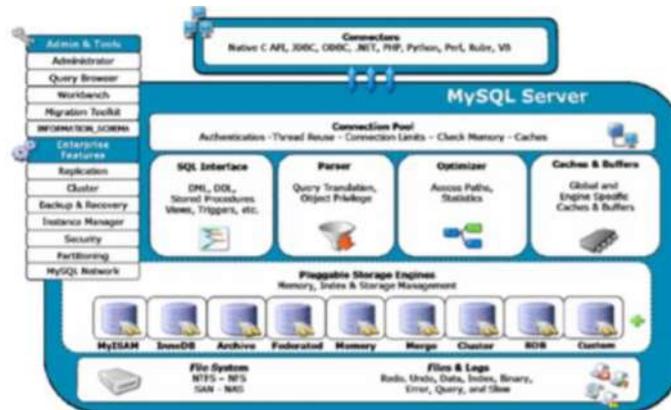
**Figura 11-1** Estructura Interna PHP

Fuente: (Millet, 2013, p.8)

#### 1.6.4.4. MySQL

MySQL es un SGBD (sistema de gestión de base de datos) el cual ha tenido como uno de sus principales objetivos la velocidad y la robustez cabe recalcar que MySQL es un SGBD sencillo y rápido que se adapta a entornos en los que el volumen de datos sea del orden de megabytes, en su versión se ha incluido el control de transacciones, procedimientos almacenados y triggers

La figura 12-1 muestra la versión más actual MySQL incorpora distintos motores de almacenamiento de datos, entre los que destacan MyISAM que permite índices por cadenas completas e InnoDB que permite el uso de transacciones o la incorporación de buffers en memoria que le permiten a la base de datos agilizar la respuesta de sus resultados.(Millet, 2013, pp. 9–10)



**Figura 12-1** Motores de almacenamientos MySQL

Fuente: (Millet, 2013, p.10)

## CAPÍTULO II

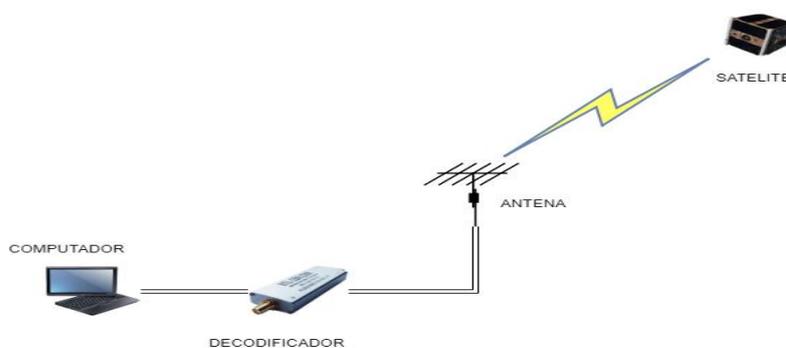
### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Escenario Ideal

En la Figura 1-2 se visualiza el diseño del escenario o diseño ideal, en la recepción de los micro-satélites ubicados en órbita LEO se tiene en primer lugar la estación receptora que cuenta con antenas previamente dimensionada en todos sus parámetros ubicada a cierta altura para que sea capaz de captar la señal irradiada por el satélite, luego, se tiene una parte fundamental de la estación receptora, el decodificador que se encargará de demodular la señal obtenida con la ayuda del software libre SDRsharp.

Es además necesario el software WxtoImg para la recepción de las imágenes NOAA, el cual continuará con la decodificación de la señal, convirtiendo todos los datos analógicos en una imagen infrarroja con dos diferentes canales de transmisión y obteniendo así una imagen entendible a la vista del usuario final con diferentes formatos (normal e infrarroja) por otro lado el software FOX1 Telemetry Analys Tool será el encargado de la decodificación de la telemetría de los satélites OSCAR-AMSAT.

Por último, se tiene el computador cuya función será de recibir y almacenar la información obtenida, la tarjeta de audio del computador realizará la interpretación de dicha señal para luego ser almacenada en un servidor local, dichos datos serán visualizados a través de una aplicación web esta información a su vez se distribuirá por una red LAN ubicada en el laboratorio de microondas y comunicaciones de la Facultad de Informática y Electrónica.



**Figura 1-2:** Escenario Ideal

Fuente: (Cabeza , 2018)

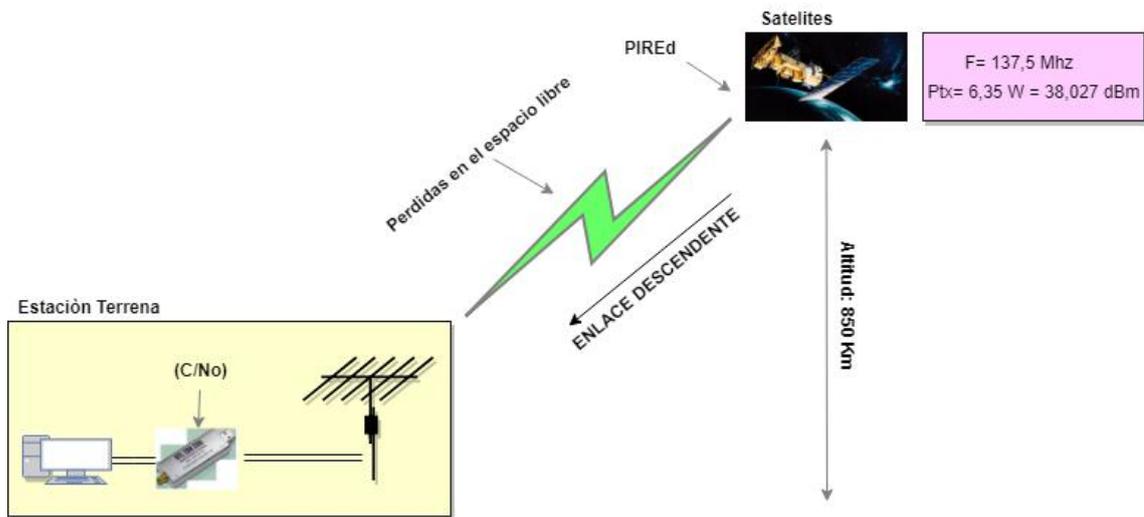
Para el análisis de resultados se tomarán diferentes escenarios con los tres tipos de antenas las cuales se detallan en la tabla 1-2 estas antenas serán diseñadas y posteriormente implementadas.

**Tabla 1-2:** Tipos de antenas a ser diseñadas

ANTENA	DIRECCIONALIDAD	SATÉLITE	FRECUENCIA	BANDA
TURNSTILE	OMNI	NOAA	137,5 MHz	VHF
DOUBLE CROSS	DIRECCIONAL			
YAGI	DIRECCIONAL	OSCAR-AMSAT	437 MHz	UHF

Realizado por: Gary Cabeza Tapia. 2018

### 2.1.1. Presupuesto de enlace satélites NOAA



**Figura 2-2:** Calculo del presupuesto de enlace

Fuente: (Cabeza , 2018)

Para que la señal de los satélites NOAA sea decodificable es necesario que el nivel de la señal sea al menos de 10 dB por encima del nivel del ruido. El radioficionado Jabi (EA2ARU) en el foro de radio digital URE (RADIO DIGITAL URE, 2016) dice que si se usa un demodulador con componentes analógicos el mejor caso requiere 13 dB de desnivel de la señal sobre el ruido mientras que si se usa un demodulador con componentes digital entonces basta con un desnivel de 10 dB para el peor de los casos.

A continuación se procederá al cálculo del presupuesto del enlace descendente teórico (Ver figura 2-2) para determinar si se cumple o no con los parámetros propuestos por el radio aficionado, teniendo en cuenta que no se consideraran pérdidas por cable ni conectores se realizará un análisis general del presupuesto del enlace.

Los datos para en analisis descendente son los siguientes.

- $P_{tx} = 6,35 \text{ W} \Rightarrow 38,027 \text{ dBm}$
- Distancia estacion terrena-satelite = 850 Km ( distancia media ya que la real varia según el satelite NOAA)
- Frecuencia de transmisiòn: 137,5 Mhz
- Ancho de banda de emision: +/- 17Khz

CALCULO DE PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE:

$$FSL = 32,4 + 20\log(f \text{ (MHz)}) + 20\log(d \text{ (km)})$$

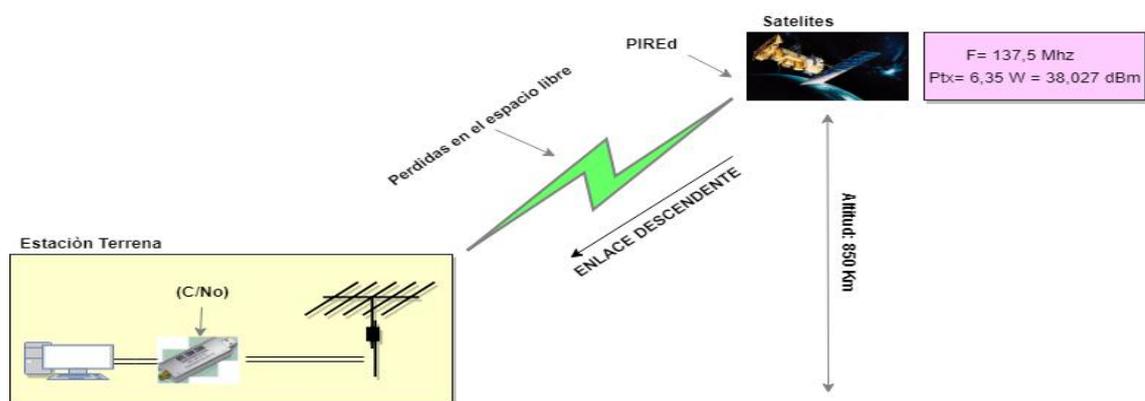
$$FSL = 32,4 + 20\log(137,5) + 20\log(850)$$

$$FSL = 133,75 \text{ dB.}$$

CALCULO DEL ENLACE:

Con los siguientes calculos se va a determinar de cual es la ganancia teorica que debe tener el sistema de recepciòn o estaciòn terrena para alcanzar los minimos 10 dB de margen para así obtener una imagen que pueda ser decodificada.

Primer punto: Calculo de la intensidad de la señal desde el satelite hasta el receptor.



**Figura 3-2:** Calculo de intensidad de la señal desde el satelite al receptor

Fuente: (Cabeza , 2018)

En la figura 3-2 se muestran los puntos considerarse para ese primer punto de analisis, se detallan los calculos a continuaciòn.

Señal que llega al receptor =  $PIREd - FSL - 10\log(k)$  donde:  $k$  = constante de Boltzman

Señal que llega al receptor =  $38,027 \text{ dbm} - 133,75 \text{ db} - (-228,6)$

**Señal que llega al receptor = 132,877 dbm**

Luego se realizará el cálculo de la sensibilidad que debe tener el receptor teniendo en cuenta que el margen mínimo de señal que recibir es de 10 dB.

#### ECUACION DE RADIOENLACE

+ Potencia de transmisor  
- Perdidas en el cable Tx ( no se consideran)  
+ Ganancia de Antena Tx  
- Perdidas en la trayectoria en el espacio libre  
+ Ganancia de antena RX  
- Perdidas de cable Rx ( no se consideran)  
= Margen – Sensibilidad del receptor (dbm)

Teniendo así:

Sensibilidad del receptor =  $-38.027\text{dbm} + 133.75 \text{ db} - 3.87 \text{ dBi} + 10 \text{ dB}$ .

**Sensibilidad del receptor =101.853**

Teniendo una señal que llega al receptor de 132,877 dBm y una sensibilidad de receptor de 101,853 se determina que el valor teórico máximo para el margen del enlace descendente es de: **31,024 dB** , teniendo así un margen de recepción entre 10 y 31,024 dB.

#### **2.1.2. Segmento espacial**

En este segmento se detallan las principales características de los satélites que serán analizados para la recepción, dentro del escenario ideal se pretende capturar la información de 6 satélites en órbita LEO: los cuales son:

##### **2.1.2.1. Sistema satelital NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)**

La NOAA es uno de los más antiguos programas espaciales atmosféricos y con más tradición en el mundo, este programa es el encargado de la administración de varios satélites meteorológicos

que dependiendo de sus características pueden pertenecer a una de las tres constelaciones que administra la NOAA las cuales son:

- GOES (Satélites Ambientales con Operación Geoestacionaria)
- DMSP (Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa)
- POES (Satélites Ambientales con Operación Polar)

Los satélites de los cuales se obtendrá las imágenes meteorológicas presentan una órbita polar pertenecientes a la constelación POES, dichos satélites son: NOAA 15, NOAA 18, NOAA 19 que actualmente se encuentran activos en dicha órbita.

#### 2.1.2.2. Satélites que portan algún equipo de radioaficionados OSCAR

Los satélites OSCAR es un proyecto lanzado por AMSAT (Radio Amateur Satellite Corporation) son una serie de satélites de radioaficionados que utilizan asignación de frecuencias de radio aficionados para facilitar la comunicación entre las estaciones de radio aficionados, lo interesante de este tipo de satélites es su acceso gratuito utilizado principalmente por los operadores con licencia de radioaficionados para voz y comunicación de datos.(AMSAT EA, 2018)

Se utilizará los satélites OSCAR de canal FM, estos satélites tiene un único canal de transmisión en FM lo que implica que solo una persona puede utilizarlos a la vez, dichos satélites son:

- AO-85 (FOX1A-AMSAT OSCAR 85)
- AO-91 RadFxSat (FOX 1B-AMSAT OSCAR 91)
- AO-92 (FOX 1D- AMSAT OSCAR 92 )

#### 2.1.3. *Segmento terrestre*

En el segmento terrestre se cuenta con una antena tipo yagi para recibir las frecuencias de 437 MHz y una antena Double Cross para la recepción en las frecuencias de 135-137 MHz, esta antena se conectará al dongle RTL mediante conexión USB, este USB contiene el software definido por radio el cual realiza las funciones de mezclador, filtro, amplificador, modulador, demodulador y detector, dicho RTL se conecta al computador principal el cual contendrá los software para la decodificación de las señales y además cumplirá con las funciones de servidor.

En cuanto al servidor, se usará un servidor WAMP basado en el sistema operativo Windows el cual integra servicios como un servidor apache el cual se encarga de responder las peticiones de los navegadores Web, un sistema de gestión de base de datos MySQL cuya principal función es almacenar los datos que se reciban desde el segmento satelital, además el servidor cuenta con un lenguaje de programación tipo script el cual es especial para entornos web.

#### ***2.1.4. Segmento usuario***

El laboratorio de microondas ubicado en el tercer piso del edificio de la Facultad de Informática y Electrónica está compuesto por una red LAN de 18 computadoras de escritorio de marca HP con procesador Intel Core i7, memoria RAM de 4 GB y sistema operativo de 64 bits cada una, es en este espacio físico donde se pretende distribuir la información de los satélites obtenida en el segmento espacial.

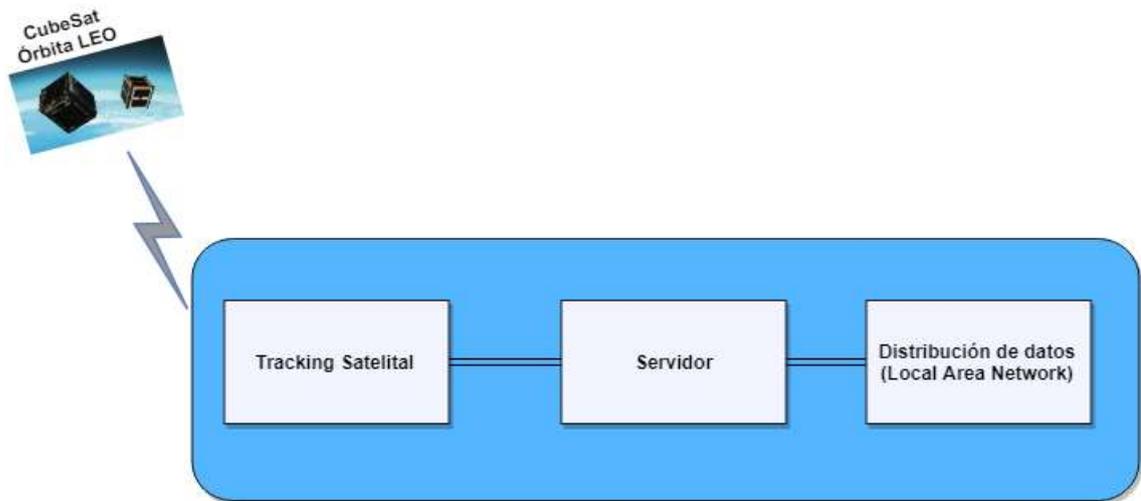
## **2.2. Arquitectura**

### ***2.2.1. Diagrama general***

Como se muestra en la figura 2-2 el sistema se basa en la conexión a diferentes micro satélites o también llamados CubeSat en las frecuencias de 137.5 y 437 MHz. Se considera un diseño basado en 3 fases, los satélites se mantendrán en constante monitoreo mediante la fase de tracking satelital, la información que pueda ser recibida y previamente decodificada se almacenará en un servidor local siendo esta la segunda fase.

En la tercera fase se realizará la distribución de la información a través de una red LAN ubicada en el laboratorio de microondas de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

.



**Figura 4-2.** Sistema de Recepción de información satelital

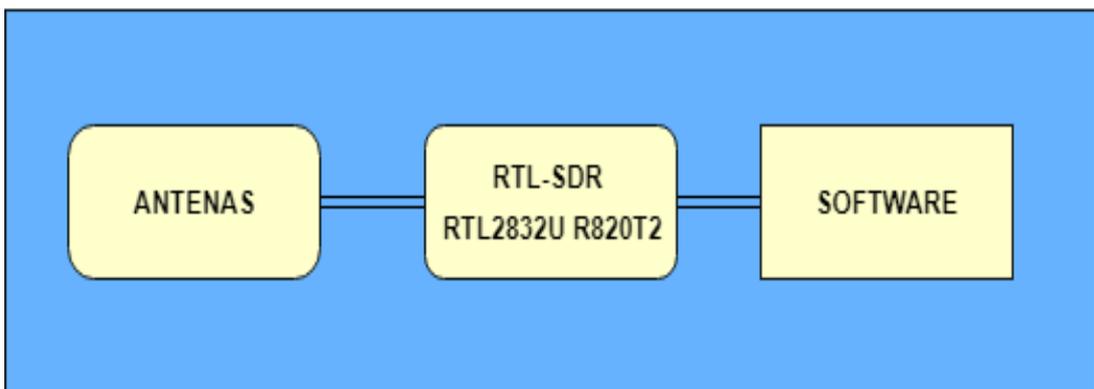
Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

Como se mencionó anteriormente se consideran tres frases principales las cuales serán detalladas a continuación:

### 2.3. Fase 1: Tracking Satelital.

En la figura 3-2 se observa la primera fase de la implementación la cual es el tracking satelital del sistema de recepción de información satelital para la captura de las imágenes y telemetría satelitales en formato APT desde los satélites, en primer lugar, se tiene una antena tipo yagi diseñada a una frecuencia de 437 MHz, una antena tipo Double Cross y Turnstile ambas diseñadas a una frecuencia de 137.5 MHz estas antenas se conectan al RTL-SDR.

#### Tracking Satelital del Sistema de Recepción de Información Satelital



**Figura 5-2** Fase 1 de la Implementación del sistema de recepción de la información satelital

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

### 2.3.1. Diseño y Construcción de las antenas

#### 2.3.1.1. Antena Yagi a frecuencia 437 MHz

Para la recepción de la telemetría de los satélites AO-85, AO-91 Y AO-92 se utiliza una antena yagi operando a la frecuencia de 437 MHz en la banda UHF, la antena funcionara con 6 elementos que consta de 5 directores y un reflector adicional a esto se le añade el elemento más importante de la antena el cual es el dipolo. Para encontrar la longitud de cada elemento y la separación entre ellos se procede al cálculo (EcuRed, 2017).

- Medidas para el diseño de antena de 6 elementos.

**Tabla 2-2:** Relación número de directores y Ganancia para antena yagi.

ELEMENTO	FORMULA
REFLECTOR	$\frac{\lambda}{2} = \frac{150}{f} [\text{m}]$
Dipolo	$0.95 \frac{\lambda}{2} = \frac{142.4}{f} [\text{m}]$
Director 1	$0.9 \frac{\lambda}{2} = \frac{135}{f} [\text{m}]$
Director 2	$0.9 \frac{\lambda}{2} = \frac{135}{f} [\text{m}]$
Director 3	$0.885 \frac{\lambda}{2} = \frac{133}{f} [\text{m}]$
Director 4	$0.885 \frac{\lambda}{2} = \frac{133}{f} [\text{m}]$
Director 5	$0.867 \frac{\lambda}{2} = \frac{130}{f} [\text{m}]$

**Realizado por:** Gary Cabeza Tapia. 2018

**Fuente** (EcuRed, 2017)

Como se observa en la tabla 2-2 el reflector es 5% más grande que el dipolo y este a su vez 5% más grande que los directores esto se debe cumplir para evitar un efecto dañino en el funcionamiento de la antena y así no anular el comportamiento de la misma.

Para encontrar la separación entre los elementos con respecto al dipolo se proceden a cumplir con las siguientes formulas.

Dipolo – Reflector:  $0.18 \lambda = \frac{54}{f}$  [m]:

Dipolo – 1er Director:  $0.09 \lambda = \frac{27}{f}$  [m]:

Directores Consecutivos:  $0.18 \lambda = \frac{54}{f}$  [m]:

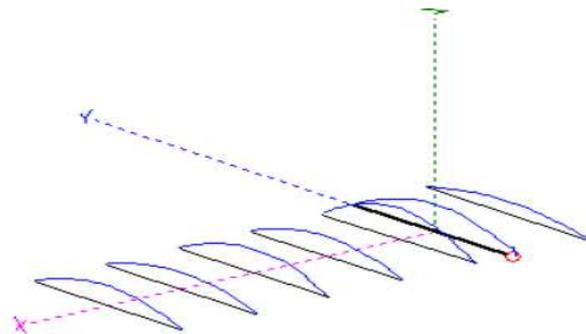
Desarrollando las formulas anteriores en la tabla 2-2, podemos observar en la tabla 3-2 las longitudes y la separación de cada elemento que componen la antena yagi a la frecuencia de 437MHz.

**Tabla 3-2:** Cálculos de los parámetros para el diseño de la antena yagi

Elementos	Longitudes (m)	Separación con respecto al Dipolo
Reflector	0.34	0,1236
Dipolo	0,3258	0,00
1er Director	0,31	0,06178
2do Director	0,3089	0,18538
3er Director	0,3043	0,30898
4to Director	0,3043	0,43258
5to Director	0,2974	0,55618

Realizado por: Gary Cabeza Tapia. 2018

En la figura 3-2 se muestra la simulación de la antena en el programa MMANA-GAL el cual es un software de diseño de antenas desarrollado inicialmente para radioaficionados.

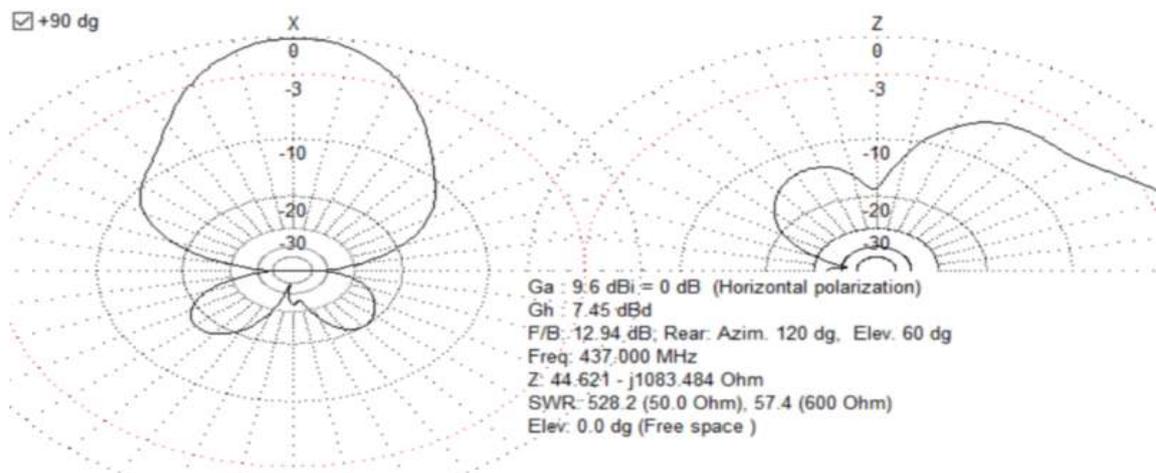


**Figura 6-2** Simulacion Antena

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

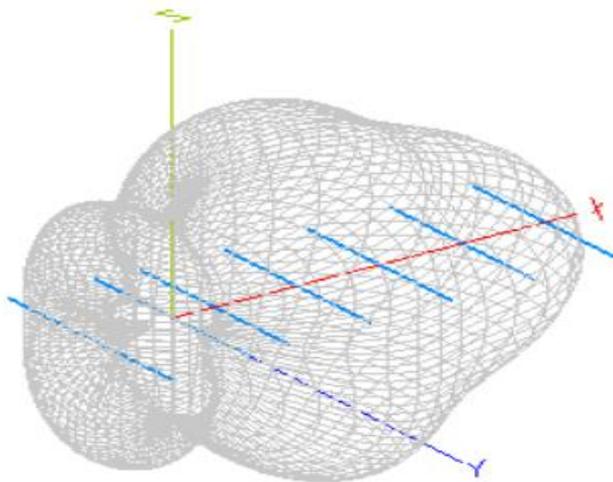
Una antena yagi es una antena direccional, como se muestra en la figura 7-2 su diagrama de radiación con respecto al eje x, y en la figura 8-2 se muestra su diagrama de radiación en 3D, este tipo de antena tiene una estructura simple de un dipolo combinado con elementos parásitos o

también llamados elementos directores, para este tipo de satélites de radioaficionados es una buena alternativa por su sencillez y alto rendimiento.



**Figura 7-2:** Diagrama de radiación antena yagi

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)



**Figura 8-2:** Diagrama de radiación antena yagi 3D para el sistema de información satelital

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

Después de haber realizado los cálculos y simulaciones correspondientes, se procede al paso de fabricación de la misma, los materiales que se usaron son varillas de aluminio adonizadas para que cumplan las funciones de dipolo, reflector y directores en a figura 9-2 se puede apreciar la antena finalizada.



**Figura 9-2:** Antena yagi Finalizada

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

### 2.3.1.2. Diseño antenas para recepción de satélites de órbita polar NOAA

Para la recepción de imágenes de los satélites NOAA es necesario antenas que no sean muy directivas además se debe tener en cuenta que las antenas que se escojan deben ser capaz de recibir la señal del satélite alrededor de ella sin necesidad de moverla, aparte de esto es indispensable que posean una polarización de tipo circular igual que la polarización con la que transmiten los satélites.

Teniendo en cuenta el diagrama de radiación que se necesita, es ineludible considerar algunos puntos importantes para la construcción de las antenas los cuales se detallan en la tabla 4-2.

**Tabla 4-2:** Parámetros de antenas

DIMENSIONES	La frecuencia de transmisión determina las dimensiones de la antena, para el caso de los satélites NOAA la banda de frecuencia como se mostró en la tabla .... es la VHF por lo que la mayoría de estas antenas para esta banda presentan elementos que son de una dimensión aproximada de un cuarto de longitud de onda o media onda
-------------	---

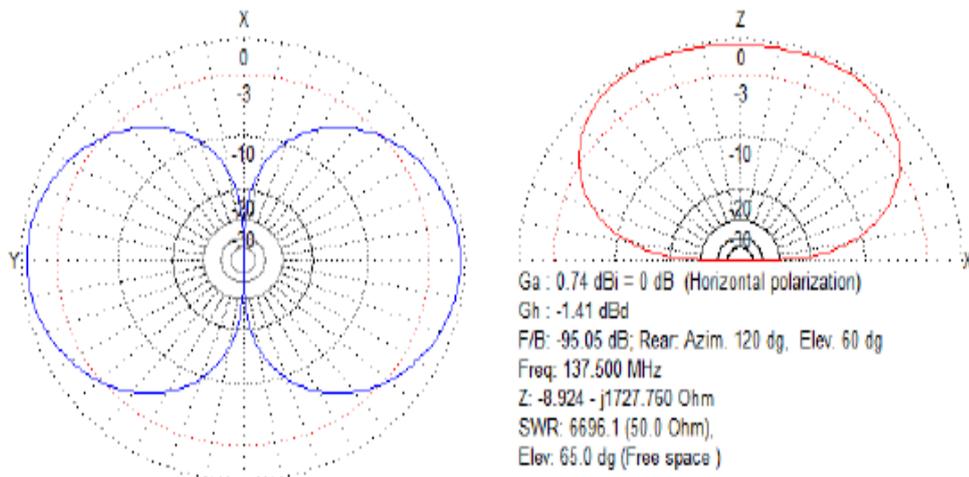
DISEÑO	En cuanto al diseño una de las características más importantes es que el tipo de polarización tiene que ser del mismo tipo que la que presenta la señal transmitida por el satélite.
GANANCIA	La antena debe tener una ganancia que permita una recepción sin ruido sin embargo usando el receptor RTL-SDR esto mejora considerablemente.

Realizado por: Gary Cabeza Tapia. 2018

Las antenas Turnstile y antena Double Cross cumplen con las necesidades antes planteadas de frecuencia y polarización por lo que fueron escogidas para el análisis de la recepción de las imágenes satelitales, además ambas son de fácil construcción y de tipo omnidireccional.

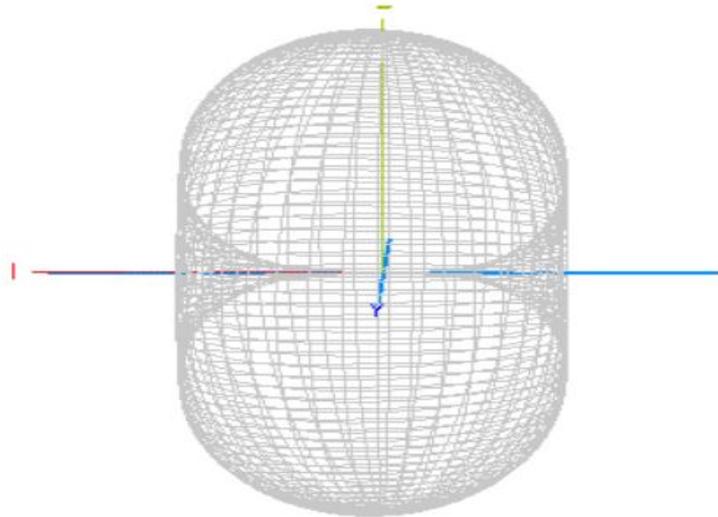
### Antena Turnstile

Esta es una de las antenas más simples y económicas que se puede realizar para la recepción de las imágenes en formato APT, esta antena como se muestra en la figura 10-2 y figura 11-2 presenta un diagrama de radiación omnidireccional, por lo que en teoría se puede recibir la señal proveniente del satélite en todo su posible sobrevuele alrededor de la antena.



**Figura 10-2** Diagrama de radiación para el sistema satelital NOAA, antena Turnstile

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)



**Figura 11-2** Diagrama de radiación 3D para el sistema satelital NOAA antena Turnstile

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

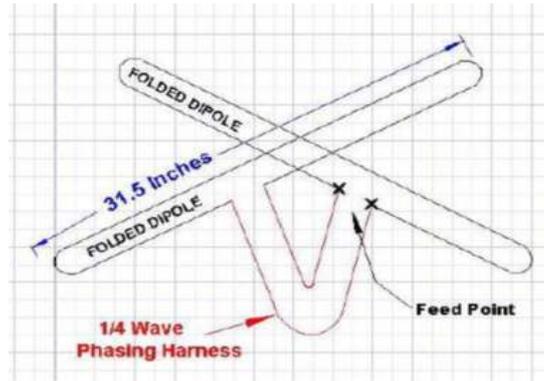
Este tipo de antena es muy sencilla de construir y no se necesita una gran complejidad para el seguimiento de los satélites como el que si es necesario para las antenas directivas. En cuanto a la construcción solo se necesitan de dos dipolos de una longitud de media onda colocados como esta en la figura 12-2.



**Figura 12-2:** Antena Turnstile finalizada

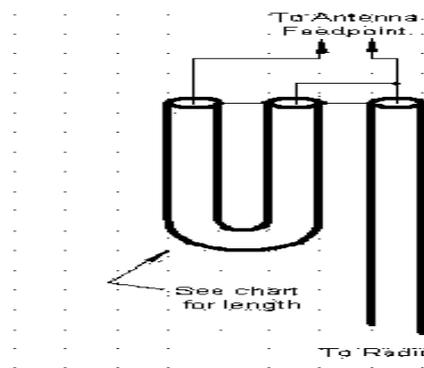
Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

La forma de realizar la alimentación de los dipolos es la siguiente, Véase figura 13-2 y figura 14-2



**Figura 13-2** Longitud de dipolos y conexiyyyn de los mismos

Fuente:(Alvarez, 2012, p. 98)



**Figura 14-2** Alimentación de dipolos

Fuente:(Alvarez, 2012, p. 98)

Así de esta manera la conexión en cruz permitirá obtener un diagrama de radiación omnidireccional, aunque hay que tener en cuenta que la desventaja de la antena Turnstile es que presenta problemas con respecto a los valores de su ganancia, esto se debe a que su diseño no aporta ningún aumento considerable en la intensidad de la señal.

Existe una variación de esta antena la cual no fue tomada en este proyecto, esta variación consiste en colocar un reflector para mejorar el diagrama de radiación esto aumenta un poco la ganancia de la antena, pero el aumento no es considerablemente grande.

Para calcular la longitud de los dipolos se usa la siguiente formula:

$$L = \frac{150}{\text{Frecuencia de Trabajo}}$$

$$L = \frac{150}{137,5} = 1,09\text{metros}$$

En la figura 10-2 se puede apreciar la construcción real de la antena luego de haber realizado los cálculos y simulaciones correspondientes.

### **Antena Double Cross**

La antena Double Cross otra de las antenas que servirá para la recepción de los satélites meteorológicos NOAA la cual posea un diagrama de radiación que presenta un área de cobertura de media esfera el cual permite que la recepción de la señal de los satélites sea mucho mejor. Para el correcto funcionamiento de esta antena se debe de considerar dos parámetros fundamentales los cuales son la frecuencia de trabajo y la polarización.

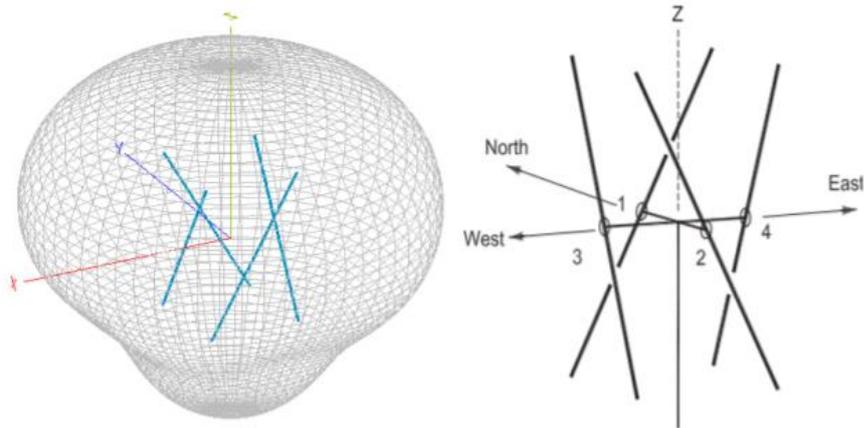
A diferencia de la antena Turnstile lo que se pretende obtener con la antena Double Cross es mejorar la recepción del satélite para los ángulos bajos del mismo con el horizonte, esto permite aumentar el área que puede ser observada en la tierra.

En cuanto a la construcción de esta antena es igual de simple ya que consta de cuatro dipolos de media longitud de onda conectados de tal forma que se pueda obtener un diagrama de radiación isotrópico. Como se tiene en conocimiento los satélites NOAA trabajan entre las frecuencias de 136 a 138 MHz en la banda VHF, por lo que el cálculo de la longitud de media onda debe ser resonante a la frecuencia de 137.5 MHz.

Para calcular la longitud de los dipolos se debe aplicar la misma fórmula utilizada anteriormente para los dipolos de la antena Turnstile por lo que la longitud del dipolo será de 1.09 metros.

La antena Double Cross es netamente un arreglo de dipolos que al ser provistos de una energización correcta se logra conseguir un diagrama circular óptimo para el funcionamiento de recepción del satélite NOAA. (Martes, 2008).

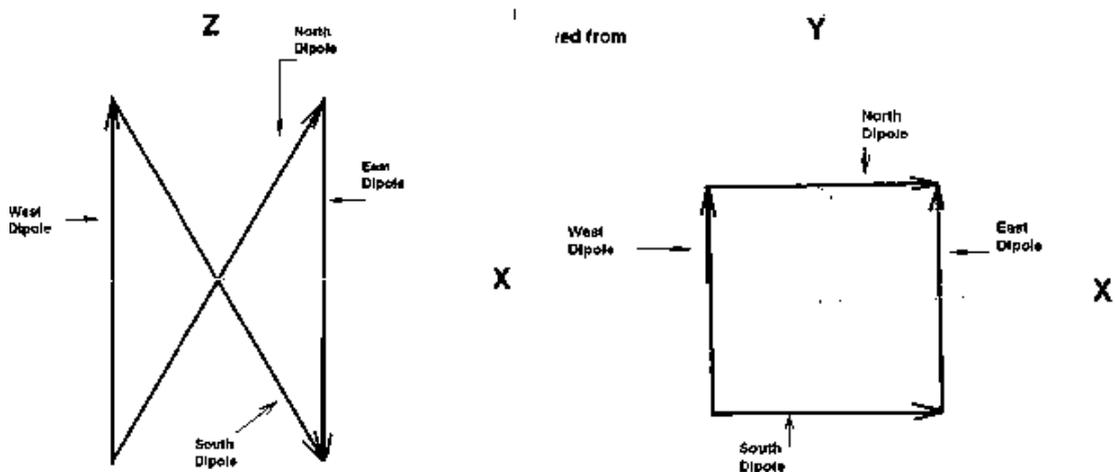
Como se observa en la figura 15-2 los dipolos se designan con la posición de los puntos cardinales separados en parejas, los dipolos NORTE-SUR presentan la misma polaridad y los otros dipolos restantes ESTE-OESTE tendrán un desfase de  $90^\circ$  (Martes, 2008).



**Figura 15-2:** Alimentación de dipolos

Fuente:(Alvarez, 2012, p. 98)

Para entender mejor el comportamiento y la polarización de esta antena en la figura 16-2 se puede observar diferentes planos de la misma en donde se podrá notar de mejor manera la polarización circular.



**Figura 16-2:** Planos para observar la polarización circular de la antena

Fuente: (Martes, 2008)

Así en la figura 16-2, los dipolos oeste y este se encuentran desfasados en  $90^\circ$  y la polarización que presenta la antena es circular además hay que tener en cuenta que ángulo tendrán los dipolos entre ellos porque de esta manera se podrá determinar la impedancia de salida de la antena.

En cuanto a la construcción de la antena hay que tener en cuenta que se debe cortar el cable coaxial en múltiplos de longitud de onda, pero no en el “vacío” sino en relación a la velocidad que posee la luz con el cable, tratando de esta manera tener el menor desfase posible y el mejor acople en la

línea de transmisión desde la antena hasta el receptor para ello se debe tomar en cuenta la siguiente fórmula.

$$L_{cable\ coaxial} = \frac{c \times \text{Factor de velocidad (coaxial)}}{\text{frecuencia de trabajo}} \times n$$

Donde:

$L_{cable\ coaxial}$  = longitud a la que se tiene que cortar el coaxial

$c$  = velocidad de la luz

$n$  = número entero

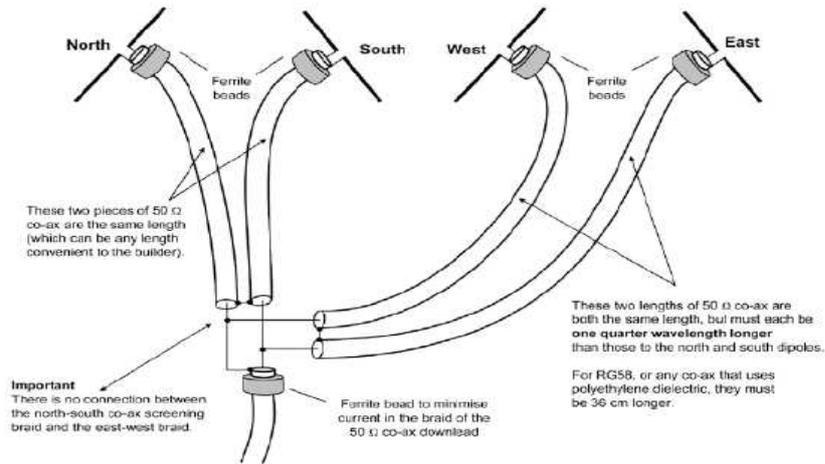
factor de velocidad = depende del cable que se use, está en sus especificaciones.

$$L_{cable\ coaxial} = \frac{c \times 0.66}{137.5\ MHz} \times 1/4 = 36\ cm$$

Como se mencionó anteriormente los dipolos se señalan con relación a los puntos cardinales Norte, Sur, Este y Oeste, lo cual sirve para tener orientación al momento de realizar las conexiones. Los dipolos Norte-Sur estarán conectados en una línea de media longitud de onda con respecto a la propagación. (Ramos y Noboa, 2016, p. 57)

Por otro lado, los dipolos Este-Oeste tendrán una conexión de mayor tamaño que equivale a la media longitud de onda con un adicional de 36 centímetros equivalentes a un cuarto de longitud de onda esto se realiza para alcanzar el desfase de 90° requeridos. (Ramos y Noboa, 2016, p. 57)

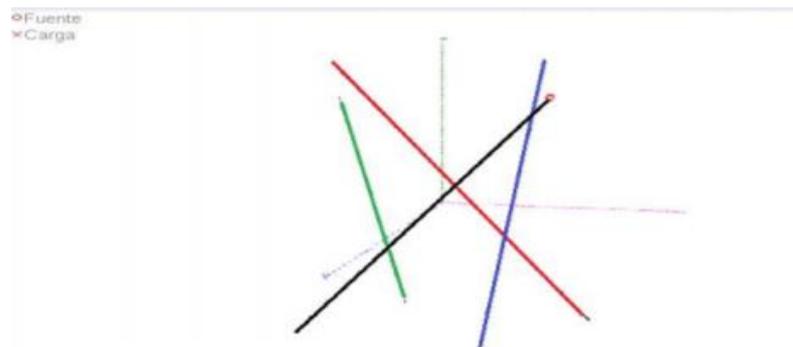
Una de las partes fundamentales para la construcción de una antena Double Cross es poder generar la impedancia en la conexión final a través del conductor, esta impedancia debe ser lo más cercana a 50 Ohm, en la figura 17-2 se indica las conexiones internas de la antena.



**Figura 17-2:** Conexiones Internas de la Antena Double Cross

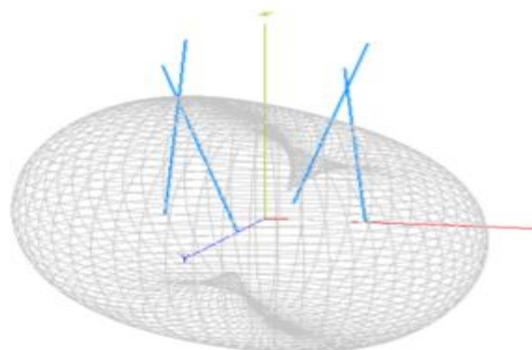
Fuente:(Martes, 2008)

De acuerdo con la tesis realizada en la Universidad Politécnica Salesiana por Ramos y Noboa (2016, p. 55) para lograr una polarización circular derecha ellos optaron por alinear los dipolos a un ángulo de 30° como se muestra en la figura 16-2



**Figura 18-2:** Diagrama de distribución de los dipolos antena Double Cross

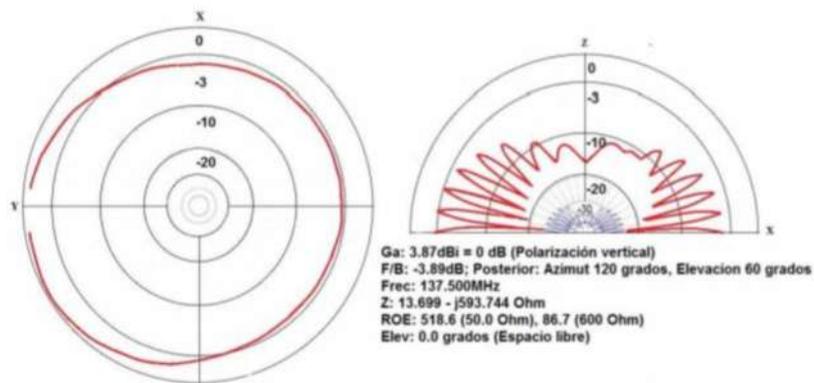
Fuente: (Ramos y Noboa, 2016, p. 57)



**Figura 19-2:** Diagrama real de radiación 3D antena Double Cross

Fuente:(Ramos y Noboa, 2016, p. 57)

Además, se puede identificar el patrón de radiación en el eje Z en modo real a una altura de 7 nuestra como se muestra en la figura 20-2.



**Figura 20-2:** Patrón de radiación eje z  
**Fuente:**(Ramos y Noboa, 2016, p. 57)

Después de haber realizado el análisis teórico, así como los cálculos y las simulaciones de la antena Double Cross se realiza la construcción de la misma en la figura 21-2 se observa el aspecto final de la antena, la misma que se fue construida con materiales como tubo PVC tanto para el cajetín central como para el soporte de los dipolos y varillas de aluminio adonizadas para que cumplan la función de dipolos que serán los elementos radiantes.



**Figura 21-2:** Antena Double Cross aspecto final  
**Fuente:**(Ramos y Noboa, 2016, p. 57)

### 2.3.2. RTL-SDR (RTL2832U R820T2)

El segundo punto de la primera fase de implementación es la recepción de las señales, este punto junto al del diseño y construcción de las antenas son considerados los más importantes. El radio definido por software controlará los parámetros de las señales electromagnéticas a recibir por el sistema en el ordenador.

De las características mencionadas en la tabla 3-1, se debe recalcar una de las más importantes en este punto la cual es que RTL-SDR puede recibir en frecuencias de 500 KHz a 1,766 GHz por lo que se podrá recibir a las frecuencias planteadas en este proyecto las cuales son 137,5 MHz y 437 MHz

Una vez que se conecte el dongle RTL al computador se instalaran los drivers que Windows vea necesario automáticamente, luego de esto se deberán instalar los drivers ZADIG (que vienen incluido en SDRsharp un software que se describirá en el punto 2.3) para que el dongle USB pueda ser usado como SDR en la figura 22-2 se muestra la instalación de los drivers ZADIG.



**Figura 22-2:** Instalación drivers ZADIG

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

Una vez instalados todos los drivers se tendrá el RTL-SDR listo para proceder con la decodificación de las señales mediante diferentes softwares los cuales se describirán en el siguiente punto de la primera fase a continuación.

### 2.3.3. Software

#### 2.3.3.1. SDRSharp

SDRsharp es un software gratuito, que permite convertir la computadora en una radio, e incluso convertirla en un receptor de banda meteorológica, luego de su instalación y de haber instalado los drivers ZADIG se debe tener conectado el dongle RTL a la antena para luego proceder con la decodificación de los datos.

Hay que tener en cuenta los requerimientos que debe tener el ordenador en el cual se instalara este software, la principal característica a tener en cuenta es un sistema operativo Windows 10, preferible con un procesador de doble núcleo de 2GHz o más rápido y 4GB de memoria.

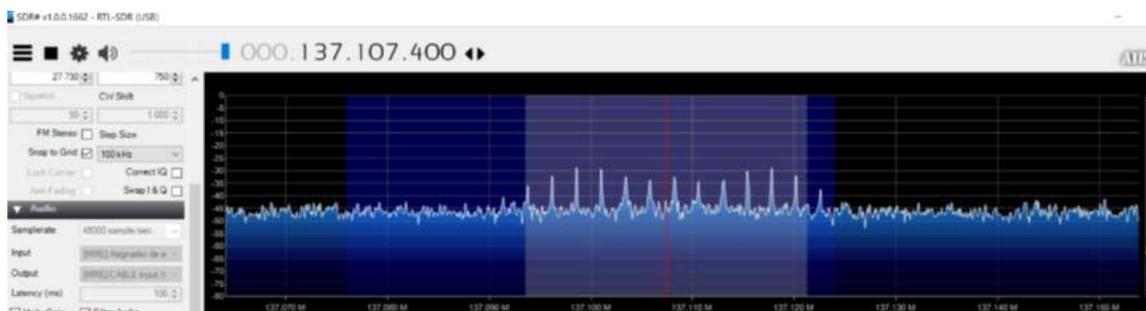
Cuando ya se tenga conectado el USB RTL se procede a la configuración del software, como se muestra en la figura 23-2 en la pestaña “Source: RTL-SDR (USB)” se debe tener escogido el dongle RTL-SDR



**Figura 23-2:** Pestaña Source

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

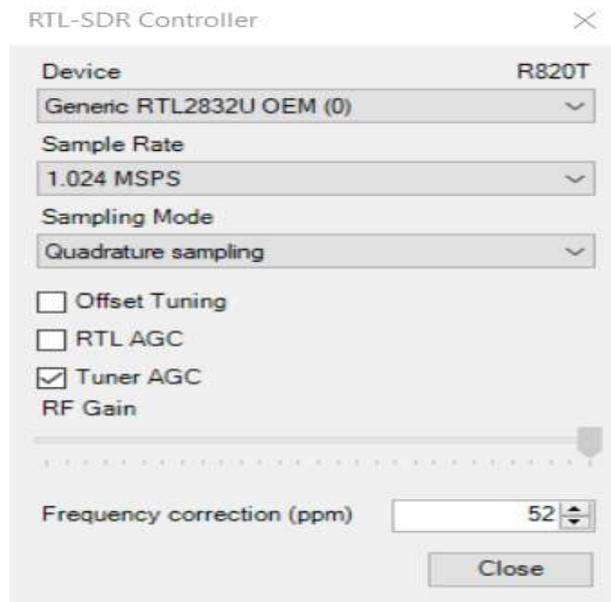
Luego de tener seleccionado como fuente el dongle RTL-SDR se procederá a colocar la frecuencia a la cual se quiera recibir la señal, en este caso recibiremos a 437MHz y 137.5 MHz, en la figura 24-2 se puede observar el analizador de espectro a dichas frecuencias, además hay que fijarse que si las señales son muy débiles se necesitará aumentar la ganancia de RF.



**Figura 24-2:** Espectro de la señal obtenida por el satélite NOAA 19

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

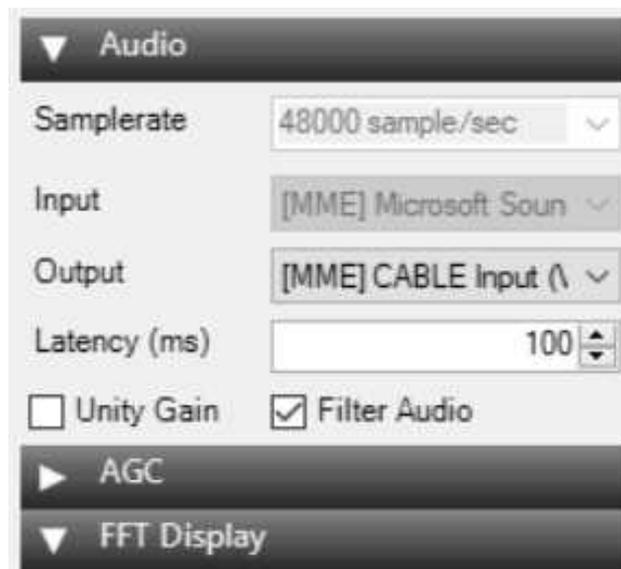
Como se mencionó anteriormente en la tabla 3-1 la frecuencia máxima de muestreo en la práctica debe ser de 2.4 ms/s, pero para un mejor desempeño se tomó la medida de 1.024 ms/s, este dato se configurará en la opción RTL-SDR Controller como se muestra en la figura 24-2



**Figura 25-2:** Pestaña Source Software SDRshrp

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

Es necesario realizar algunas otras configuraciones para que el software funcione correctamente por ejemplo en la pestaña Audio que se muestra en la figura 26-2, en la opción “output” se debe elegir el cable de entrada previamente instalado



**Figura 26-2:** Pestaña Audio Software SDRsharp

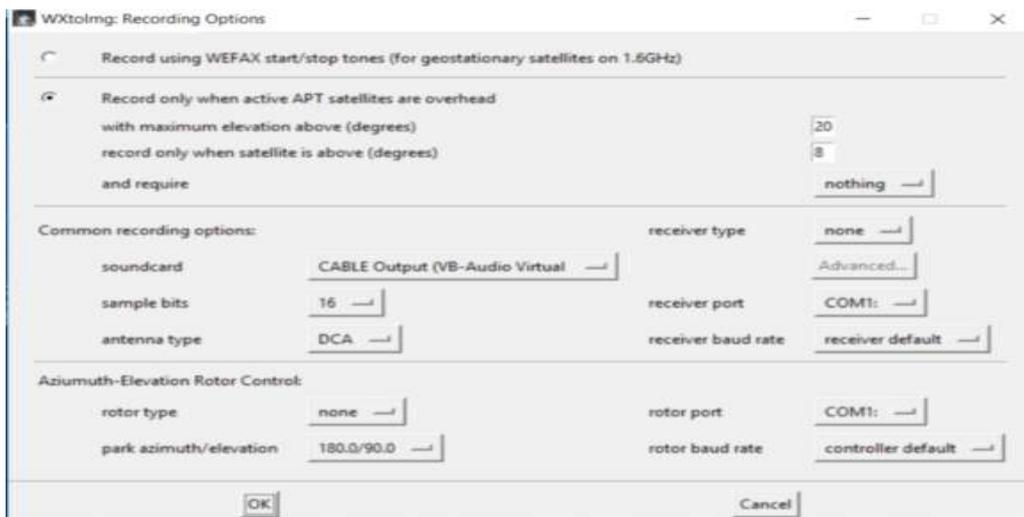
Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

### 2.3.3.2. WxtoImg

WxtoImg es un programa básico ideal para principiantes a imágenes satelitales el cual cuenta con una interfaz gráfica completa en la que las imágenes de NOAA se muestran en tiempo real durante la recepción además de esto este software también puede decodificar archivos WAV previamente grabados. (Les Hamilton, 2018)

Lo primero que se debe de hacer después de instalar WxtoImg es calibrar la visualización de la imagen y el nivel de grabación si esto no se hace es muy probable que no se obtenga una imagen con una calidad deseada.

Después de configurar la frecuencia y el audio en el software SDRsharp se procede a configurar WxtoImg, en la pestaña de opciones en el botón Recording Options figura 27-2, se debe configurar en la opción soundcard el cable de salida virtual, así de esta manera se conectará el software SDRsharp con WxtoImg uno como cable de entrada y el otro como cable de salida de audio virtual.



**Figura 27-2:** Pestaña Source

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Como último punto, pero no menos importante hay que mencionar que los Kepler se deben actualizar cada que se requiera hacer una decodificación ya que con ayuda de estos datos actualizados más la fecha y la hora de la imagen el software podrá determinar que regiones de la imagen representan la nube, la tierra y el mar, y podrá mejorar la imagen mediante el Análisis Multiespectral (MSA) o MCIR map color IR que son algunas de las opciones que mejoras que este software nos presenta.

Después de esto ya se podrá poner en marcha la decodificación de las imágenes que el satélite envía en formato APT.

### 2.3.3.3. FOX 1 Telemetry Analysis Tool

Fox Telemetry Decoder es un software que permitirá demodular, almacenar y analizar datos de los satélites AMSAT FOX los cuales como se describió en el punto 2.1.1.2 son una serie de CubeSats.

Este software es gratuito por lo que su descarga se realiza desde cualquier sitio web siendo el más recomendable el sitio oficial <https://www.amsat.org/foxtelem-software-for-windows-mac-linux/> su uso es muy intuitivo por lo que no se necesita de conocimientos previos para comenzar a utilizarlo.

Al igual que el software WxtoImg en Fox Telemetry se configura la fuente de audio, así en la pestaña “Start” se configurará el CABLE Output (VB-Audio Virtual Cable) como se muestra en la Figura 25-2.



**Figura 28-2:** Pestaña Start Fox1 Telemetry Analysis Tool

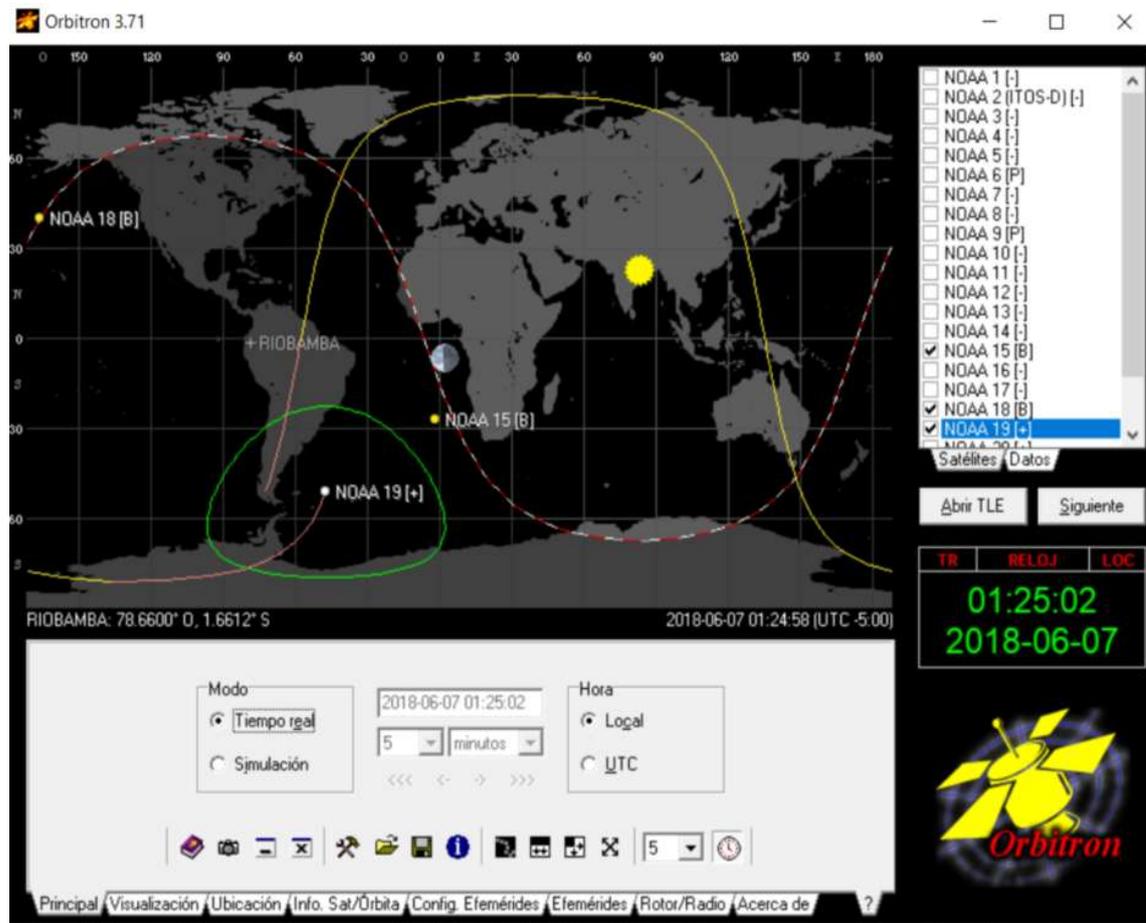
**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

En la Figura 28-2 se observa también que se debe colocar la frecuencia central a la que trabajan los satélites como se explicó anteriormente esta frecuencia es de 437 MHz. Además, en la parte superior izquierda de la imagen se visualizan los diferentes ángulos para el seguimiento de los satélites los cuales son el azimut y la elevación, de esta manera se alineará de manera correcta la antena yagi.

### 2.3.3.4. Orbitron

Orbitron es un software en el cual los radioaficionados y observadores podrán hacer un seguimiento satelital, este software es también usado por profesionales del clima, usuarios de satélites de comunicaciones y astrónomos aficionados. Este programa muestra en cualquier momento las posiciones de los satélites puede ser en tiempo real o simulado, entre sus ventajas esta ser un software gratuito y uno de los más simples y poderosos programas de este tipo. (Sebastián, 2005)

En la figura 29-2 se muestra como el programa realiza el seguimiento de los satélites y la órbita que describen, lo único que se debe hacer como usuarios es elegir el tipo de satélites que queremos seguir y actualizar los Kepler para que se mantengan actualizados los datos de cada satélite.



**Figura 29-2:** Seguimiento de satélites programa orbitron

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

## 2.4. Fase 2: Servidor

Como se mencionó anteriormente toda la información recibida de los satélites se almacenará en un servidor local, el cual se configuró un servidor web en WAMP-SERVER y el proceso se detalla en la Figura 30-2



**Figura 30-2:** WAMP-SERVER

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

### 2.4.1. Sistema de Gestión de base de Datos MySQL

MySQL es un software de gestión de base de datos de código abierto, escalable y multiusuario lo que significa que se puede descargar de manera gratuita desde internet, este software permite almacenar la información a través de tablas las cuales se conectan a través de relaciones, este software se ha convertido en una de las principales opciones para el desarrollo de aplicaciones Web debido a sus características. (Jorge Sánchez, 2004, p. 4)

Para la gestión y administración de las imágenes y datos que se han obtenido de los diferentes satélites, se ha utilizado el software PhpMyAdmin que servirá para la creación de las bases de datos requerida.

### 2.4.2. Software para servidor Web Apache

Para la creación del servidor se utilizó el software para servidor Web Apache como se muestra en la Figura 31-2, se escogió este servidor web ya que cuenta con las características de desarrollo HTTP Server. Apache es un servidor muy práctico ya que puede ser altamente configurable, capaz de generar bases de datos de autenticación en cualquier sistema operativo.



Figura 31-2: Pantalla principal Servidor

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

### 2.4.3. Software de programación script Web PHP

Para este punto del servidor se utilizará un gestor de páginas Web de fácil uso llamado Dreamweaver Figura 32-2, esta aplicación ofrece varios formatos como: HTML, PHP, CSC, java script, XML, con Dreamweaver es posible programar nuestro propio sitio Web local a través de un entorno visual que permite diseñar y agregar funcionalidades a la página Web que está siendo creada por el desarrollador.(Pérez, 2013, pp. 5–12)

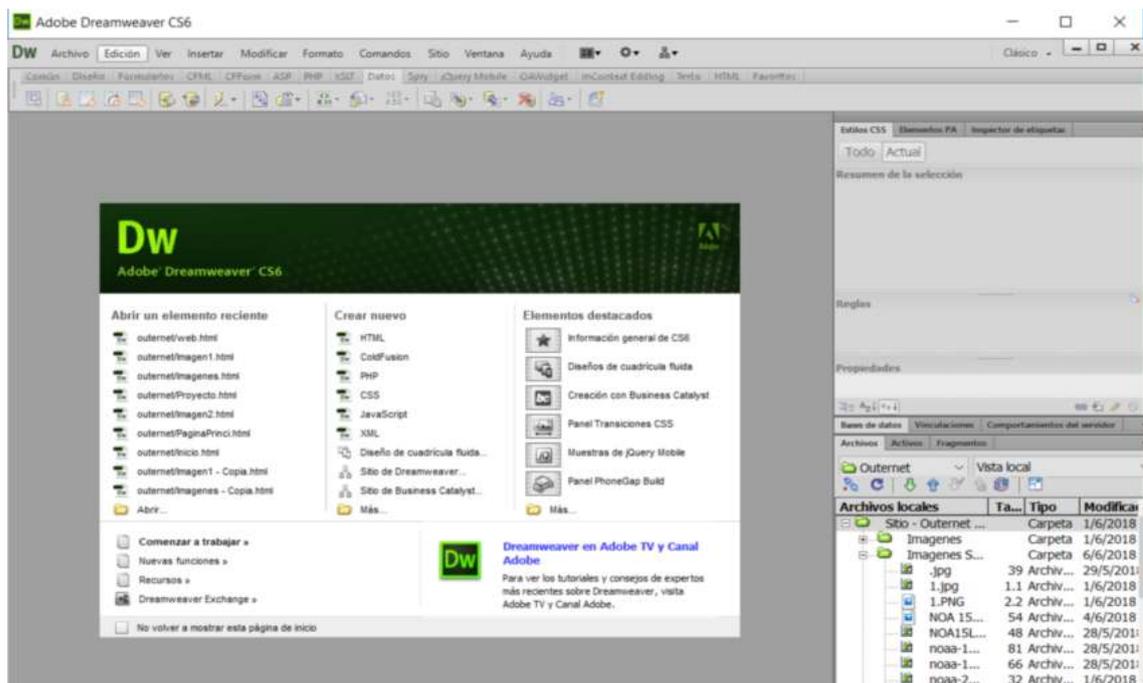


Figura 32-2: Gestor de páginas web Dreamweaver

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

Por medio de este editor de código se desarrolló el servidor Local como se muestra en la Figura 33-2, en el cual se almacenará toda la información que se obtenga de los satélites como telemetría e imágenes.



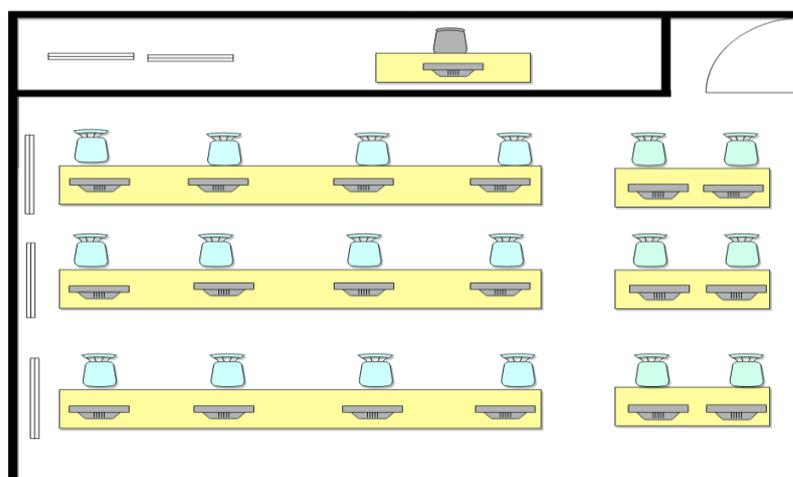
**Figura 33-2:** Servidor Local pantalla principal

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

Para hacer el servidor local más intuitivo con el usuario se ha cambiado el dominio de Wampserver por el dominio outernet.ga, así de esta manera ingresando a la dirección <http://outernet.ga/outernet/web> y se podrá acceder al servidor local.

### 2.5. Fase 3: Distribución de datos (Local Area Network)

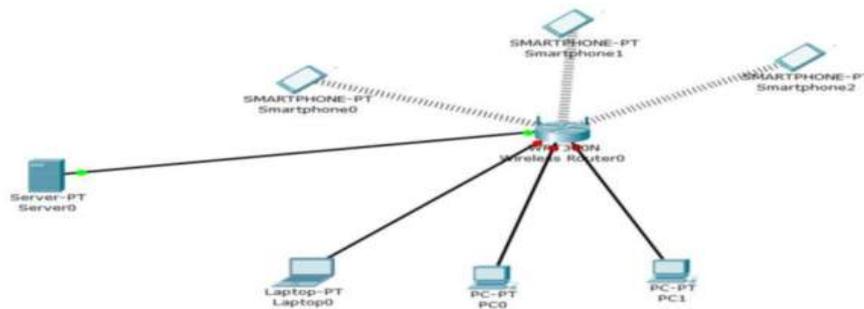
En la Figura 34-2 se muestra como se encuentran distribuidas las computadoras que conforman la red LAN del laboratorio de microondas de la Facultad de Informática y Electrónica – Espoch.



**Figura 34-2:** Laboratorio de microondas FIE

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

No fue posible el uso de la infraestructura de Red del laboratorio ya que se necesitaban permisos para el uso de los puertos, que por seguridad se encuentran bloqueados. La solución que se dio a este inconveniente fue realizar una pequeña Red LAN con ayuda de un router como se muestra en la Figura 35-2 y así poder acceder a la información del servidor.



**Figura 35-2:** Diseño Red LAN para Laboratorio de microondas FIE

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Luego de realizar las conexiones con el Router y crear la red LAN se configuró las direcciones IP como se mostró en la figura anterior, el servidor se configuró con la dirección 192.168.0.101 pero para hacer que el usuario final recuerde la dirección para acceder a la información se le configuró a esta dirección un dominio obteniendo la siguiente dirección: [www.outernet.ga](http://www.outernet.ga) en la Figura 36-2 se muestra la configuración.

Dominio	Fecha de Registro	Fecha de caducidad	Estado	Tipo
outernet.ga	24/05/2018	24/08/2018	ACTIVE	Gratis

**Figura 36-2:** Diseño Red LAN para Laboratorio de microondas FIE

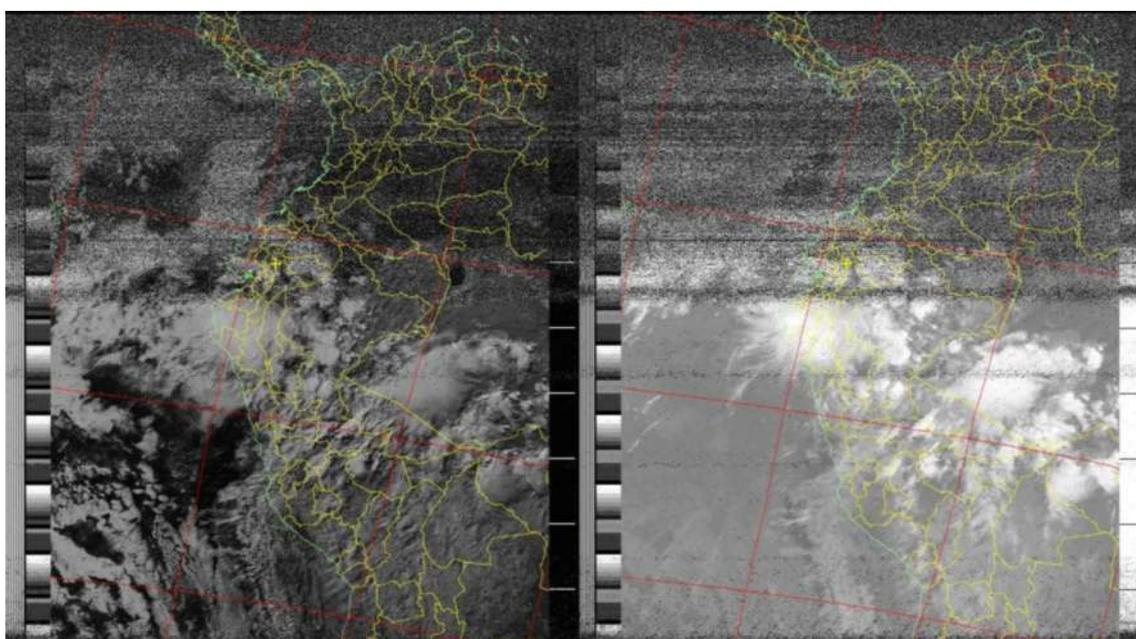
**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1. Escenario 1.- Antena Double Cross: Ausencia de lluvias

Las imágenes se obtuvieron bajo condiciones climáticas de días lluviosos y días soleados, días despejados y días nublados además de imágenes tomadas dentro de la ciudad y a las afueras de la misma. Las imágenes que se muestran a continuación muestran la calidad de la imagen bajo estas condiciones.



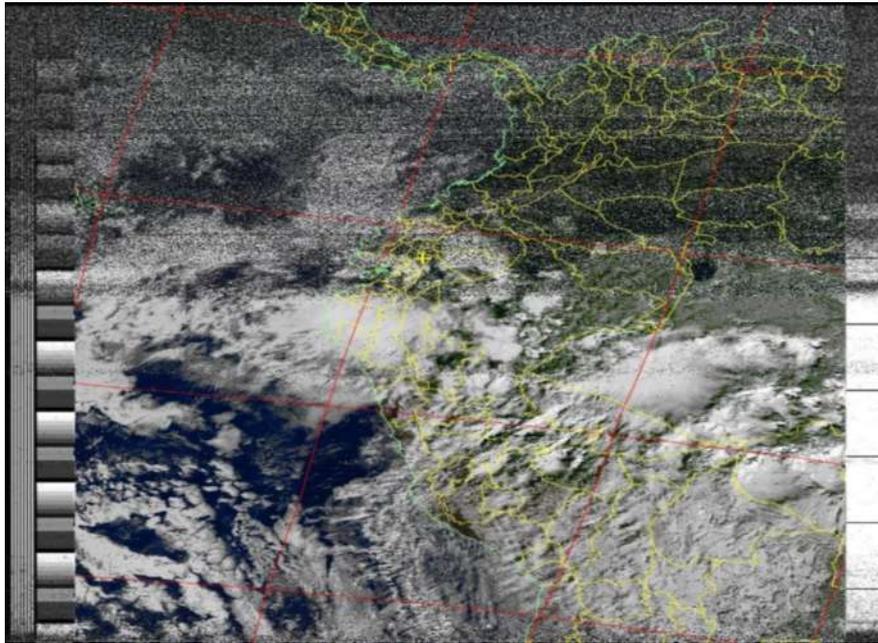
**Figura 1-3** Imagen normal de NOAA 15 del 28 de mayo-2018

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

En la Figura 1-3 se muestra la imagen del día 28 de mayo del 2018 tomada a las 18:03 horas, fue un día con ausencia de lluvias y cielo despejado, la imagen muestra ruido pasados los 10 minutos primeros minutos de la recepción, por lo que al llegar la señal del satélite por el cenit de la estación terrena esta comienza a mostrar ruido, lo que se debe también a las interferencias causados por otros sistemas de comunicación inalámbrica.

El software WxtoImg permite mejoras las imágenes obtenidas mediante evaluaciones “inteligentes” en cuanto a las regiones que sea probable que representen nube, la tierra y el mar,

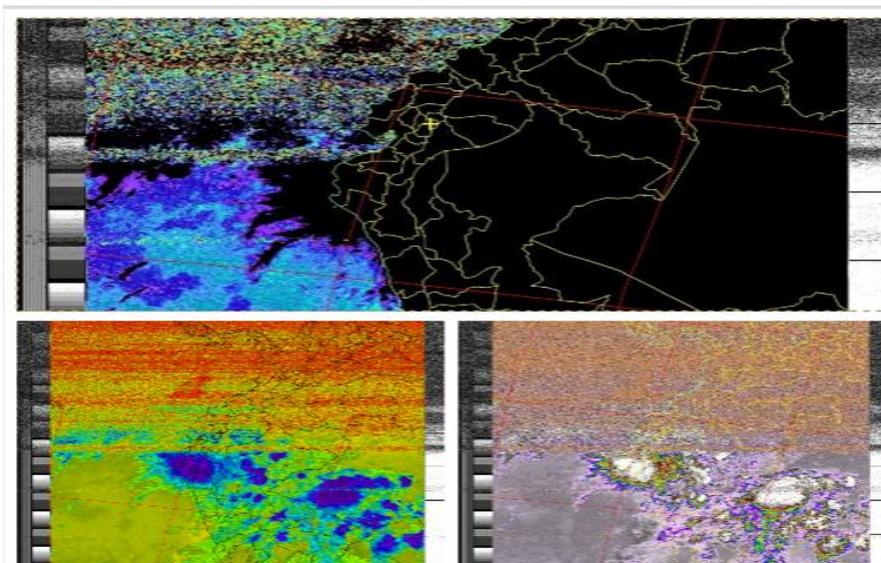
así los colores apropiados son asignados como se muestra en a Figura 2-3, esto lo hace mediante la opción de MSA (Mejora de color de Multi Spectral Analysis)



**Figura 2-3:** Imagen con MSA de NOAA 15 del 28 de mayo-2018

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

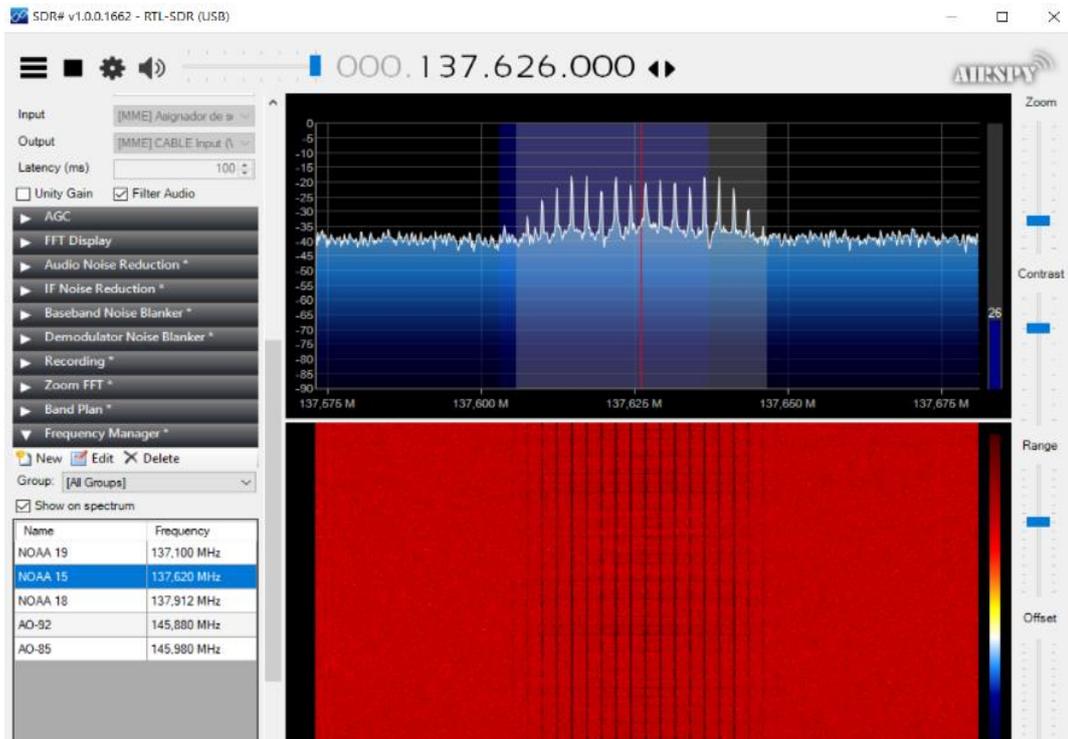
En la figura 3-3 se observa las demás mejoras o filtros de imágenes con las que cuenta el software así se puede visualizar la temperatura de los océanos, temperatura de la tierra y una opción de contraste del color de IR, hay que tener en cuenta que estas imágenes solo son informativas, y no se consideran operativas solo son estimaciones hechas por el software.



**Figura 3-3:** Imagen con filtros NOAA 15 del 28 de mayo-2018

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Bajo estas condiciones de cielo despejado y en ausencia de lluvia se obtuvo una imagen buena, con un SNR de 26 dB como se observa en el análisis de espectro en la Figura 4-3.



**Figura 4 -3:** Análisis de espectro NOAA 15

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

Como se detalló en la sección 2.1.1 los niveles de señal teóricos para la recepción de una buena señal es entre 10 y 31,024 db por lo tanto con un nivel de 26 db la imagen es considerablemente buena.

### 3.2. Escenario 2: Antena Doble Cross: Fuertes Lluvias

En la Figura 5-3 capturada el día 23 de mayo del 2018 a las 17:30 presenta ruido en demasía debido a la presencia de lluvias y vientos fuertes durante la recepción lo mismo que causo movilidad en la antena, A causa de la lluvia se obtuvieron nubes espesas en la imagen.

Para entender mejor la Figura 5-3 hay que tener en consideración la naturaleza de la órbita de la tierra alrededor del sol la cual causa una variación en el ángulo de incidencia de los rayos del sol, esta variación es lo que origina diferentes estaciones que radican en cambios de temperatura y luminosidad de la corteza terrestre.

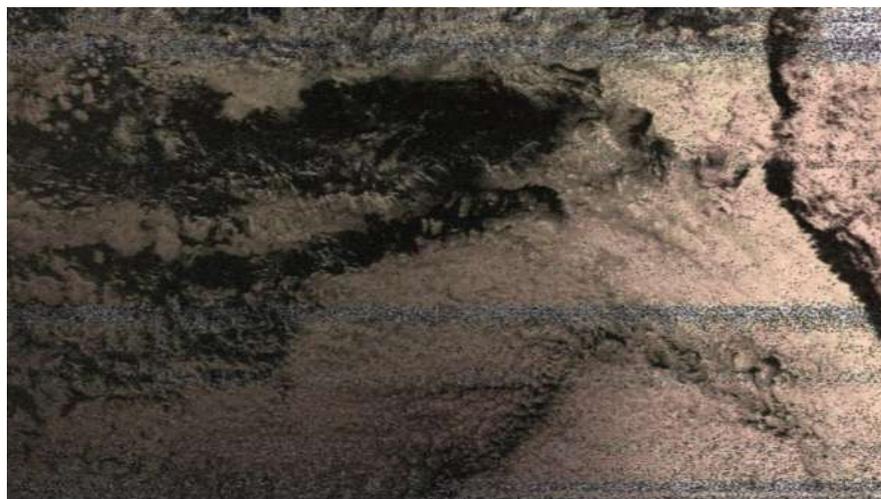
Este fenómeno causa un impacto en las imágenes, ya que para los días nublados y con presencia de lluvia la incidencia de los rayos del sol es menor y como consecuencia se tiene el empeoramiento del espectro visible debido a que la escala de grises al momento de la recepción va a ser muy oscura impidiendo observar la ubicación exacta de los países.



**Figura 5-3:** Imagen normal de NOAA 18 presencia de fuertes lluvias

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Se aplicó la opción de MSA para mejorar la imagen, pero no se obtuvieron resultados que mejoren la calidad de la imagen Figura 6-3.

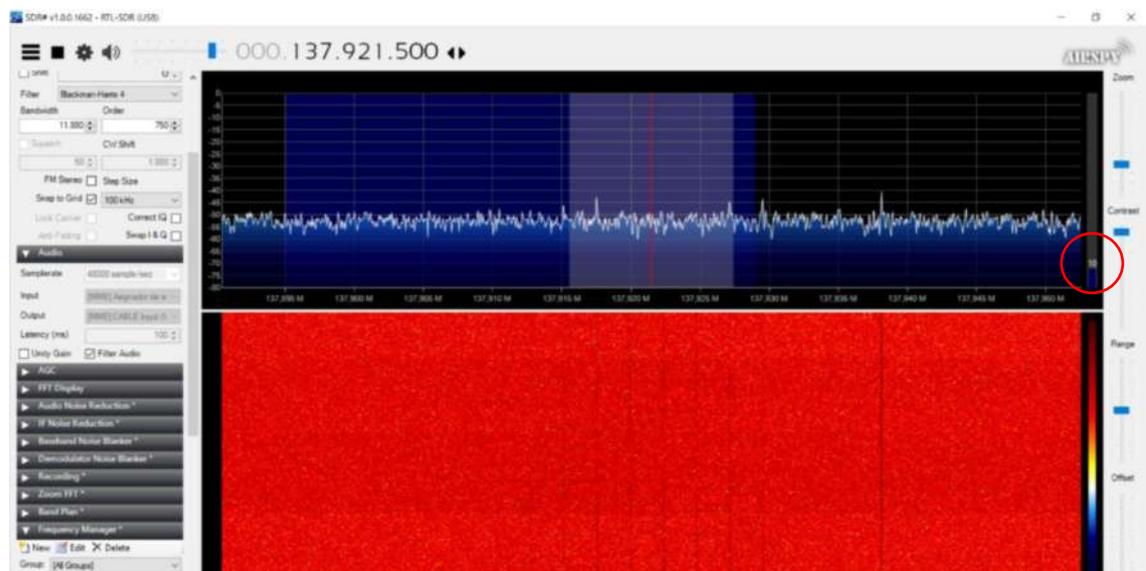


z

**Figura 6-3:** Imagen con MSA de NOAA 18 presencia de fuertes lluvias

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

En la Figura 7-3 se observa el análisis del espectro de la señal recibida bajo estas condiciones climáticas y se puede notar que el SNR es de 10 dB el cual es inferior al del escenario 1 y este nivel de SNR se encuentra en el margen inferior del nivel teórico analizado anteriormente por lo que se justifica la mala calidad de la imagen.

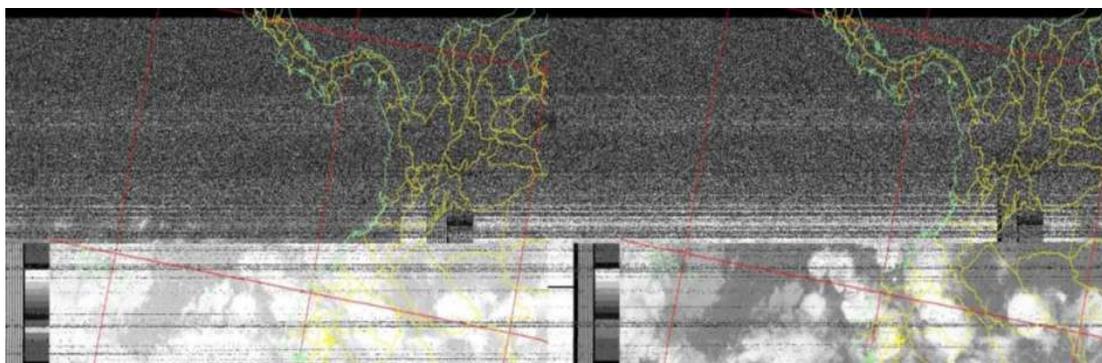


**Figura 7-3:** Análisis de espectro NOAA 18 presencia de fuertes lluvias

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

### 3.3. Escenario 3.- Antena Turnstile: Ausencia de lluvias

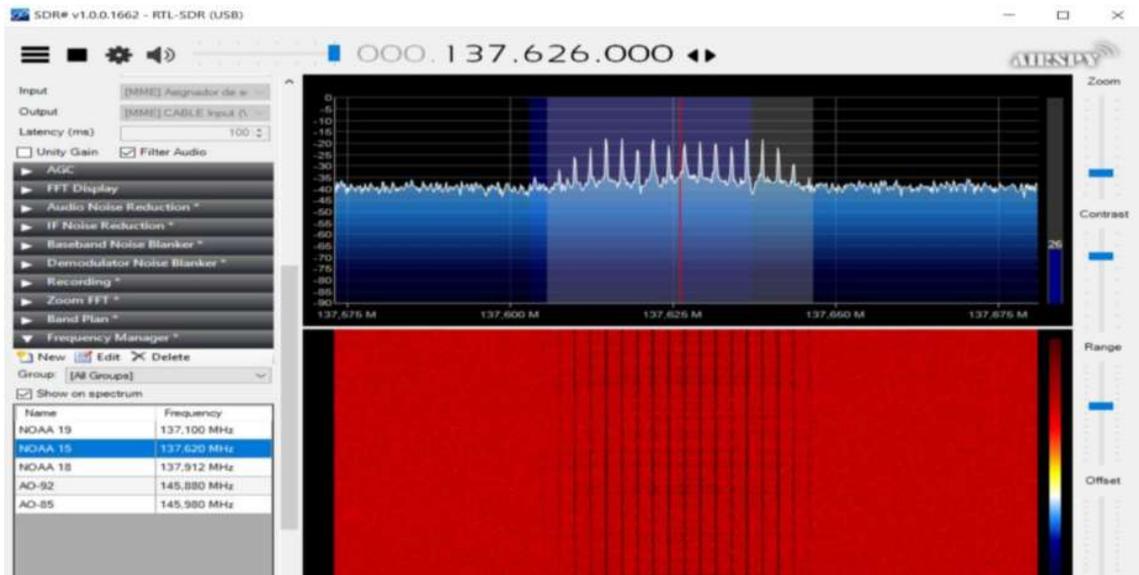
Como se mencionó en el capítulo anterior, la principal desventaja de la antena túrnatele es su poca ganancia, en la Figura 8-3 se muestra que la antena no es capaz de capturar una imagen amplia sin ruido, solo capta la señal del satélite por alrededor de 2 o 3 minutos pasado ese tiempo solo captura interferencias y ruido.



**Figura 8-3:** Imagen normal antena Turnstile ausencia de lluvias

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

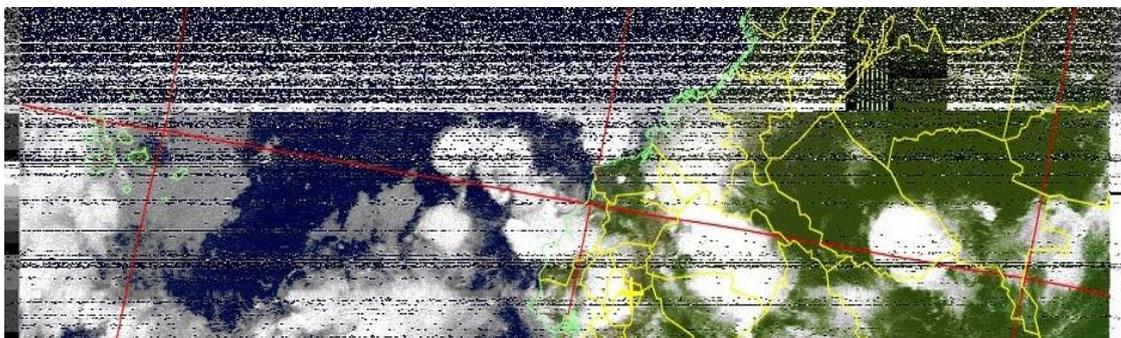
El análisis del espectro de la imagen durante los 3 minutos de recepción se muestra en la figura 9-3 el cual indica un nivel de SNR de 26 dB igual al que la antena Double Cross a diferencia de que la recepción de esta última dura más tiempo por lo que la imagen es mucho más amplia y con menos ruido. De igual manera este nivel de señal es muy bueno y se encuentra dentro del rango teórico calculado anteriormente.



**Figura 9-3:** Análisis del espectro NOAA 15 antena Turnstile ausencia de lluvia

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

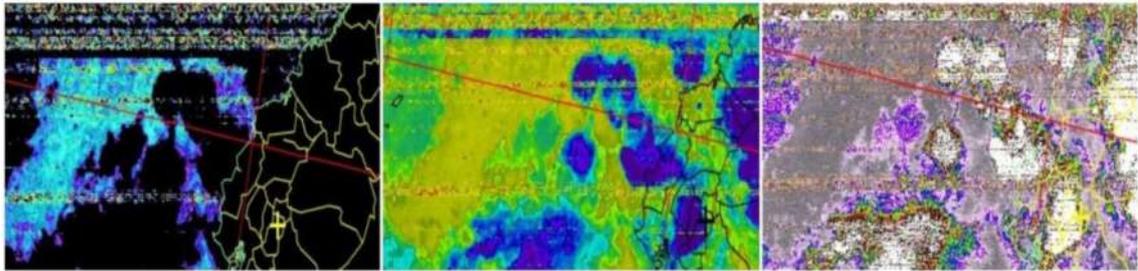
Aplicando los filtros MSA del canal 2 y 4 del satélite el programa es capaz de diferenciar en la imagen sin ruido los colores de nubes y tierra y océano como se observa en la figura 10-3 esto se debe a que la telemetría del satélite en ese punto de la imagen se recibió correctamente. Por lo tanto, la antena Turnstile funciona, pero no tan eficientemente como la antena Double Cross



**Figura 10-3:** Imagen MSA Antena Turnstile ausencia de lluvias

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

En la imagen 11-3 se muestran otros tres diferentes tipos de filtros del programa WxtoImg que implica la temperatura de mar, temperatura del ambiente y filtro IR de izquierda a derecha respectivamente.

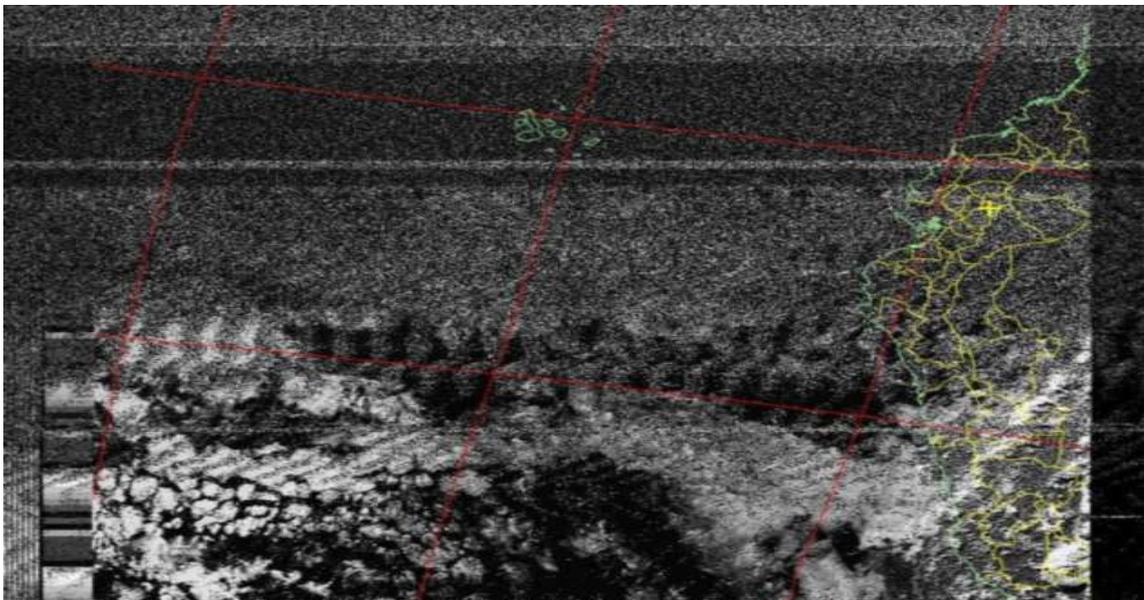


**Figura 11-3:** Imágenes con filtros antena Turnstile ausencia de lluvias

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

### 3.4. Escenario 4.- Antena Turnstile: Fuertes Lluvias

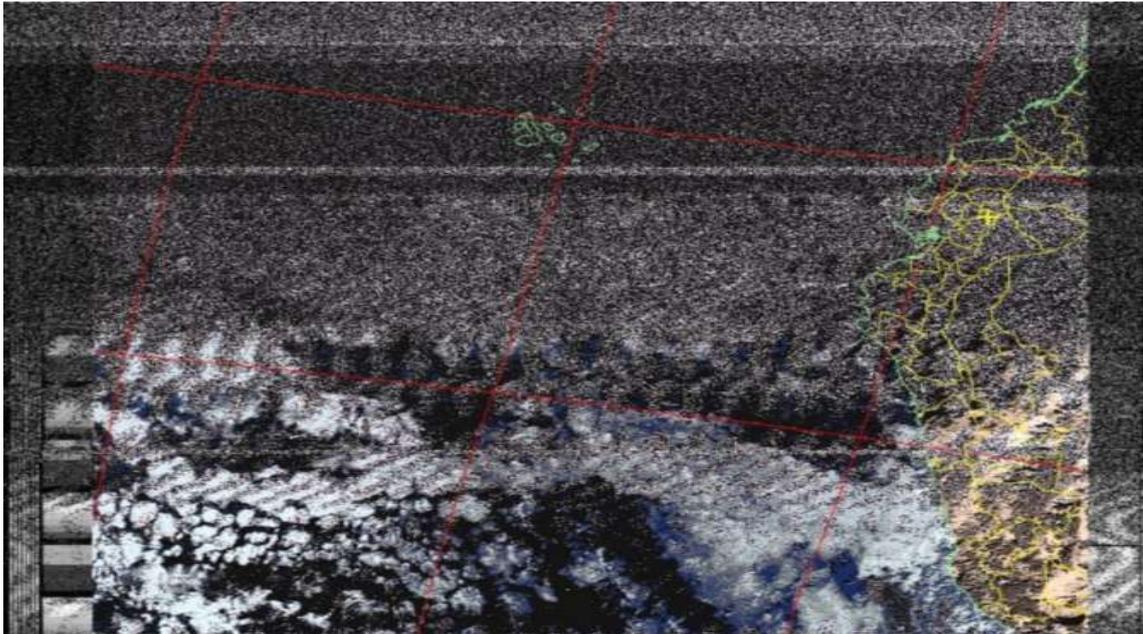
Al igual que en el escenario con la antena Double Cross con fuertes lluvias, en la Figura 12-3 se observa la presencia de ruido en la imagen incluso sobre el cenit de la estación terrena que es donde se visualiza la mayor cantidad del mismo, la antena Turnstile tiene problemas con respecto a la ganancia y solo es capaz de recibir las señales satelitales por no más de 3 minutos,



**Figura 12-3:** Imágenes con filtros antena Turnstile fuertes lluvias

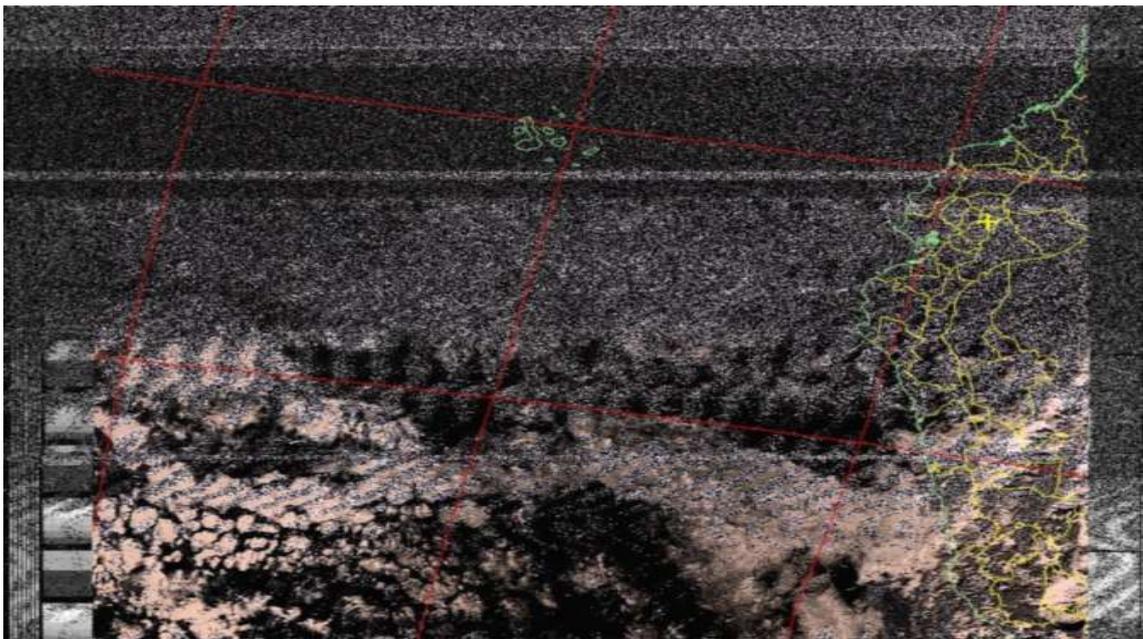
**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

La Figura 13-3 Y la Figura 14-3 muestra la imagen anterior aplicando los filtros de mejora MSA sin obtener resultados favorables.



**Figura 13-3:** Imágenes MSA antena Turnstile escenario con lluvia

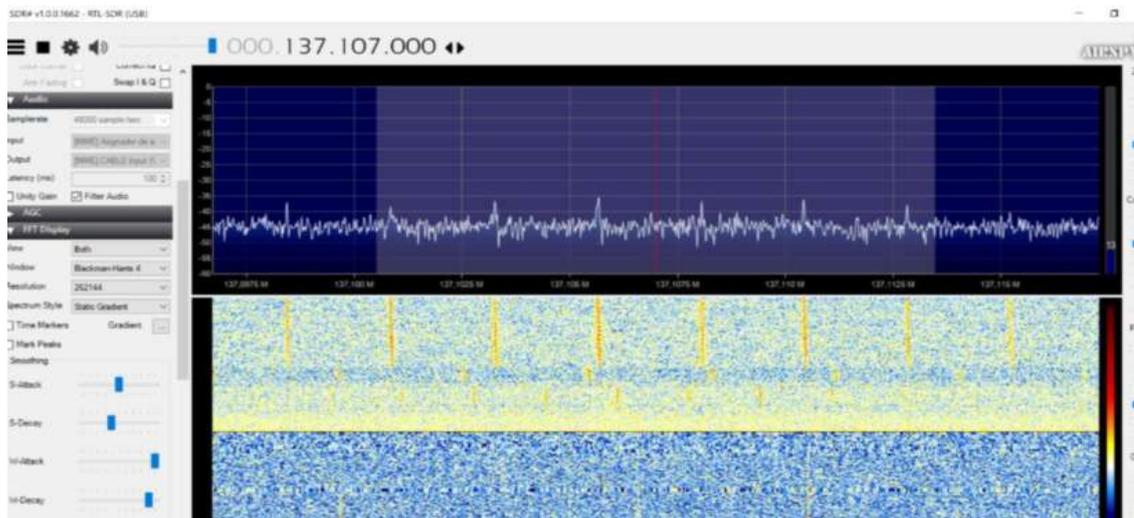
Fuente: (Cabeza Gary, 2018)



**Figura 14-3:** Imágenes con filtros antena Turnstile escenario con lluvia

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

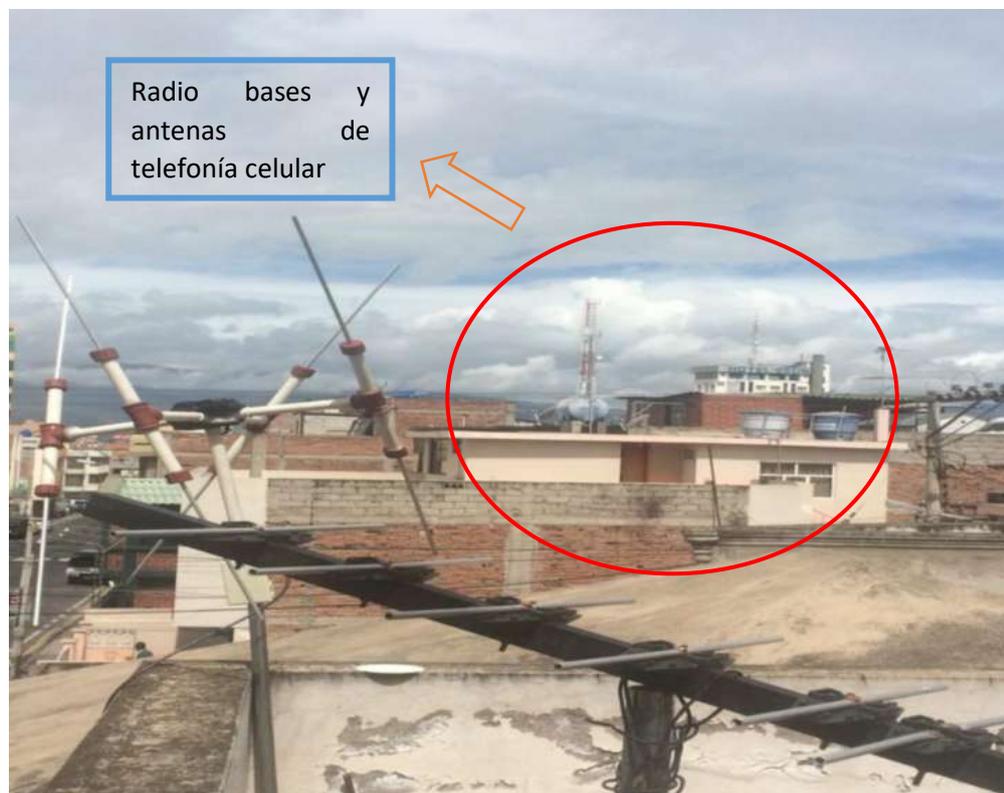
En cuanto al análisis del espectro bajo estas condiciones, se observa que la relación señal a ruido es de solo 10 dB (Figura 15-3) muy inferior al escenario anterior de la misma antena, con este nivel de SNR no es posible obtener una buena imagen ya que este nivel de SNR se encuentra en el límite teórico inferior calculado anteriormente, por estas razones se determina que esta antena no funciona correctamente bajo estas condiciones climáticas.



**Figura 15-3:** Análisis de Espectro NOAA 19 antena Turnstile escenario con lluvia

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Además de las condiciones climáticas hay que tener en cuenta que el ruido producido en las diferentes imágenes satelitales se debe también a que las antenas están ubicadas dentro de la ciudad en la cual existe saturación y contaminación de otros sistemas de comunicación, a pocos metros como se muestra en la Figura 16-3 se encuentra una radio base ubicada en la terraza de hotel “ZEUS” además de antenas de telefonía celular.



**Figura 16-3:** Radio bases y antenas de telefonía celular cerca de la estación terrena.

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Por lo que se procedió a realizar la recepción de las señales en un nuevo escenario esta vez un poco más alejado de la ciudad, el lugar escogido fue en las faldas del volcán Chimborazo a 4386 msnm, las imágenes que se recibieron se muestran en el Escenario 5.

### **3.5. Escenario 5.- Escenario fuera de la ciudad.**

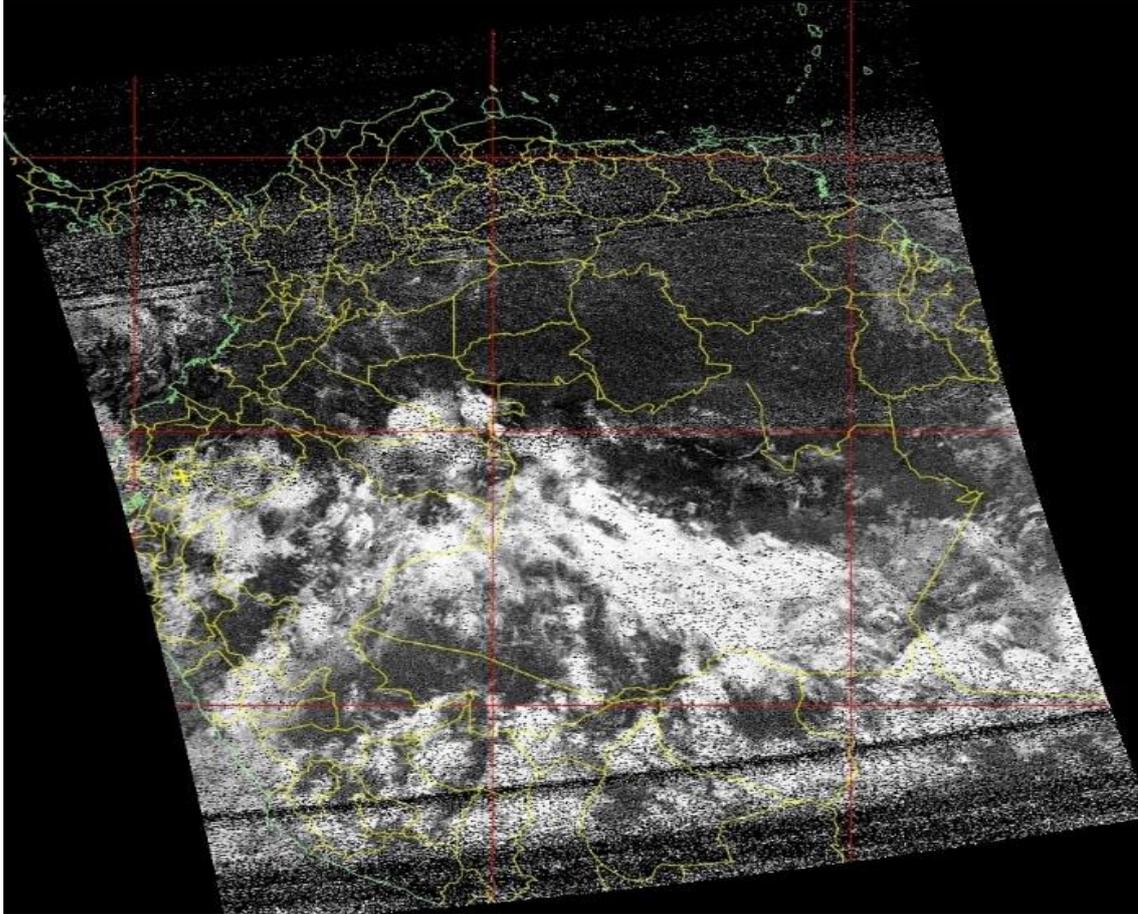
En la figura 17-3 se muestra el momento de la recepción de la imagen tomada el 3 de junio del 2018 a las 16:17 minutos hora de Ecuador, bajo buenas condiciones climáticas, cielo despejado y ausencia de lluvias y sumándole un factor importante el cual es la lejanía a otras posibles interferencias. Las pruebas se hicieron con la antena Double Cross ya que en experimentos anteriores esta mostró un mejor rendimiento.



**Figura 17-3:** Antena Double Cross fuera de la ciudad (Chimborazo).

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

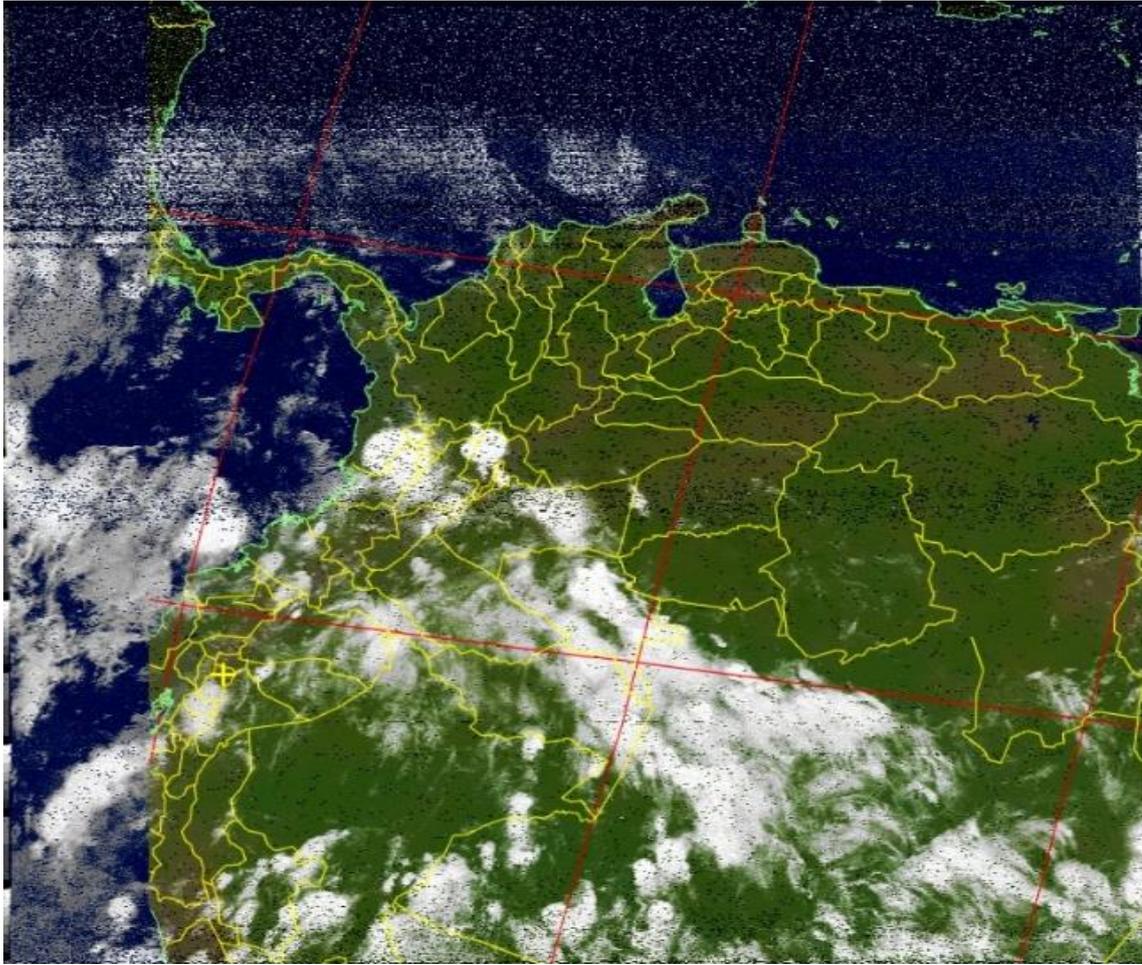
En la figura 18-3 se puede observar la imagen capturada, se observa que la imagen mejoro considerablemente, existe menos ruido y se pudo recibir imágenes mucho más completas que ahora cubren algo del territorio colombiano, venezolano y brasileño,



**Figura 18-3:** Imagen Normal antena Double Cross fuera de la ciudad (Chimborazo)

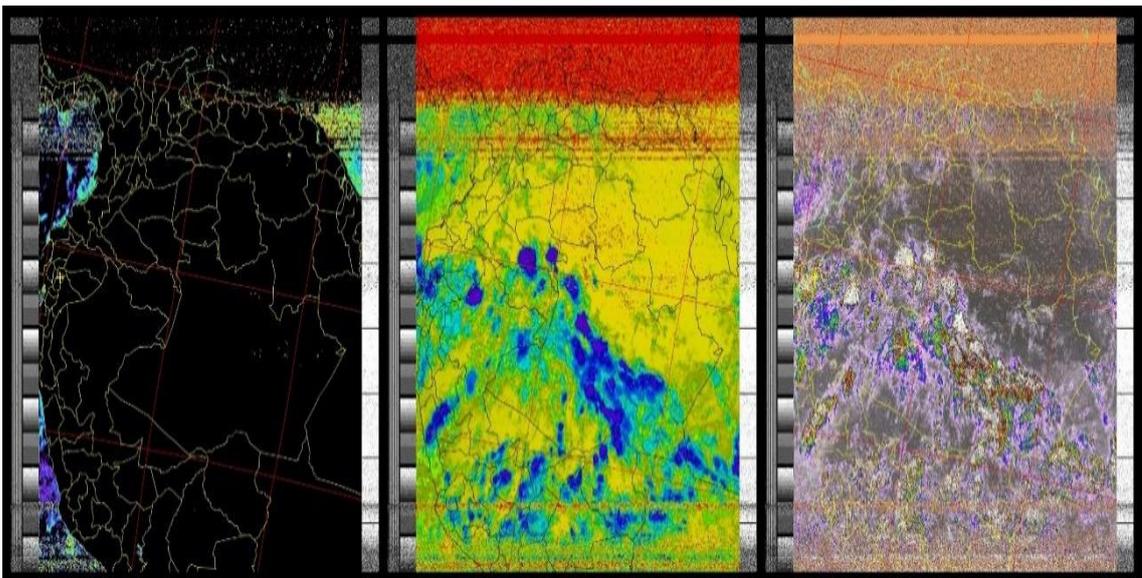
**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Aplicando los filtros de mejora del software WxtoImg se obtuvo una mejor percepción del territorio continental las nubes y el océano como se observa en la figura 19-3, mostrando así una imagen mucho mejor a los escenarios anteriores, además en la figura 20-3 aplicando las otras funciones de mejora de la imagen se obtuvieron las imágenes de temperatura de tierra, temperatura de mar y de IR (respectivamente de izquierda a derecha)



**Figura 19-3:** Imagen con filtros MSA antena Double Cross fuera de la ciudad (Chimborazo)

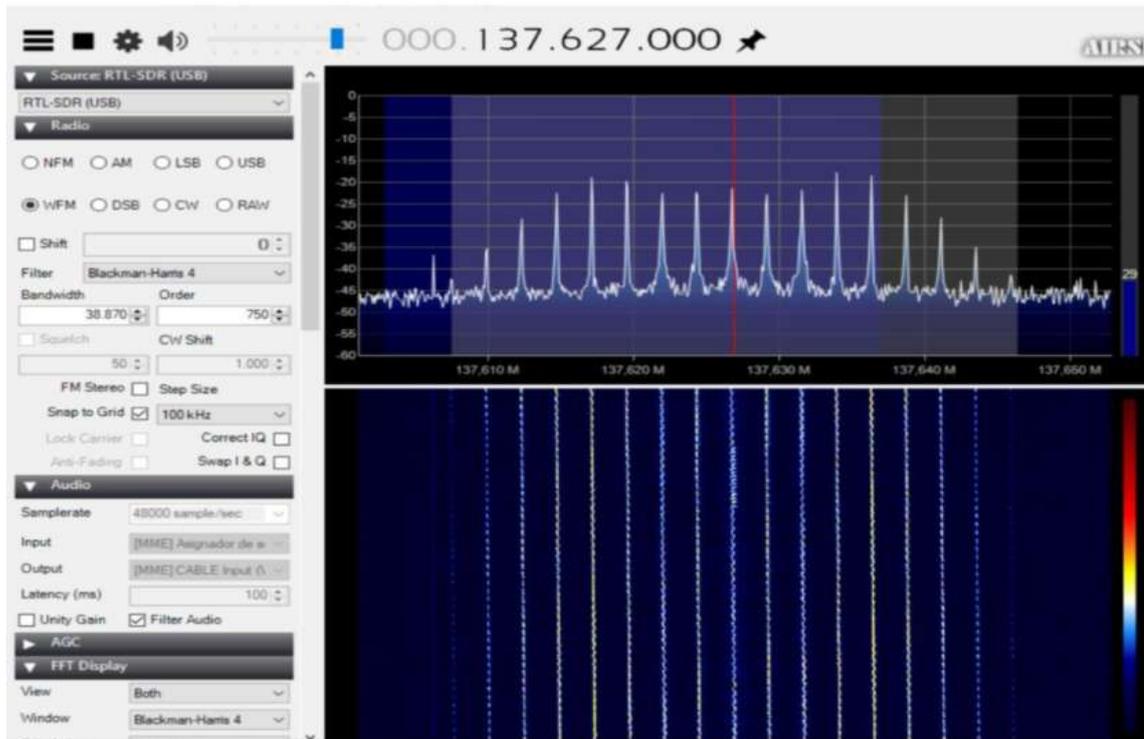
**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)



**Figura 20-3:** Imágenes con filtros de temperatura e IR fuera de Ciudad (Chimborazo).

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Adicional a esto en la Figura 21-3 se observa el análisis de espectro con un SNR de 29 dB el cual es el mejor SNR obtenido con los satélites NOAA y además es el que más se acerca al límite superior de 31,024 db calculado anteriormente.



**Figura 21-3:** Análisis de espectro escenario 5.

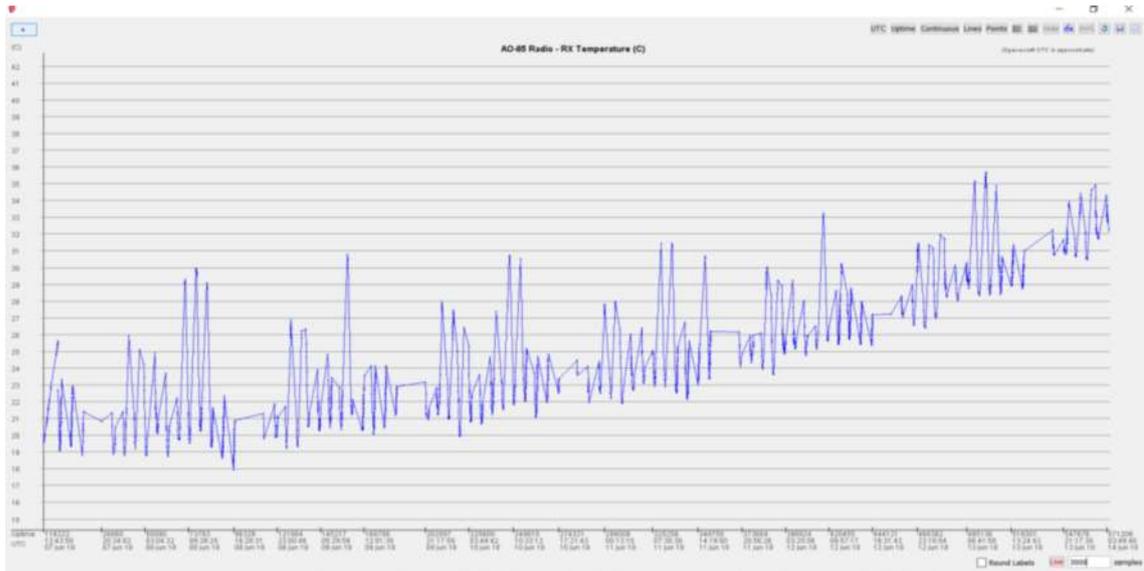
**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

### 3.6. Escenario 6.- Antena yagi recepción de satélites OSCAR-AMSAT

Las pruebas para recepción de telemetría de los satélites OSCAR-AMSAT se realizó con una antena yagi a la frecuencia diseñada a una frecuencia de 437MHz y para la decodificación de la misma se utilizó el software Fox 1 Telemetry Tools.

En las Figura 22-2 se aprecia la telemetría capturada del satélite AO-85 en la imagen se muestra información como estado del computador, radio, PSU y baterías del satélite.



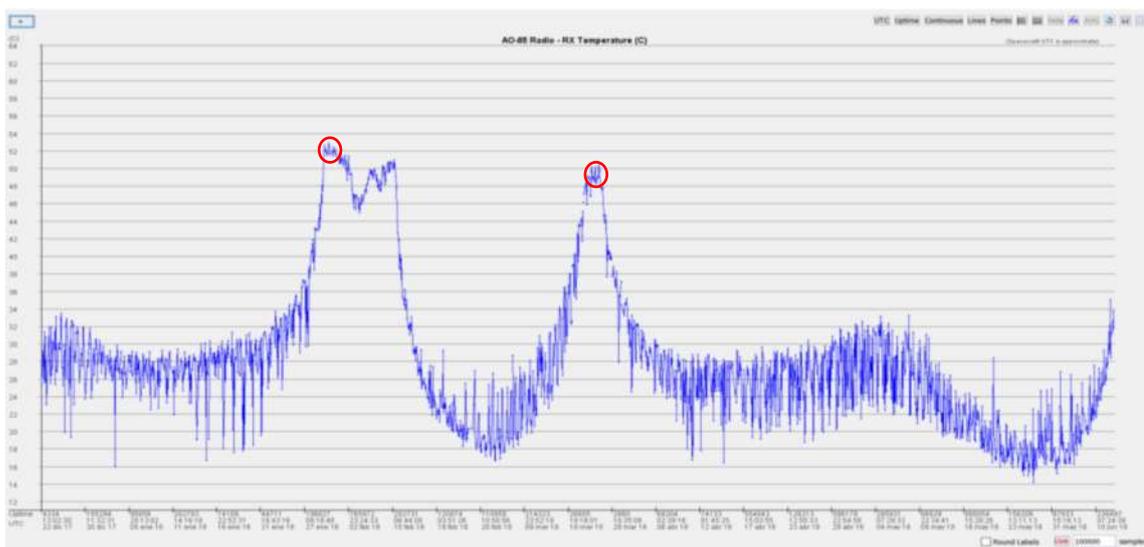


**Figura 24-3:** Temperatura de la radio del satélite AO-85. Semana 07-14 junio

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

En la figura 24-3 se observa la temperatura de la radio esta vez los datos de manera lineal, en primer lugar, se puede notar que los datos no son continuos, esto se debe a que la información fue recibida por estaciones terrestres de todo el mundo. Además, se observa que los datos de temperatura a lo largo de la semana han ido aumentando de 20°C hasta aproximadamente 33°C.

Para analizar la temperatura de la radio del satélite será necesario ver cómo ha estado funcionando meses atrás por lo que se procede a tomar más muestras de temperatura esta vez se tomarán 100000 muestras dando como resultado el estado de la radio en los últimos 6 meses. Ver Figura 25-3.



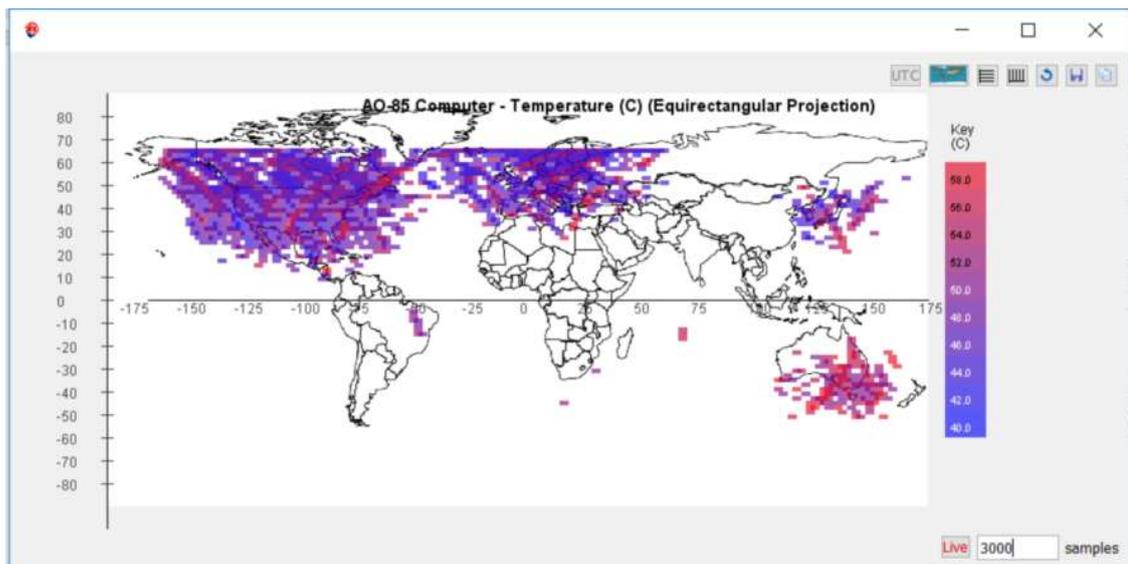
**Figura 25-3:** Temperatura de la radio satélite AO-85. Últimos 6 meses

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Se observa en la figura 25-3 que la radio del satélite AO-85 ha estado variando constantemente, se ha obtenido una gráfica donde se muestra la temperatura máxima de la radio la cual fue de 52°C entre el 27 de enero y 02 de febrero del 2018 se puede observar también que existió acumulación temporal de temperatura entre el 27 de enero y 19 de febrero y entre el 18-29 de marzo del mismo año.

Si se comparan los datos actuales con los de hace 6 meses, se llega a la conclusión de que actualmente la radio del satélite se encuentra a una temperatura “normal” de entre 20-33°C. Según la corporación de radio amateur AMSAT los datos normales de temperatura son entre 14°C y 35°C

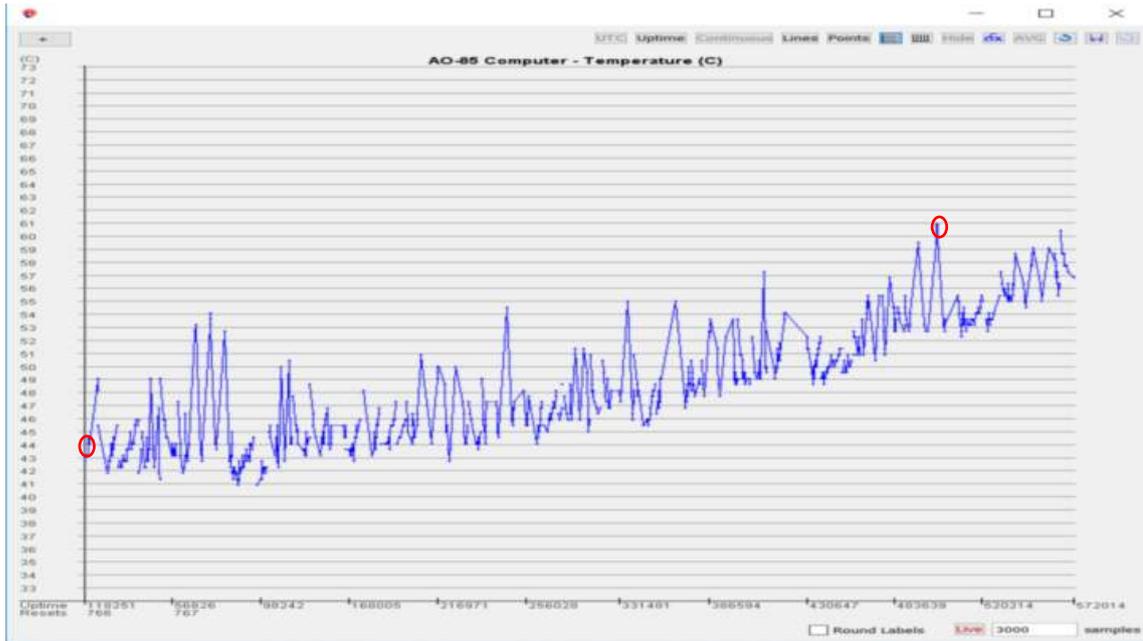
Ahora se realizará el análisis de la temperatura del computador del satélite, en la figura 26-3 se muestra el mapa de temperatura del computador satelital. De igual manera primero se analizará cómo ha estado funcionando la radio la última semana de recepción de temperatura para luego con datos de meses atrás realizar una comparación y determinar si su estado es bueno o no.



**Figura 26-3:** Mapa de temperatura del computador satélite AO-85. Semana 07-14 junio

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

La figura 26-3 muestra un mapa de temperatura para el computador del satélite similar al de la radio satelital sin embargo en la figura 27-3 se muestran los datos de temperatura de forma lineal y se puede observar que el computador la semana del 07-14 de junio estuvo con temperaturas más elevadas comenzando con 43°C y terminando la semana con aproximadamente 60°C.

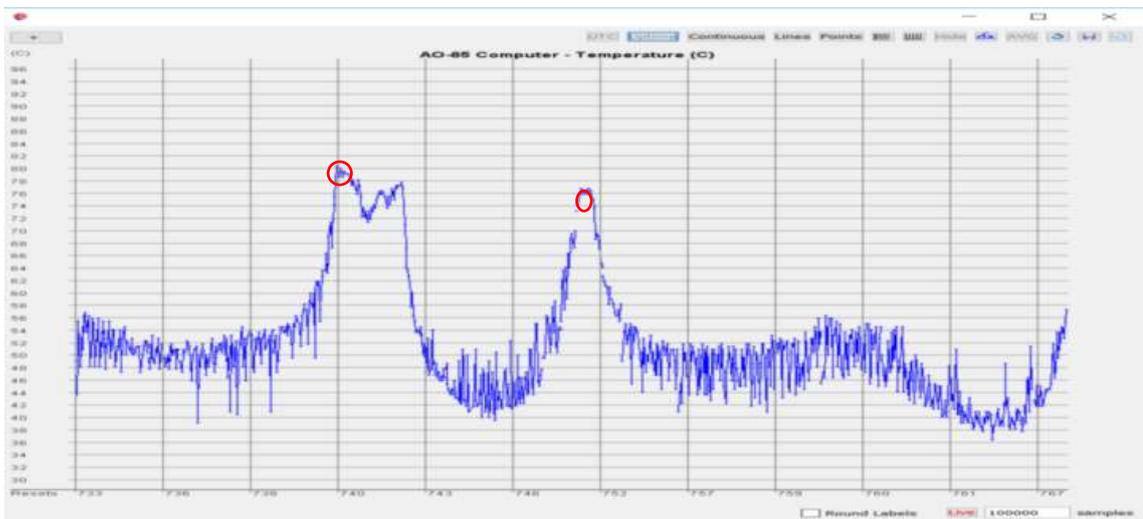


**Figura 27-3:** Temperatura del computador satélite AO-85. Semana 07-14 junio

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Como se mencionó en el punto 1.3.3.2 el computador o sistema de comunicación y manejo de datos realiza funciones independientes como la de recibir y modular la información transmitida, además de transmitir los datos de telemetría a las estaciones terrenas, es por esta razón que el computador se tendrá mayor temperatura que la radio satelital.

Ahora para entender si la temperatura actual que tiene el satélite es buena o no se analizarán 100000 muestras como se realizó anteriormente. La figura 27-3 muestra la temperatura del computador del satélite en los últimos 6 meses.



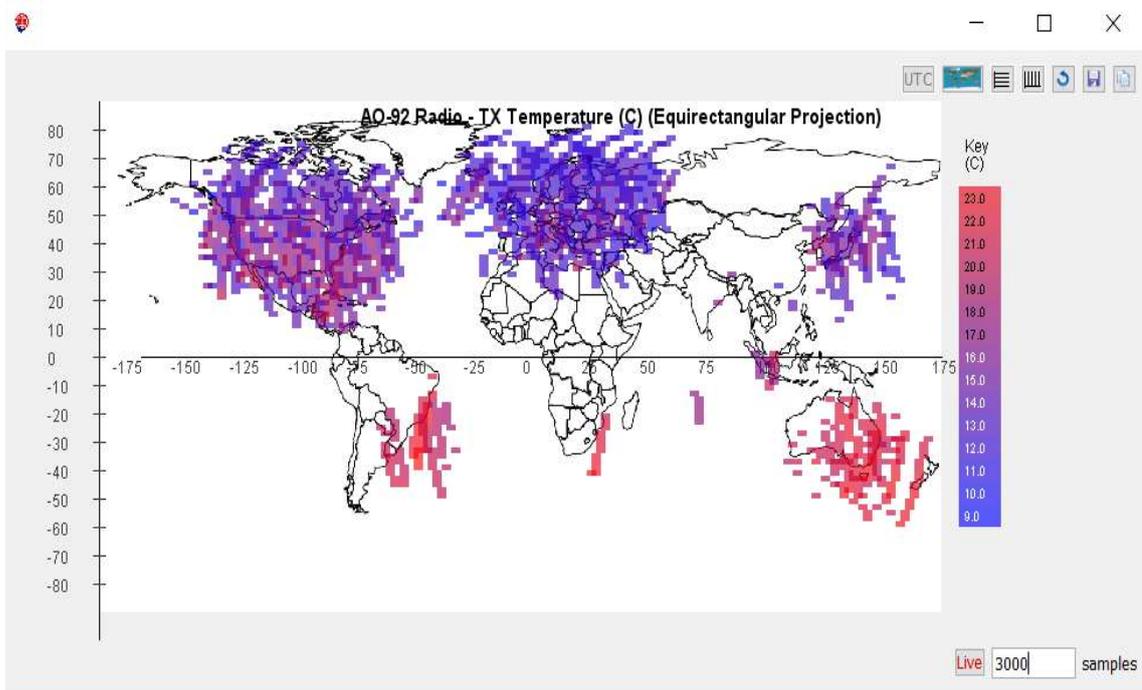
**Figura 28-3:** Temperatura del computador satélite AO-85. Últimos 6 meses.

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Se observa en la figura 28-3 que la máxima temperatura del computador satelital fue de 80°C el 30 de enero del 2018. Según AMSAT el computador del satélite debe permanecer a una temperatura ente 35°C y 60°C, por lo que actualmente el computador en la semana del 07-14 de junio se encuentra con una temperatura dentro del rango considerado como “bueno”.

### 3.6.2. Análisis de telemetría satélite AO-92

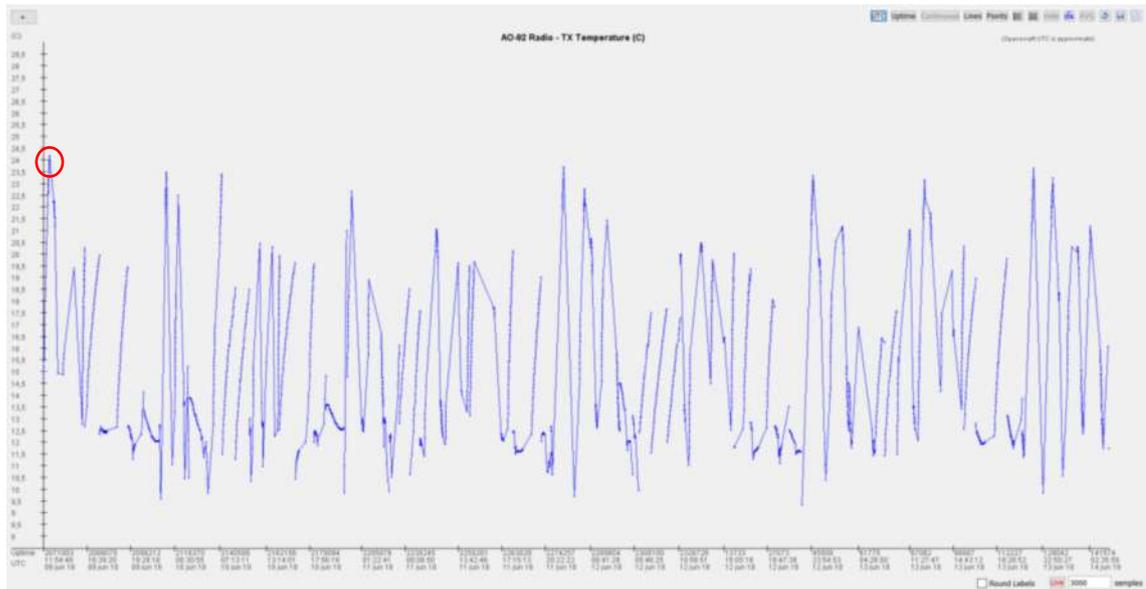
Al igual que con el satélite AO-85 se realizará el análisis de la temperatura del computador y de la radio satelital. En la Figura 29-3 se observa la temperatura del computador en la semana del 07-14 de junio del 2018. De igual manera fueron necesarias 3000 muestras para el análisis.



**Figura 29-3:** Mapa de temperatura de la radio satélite AO-92. Semana 07-14 junio

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

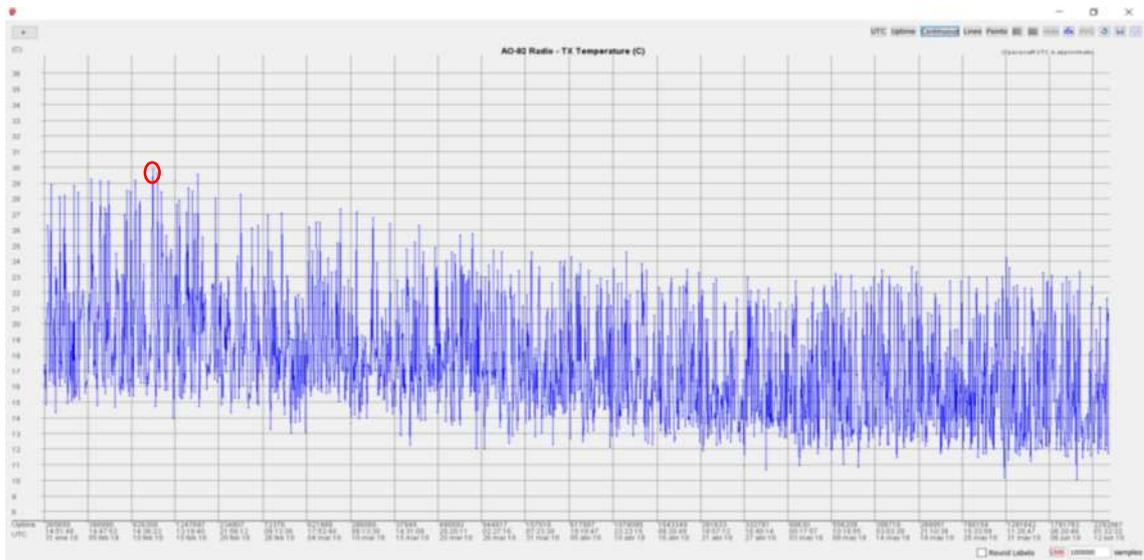
En la figura 30-3 se muestra la temperatura del satélite de forma lineal, se observa que la temperatura del satélite se mantiene relativamente constante sin mucha variación e cada día comenzando el 07 de junio en 24°C y terminando el 14 de junio en 21°C aproximadamente. La grafica muestra tiempo en el sistema UTM (Eje x) y temperatura en grados Celsius ( Eje y).



**Figura 30-3** Temperatura de la radio satélite AO-92. Semana 07-14 junio

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

De igual manera para determinar cuánto ha variado la temperatura de la radio de este satélite se analizan 100000 muestras para realizar una comparación del estado actual de la radio con la de hace 6 meses.



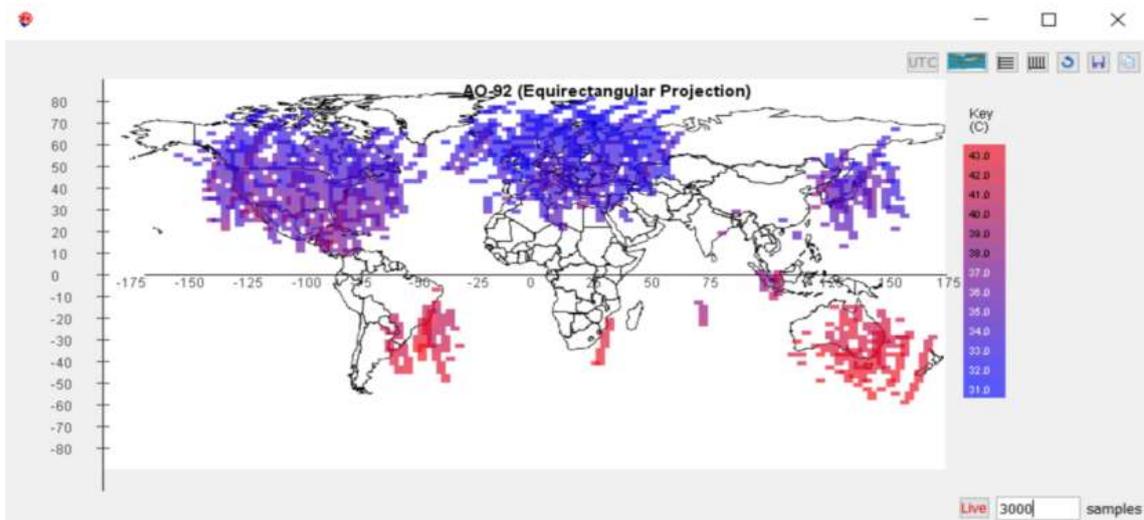
**Figura 31-3** Temperatura de la radio satélite AO-92. Últimos 6 meses

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Se observa en la figura 31-3 que la temperatura ha variado de manera relativamente constante, es decir no se observan elevaciones bruscas de temperatura, y tampoco se observan acumulaciones de temperatura como si sucedió con el satélite anterior. La máxima temperatura de la radio satelital fue de aproximadamente 30° entre el 10-15 de febrero del 2018.

Así el radio del satélite se ha mantenido los últimos seis meses bajo condiciones buenas de temperatura es decir entre los 14 y 35°C. Esto nos indica que actualmente la salud de la radio satelital de este satélite es mejor comparada con el satélite AO-85.

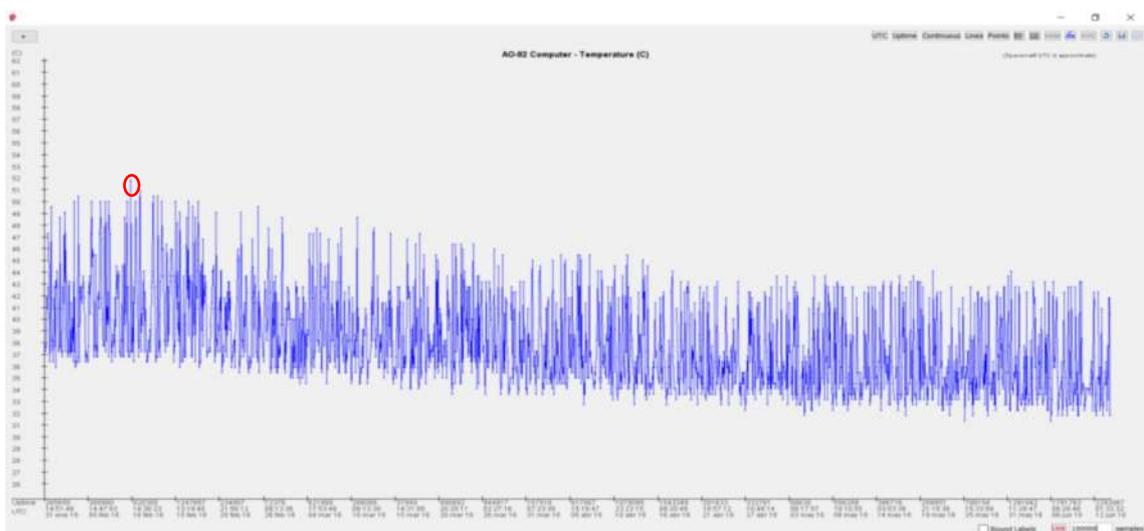
Por otro lado, el mapa de la temperatura del computador de este satélite se muestra en la Figura 32-3 donde se observa que existen más zonas en color entre azul y morado lo que demuestra que al momento de pasar el satélite por estas localidades su computador estuvo por debajo de los 37°C



**Figura 32-3** Mapa de temperatura del computador satélite AO-92. Semana 07-14 junio

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

Realizando los procedimientos anteriores se obtuvo el estado de computador de este satélite de igual manera con 100000 muestras para así determinar las variaciones que ha tenido esto a lo largo de 6 meses. Ver Figura 33-3



**Figura 33-3** Temperatura del computador satélite AO-92. Últimos 6 meses

**Fuente:** (Cabeza Gary, 2018)

De igual manera se observa que la salud del computador de este satélite es mucho mejor que la del satélite AO-85 mostrando variaciones de temperatura entre 35°C y 52°C que se encuentran dentro del límite considerado como pueden por la AMSAT el cual es de 35-60°C para el computador satelital.

### 3.6.3. Tabla Resumen para satélites NOAA Y AMSAT

**Tabla 1-3:** Tabla Resumen recepción Imágenes NOAA.

	Double Cross		Turnstile		D. Cross
Escenarios	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
Resultados	Ausencia de lluvias	Fuertes lluvias	Ausencia de lluvias	Fuertes lluvias	Fuera de la ciudad
SNR	26 dB	10 dB	26dB	10dB	29dB
Duración del enlace	10 min	8 minutos	4 minutos	3 minutos	13 minutos
Satélite	NOAA 15	NOAA 18	NOAA 15	NOAA 19	NOAA 18

Realizado por: Gary Cabeza Tapia. 2018

En la tabla 1-3 se diferencia que diferentes tiempos de duración del enlace esto se debe que diagrama de radiación de cada antena y de las condiciones climáticas a las que fueron expuestas teniendo en cuenta que para los satélites NOAA el tiempo de duración del enlace es entre 12-15 minutos por lo que la antena Double Cross fue la mejor en tiempos de duración del enlace y en niveles de SNR.

**Tabla 2-3:** Tabla Resumen recepción telemetría satélites OSCAR-AMSAT

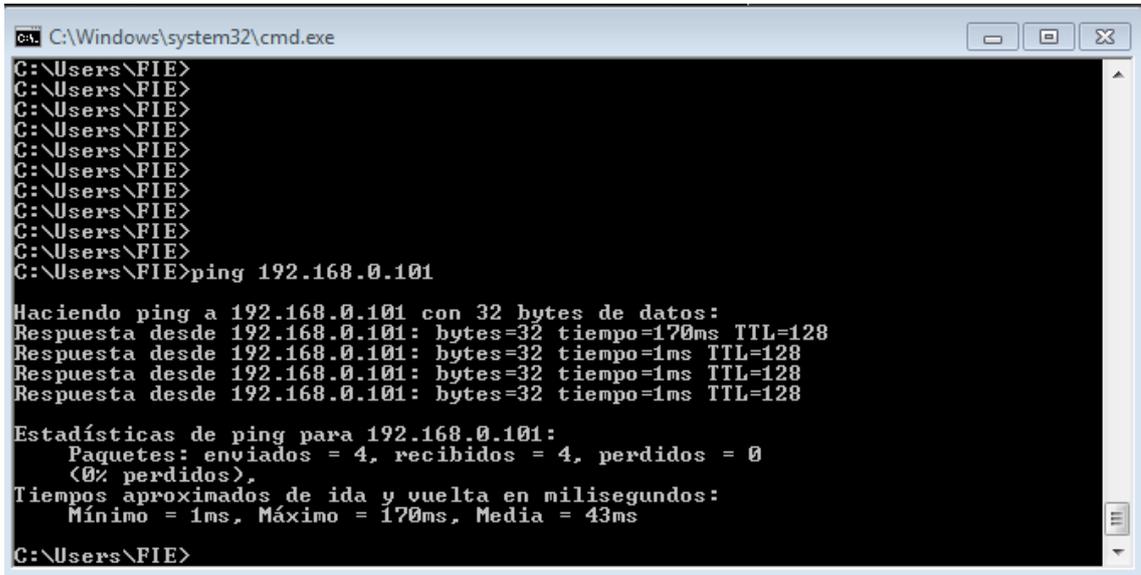
Satélite	AO-85		A0-92	
	Semana 07-14 junio	Max temperatura Últimos 6 meses (100000 muestras)	Semana 07-14 junio	Max. Temperatura Últimos 6 meses (100000 muestras)
Temperatura				
Radio	20-33°C	52°C	24-21°C	30°C
Computador	43-60°C	80°C	35-45 °C	52°C

Realizado por: Gary Cabeza Tapia. 2018

**Nota:** Tabla 2-3 valores máximos permitidos para radio 14-35°C y para computadores 35-60°C

### 3.7. Pruebas de conectividad al servidor.

La conexión desde las diferentes computadoras y dispositivos hacia el servidor se determinó mediante la utilidad ping del protocolo ICMP como se muestra en la Figura 34-3 las tres computadoras en la red LAN se comunican con la dirección 192.168.0.101.que es la dirección de servidor



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\FIE>
C:\Users\FIE>ping 192.168.0.101

Haciendo ping a 192.168.0.101 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.101: bytes=32 tiempo=170ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.101: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.101: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.101: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.101:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
            Mínimo = 1ms, Máximo = 170ms, Media = 43ms

C:\Users\FIE>
```

**Figura 34-3** Ping para prueba de conectividad al servidor

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

Luego de probar la conectividad de cada una de las PC al servidor se procede a ingresar en el navegador de cada computadora y escribir el dominio outernet.ga En la figura 35-3 se muestra cada una de las computadoras con acceso a la información del servidor.



**Figura 35-3** Acceso al servidor por medio de la red LAN

Fuente: (Cabeza Gary, 2018)

## CONCLUSIONES

- Se presentaron limitaciones al acceso de la tarjeta Dreamcatcher la cual pertenece a la empresa estadounidense llamada outernet, esta empresa brinda sus propios servicios de software y hardware para la recepción de información satelital, por esta razón se optó por utilizar el dongle RTL-SDR y software libre como alternativa para la creación de una estación terrena propia con un servicio paralelo a outernet para la adquisición de datos satelitales de CubeSat a un costo aproximado de \$80 dólares.
- Los niveles de señal teóricos calculados dan una primera aproximación de cuanto es el valor de la señal para que esta sea capturada, así se determinó que el valor mínimo de la señal debe ser de 10 dB y mientras más se acerca a 31.024 dB la señal será mejor, teniendo en cuenta que este análisis teórico se realizó excluyendo valores de pérdidas de cables y conectores.
- Después de realizadas las pruebas en los 6 escenarios en donde se evaluaron la versatilidad de las antenas se concluye que la antena Double Cross es más eficiente que la antena Turnstile a pesar de que en las diferentes pruebas los valores de SNR de ambas fueron similares (26 dB en ausencia de lluvias y 10 dB con fuertes lluvias ) sin embargo la antena Double Cross presentó una mayor duración en la recepción del enlace, 5-6 minutos más de audio aproximadamente por lo que las imágenes captadas con esta antenas presentaron una imagen más completa.
- En lugares altos, despejados y poco saturados por los demás sistemas de comunicación inalámbricas como pueden ser estaciones de radio o telefonía celular por ejemplo las faldas del volcán Chimborazo ubicado aproximadamente a 4386 msnm, la antena Double Cross funcionó de mejor manera mostrando el mejor un nivel de 29 dB de SNR siendo este el mejor de todos los escenarios.
- El servidor local es de fácil instalación, está basado en PHP, consta de una base de datos para el almacenamiento de los datos pudiendo almacenar hasta 64Mb de información, la distribución de los datos almacenados en el servidor se puede hacer a cualquier red LAN y el rendimiento del mismo dependerá 100% de la infraestructura de red que se disponga.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el servicio de outernet con la tarjeta propia utilizada y diseñada para este servicio denominada tarjeta Dreamcatcher ya que posee mejores características que SDR RTL y permite la decodificación de la información brindada por los satélites que incluye no solo imágenes satelitales sino también información de noticias, wiki entre otras, de esta manera se puede ampliar el contenido almacenado en la base de datos para su posterior distribución.
- Es recomendable evitar el uso de las antenas satelitales en lugares con mucha saturación de frecuencias causado por sistemas de comunicaciones inalámbricas cercanas, si se opta por la construcción de la antena Double Cross en entornos urbanos como la ciudad de Riobamba se recomienda que esta se coloque al menos a tres metros de altura en el tejado o terraza de un edificio.
- Si se utiliza el RTL-SDR por su bajo costo se recomienda utilizar un amplificador de señal ya que los satélites se encuentran a grandes distancias de la superficie terrestre entre 200-2000 Km, por lo que la señal llegará con mucha debilidad a las antenas, sumándole a esto las pérdidas de la señal debido a longitud de cables y conectores que se usan en la estación terrena es una buena opción el uso de un amplificador de señal conectado a la antena con lo que se mejorara los niveles de recepción de las señales.
- Para la instalación del servidor se recomienda el uso de un computador con arquitectura x86 (32 bits), y como mínimo los siguientes requisitos, memoria RAM de 2Gb, un procesador dual Core de 2 núcleos, disco duro Sata de 500Gb, con estos requisitos es más que suficiente para comenzar con un servidor Web en buenas condiciones.
- Se da apertura a la investigación en el área de las comunicaciones satelitales, recomendando futuros proyectos los cuales podrían tener mejores resultados, ya sea decodificando de igual manera imágenes de satélites NOAA o extendiendo la investigación a todos los satélites de órbita polar, o además de eso se puede como proyecto futuro crear un sistema de predicción de desastres naturales que puedan ser detectados desde el espacio.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGENCIA ESPACIAL MEXICANA**, Introducción a los Sistemas Espaciales. [en línea], 2013. p. 50. [Consulta: 24 marzo 2018]. Disponible en: [http://www.educacionespacial.aem.gob.mx/images/normateca/pdf/CURSO\\_ISE/Modulo\\_3.pdf](http://www.educacionespacial.aem.gob.mx/images/normateca/pdf/CURSO_ISE/Modulo_3.pdf).

**AGENCIA ESPACIAL MEXICANA**, El estándar CubeSat. [en línea]. 2016. [Consulta: 24 marzo 2018]. Disponible en: <http://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=299>.

**ALVAREZ, C.**, Diseño y construcción de una antena Double Cross para recepción de imágenes procedentes de satélites de órbita polar. , 2012. p. 98.

**AMSAT EA**, AMSAT EA - Satélites OSCAR. [en línea]. 2018. [Consulta: 6 junio 2018]. Disponible en: <https://www.amsat-ea.org/los-satélites-oscar/>.

**CEPAL**, Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2016. [en línea], 2016. p. 7. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40528/6/S1601049\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40528/6/S1601049_es.pdf).

**CHINNA, R.**, *OUTERNET* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. [Consulta: 24 marzo 2018]. 2017. Disponible en: [https://www.academia.edu/30768401/OUTERNET\\_SEMINAR\\_REPORT\\_SUBMITTED\\_IN\\_PARTIAL\\_FULFILLMENT\\_OF\\_THE\\_REQUIREMENTS\\_FOR\\_THE\\_DEGREE\\_OF\\_BACHELOR\\_OF\\_TECHNOLOGY\\_IN\\_ELECTRONICS\\_AND\\_COMMUNICATION\\_ENGINEERING](https://www.academia.edu/30768401/OUTERNET_SEMINAR_REPORT_SUBMITTED_IN_PARTIAL_FULFILLMENT_OF_THE_REQUIREMENTS_FOR_THE_DEGREE_OF_BACHELOR_OF_TECHNOLOGY_IN_ELECTRONICS_AND_COMMUNICATION_ENGINEERING).

**DOMÍNGUEZ, I.P., JOSÉ, J. y FUENTES, M.**, Laboratorio de Comunicaciones Digitales Radio Definida por Software. [en línea], 2011. p. 13. [Consulta: 23 abril 2018]. Disponible en: <http://alojoptico.us.es/murillo/LibroSDRV7USv8.pdf>.

**ECURED**, Antena Yagi Uda. [en línea]. 2017. [Consulta: 7 junio 2018]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Antena\\_Yagi\\_Uda](https://www.ecured.cu/Antena_Yagi_Uda).

**FOROUZAN, B.A.**, *Data Communications and Networking* [en línea]. S.l.: McGraw-Hill Higher Education. 2013. [Consulta: 5 marzo 2018]. ISBN 9780072967753. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21843847>.

**GARCÍA YAGÜE, A.**, GPON y GPON Doctor. *CCAPITALIA.NET* [en línea]. 2014. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>.

**GREEN, N.**, Curso Internet Libre y Abierto. [en línea]. 2014. [Consulta: 14 junio 2018]. Disponible en: [http://open-internet-p2pcourse.org/modules/module 7/antecedentes/](http://open-internet-p2pcourse.org/modules/module%207/antecedentes/).

**INEC**, Encuesta de Condiciones de Vida Sexta Ronda. [en línea], 2014. p. 1–18. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/ECV/Presentacion\\_Encuesta\\_Condiciones\\_Vida.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/ECV/Presentacion_Encuesta_Condiciones_Vida.pdf).

**INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS**, 145-1983 - IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas. [en línea], 1983. [Consulta: 1 julio 2018]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/30651/>.

**JORGE SÁNCHEZ**, MySQL guía rápida (versión Windows). [en línea], 2004. p. 4. [Consulta: 23 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.cartagena99.com/recursos/programacion/apuntes/mysql.pdf>.

**KEMP, S.**, Digital in 2017: Global Overview - We Are Social. [en línea]. 2017. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: <https://wearesocial.com/special-reports/digital-in-2017-global-overview>.

**LES HAMILTON**, Les Hamilton's Home Page Index. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 23 mayo 2018]. Disponible en: <http://leshamilton.co.uk/index.htm>.

**MARCHIONNI ENZO AUGUSTO**, *Administrador de Servidores Herramientas, Consejos y Procedimientos para el Profesional*. S.l.: s.n. 2011. ISBN 9789871347933.

**MARTES, G.**, Double Cross — A NOAA Satellite Downlink Antenna. , 2008. p. 6–8.

**MARTES, J.**, Simple APT Antenna. [en línea]. 2008. [Consulta: 21 mayo 2018]. Disponible en: [http://www.hffax.de/html/simple\\_apt\\_antenna.html](http://www.hffax.de/html/simple_apt_antenna.html).

**MCGRAW-HILL/ INTERAMERICANA DE ESPAÑA**, ANTENAS 01\_ conocimientos previos. [en línea]. 2012. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448146727.pdf>.

**MILLET, P.B.**, Puesta en marcha de un SGBD y un servidor web local. *FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya* [en línea]. S.l. [Consulta: 28 marzo 2018]. 2013. Disponible en: [https://www.academia.edu/34844922/Puesta\\_en\\_marcha\\_de\\_un\\_SGBD\\_y\\_un\\_servidor\\_web\\_local](https://www.academia.edu/34844922/Puesta_en_marcha_de_un_SGBD_y_un_servidor_web_local).

**MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN**, Plan Nacional De Telecomunicaciones Y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021. *Sector de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información* [en línea], 2016. p. 66. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Plan-de-Telecomunicaciones-y-TI..pdf>.

**MORA, J.**, Acceso a internet. [en línea], 2012. p. 3–5. [Consulta: 6 marzo 2018]. DOI 10.4067/S1726-569X2005000100006. Disponible en: [http://www.coitaoc.org/files/estudios/tecnologia\\_facil\\_7aba8393.pdf](http://www.coitaoc.org/files/estudios/tecnologia_facil_7aba8393.pdf).

**NEOTEO**, Outernet: WiFi gratis desde el Espacio. [en línea]. 2014. [Consulta: 15 junio 2018]. Disponible en: <https://www.neoteo.com/outernet-wifi-gratis-desde-el-espacio-2/>.

**PANG, A.S.K. y TWIGGS, B.**, Citizen satellites. *Scientific American*. S.l.: s.n., 2011. pp. 48–53. ISBN 6465637138.

**PATRICIA, P.**, Conceptos Básicos Dreamweaver. [en línea], 2013. p. 5–12. Disponible en: <https://pipo777.files.wordpress.com/2013/04/ud01.pdf>.

**PELTON, J.N.**, Satellite Communications. . S.l.: s.n., 2012. pp. 11. ISBN 978-1-4614-1993-8. RADIO DIGITAL URE, Foro de la Vocalía de Radio Digital. [en línea]. 2016. [Consulta: 26 junio 2018]. Disponible en: <https://radiodigital.ure.es/foro/viewtopic.php?t=333>.

**RAJASTHAN TECHNICAL UNIVERSITY**, Outernet Main Report. [en línea]. 2014. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: [https://www.slideshare.net/rajnishkumawat/main-report-outernet?qid=0994e7c9-8265-4d4c-b715-32bc5bf7a0f1&v=&b=&from\\_search=17](https://www.slideshare.net/rajnishkumawat/main-report-outernet?qid=0994e7c9-8265-4d4c-b715-32bc5bf7a0f1&v=&b=&from_search=17).

**RAMOS, A. y NOBOA, L.**, Diseño e implementación de un prototipo para recepción de señales satelitales para obtención de imágenes meteorológicas del sistema de satélites NOAA (Nacional Oceanic and Atmospheric Administration) usando radio definido por software. , 2016. p. 57.

**ROSADO, C.**, *Comunicación por satélite* [en línea]. S.l.: s.n. 2000. [Consulta: 6 marzo 2018]. ISBN 8487644422. Disponible en: <https://uahc.files.wordpress.com/2014/01/comunicaciones-por-satelite.pdf>.

**RTL-SDR.COM**, About RTL-SDR - rtl-sdr.com. [en línea]. 2015. [Consulta: 3 abril 2018]. Disponible en: <https://www.rtl-sdr.com/about-rtl-sdr/>.

**RTL-SDR.COM**, RTL-SDR Tutorial: Receiving and Decoding Data from the Outernet. [en línea]. 2016. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-tutorial-receiving-and-decoding-data-from-the-outernet/>.

**SEBASTIAN MIGUEL CHANES REZA, P.V.M.**, “ *Diseño de una aplicación de monitoreo para un satélite CubeSat* ” [en línea]. S.l.: s.n. 2014. [Consulta: 14 junio 2018]. Disponible en: [http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/15123/1/Diseño de una aplicación de monitoreo para un satélite CubeSat.pdf](http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/15123/1/Diseño%20de%20una%20aplicación%20de%20monitoreo%20para%20un%20satélite%20CubeSat.pdf).

**SEBASTIAN, S.**, Satellite Tracking System: Orbitron by Sebastian Stoff / Satellite tracking easiest ever! [en línea]. 2005. [Consulta: 7 junio 2018]. Disponible en: <http://www.stoff.pl/>.

**SIERRA, M.**, Qué es un servidor y cuáles son los principales tipos de servidores (proxy,dns, web,ftp,pop3 y smtp, dhcp...). *Aprenderaprogramar.Com* [en línea], 2008. p. 2. [Consulta: 26 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.aprenderaprogramar.com/attachments/article/542/DV00408A> Que es un servidor principales tipos proxy smtp ftp web dns.pdf.

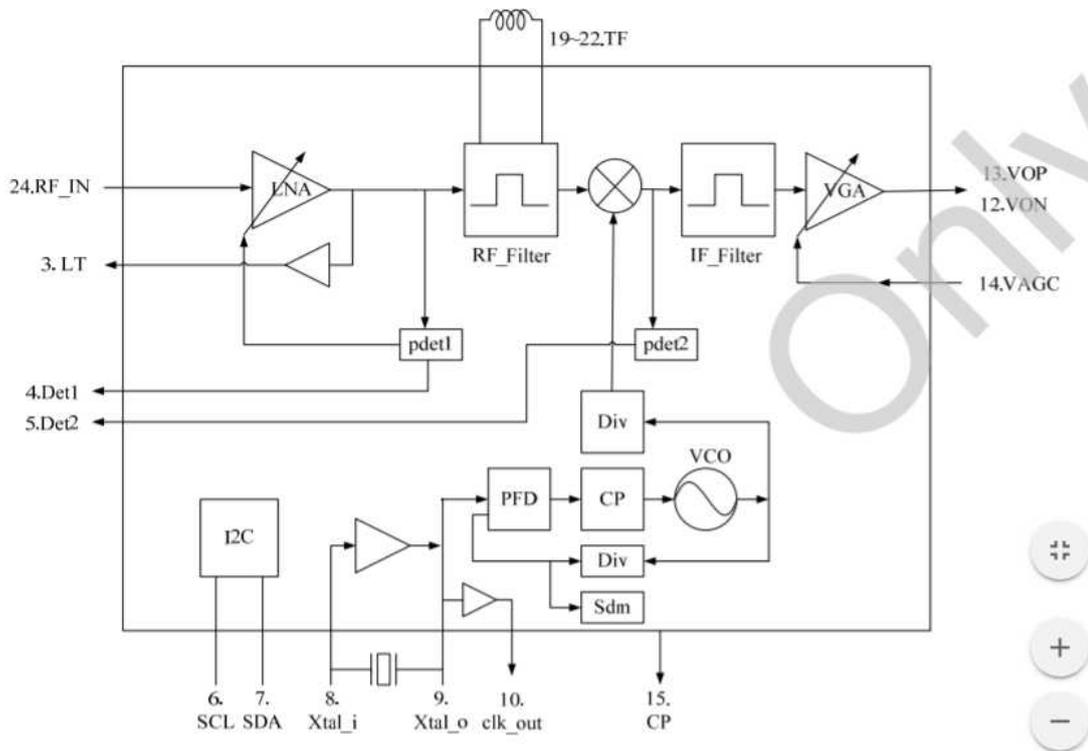
**TUTOR**, Tutoriales y manuales de Wampserver. [en línea]. 2015. [Consulta: 28 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.formacionprofesional.info/tutoriales-y-manuales-de-wampserver/>.

**VELASCO ARIAS, C.A.**, Escuela politécnica nacional. *Estudio de Factibilidad para la creación de una operadora de ecoturismo en la ciudad de Otavalo* [en línea], 2016. p. 43. Disponible en: <file:///C:/Users/HOGAR/Downloads/CD-2042.pdf>.

**WNI MÉXICO**, Tipos de Antenas y Funcionamiento. [en línea], 2015. p. 2. Disponible en:  
[http://www.wni.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79](http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79).

## ANEXOS

### Anexo A: RTL-SDR DATASHEET.



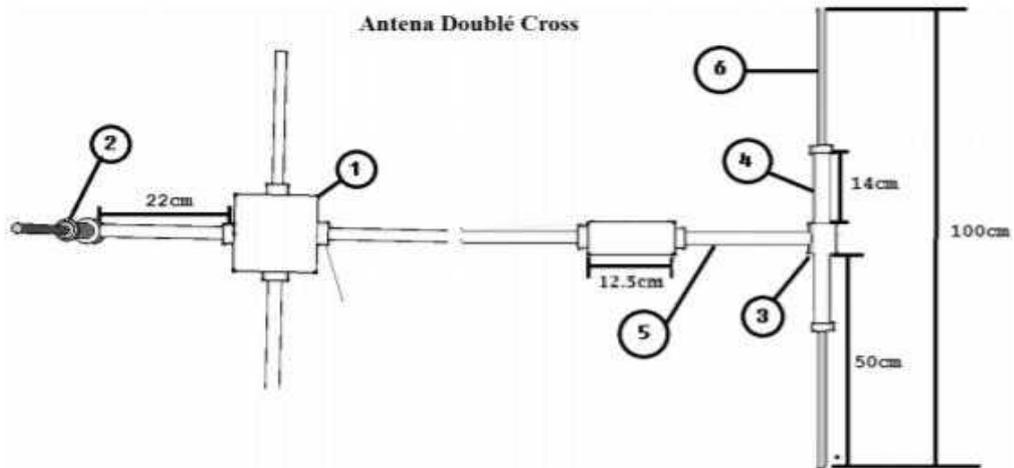
#### ■ Quick Reference Data

##### Typical figures

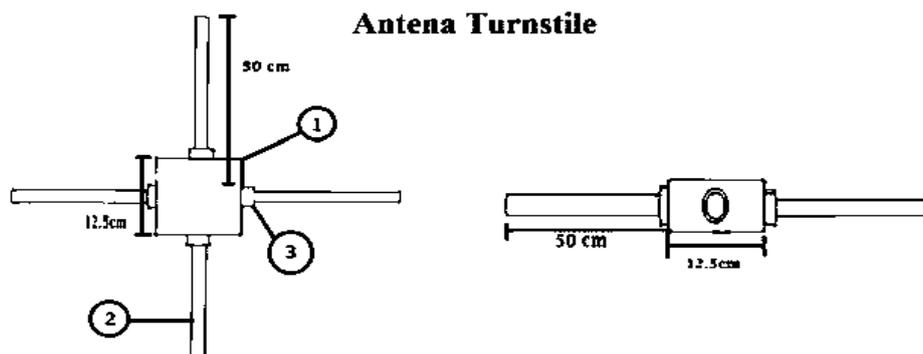
- Frequency range: 42 to 1002 MHz
- Noise figure : 3.5 dB @ RF\_IN
- Phase noise: -98 dBc/Hz @ 10 kHz
- Current consumption: < 178 mA @ 3.3V power supply
- Max input power: +10 dBm
- Image rejection: 65 dBc

*note: [dBm]=[dBuV on 75Ω] -108.75dB*

## Anexo B: PLANO 2D DE ANTENAS



Ítem	Cantidad	Descripción
1	1	Cajetín PVC con 5 agujeros
2	2	Tapa PVC 32mm diámetro
3	4	T de PVC 32mm diámetro
4	8	Tubo PVC 32mm diámetro x 140 mm
5	1	Tubo PVC 50mm diámetro x 140 mm
6	4	Tubo PVC 32mm diámetro x 220 mm
7	8	Varillas aluminio 15mm diámetro x 50 mm



Ítem	Cantidad	Descripción
1	1	Cajetín PVC con 5 agujeros
2	4	Varillas aluminio 15mm diámetro x 50 cm longitud
3	4	Reductor PVC ½"
		Tornillos
	5mts	Cable coaxial RG-58 y RG-59

**Anexo C: CONSTRUCCIÓN DE LAS ANTENAS:**

**CONSTRUCCIÓN ANTENA DOUBLE CROSS**



**Ensamblado de los tubos de PVC para formar la estructura de la antena**



**Construcción de los dipolos**



**Unión de los dipolos con los tubos de PVC**

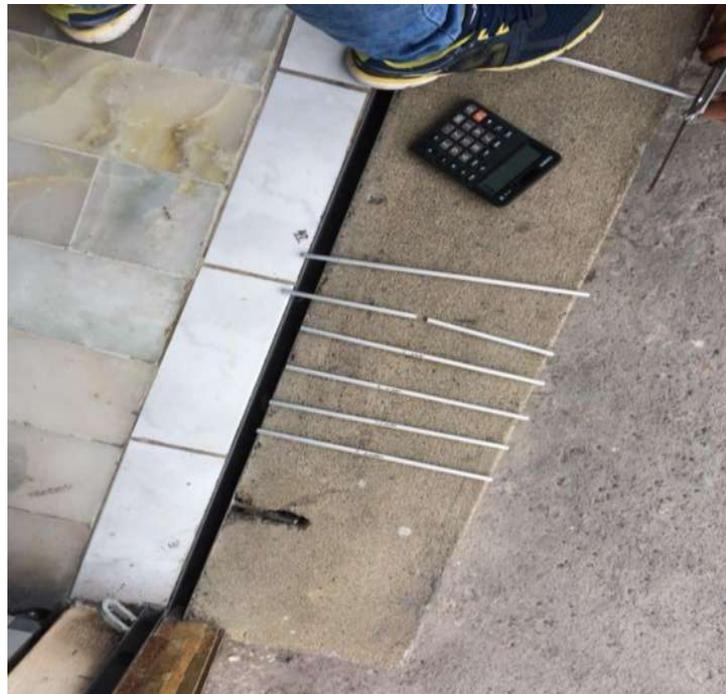


**Ensamblaje de la antena**

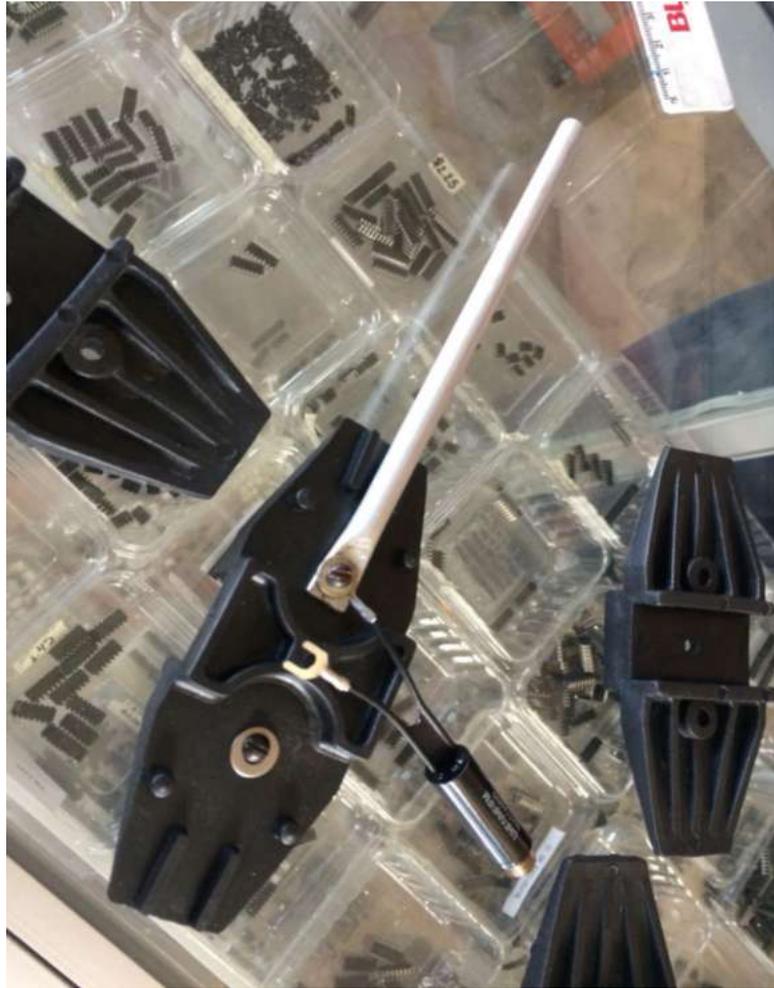
## CONSTRUCCIÓN ANTENA YAGI



Construcción de dipolos, reflectores y directores



### Ubicación de los elementos de la antena



### Alimentación del dipolo

**ANEXO D:**

**UBICACIÓN DE LAS ANTENAS EN LA TERRAZA DE LA ESTACIÓN TERRENA.**



## Anexo E: SERVIDOR PRUEBAS



Conexión al servidor desde red LAN

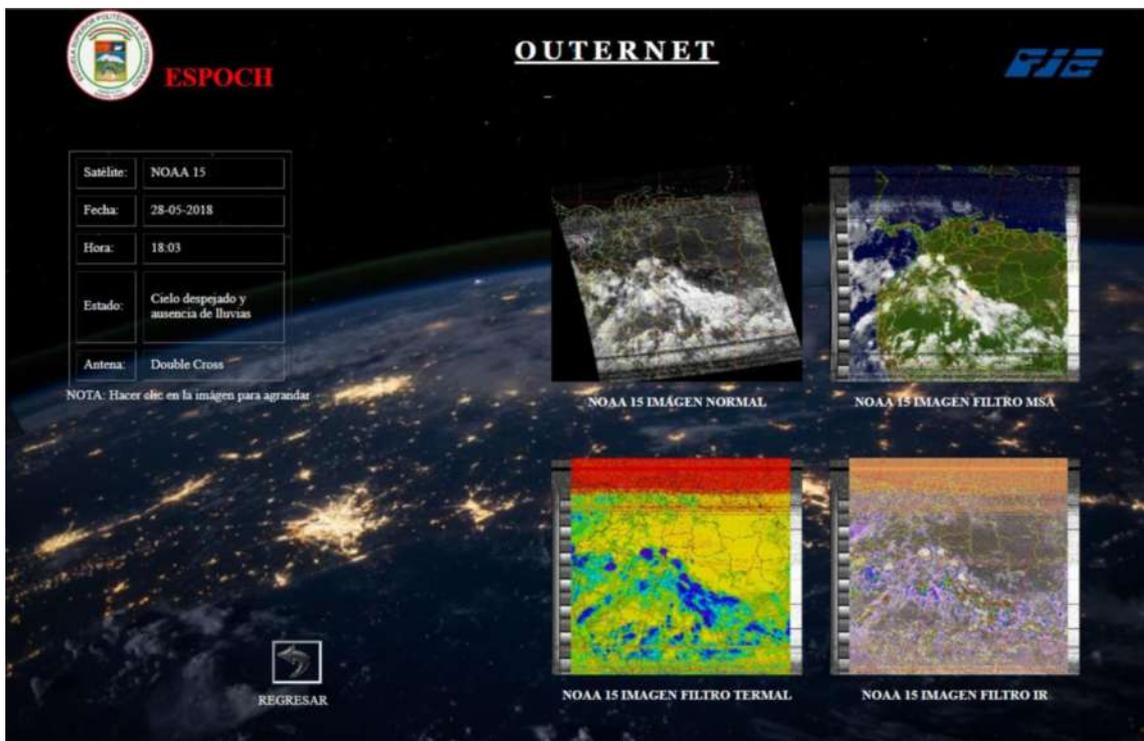


Conexión servidor desde dispositivo celular

## Anexo F



Pantalla principal para acceder a las imágenes satelitales



Pantalla de Almacenamiento a las imágenes satelitales con descripción de día hora y antena con la que fueron tomadas las imágenes.