

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
TELECOMUNICACIONES



DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ANTENA RECEPTORA SIMPLIFICADA PARA CAPTAR DATOS METEOROLÓGICOS DE FORMA CONTINUA EN FORMATO APT EN SACHACA-AREQUIPA, PERÚ

Tesis presentada por:

Albornoz Escobedo, Frederickv Paulov

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero en Telecomunicaciones

Asesor:

MSc. Rucano Álvarez, Hugo César

Arequipa – Perú

2022

## **DEDICATORIA**

Lo dedico a Dios y a mis padres por apoyarme con sus palabras y acciones para continuar adelante con este desafío.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, a mis padres por la formación que me han brindado todos estos años. Agradezco a mi hermano Patrick. Por último, estoy agradecido con mi asesor Hugo Cesar Rucano Álvarez.

## PRESENTACIÓN

En la actualidad la información meteorológica que se tiene de los satélites NOAA 15 en el distrito de Sachaca, no es aprovechada de forma eficaz, debido a que se dispone con escaso conocimiento sobre la información meteorológica que pueda ser verificada.

En ese contexto, se ha establecido la falta de importancia respecto a la obtención de datos meteorológicos en la zona , debido a que en dicho distrito no cuenta con un presupuesto municipal para lograr tales implementaciones meteorológicas; a pesar, de la existencia de tecnología de bajo costo que puede ser empleado, asimismo, cabe mencionar que los recursos de información meteorológica, se encuentran disponibles de forma pública, por lo tanto, resulta evidente la falta de aprovechamiento de recursos acceso público en beneficio de instituciones con escasos recursos económicos.

Bajo ese escenario, para resolver dicha problemática y fortalecer la implementación de tecnología de bajo costo, resultó necesario el desarrollo: “Diseño e instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos de forma continua en formato APT en Sachaca-Arequipa, Perú”, la cual, planteó como objetivo: obtener datos meteorológicos a bajo costo para que pueda ser usada por distintas instituciones públicas y/o privadas, asimismo pueda ser empleado por la comuna distrital.

## DICTAMEN DEL ASESOR



## RESUMEN

En el presente análisis se dió una respuesta simple a la problemática planteada de diseño e instalación de prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos de forma continua en formato APT en Sachaca- Arequipa.

Conforme a ello, se pudo establecer de que muchos centros de estudios no cuentan con un proceso de generación de imágenes satelitales simple, a pesar de la existencia de acceso libre a información que provee el satélite NOAA -15.

En este escenario, debido a la ausencia en aprovechamiento de recursos gratuitos, es que se propuso diseñar e instalar un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos de forma continua en formato APT. Y el objetivo principal fue de diseñar e instalar un prototipo de antena receptora simple para obtener imágenes satelitales meteorológicas en formato APT, con el fin de determinar cambios climatológicos y de esta forma brindar soporte tecnológico. Por lo tanto, la investigación fue cuantitativa.

**Palabras clave:** Satélite NOAA 15, antena dipolo, antena doble cruz, formato APT.

## ABSTRACT

In the present analysis, a simple answer was given to the problem of design and installation of a simplified receiving antenna prototype to continuously capture meteorological data in APT format in Sachaca-Arequipa.

In accordance with this, it was currently possible to establish that many study centers do not have a simple satellite image generation process, despite the existence of free access to information provided by the NOAA -15 satellite.

In this scenario, due to the lack of free resources, it was proposed to design and install a prototype of a simplified receiving antenna to continuously capture meteorological data in APT format. And the main objective was to design and install a simple receiving antenna prototype to obtain meteorological satellite images in APT format, in order to determine climatological changes and thus provide technological support

. Therefore, the research was quantitative.

.

**Keywords:** NOAA 15 satellite, dipole antenna, double cross antenna, APT format



## INDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>iv</b>
<b>DICTAMEN DEL ASESOR .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEORICO .....</b>	<b>3</b>
1.1. Marco Conceptual .....	3
1.1.1. Antena .....	3
1.1.2. Prototipo de antena receptora simplificada.....	4
1.1.3. Tipo de antena.....	4
1.2. Detección y comunicación de la antena doble cruz.....	11
1.2.1. Características del sistema de antena receptora.....	11
1.2.2. Tipología.....	11
1.3. Datos meteorológicos en forma continua .....	13
1.4. Datos meteorológicos en la zona de Sachaca – Arequipa – Perú:.....	14
1.5. Bases Teóricas.....	15

1.5.1.	Análisis de concepto de satélite meteorológico artificial .....	15
1.5.2.	Tipología Satélites NOAA .....	18
1.5.2.1.	Órbita Geoestacionaria.....	18
1.5.3.	Orbita Polar.....	20
1.5.4.	Formato APT .....	21
1.6.	Antecedentes de Investigación.....	23
1.6.1.	Antecedentes internacionales.....	23
1.6.2.	Antecedentes Nacionales .....	26
1.7.	Estado del Arte.....	31
1.7.1.	A nivel local.....	31
<b>CAPITULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA.....</b>		<b>35</b>
2.1.	Descripción de la realidad problemática .....	35
2.1.1.	Definición del Problema .....	35
2.2.	Delimitaciones del problema .....	36
2.2.1.	Delimitación Espacial.....	36
2.2.2.	Delimitación Temporal .....	36
2.2.3.	Delimitación del universo .....	36
2.3.	Justificación.....	36
2.3.1.	Justificación Económica.....	36
2.3.2.	Justificación Teórica .....	38
2.3.3.	Justificación Social.....	38
2.3.4.	Justificación Práctica .....	39
2.3.5.	Justificación Metodológica .....	39
2.4.	Importancia de la investigación .....	39
2.5.	Alcance de la investigación .....	39
2.6.	Limitaciones de la investigación.....	41
2.7.	Viabilidad.....	42

2.7.1. Viabilidad Teórica.....	42
2.7.2. Viabilidad Técnica.....	42
2.7.3. Viabilidad Operativa .....	44
2.8. Formulación de Objetivos.....	44
2.8.1. Objetivo General .....	44
2.8.2. Objetivos Específicos.....	44
2.9. Formulación de Hipótesis.....	46
2.9.1. Hipótesis General .....	46
2.9.2. Hipótesis Específicas.....	46
2.10. Variables e Indicadores.....	46
2.10.1. Variable Independiente .....	46
2.10.2. Variable dependiente .....	48
2.11. Metodología de la Investigación .....	48
2.11.1. Diseño de la Investigación .....	48
2.11.2. Método de Investigación .....	48
2.11.3. Tipo de la investigación .....	48
2.11.4. Nivel de la investigación .....	50
2.11.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	50
<b>CAPITULO III: INGENIERIA DEL PROYECTO .....</b>	<b>52</b>
3.1. Generalidades y análisis matemático de la antena de doble cruz.....	52
3.2. Esquema de la propuesta .....	53
3.3. Propuesta de Validación .....	57
3.4 Cálculo de ganancia requerida de la antena de doble cruz .....	58
3.5 Simulación.....	60
3.6 Construcción de la antena de doble cruz de 137 MHz.....	62
3.7 Construcción de la antena dipolo .....	66
3.8 Especificaciones técnicas de la implementación de la antena doble .....	70

cruz .....	70
3.9 Consideraciones adicionales.....	72
3.10 Análisis de costos .....	74
<b>CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....</b>	<b>76</b>
4.1. Evaluación y Verificación de ingeniería del Proyecto .....	76
4.1.1. Evaluación y discusión de la variable independiente: Antena.....	76
receptora simplificada .....	76
4.1.2. Variable Independiente: Antena receptora simplificada .....	78
4.1.3. Variable Dependiente: Captación de datos meteorológicos de señales satelitales NOAA-15 .....	81
4.1.4. Contrastación de Hipótesis .....	83
4.1.5 Análisis e discusión de imágenes satelitales meteorológicas en .....	90
formato APT .....	90
4.1.6 Líneas futuras de investigación: .....	91
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: .....</b>	<b>93</b>
5.1 Conclusiones:.....	93
5.2 Recomendaciones:.....	95
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>100</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Definición matemática de apertura efectiva de una antena receptora simplificada.....	4
<b>Figura 2.</b> Tipos de Antena de de Hilo .....	6
<b>Figura 3.</b> Ecuación para determinar la pérdida de señal .....	8
<b>Figura 4.</b> Onda Estacionaria .....	10
<b>Figura 5.</b> Diagrama de radiación Tridimensional .....	13
<b>Figura 6.</b> Modelos de Satélites Meteorológicos .....	16
<b>Figura 7.</b> Satelite TIROS III.....	16
<b>Figura 8.</b> Análisis y características de los sensores NOAA .....	18
<b>Figura 9.</b> Órbita Geoestacionaria.....	20
<b>Figura 10.</b> Órbita polar de un satélite NOAA 15 .....	21
<b>Figura 11.</b> Modelo de Cuadro de Sistema de APT .....	22
<b>Figura 12.</b> Cuadro de ejecución Etapa 1 .....	54
<b>Figura 13.</b> Cuadro de Seguimiento Etapa 2.....	55
<b>Figura 14.</b> Cuadro de Seguimiento Etapa 3.....	55
<b>Figura 15.</b> Vista posterior de la antena de doble cruz modificada .....	63
<b>Figura 16.</b> Unión de Antena dipolo con cable coaxial .....	66
<b>Figura 17.</b> Soporte de antena de doble cruz modificada .....	66
<b>Figura 18.</b> Sistema de conexión hembra de RTL-SDR.....	68
<b>Figura 19.</b> Conector de SMA macho y adaptador sintonizador RTL-SDR.....	68
<b>Figura 19.</b> Sistema de radio semi automático en G-Predict conexión con software Cubic SDR.....	76
<b>Figura 20.</b> Sistema de conexión Cubic SDR y Gpredict por medio sistema Rig On .....	78
<b>Figura 28.</b> Diseño e instalación de antena receptora simplificada en la Municipalidad de Sachaca.....	86

<b>Figura 29.</b> Implementación de antena receptora en la Municipalidad distrital de Sachaca .....	86
<b>Figura 30.</b> Coordenadas geográficas satélite NOAA 15 (Punto de referencia distrito de Sachaca).....	88
<b>Figura 31.</b> Señal satelital NOAA-15 (Reproducción software Cubic SDR) .....	88
<b>Figura 32.</b> Captación de imagen meteorológica NOAA 15ç .....	90



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Dimensiones físicas de la antena de doble cruz para 137 MHz.....	63
<b>Tabla 2.</b> Medidas de construcción reales de la antena dipolo.....	67
<b>Tabla 3.</b> Materiales de construcción empleados para el diseño de la antena dipolo.....	67
<b>Tabla 4.</b> Medidas de soporte de protección de sistema de conexión de la antena dipolo.....	70
<b>Tabla 5.</b> Precios de antena receptora de doble cruz modificada .....	75
<b>Tabla 6.</b> Resumen de Procesamiento de Casos .....	78
<b>Tabla 7.</b> Cuadro de indicadores descriptivos de la variable independiente.....	79
<b>Tabla 8.</b> Resultados de Prueba de Normalidad .....	79
<b>Tabla 9.</b> Frecuencias (137.6200 MHz).....	81
<b>Tabla 10.</b> Datos Estadísticos Descriptivos .....	83
<b>Tabla 11.</b> Correlación de Pearson .....	84



## INTRODUCCION

Por la presente se analizó el diseño e instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos en formato APT. Es importante mencionar que la presente tesis, representó una estructura base que toma como referencia a los satélites de Estados Unidos, el cual emite una señal de tipo analógico que luego de aplicarle un proceso de modulación se puede obtener un audio grabable el cual posteriormente va a permitir la decodificación de imágenes meteorológicas satelitales.

De esa forma, se planteó como objetivo principal: diseño e instalación de prototipo de antena receptora simple para obtener imágenes meteorológicas formato APT en Sachaca. Para cumplir con tal propósito, la presente tesis se dividió en 7 capítulos en los cuales se estableció el proceso metodológico, para la presentación de la investigación en los cuales se reparte la información de mayor relevancia, tanto a nivel de diseño, teórico y práctico.

En capítulo I, se analizó los temas de estado del arte, antecedentes y marco teórico de proyecto por lo cual se explicó los fundamentos teóricos en lo cual se analizó los rasgos históricos y documentación de la investigación previos que se relacionaron con las imágenes satelitales meteorológicas NOAA.

El capítulo II, se revisó realidad problemática, justificación, el proceso de ejecución, limitaciones de proyecto, objetivos generales y objetivos específicos y antecedentes. El capítulo III, se vio el tema de la ingeniería de proyecto por medio de lo cual se explica los elementos de mayor importancia que son parte

del prototipo de antena receptora y estos fueron de la funcionalidad, desempeño y características junto con los cálculos matemáticos respectivos.

Finalmente, el capítulo IV, se vio los temas de evaluación y verificación del proyecto; seguido de ello, el capítulo V se analizó conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEORICO**

### **1.1. Marco Conceptual**

#### **1.1.1. Antena**

Según la teoría de antena se conceptualiza “una antena como un sistema que convierte las ondas guiadas que se encuentran en una línea de transmisión en ondas radiantes por medio del aire libre” (Balanis, 2022, p.45).

Por un lado, la antena como un sistema que es parte de un proceso de transmisión o de un proceso de recepción que fue diseñado para radiar o recibir ondas electromagnéticas (IEEE, 2021, p.45).

Por otra parte, a definen las condiciones necesarias para que un conductor emita fuerza electromagnética, así como también las condiciones en los cuales dicho proceso de emisión de fuerza electromagnética no es posible. (Balanis, 2022, p.45); este proceso se le define de la siguiente forma, primero, si una carga no cambia, por lo tanto, no se da caso de energía electromagnética, segundo, si el peso se transfiere con una velocidad uniforme se dan 2 casos, a) no hay radiación electromagnética si el cable es recto, b) hay radiación electromagnética si el cable es curvo o torcido. Tercero, si la carga está oscilando en un movimiento temporal, se da caso de radiación. Por otro lado, se pudo afirmar que las antenas son dispositivos que provocan el aumento de las cargas en métodos que producen radiación con características preferidas (Balanis, 2022, p.66).

En la actualidad las antenas son utilizadas en los siguientes campos tecnológicos:

- Comunicaciones móviles: aviones, barcos, automóviles, naves espaciales.
- Estructuras de difusión: radio, televisión.
- Radiocomunicaciones punto a punto: policía, bomberos.
- Sensor remoto: radar, radiometría. (Rößler, 2022, p.45).

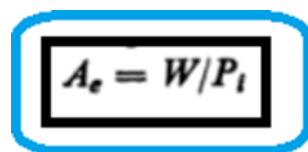
### 1.1.2. Prototipo de antena receptora simplificada

Para empezar, se puede establecer un prototipo como un sistema o modelo aplicar para resolver una problemática en particular como por ejemplo en la presente investigación se buscó lograr captar datos meteorológicos en formato APT por medio de un modelo base de antena receptora simplificada (Balanis, 2022, p.55). Luego para definir el concepto de antena receptora simplificada se le pudo definir como un tipo de antena receptora simple que tiene la capacidad electromagnética de concentrar cierto nivel de energía desde un punto en el espacio que es incidente con respecto a la onda electromagnética. (Balanis, 2022, p.15).

Lo cual se le puede representar por:

#### **Figura 1.**

*Definición matemática de apertura efectiva de una antena receptora simplificada*

The image shows the mathematical equation  $A_e = W/P_i$  enclosed in a black rectangular box, which is itself surrounded by a blue rounded rectangular border.

Fuente: (Balanis, 2022, p.55)

### 1.1.3. Tipo de antena

La categoría de antenas es muy amplia debido al hecho de que cada software y cada banda de frecuencia tienen características propias que

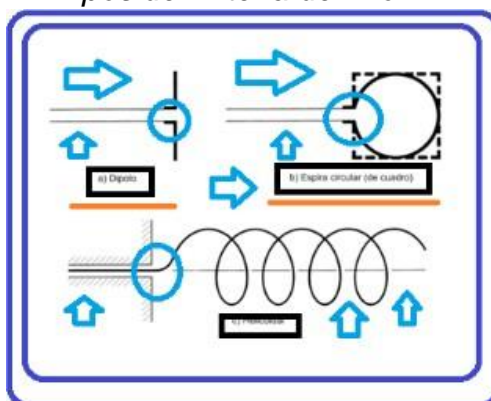
promueven varios tipos de topología de antena (Balanis, 2022, p. 55). Por lo cual, solo se vio la antena de tipo alambre.

### 1.1.3.1. Antenas de alambre

Es de mencionar que este tipo de antenas están formadas con hilos conductores que soportan las corrientes eléctricas que permiten la radiación correcta de campos electromagnéticos. (Rößler, 2022, p.45).

**Figura 2.**

*Tipos de Antena de Hilo*



Fuente: (Rößler, 2022, p.55)

### 1.1.3.2. Parámetros de Antena

Para el diseño de antenas, es muy importante conocer los parámetros que permiten medir su desempeño general, si es necesario determinar si el diseño cumple con las características favorecidas de acuerdo con el software que se va a entregar (Rößler, 2022, p.45).

#### a) Directividad

Es la relación entre densidad de potencia radiada (Balanis, 2022, p.55).

**b) Eficiencia**

Es relación entre potencia radiada” (Balanis, 2022, p.45).

### 1.1.3.3. Relación Axial

Un concepto importante fue el caso de relación axial dado que fue la relación de las componentes ortogonales dentro de un campo electromagnético aplicada a una antena dipolo, este tipo de relación se puede establecer en diferentes valores numéricos de ganancia de acuerdo a los parámetros establecidos en el diseño de una antena. (Rößler, 2022, p.45).

### 1.1.3.4. Ancho de Banda

Es rango de frecuencia en cual el funcionamiento de antena es adecuado (Balanis, 2022, p.65).

### 1.1.3.5. Pérdida de Retorno

Para comenzar, la pérdida de retorno de señal de una antena es el porcentaje de ondas de radio que llegan a la entrada de la antena y que son rechazadas en relación con las que pueden ser reconocidas, la pérdida de retorno de antena se le representa por decibelios (dB) (Rößler, 2022, p.45). Por lo cual una fórmula matemática importante a tomar en cuenta es de la ecuación:

#### **Figura 3.**

*Ecuación para determinar la perdida de señal*

$$RL = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{in}}{P_{refl}} \right) \text{ dB}$$

**Fuente:** (Balanis, 2022, p.65)

De lo cual se da que:



- Pin: Potencia incidente

- Perfil: Potencia reflejada
- RL: Pérdida de retorno de señal de una antena

Por lo tanto, el valor de RL es positivo cuando  $P_{in} > P_{real}$  y dicha condición matemática se da para caso de dispositivos pasivos.

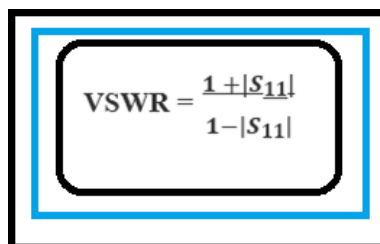
#### 1.1.3.6. Relación de onda estacionaria (VSWR)

Un concepto importante para tomar en cuenta es el VSWR (relación de onda estacionaria de voltaje) lo cual es una medida matemática dentro de campo de las telecomunicaciones que establece el correcto nivel de adaptación a la línea de transmisión de señal adecuado que se debe dar entre una antena de transmisión de señal y una antena receptora de señal satelital. (Balanis, 2022, p.5).

Por lo tanto, su fórmula matemática es de la ecuación:

#### **Figura 4.**

#### *Onda Estacionaria*



$$VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|}$$

**Fuente:** (Balanis, 2022, p.17)

Donde:

- $S_{11}$  = Coeficiente de reflexión
- VSWR = Relación de onda estacionaria

## **1.2. Detección y comunicación de la antena doble cruz**

Para la investigación existente, se diseña y aplica un sistema de antena de doble movimiento (ADC), en el cual su creación se basó en un sistema omnidireccional. Ya que el proceso de pérdida de señal se da cada vez que las alertas electromagnéticas de los satélites NOAA 15 saltan a través de cada una de las capas del medio ambiente terrestre (Rößler, 2022, p.45).

### **1.2.1. Características del sistema de antena receptora**

Además de la anterior, la antena de doble paso también es un conjunto de dipolos cruzados que, mientras se energiza de manera eficaz, puede obtener un diagrama redondo más apropiado para la operación de recepción de imágenes meteorológicas del satélite NOAA para 18-15-19, por la razón de que la disposición de dipolos dimensionados a  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda es una optimización de ángulos bajos. (Balanis, 2022, p. 55).

### **1.2.2. Tipología**

#### **1.2.2.1. Antena de doble paso para radiofrecuencia**

A través de la evaluación de los datos anteriores, se decidió que el sistema de antena de doble cruz era el más beneficioso ya que era económico y fácilmente transportable debido a que la construcción de la antena receptora mencionada permitió el uso de materiales más accesibles. (Balanis, 2022, p.47).

#### **1.2.2.2. Antena de doble cruz para uso comercial**

Es muy importante mencionar que el diseño e implementación de dicha antena doble también existió en una etapa más comercial y empresarial, por ello,

la construcción y disposición de dicha antena exige el uso de materiales especiales que resistan más a situaciones adversas. (Rojas Molina, 2019, p. 45).

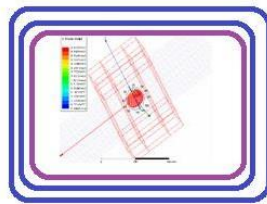
### 1.2.2.3. Simulación de antena doble cruz para modo VHF en HFSS

El diseño y la implementación de las antenas dipolo de antena de doble cruz se volvió muy importante ya que tomaron una polarización circular adecuada. (Rößler, 2022, p.45).

En el software HFSS se volvió factible para interpretar mejor la muestra de radiación real de un dispositivo de antena dipolo base para verificar si esta antena dipolo base tenía el potencial para ser construida principalmente en base a materiales de ciudad de Arequipa.

#### Figura 5.

Diagrama de radiación Tridimensional



**Fuente:** Elaboración Propia

### 1.3. Datos meteorológicos en forma continua

Por lo tanto, los datos meteorológicos en forma continua se le pudo conceptualizar como las condiciones climáticas del aire, temperatura local y superficie terrestre que se encuentran localizadas en una zona y tiempo específico.

En consecuencia, se trabaja con mediciones meteorológicas diariamente y por lo tanto requiere de una enorme recolección de datos

meteorológicos cuantitativos. Por lo cual, los datos meteorológicos son de tipo dinámico y multifuncional. (Wiryadinata, Khoirussolih, Rohanah, Muttakin, & Firmansyah, 2018, p.3).

Dicho de otro modo, el conocimiento de la meteorología es la base fundamental para la predicción climatológica de datos meteorológicos a futuro (Wiryadinata, Khoirussolih, Rohanah, Muttakin, & Firmansyah, 2018, p.6).

Por otra parte, la predicción de datos meteorológicos de forma continua se realiza por medio de la recolección y predicción de datos cuantitativos acerca del estado actual de la atmosfera y de la superficie terrestre por medio del uso de la tecnología simple e ingeniería meteorológica.

#### **1.4. Datos meteorológicos en la zona de Sachaca – Arequipa – Perú:**

Por lo cual, en base al análisis de concepto anterior es que se determinó de que el concepto de datos meteorológicos que se refiere a todos aquellos datos meteorológicos cuantificables que solo tienen un impacto en las condiciones climáticas, las actividades agrícolas, la comunidad local y el medio ambiente de la zona (Weather Nation, 2022, p.6).

Por otra parte, para comprender mejor el concepto de datos meteorológicos es importante el monitoreo de cambios climatológicos dado que de esta forma va a ser posible de reducir el impacto de desastres climatológicos a futuro y de esta forma se va a poder reducir las pérdidas económicas por las actividades agrícolas afectadas por dichos cambios bruscos climatológicos en la zona (Weather Nation, 2022, p.6).

Por lo cual, al establecer lo anterior, la obtención de datos meteorológicos va a ser factible y por tanto sus datos más cuantificables y por ende su concepto más comprensible y aplicable para prevenir futuros desastres climatológicos.

Para terminar, el concepto anterior es importante porque de esta forma se va a prevenir de forma más efectiva posible futuros cambios climáticos globales que pudiesen surgir a raíz de futuros desastres climatológicos en la zona.

## **1.5. Bases Teóricas**

### **1.5.1. Análisis de concepto de satélite meteorológico artificial**

Es importante establecer de que el satélite artificial es un sistema electrónico moderno que puede girar alrededor del planeta Tierra u otro tipo de cuerpo celeste en forma de órbita circular o elíptica (Balanis, 2022, p.66). Por otro lado, el satélite artificial tiene la capacidad de ser impulsados al espacio por vehículos espaciales o naves espaciales diseñadas para dicho propósito (Balanis, 2022, p.61).

De lo anterior, por lo tanto, se puede concluir que los satélites NOAA 15 son satélites meteorológicos modernos y simples diseñados por la Administración para Asuntos Oceánicos y Atmosféricos de Estados Unidos con el fin de obtener imágenes meteorológicas satelitales modernas en tiempo real para hacer predicciones climáticas los cual se puede emplear dicha información para la optimización de campos de cultivo (Balanis, 2022, p.55).

**Figura 6.**  
*Modelos de Satélites Meteorológicos*



**Fuente:** (IEEE, 2022, p.1)

#### **1.5.1.1. Características de Satélite NOAA 15**

En 1960, el satélite TIROS I fue el primer satélite meteorológico construido por los Estados Unidos después de 1945. (IEEE, 2022, p.1).

**Figura 7.**  
*Satélite TIROS III*

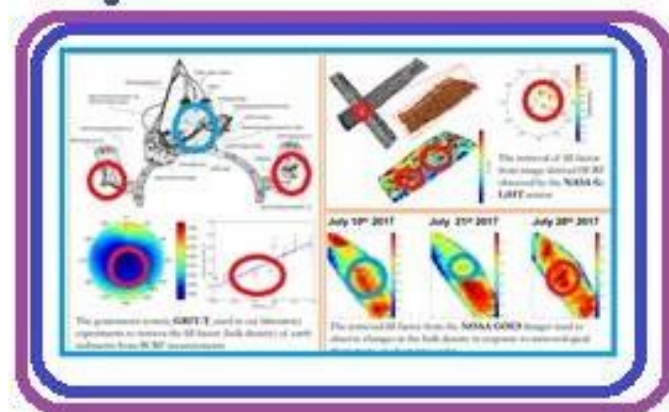




**Fuente:** (IEEE, 2022, p.1).

**Figura 8.**

*Análisis y características de los sensores NOAA*



**Fuente:** (IEEE, 2021, p.4).

En consecuencia, para lograr dicho objetivo los satélites están compuestos de varios satélites que orbitan alrededor de la órbita terrestre sobre todo los satélites NOAA 15 (IEEE, 2021, p.6).

### 1.5.2. Tipología Satélites NOAA

En principio se estudió el concepto de los satélites NOAA 15 (Balanis, 2022, p. 55).

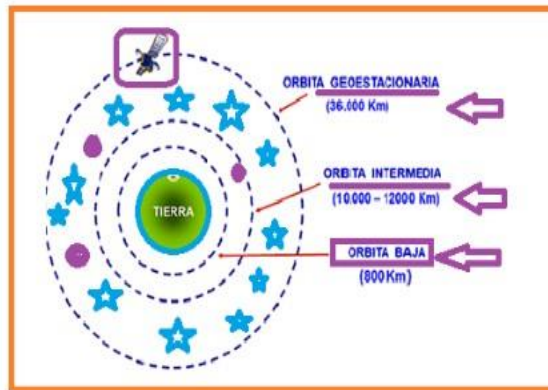
- **NOAA 15:** Es un satélite norteamericano de órbita polar baja” (QSL.NET, 2022, p.1).

#### 1.5.2.1. Órbita Geoestacionaria

Es importante destacar que los satélites de órbita geoestacionaria están

a 3600 km sobre el planeta Tierra. Dichos satélites meteorológicos requieren de reflectores parabólicos de gran diámetro y por otra parte también poseen una órbita estable alrededor de planeta terrestre. (Balanis, 2022, p.61).

**Figura 9.**  
*Órbita Geoestacionaria*

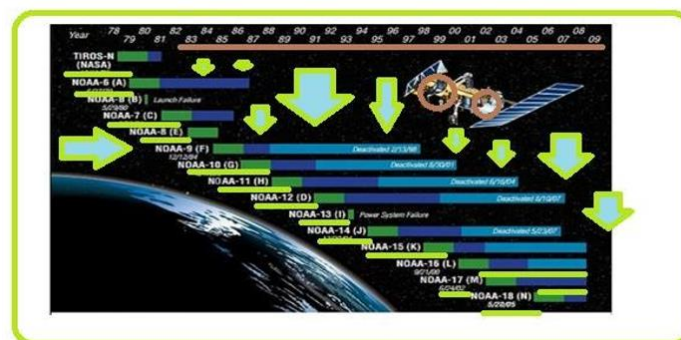


**Fuente:** (Balanis, 2022, p.62)

### 1.5.3. Órbita Polar

Son un tipo de satélites espaciales que orbitan alrededor del planeta terrestre y se encuentran localizados a 800 km de la superficie terrestre, entre los satélites meteorológicos de órbita polar se menciona a los

NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) y el METEOR de la Agencia Espacial Rusa, sin embargo, los satélites de órbita polar poseen menor ganancia en decibelios a comparación de los satélites geoestacionarios, en ese contexto, los satélites de órbita polar solo tienen la capacidad de cubrir ciertas zonas de la superficie terrestre. (Weather Nation, 2022, p.3).

**Figura 10.***Órbita polar de un satélite NOAA 15***Fuente:** (Weather Nation, 2022, p.3)

#### 1.5.4. Formato APT

La señal obtenida en la salida del receptor de un sistema de satélites NOAA15 es un tono de audio de 2400 Hz modulado en amplitud. (Balanis, 2022, p. 55). Por lo tanto, la amplitud o intensidad del tono varía; ya que estas variaciones responden a los valores especiales de vídeo que podemos rescatar de la señal (Rößler, 2022, p.45).

La decodificación convierte las versiones de amplitud del tono adquirido en su equivalente en valores de brillo (Rößler, 2022, p.45). El tono de 2400Hz se genera en la tv satelital para pc por medio del MIRP, (Información Manipulada por Procesador de tarifa) (Rößler, 2022, p.45).

Por ello, los registros formateados pasan a un convertidor de digital a analógico (Rößler, 2022, p.45). La Señal analógica recibida se filtra y eventualmente modula la subportadora (Rößler, 2022, p.45).

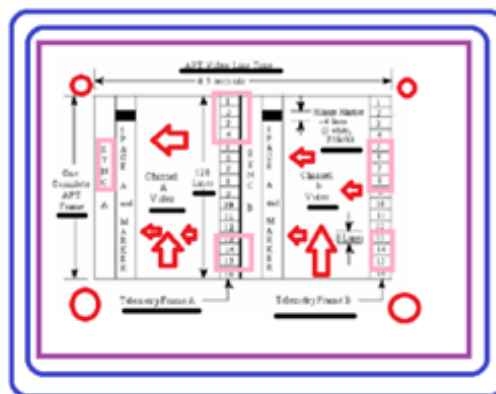
Es importante mencionar que la frecuencia de 2400 Hz es una frecuencia subportadora que modula la señal de RF dentro de VHF (137MHz) esto finalmente se transmite a la Tierra usando la antena correspondiente (Rößler, 2022, p.45).

Cualquiera de los seis canales del sensor AVHRR se puede seleccionar. Por lo general, se decide que el canal 4 (infrarrojo térmico) sea transmitido en APT como canal B. (Rößler, 2022, p.45).

Los sensores capturan una línea de imagen y después del período de la fotografía; por otro lado, una línea de información de la imagen compuesta (canales A y B) se transmite en cada revolución de la réplica. (Balanis, 2022, p. 55).

**Figura 11.**

*Modelo de Cuadro de Sistema de APT*



Fuente: (Paz-Penagos, 2019, p.56).

## 1.6. Antecedentes de Investigación

### 1.6.1. Antecedentes internacionales

1. Building a Low –Cost Ground Station for Weather Satellite Image Reception. (Ezzatullah, 2019, p.5).

#### **Resumen:**

De acuerdo a Ezzatullah (2019) planteo como objetivo: comprender ~~conceptos~~ técnicos de sistemas de recepción para funciones de estudios tecnológicos e de ingeniería meteorológica. Asimismo, la investigación fue cuantitativa, de forma correlacional (Ezzatullah, 2019, p.16). Dicha investigación logró como resultado importante de que las alertas meteorológicas fueron procesadas, decodificadas, optimizadas y obtenidas de manera efectiva mediante el software WxtolImage y MATHLAB.

#### **Nota:**

Es importante mencionar que la diferencia de este trabajo con los anteriores es de que, en primer lugar, se propone en la presente tesis el diseño y la instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos en formato de APT de forma continua, sin embargo, en el trabajo de investigación anterior de Zahid Ezzatullah se propuso, la construcción de una estación terrena lo cual no aplica al presente proyecto de investigación. (Ezzatullah, 2019, p.5).

Lo cual se puede establecer que la presente investigación se desarrolló solo dentro de distrito de Sachaca, Arequipa. Otra diferenciacruzial, es que en el presente trabajo se investigación se empleó el formato APT (Automatic Picture Transmisión)





a una frecuencia cercana a 137,62 MHz en cambio en la tesis de Zahid Ezzatullah dicho proceso no se aplicó de la misma forma.

2. “Diseño e implementación de un prototipo de recepción de señales satelitales para recolectar imágenes meteorológicas del dispositivo satelital utilizando SDR” (Ramos Rosero & Noboa Cabrera, 2018, p.12).

**Resumen:**

De acuerdo Ramos Rosero (2018), su objetivo fue de diseñar y poner en marcha de un sistema de recepción de tv satelital para PC para procesar los indicadores de satélite NOAA por el software de USRP.

Para lo cual, se tomaron ocho muestras. (Ramos Rosero & Noboa Cabrera, 2018, p.12).

Asimismo, se empleó el tipo de metodología cuantitativa, de forma correlacional y su instrumento de medición fue el medidor de espectro de antena vectoriales de VNA 2022 (Ramos Rosero & Noboa Cabrera, 2018, p.45). Por último, para acabar este apartado como conclusión importante de la presente investigación fue de que con el fin de distribuir correctamente la antena que se utilizó para la recepción de alertas NOAA, se tomó la capacidad de la antena indicada (Ramos Rosero & Noboa Cabrera, 2018, p.12).

**Nota:**

Es importante mencionar que la diferencia de este trabajo con los anteriores es de que, en primer lugar, es que la presente investigación se propone el diseño y la instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos en formato APT en Sachaca -Arequipa — Perú,

a diferencia del trabajo de Noboa Cabrera, el cual propone la construcción de una estación terrena lo cual no aplica a la presente investigación.

Lo cual se puede establecer que la presente tesis se desarrolló solo dentro de distrito de Sachaca, Arequipa en cambio el trabajo de Novoa Cabrera se realizó en Ecuador por lo tanto se puede establecer que existe una diferencia crucial entre el trabajo de Novoa Cabrera y el actual proyecto de investigación en cuanto a las variables de tiempo, población, lugar y resultados recopilados.

3. Diseño y fabricación de antenas de banda ancha para telefonía móvil (Gómez, 2018, p.45).

#### **Resumen:**

De acuerdo a Gómez (2018) su objetivo fue de diseñar las antenas que son de frecuencia dentro de la banda dada y en base a los requisitos de Enmascaramiento de ancho de banda 1,7-2,7 GHz. Por otra parte, las muestras fueron de 50 de diversos tipos de antenas relacionadas con la banda ancha para telefonía móvil (Gómez, 2018, p.45).

Por consiguiente, su investigación fue cuantitativo de forma correlacional. Por otro lado, como conclusión final de la presente investigación se pudo establecer de que, para la frecuencia de 1,8 GHz, no siempre se logró una ganancia aceptable (Gómez, 2018, p.45).

#### **1.6.2. Antecedentes Nacionales**

1. “Optimización del rendimiento de un sistema de comunicación satelital empleando modulación y codificación adaptativa – ACM en plataforma 03b” (Delgado, 2019, p.45).



**Resumen:**

De acuerdo a Delgado (2019) el objetivo principal fue de investigar y comprender la tecnología moderna de satélite. Por otro lado, en dicho proyecto de investigación se tomó una muestra de 50 señales satelitales de tipo similar de órbita MEO (Delgado, 2019, p.45). En consecuencia, la investigación fue explicativo cuantitativo, es decir se empezó a investigar las causas del origen de problema de presente trabajo de investigación para esta forma darle una solución por medio de ingeniería aplicada de investigación nivel experimental de tipo correlacional. (Delgado, 2019, pág. 33).

Su instrumento de investigación principal fue de Sistema de Tracking automático para antena de 1,2 m en sistema de LNB de banda KA de triple banda (Delgado, 2019, p. 66). Por último, la conclusión más importante de dicho proyecto de investigación fue de que la ganancia en decibelios de antena de banda Ka fue mayor. (Delgado, 2019, p. 66).

2. “Estación Terrestre Portátil y de Bajo Costo para la Recepción de Imágenes Satelitales NOAA” (Quiroz Olivares, Vargas, & Zarate Segura, 2019, p.4).

**Resumen:**

De acuerdo a Olivares (2019) el objetivo principal de su investigación meteorológica fue de implementar un dispositivo portátil y de bajo valor para adquirir imágenes de satélites meteorológicos de tipo APT de forma rutinaria. Por otro lado, en su investigación se tomaron 20 muestras de señales satelitales NOAA APT 15-18-19 en la región de Lima - ‘Perú (Quiroz Olivares, Vargas, & Zarate Segura, 2019, p.4).

Por un lado, la investigación cuantitativa se basa absolutamente totalmente en hallazgos tecnológicos y en la medición de hechos cuantificables” (Quiroz Olivares, Vargas, & Zarate Segura, 2019, p.4).

Por otra parte, sus instrumentos de investigación fueron de Raspbian 3B, el RLT-SDR: sintonizador de señal NOAA (Quiroz Olivares, Vargas, & Zarate Segura, 2019, p.4). Para finalizar, el resultado importante de dicha investigación fue de que la estación terrestre portátil se volvió capaz de procesar imágenes NOAA ya que sus paquetes le permitieron capturar y decodificar imágenes satelitales NOAA (Quiroz Olivares, Vargas, & Zarate Segura, 2019, p.4).

**Nota:**

Por un lado, una diferencia clave entre el actual proyecto de investigación y la investigación de Quiroz es que dicho trabajo usó el software de Raspaberry pi, por lo cual, de por si es un sistema costoso mientras que el trabajo de la presente tesis no va a usar Raspaberry pi dado que lo que se buscó fue de obtener un prototipo de antena receptora simplificada.

3. “Implementación e instalación de una antena satelital automática VSAT Intellian en embarcaciones de empresa Hayduk para brindar servicio de datos de internet en altamar en la empresa BMP Consulting SAC- Lima 2018” (Solano & Gustavo, 2020, p.45).

**Resumen:**

Según Solano (2020), su objetivo fue de diseñar la topología de red satelital de empresa de Hayduk. Por lo tanto, dicha investigación analizó como muestra un total de 50 señales (Solano & Gustavo, 2020, p. 44).

Se aplicó una investigación de tipo cuantitativo de forma correlacional. Por otra parte, los instrumentos de medición principal fueron de los medidores electrónicos de señales satelitales de Internet de redes satelitales de antenas VSAT (Solano & Gustavo, 2020, p. 44).

Para concluir en su investigación permitió establecer que la eficiente administración de ancho de banda (Solano & Gustavo, 2020, p. 70).

4. "Modelo geométrico fisicomatemático para satélites de Observación submétricos (Quispe, 2020, p.45).

#### **Resumen:**

De acuerdo a Rivera (2020), su objetivo fue de analizar el modelo geométrico físico- matemático y la precisión de las imágenes satelitales de resolución espacial submétrica (resolución de 0.7 metros). Por otra parte, la muestra de la presente investigación fue de 50 imágenes satelitales de PeruSat. Se aplicó una investigación de tipo cuantitativo de forma correlacional (Quispe Rivera, 2021, p. 70). Los instrumentos de medición que se tomaron en cuenta fueron del medidor electrónico de la órbita y posición del satélite PeruSAT-1. (Quispe Rivera, 2021, p. 70).

Por último, como resultado final de dicha investigación se pudo establecer de que para obtener una mejor precisión de imágenes satelitales PeruSAT-1 se debe de obtener una mayor cantidad posible de puntos de control (QuispeRivera, 2021, p. 70).

5. “Análisis de correlación y tele conexión entre las precipitaciones extremas recurrentes del norte del Perú y anomalías de temperatura superficial del mar” (Rojas Alban, 2022, p.45).

**Resumen:**

Según Rojas (2022) se debió establecer la correlación entre el incremento de las anomalías positivas de TSM. Por otra parte, la muestra de la investigación fue de 100 muestras. (Rojas Alban, 2022, p.34). Por una parte, la investigación fue de tipo cuantitativa correlacional (Sampieri, 2022, p.45). Por otro lado, los instrumentos de medición fueron de estaciones pluviométricas (Rojas Alban, 2022, p.34).

Por último, el principal resultado de dicha investigación fue de que se pudo obtener datos de temperatura superficial de mar de forma óptima por medio del uso de datos meteorológicos de ERAS de lo cual se logró obtener una mayor cobertura espacio — temporal (Rojas Alban, 2022, p.34).

## **1.7. Estado del Arte**

### **1.7.1. A nivel local**

1. “Diseño de un sistema de recepción de imágenes satelitales meteorológicos en alta resolución utilizando radio definido por software” (Cancappa Surco, 2018, p.45).

**Resumen:**

De acuerdo a Surco (2018) su objetivo fue de diseñar un sistema de recepción de imágenes satelitales usando software libre GNU RADIO para la decodificación de imágenes con Radio Definida por Software (SDR).

Por otra parte, se tomaron 15 muestras de las señales satelitales NOAA 15-18-19 (Cancappa Surco, 2018, p.45). Por un lado, la investigación fue de tipo cuantitativa (Cancappa Surco, 2018, p.45). Por otro lado, el instrumento de medición de dicha investigación fue de un multímetro (Cancappa Surco, 2018, p.45).

Por último, el resultado de dicha investigación fue de que el uso de los sistemas de radio frecuencia en base a sistema tecnológico de USRP permitió reducir la infraestructura de hardware (Cancappa Surco, 2018, p.45).

**Nota:**

Es importante mencionar que la diferencia de este trabajo con el anterior es de que, en primer lugar, en la presente tesis se propuso el diseño de instalación de prototipo de antena satelital simplificada para captar datos en formato APT en Sachaca -Arequipa — Perú.

Otra diferencia crucial es que en el presente trabajo de investigación se empleó el formato APT (Automatic Picture Transmission) a una frecuencia cercana a 137,62 MHz, a diferencia del trabajo de Cancappa, en el que se trabajó con varios tipos de antena, de lo cual no se manifiesta en la presentetesis.



En cuanto a la tesis de Ccancappa, la presente tesis se diferencia en que la presente tesis no se trabajó en la estación de Characato sino dentro de distrito de Sachaca, para conocer mejor las variaciones climáticas de esta zona de Arequipa.

2. “Diseño e implementación de plataforma de pruebas para el sistema de control y determinación de actitud de pico – satélite Cubesat” (Mamani Valencia, 2019, p.45).

#### **Resumen:**

De acuerdo a Valencia (2019), su objetivo fue de implementar una plataforma de pruebas Cubesat. En cuanto a las muestras de la investigación se tomó en cuenta cerca de 20 muestras de las señales satelitales meteorológicas de Cubesat (MamaniValencia, 2019, p.45). Por otro lado, la investigación fue cuantitativa y experimental (MamaniValencia, 2019, p.45). Para finalizar, uno de los resultados más importantes fue de que la interfaz de control y de monitoreo (Mamani Valencia, 2019, p.70).

3. “Non-Linear Control Strategies for Attitude Maneuvers in a Cube Sat with Three Reaction Wheel” (Espinoza Garcia, 2021, p.11).

#### **Resumen**

De acuerdo a Espinoza (2021), el objetivo principal de su investigación fue de establecer una comparación y analizar el comportamiento de 3 leyes de control adaptativo no lineal creado en base a un sistema de ley de control de Cubesat por medio de 3 ruedas de reacción y también en base a gradiente de gravedad y perturbaciones no lineales.

Sobre la cantidad muestras se tomaron en cuenta un total de 20 muestras de las señales de Cubetas (Espinoza García, 2021, p.11). Por otra parte, la investigación fue cuantitativo y de nivel experimental (Espinoza García, 2021, p.11). Por último, un resultado importante de dicha investigación fue de que se pudo entender de que la ley de control en base a la maniobra de Cubesat. (Espinoza García, 2021, p.23).

## **CAPITULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA**

### **2.1. Descripción de la realidad problemática**

Hoy en día, los datos meteorológicos están en continuo procesamiento a nivel mundial por lo cual se necesita un sistema electrónico para obtener datos meteorológicos de forma eficiente en tiempo real. Para concretar este objetivo, resulta importante el diseño e implementación de una antena receptora simple que facilite la obtención de dichos datos meteorológicos de la forma más eficientemente posible y en base a la optimización de recursos económicos disponibles en localidades, cuyo sustento principal dependan de la actividad agrícola.

Por lo cual se presentó la tesis de diseño e instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos de forma continua en formato APT en Sachaca- Arequipa, Perú, con el fin de poder facilitar el desarrollo de la actividad agrícola de forma eficiente y aprovechando recursos propios de la localidad distrital.

#### **2.1.1. Definición del Problema**

Actualmente es importante la obtención de datos climatológicos para obtener de forma más eficiente posibles imágenes satelitales meteorológicas en base a datos meteorológicos de los satélites NOAA 15, diseño e instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos de forma continua en formato APT.

### **2.1.1.1. Problema General**

- ¿De qué forma se puede diseñar e instalar un prototipo de antena receptora simple para obtener imágenes satelitales meteorológicas?

## **2.2. Delimitaciones del problema**

### **2.2.1. Delimitación Espacial**

- Fue implementada en la Urbanización El Dorado Manzana – Q, Lote - 02, Sachaca-Arequipa.
- Municipalidad Distrital de Sachaca

### **2.2.2. Delimitación Temporal**

- El tiempo de ejecución se desarrolló entre enero y febrero de año 2022.

### **2.2.3. Delimitación del universo**

- Se orientó a la recepción de señales satelitales NOAA - 15 las cuales fueron trabajadas entre las frecuencias de 137 MHZ.

## **2.3. Justificación**

### **2.3.1. Justificación Económica**

Existen varios tipos de fenómenos naturales junto con las lluvias torrenciales, derrumbes, huaycos, entre otros, que causan daños en las áreas afectadas y esto también se debe a la falta de estructuras de interpretación de imágenes satelitales meteorológicas adecuadas. Es por esa razón que se requiere de la instalación de una antena receptora simple que va a permitir la

detección eficiente de dichos cambios climáticos.

Para afrontar ello, resulta propicio el diseño del prototipo de una antena receptora simplificada para el caso de un sistema de recepción satelital NOAA 15. Por lo expuesto, esta justificación resulta un fundamento válido para el desarrollo de la investigación, porque se demostró que fue muy viable diseñar e instalar un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos en la región arequipeña.

### **2.3.2. Justificación Teórica**

En la actualidad, debido a cambios climatológicos adversos y bruscos que se presentan en nuestros días, manifiesta la tendencia al estudio de meteorología, con especial énfasis en la recepción y detección de señales satelitales NOAA 15, asimismo, el estudio de la producción correcta de imágenes meteorológicas, sirven para que, en base al análisis de estos datos, se puedan llevar a cabo mejores decisiones a nivel de organismos estatales. En ese extremo, la presente investigación contribuyó al enriquecimiento de la literatura de la tecnología e la ingeniería meteorológica en Arequipa.

### **2.3.3. Justificación Social**

La producción correcta de sus imágenes meteorológicas respectivamente para que en base a estos datos meteorológicos de dichos satélites se puedan llevar a cabo mejores decisiones a nivel de organismos estatales gubernamentales y locales y para así prevenir e impedir futuros desastres climatológicas y/o daños a la sociedad civil al interior de la ciudad de Arequipa.

Para ello, con la construcción y diseño de la presente antena receptora simplificada va a contribuir al desarrollo, prevención y pronóstico temprano de

desastres climatológicos con un mejor acceso a tecnología y conocimiento de la ingeniería meteorológica en tiempo real.

#### **2.3.4. Justificación Práctica**

En adicional a lo anterior, fue válido de mencionar que la tesis solo se enfocó más en análisis de señales satelitales NOAA 15 dado que permitió una medición más precisa y exacta de su ganancia (dB) en antena dipolo a 137 MHz (NOAA 15) y como también la medición valida de su ángulo Azimuth y de su ángulo de Elevación de satélite NOAA 15 en la zona.

#### **2.3.5. Justificación Metodológica**

Para realizar esta investigación, se recurrió al diseño de una antena doble cruz y la simulación de la antena para obtener valores comparativos de simulación con datos reales, los cuales establecieron un parámetro metodológico para el desarrollo de futuras investigaciones académicas.

#### **2.4. Importancia de la investigación**

Específicamente, al poder diseñar y configurar un prototipo de una antena receptora simplificada para captar continuamente datos meteorológicos en formato APT, instrumento tecnológico que beneficia a la población de Sachaca, ya que por medio dicho estudio se pudo obtener imágenes satelitales meteorológicas de forma económica, de esta forma, la investigación existente promovió el desarrollo tecnológico y meteorológico en Arequipa para la obtención de imágenes satelitales NOAA 15 (Rojas Molina , 2019,p.66).

#### **2.5. Alcance de la investigación**

Por un lado, el diseño de un prototipo de antena receptora simple de

imágenes tiene la capacidad de recibir señales NOAA 15,



dentro de la meteorología, considerando que de esta manera fue posible optimizar los cambios climáticos del momento, en el distrito de Sachaca, de esta manera fue factible establecer un índice de contraste de muchos registros meteorológicos actuales.

Por otro lado, los gastos innecesarios también se pueden reducir en términos de tiempo de espera para la obtención de los registros meteorológicos y de esta manera distribuir dichos registros de manera gratuita.

En nuestros tiempos modernos, fue posible diseñar una antena receptora simplificada que permitió un estudio más eficiente de la meteorología, lo cual permitió mejorar las predicciones climáticas, optimizar la precisión de los datos meteorológicos y reducir los gastos de construcción de la antena receptora simplificada para de esta forma ponerlo a disponibilidad de los agricultores de la zona. Por lo tanto, la implementación de esta antena receptora simplificada benefició a toda la comunidad.

## **2.6. Limitaciones de la investigación**

Es fundamental decir que la presente investigación se circunscribió al diseño e instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para la captura continua de registros meteorológicos en formato APT.

En la simulación, los estudios se limitaron a adquirir información para antenas de doble cruz y antena dipolo.

En construcción, la investigación se limitó únicamente al uso de técnicas de construcción de antena de doble cruz.

En caracterización, a investigación se limitó al uso del software CubicSDR para medir el funcionamiento de la antena doble cruz para el análisis de las señales satelitales meteorológicas NOAA 15.

En localización, el estudio se desarrolló en las fincas aledañas de la zona de Sachaca. Sin embargo, por su aplicabilidad podrá ser montada en otros logares de investigación

En economía, los estudios se circunscribieron al uso de estrategias simples de diseño e instrumentación de antena de doble cruz, debido a que no existen grandes fuentes económicas para realizar los estudios de tecnología e de ingeniería meteorológica a gran escala.

## **2.7. Viabilidad**

### **2.7.1. Viabilidad Teórica**

Por lo cual, esta investigación tuvo acceso a bibliografía relevante mediante la base de datos bibliográficos de Scopus, WebScience y IEEE Explore.

### **2.7.2. Viabilidad Técnica**

Para la investigación actual, se aplicó las estrategias de diseño de antenas dipolo, además de empleo de software gratuito que incluyó Wxtolmage, por lo tanto, se han empleado suficientes técnicas de diseño y software vital para realizar con éxito el presente estudio. En cuanto a los materiales de construcción se empleó aquellos que estuvieron disponibles en el mercado local como el caso para las antenas dipolo, el cable coaxial RJ-11, RJ-58 y el sistema RTL-SDR (hardware y software que fue empleado para la sintonización de señales de radio).



### **2.7.3. Viabilidad Operativa**

Es importante señalar que los recursos didácticos utilizados en estos estudios se basaron principalmente en estudios de pregrado de Escuela Profesional de Ingeniería en Telecomunicaciones de UNSA.

Por otro lado, se han consultado recursos bibliográficos de IEEE Explore, Scopus. Finalmente, la investigación contó con la asesoría de un especialista académico de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.

## **2.8. Formulación de Objetivos**

### **2.8.1. Objetivo General**

- Diseñar e instalar un prototipo de antena receptora simple para obtener imágenes satelitales meteorológicas formato APT para la determinación de cambios climatológicos en Sachaca.

### **2.8.2. Objetivos Específicos**

- Determinar si es factible el diseño e instalación de un prototipo de antena receptora simple, para la recepción de datos meteorológicos.
- Recopilar toda la información tecnológica e de ingeniería meteorológica disponible acerca de las imágenes satelitales meteorológicas.
- Establecer la viabilidad económica.
- Simular la funcionalidad adecuada de una antena dipolo simple y de una antena receptora doble cruz simple en software de HFSS.
- Diseñar e implementar la antena receptora de doble cruz simple para recibir imágenes satelitales meteorológicas por medio de radio definido por software.



- Validar los datos meteorológicos obtenidos con datos meteorológicos relacionados de Arequipa, luego de ello utilizar dichas imágenes satelitales meteorológicas.

## **2.9. Formulación de Hipótesis**

### **2.9.1. Hipótesis General**

- Es factible diseñar e instalar un prototipo de antena receptora simple para obtener imágenes satelitales meteorológicas formato APT para la determinación de cambios climatológicos.

### **2.9.2. Hipótesis Específicas**

- Es factible diseñar e implementar la antena receptora de doble cruz simple para recibir imágenes satelitales meteorológicas por medio de radio definido por software.
- Es factible validar los datos meteorológicos obtenidos con datos meteorológicos relacionados de Arequipa, luego de ello utilizar dichas imágenes satelitales meteorológicas en Sachaca.

## **2.10. Variables e Indicadores**

### **2.10.1. Variable Independiente**

- Antena receptora simplificada: Antena de doble cruz: Aplicable para señales satelitales NOAA 15.

#### **a) Indicadores**

- Angulo de elevación analizado por software de GPredict para señales satelitales NOAA 15.



- Angulo de Azimuth analizado por software de GPredict para señales satelitales NOAA 15.

### **2.10.2. Variable dependiente**

- Captación de datos meteorológicos de señales satelitales NOAA 15.

#### **a) Indicadores**

- Medición de ganancia de antena dipolo simple en (dB) en software de simulación de HFSS.
- Recepción de señales satelitales meteorológicas NOAA 15.
- Aplicación de antena dipolo simple como modelo base para la construcción de antena receptora simplificada en entorno real en Sachaca, Arequipa –Perú.

## **2.11. Metodología de la Investigación**

### **2.11.1. Diseño de la Investigación**

Fue de tipo experimental (Sampieri, 2022, p.3).

### **2.11.2. Método de Investigación**

Fue de tipo deductivo y comparativo. Por otra parte, también se usó los sistemas de investigación de enfoque cuantitativa, de nivel aplicado y de tipo experimental (Sampieri, 2022, p.3).

### **2.11.3. Tipo de la investigación**

Es importante mencionar, que la investigación fue aplicada ya que aplicó conocimientos prácticos, teóricos de comunicaciones satelitales, antenas dipolo e imágenes meteorológicas ya que con ello se aplicó correctamente los





procedimientos respectivos del diseño y la instalación de un prototipo de antena receptora simple para obtener imágenes satelitales meteorológicas formato APT.

#### **2.11.4. Nivel de la investigación**

Por otra parte, la actual investigación fue un estudio de tipo experimental esto fue establecido de esta forma debido a sus alcances y procedimientos de investigación empleados.

#### **2.11.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información**

##### **2.11.5.1. Técnicas de recolección de información**

De otra parte, se aplicó el análisis documental de datos. Teniendo en cuenta los siguientes elementos:

##### **a) Técnica documental**

Para la presente investigación se emplearon las principales bases de datos y datos bibliográficos útiles, en relación a los temas de antenas dipolo y sus aplicaciones. Tomando como referencia ejemplos de bases de datos que fueron empleados fueron de: Scopus, Web of Science, IEEE Explore, Springer, ACM, Elsevier y otros, en consecuencia, mediante el uso de este método documental, los datos de investigación fueron analizados de la mejor forma.

##### **2.11.5.2. Técnica aplicada en el campo de investigación**

Por otra parte, se aplicó un proceso de campo factible con el diseño y la instalación de antena de doble cruz; luego la simulación fue realizada en un software especializado en el diseño de antenas de doble cruz, expresándose los resultados en el software de HFSS.

**a) Instrumentos**

- Artículos en revistas indexadas por medio de la IEEE Xplore y Scopus.
- Fichas técnicas y manuales técnicos para el uso, uso y aplicación de los softwares de CubicSDR, WxtolImage, GPredict.
- Simulaciones realizadas de la antena dipolo en HFSS.
- Conjunto de indicadores climáticos de los satélites NOAA 15 obtenidos y registrados mediante el software CubicSDR y el software y el hardware de RTL-SDR.
- Imágenes meteorológicas captadas y procesadas de las señales satelitales meteorológicas NOAA-15 por medio del software de WxtolImage.

**2.11.5.3. Población**

Fue importante mencionar que el universo fue formado por todas aquellas señales meteorológicas que pasaron a lo largo del periodo de investigación, con relación a las señales satelitales meteorológicas NOAA 15-18-19, señales que guardan relación con el diseño y la instalación de un prototipo de antena receptora simple para obtener imágenes satelitales meteorológicas formato APT.

**2.11.5.4. Muestra**

Las muestras que se tomaron para la presente investigación fueron de 20 en total estas señales satelitales meteorológicas extraídas del NOAA 15; se expresaron por medio de sus respectivas imágenes meteorológicas satelitales.

## **CAPITULO III: INGENIERIA DEL PROYECTO**

### **3.1. Generalidades y análisis matemático de la antena de doble cruz**

En el presente capítulo se realizó todo el componente experimental para el diseño de antena de doble cruz, para ello se tomó en cuenta el análisis de las ecuaciones matemáticas, así como también sus efectos y las simulaciones respectivas de cada antena en HFSS para tener una mayor comprensión sobre el comportamiento real de dicha antena (Rößler , 2022,p.45). En ese contexto, una vez que se determinó las dimensiones correctas de la antena de doble cruz se procedió al desarrollo y caracterización de la antena de doble cruz (Rößler , 2022,p.45). Por último, es importante mencionar que las características técnicas de la antena doble cruz pueden ser más exactas y optimizadas a futuro. Luego, de estudiar el diseño de antena de doble cruz se procedió a su cálculo matemático de la antena doble cruz en modo axial y para una frecuencia de 137.6250 MHz, para lograr ese objetivo fue importante mencionar de que al momento de la realización de este trabajo de investigación, se detectó que había mucha interferencia de ruido por la zona; por lo cual para mejorar potencia eléctrica de la antena doble cruz creada es que se optó por colocar dos pequeños capacitores; con un imán cada uno en cada par de las antenas dipolo con el fin de mejorar la potencia eléctrica de la antena doble cruz y de esta forma es que se pudo captar mejores imágenes meteorológicas de satélites NOAA 15 respectivamente.

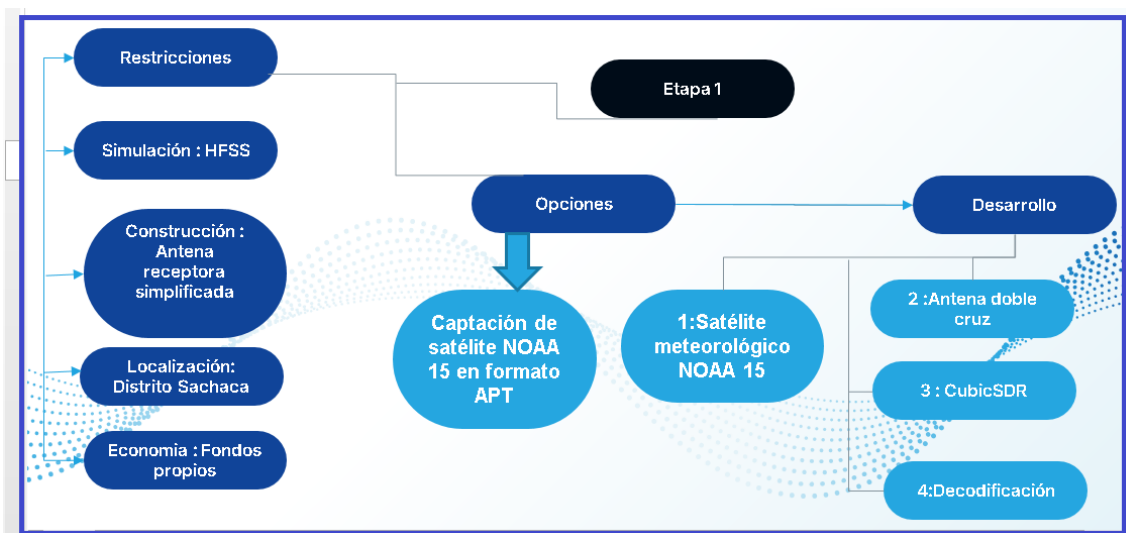
Por otro lado, se buscó diseñar e instalar la antena receptora simplificada más sencilla posible, tomando en cuenta la longitud de cada par de las antenas dipolo en su conjunto y el tipo de cable coaxial por lo cual de esta forma fue que se logró obtener una antena simplificada receptora para poder captar datos meteorológicos en formato APT para los satélites NOAA 15 (Rößler , 2022,p.45). Para comprobar la veracidad de imágenes satelitales NOAA 15 se estableció una comparación entre las imágenes satelitales NOAA 15 recibidas el 25/03/2022 y las imágenes satelitales obtenidas por SENAMHI-PERU (Rößler , 2022,p.45). Bajo este texto introductorio, se procederá a la explicación detallada en los capítulos posteriores, aspectos relacionados al desarrollo del trabajo de investigación y proyecto de ingeniería elaborado (Rößler , 2022,p.45).

### **3.2. Esquema de la propuesta**

El esquema de propuesta se estructura de acuerdo a los siguientes parámetros metodológicos:

1: En la primera parte de este sistema, se recopiló toda la información técnica para su próxima ejecución en esta tesis. Seguido de ello, se recopiló estadísticas que incluyen: tipo de señales electromagnéticas emitidas por medio del Satélite NOAA 15, en ese sentido se recopiló estadísticas y técnicas de los satélites, resolución, tomas instantáneas de frecuencia de los satélites, densidad de potencia en el factor de recepción de una antena de doble movimiento, técnicas modernas. Por otra parte, se empleó el radio definido por software mediante programa software de se empleó el software de CUBICSDR, así como considerar el programa software y las herramientas hardware necesarias para lograr la mejor ejecución de los objetivos de la presente investigación.

**Figura 12.**  
*Cuadro de ejecución Etapa 1*



Fuente: Elaboración Propia

2: El Segundo método, se centró más en el diseño y la instalación de antena receptora simplificada comenzando con la etapa de selección de materiales de fabricación y de diseño de un prototipo de antena de doble cruz para que se logre el grado de intensidad de la señal adecuada para la correcta recepción de las señales de NOAA 15, la selección del software adecuado para la selección de elevación correcta y el ángulo de azimut adecuado, y el uso del software Heavens Above Aplicativo. Para completar este componente, también se puede verificar el diseño instalación de antena receptora simple por software CubicSDR y el software WxtolImage.

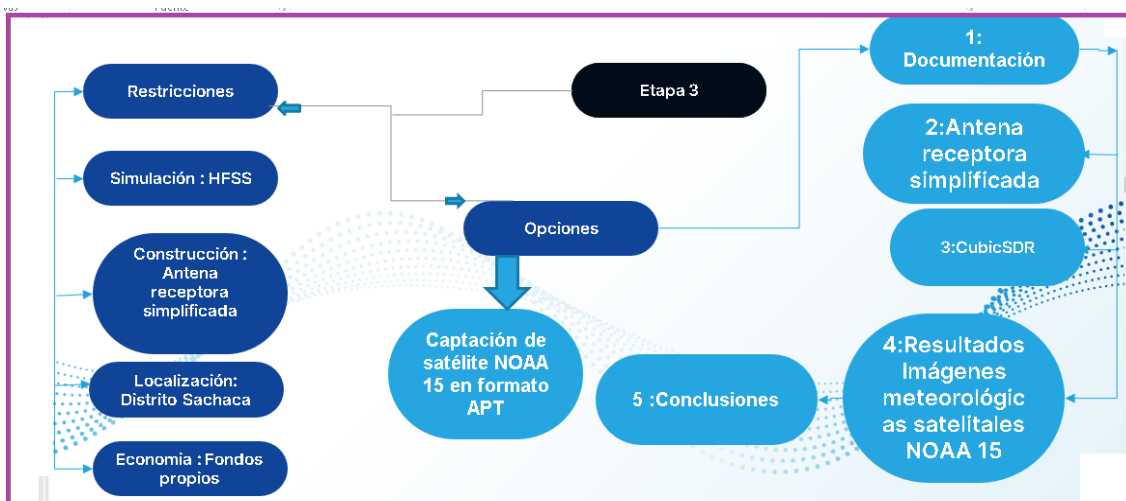
**Figura 13.**  
*Cuadro de Seguimiento Etapa 2*



Fuente: Elaboración propia

3: En este tercer paso, se guardó la documentación de todos los pasos y tácticas que se pretenden lograr en la laptop de HP Elite Book para lograr el diseño e instalación de una antena receptora simple para captar señales satelitales. NOAA 15 y de esta manera cumplir con eficacia los objetivos propuestos.

**Figura 14.**  
*Cuadro de Seguimiento Etapa 3*



Fuente: Elaboración Propia



### 3.3. Propuesta de Validación

Para la presente investigación, se realizó un análisis tecnológico e de ingeniería, con el fin de recibir las señales meteorológicas de NOAA 15 a través de una antena de doble cruz y que de esta manera fuese factible un mayor conocimiento de la conducción del ancho del haz, de la polarización y la directividad del satélite NOAA 15. Por lo tanto, el proceso para capturar alertas NOAA 15, se rigió por los siguientes parámetros:

1. Inicialmente, el sintonizador de señal electromagnética de radio descritopor software RTL-SDR R820T2 RTL2832U 1PPM TCXO SMA, fue conectado con un PC tipo HP Elitebook 880, a través del cual se puede completar la interpretación de imágenes meteorológicas del NOAA 15 y en cuanto dicho portátil se le unió a la antena de doble cruz para obtener correctamente las señales satelitales del NOAA 15.

Por lo tanto, la verificación, permitió la obtención de señales satelitales NOAA 15, la cuales se recepcionaron con el mismo dispositivo digital de RTL-SDR R820T2 RTL2832U y la misma PC de HPElitebook 880, resultaron ser equipos eficaces para la examinación variedades distintivas de indicadores meteorológicos para recibir de los satélites NOAA 15.

2. En segundo lugar, se comenzó el procedimiento de inicio del software WxtolImage, CubicSDR y GPredict, los cuales se configuraron anteriormente en Windows 7 64 bits. Por otro lado, continuando con la forma de descifrar las fotografías de satélite NOAA 15 es que se configuró previamente el programa software WxtolImage y se seleccionó la opción Auto Record en modo automático para que de esta manera el

3. software Wxtolmage comience a funcionar y decodificar el audio de la señal de ingreso de los satélites NOAA 15.

El soporte de un software de cable digital permitió estar relacionado adicionalmente con el programa de decodificación de señales electromagnéticas CubicSDR y que a su vez comenzará a través del software GPredict. Por otra parte, el programa indicó automáticamente el comienzo del paso de los satélites NOAA 15, en consecuencia, fue crucial recordar el hecho de que el programa de software indicado se comunicó a través de un controlador de programa. No obstante, el software y hardware del RTL-SDR estableció la mejor conexión electrónica entre la antena de doble cruz y los tiempos de paso de los satélites meteorológicos NOAA 15.

4. De esta forma, se validó los datos meteorológicos obtenidos con otros datos meteorológicas de Arequipa obtenidos de sitio web de SENAMHI, para luego emplear dichas imágenes satelitales meteorológicas para establecer la situación climatológica en tiempo real.

### 3.4 Cálculo de ganancia requerida de la antena de doble cruz

- Potencia de transmisión de satélite NOAA 15 (modelo,  $f = 137.6250\text{MHz}$ ):  
6.35 vatios = 38.03 dBm
- Polarización de la antena de satélite NOAA 15 = RHCP
- Potencia isotrópica radiada equivalente: PIRE = (Ec.1)
- PIRE = Potencia de transmisor(dBm) + Ganancia de antena (dBi) – Cable atenuación(dB) - Atenuación de conector (dB).....(Ec.1)

$$\text{PIRE} = 38,03 + 12,00 - (0,976) * 0.4 - 2*(0.5)$$

$$\text{PIRE} = 38,03 + 12,00 - 0,3904 - 1$$

$$PIRE = 48,6096 \text{ dBm}$$

$$\text{Piso de ruido} = -91 \text{ dBm}$$

- Cálculos del enlace :(Ec.2)

Pérdidas del enlace por el espacio libre:

$$L_{bf} \text{ (dB)} = 20 \log_{10} (d) + 20 \log_{10} (f) + 32,44 \dots \dots \text{(Ec.2)}$$

**Por lo tanto:**

$$d = \text{distancia} = 2000 \text{ Km}$$

$$f = \text{frecuencia} = 137,6205 \text{ MHz}$$

- Por lo tanto, las pérdidas de espacio libre fueron de:

$$L_{bf} \text{ (dB)} = 20 \log_{10} (2\ 000) + 20 \log_{10} (137,6205) + 32,44$$

$$L_{bf} \text{ (dB)} = 66,0206 + 42,77395 + 32,44$$

$$L_{bf} \text{ (dB)} = 141,2346 \text{ dB}$$

**Por lo tanto:**

- Las pérdidas de enlace en el vacío fueron de **141, 2346 dB**.

- Relación Señal /Ruido (Ec.3):

$$SNR = PIRE + L_{bf} \dots \dots \dots \text{(Ec.3)}$$

$$SNR = 48,6096 \text{ dBm} - 141,2346 \text{ dB}$$

$$SNR = -92,5946 \text{ dB}$$

- Nivel de señal decodificable:

$$SNR - \text{Piso de Ruido} = -92,5946 \text{ dB} - (-91 \text{ dBm})$$

$$SNR - \text{Piso de Ruido} = -92,5946 \text{ dB} + 91 \text{ dBm}$$

$$SNR - \text{Piso de Ruido} = -1,5946 \text{ dB}$$

**Por lo tanto:**

Para que una señal fuese procesada eficientemente entonces el nivel de la señal debe de ser de por lo menos de 12 dB:

$$\begin{aligned} & -1,5946 \text{ dB} - 12 \text{ dB} \\ & = -13,5946 \text{ dB} \end{aligned}$$

**Por lo tanto:**

La antena de doble cruz debe de tener una ganancia mayor cercana a 14 dB.

### 3.5 Simulación

Para la simulación de la antena de doble cruz se empleó el software de HFSS (QSL.NET, 2022,p.2). Es importante destacar que no es necesario simular la antena de doble cruz en HFSS ya que los parámetros de la simulación en HFSS son muy distintos a los parámetros del diseño y construcción de la antena de doble cruz en el mundo real(QSL.NET, 2022,p.2).

Por otra parte, si se diseñase y simulase la antena de doble cruz en HFSS consumiría la capacidad total de la memoria del ordenador y por ende sería, un proceso interminable y tedioso (QSL.NET, 2022,p.2). Por esta razón, se optó por la simulación en base la antena de dipolo de frecuencia de 137 MHz(QSL.NET, 2022,p.2).

Cabe mencionar que no es necesario hacer la simulación de la antena de doble cruz en software de HFSS, sin embargo, para el diseño y construcción de dicha de doble cruz fue necesario comprender mejor el funcionamiento y el alcance de la antena dipolo dado que la antena doble cruz se forma a partir de la unión de 4 antenas dipolo, a partir de ello con una diferencia de fase de  $30^\circ$  cada uno respecto al eje; luego de ese momento resultó fundamental la aplicación de la simulación HFSS(QSL.NET, 2022,p.2).

Es importante mencionar, que durante el análisis de antena dipolo por medio de software de HFSS se buscó realizar dicha simulación tanto en frecuencia de 137 MHz para de esta forma, obtener mejores resultados comparativos.

En un inicio se buscó diseñar e implementar una antena receptora con una ganancia de 25dB, pero luego al realizar la antena doble cruz en un entorno real se determinó que lograr dicha ganancia resulta imposible; dado que el diseño de la antena dipolo propuesto en la presente investigación fue simple y dicho proceso implicaría un costo mayor, por lo expuesto, para lograr dicha ganancia por medio del modelo de antena dipolo se tendría que construir un conjunto mayor de antenas dipolo, lo que implicaría un costo mayor de materiales y por lo tanto, no cumpliría con uno de los objetivos propuestos en esta tesis que refiere al diseño e instalación de una antena receptora simplificada de la forma más económica y eficaz posible(QSL.NET, 2022,p.2).

Fue por esta razón que se implementó el diseño de una antena receptora

de doble cruz, para lograr una ganancia de 2 dB lo cual fue factible dado que permitió captar la señal NOAA 15, entre las frecuencias de 137 MHz a 138 MHz de la forma más económica posible. En ese contexto, los resultados extraídos resultan interesantes dado que se pudo comprobar de que no es necesario construir una antena receptora de doble cruz de forma costosa y compleja para poder captar señales meteorológicas de forma correcta (Rößler , 2022,p.45).

Finalmente, aparte del uso de software de HFSS, también se empleó en la presente investigación el aplicativo de Heavens Above con el fin de por determinar el ángulo de Azimuth, el ángulo de elevación y los puntos cardinales correctos tomar en cuenta sobre los cuales se posicionó la antena de doble cruz para lograr una mejor captación de señal meteorológica NOAA 15.

### **3.6 Construcción de la antena de doble cruz de 137 MHz**

Por otra parte, para la construcción de la antena de doble cruz se empleó las antenas dipolo de tipo TV, dado que fue el material económico y más disponible en el mercado arequipeño. Es importante destacar que estas antenas de dipolo simple de tipo tv fueron de fácil uso y de fácil construcción (QSL.NET, 2022,p.2). Por otra parte, en cuanto a los resultados de software de HFSS si bien es cierto que los resultados obtenidos por la antena dipolo fueron los correctos cabe destacar de que por situaciones económicas no se pudo conseguir los materiales a medida por lo tanto se optó por adaptar dichas mediciones obtenidas en el software de HFSS de acuerdo a los materiales disponibles de construcción en el mercado arequipeño (QSL.NET, 2022,p.2).

**Tabla 1.**

Frecuencia de operación de la antena de doble cruz (MHz)	F= 137 MHz
Longitud total de la antena doble cruz en metros (m)	$4*L = 3.8862$ m
Diámetro de la antena doble cruz en metros (m)	$4*D = 0.0381$ m
Espaciado de la antena de doble cruz en metros (m)	$4*E = 2.1844$ m
Sección de fase de cable coaxial para $\lambda/4$ en metros (m)	$4*S = 0.36195$ m

*Dimensiones físicas de la antena de doble cruz para 137 MHz*

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** Es de mencionar que la antena de doble cruz estuvo formada por 4 antenas dipolo.

**Figura 15.**

*Vista posterior de la antena de doble cruz modificada*



Fuente: Elaboración propia

En la construcción de la antena de doble cruz no se empleó reflectores.

Por tanto, los materiales fueron de:



- 04 antenas dipolos de Televisión simple de 38.54 cm de largo por 2.5 mm de diámetro.
- Pegamento UHU: Para poder unir las conexiones de cable coaxial con cada una de las antenas dipolo simple.
- Pistola de soldadura de metales
- Barra de silicio y de cobre para soldar metales
- Equipo adicional para la antena de doble cruz
- Regla, alicates reductores y ponchador.
- Soporte simple para la antena de doble cruz.
- 01 conector de SMA.
- Sintonizador de radio de RTL-SDR
- Antena dipolo simple de televisión.
- Cable coaxial RG-13 de resistencia de 50 ohmios

**Procedimiento:**

Para la construcción de la antena receptora se tuvo que adaptar los materiales de construcción de acuerdo a la disponibilidad en el mercado local de Arequipa. De allí que, se pudo dar el caso de que estos límites en la construcción de antena de doble cruz redujeron en cierta medida la eficacia en la ganancia de la antena de doble cruz en un entorno real.

**Primero:** Unión de cable coaxial con la antena dipolo; se empleó una soldadura de tipo simple y uniforme en cuanto a diámetro y tipo a material a emplear para poder unir el cable con la base de la antena dipolo. De esta forma se pudo lograr una mejor recepción de señales satelitales NOAA 15

**Figura 16.***Unión de Antena dipolo con cable coaxial*

Fuente: elaboración propia

**Segundo:** Soporte de antena de doble cruz; para el soporte de antena de doble cruz se empleó un parante de 1.80 m de metal bañado en pintura y como se le adaptó a ladrillo de construcción para que pueda soportar bien el peso total de la antena de doble cruz.

**Figura 17.***Soporte de antena de doble cruz modificada*

Fuente: elaboración propia

### 3.7 Construcción de la antena dipolo

A continuación, se tomaron en cuenta las medidas de la antena de dipolo, sin embargo, las medidas no fueron exactas dado que se emplearon diferentes

marcas de productos, de diferentes fabricantes por lo que se recomienda que se realice distintas pruebas de campo en la zona de Sachaca, para que de esta forma se pueda obtener una construcción de antena dipolo óptima.

## Tabla

2.

### *Medidas de construcción reales de la antena dipolo*

Medidas de construcción reales de la antena de dipolo (MHz)
Longitud total de la antena dipolo en metros (m)
L = 0.80 m
Diámetro de la antena dipolo en metros (m)
D = 0.008522 m
Espaciado de la antena de dipolo en metros (m)
E = 0.5461 m
Sección de fase de cable coaxial para $\lambda/4$ en metros (m)
S = 0.0.84 m

Fuente: Elaboración propia

Instalación de la antena receptora:

Por otra parte, los materiales fueron de:

## Tabla

3.

### *Materiales de construcción empleados para el diseño de la antena dipolo*

Materiales de construcción reales de la antena de dipolo
Un cable coaxial de RG13 de 20 metros de largo y de una impedancia de 50 ohmios.
antenas dipolo de televisor de aluminio simple (Modelo conejo) de Largo: 0.95 m
Ancho: 0.005 m
Diámetro de cada antena dipolo: 0.005 m
Una conexión de sistema de SMA macho a hembra
Un adaptador y un sistema de ponchado para poder adaptar el cable coaxial de RG13 a la entrada de RTL-SDR.
1 conector de SMA macho- hembra.

Fuente: Elaboración propia

Para un mejor desempeño y conexión de cable coaxial RG13 y RG-58, a sintonizador de señales de radio de RTL-SDR se estableció que el proceso de ponchado deba ser realizado por un tercero especialista con el fin, que dicho proceso de conexión de cable sea realizado correctamente (Rößler , 2022,p.45).

**Figura 18.**

*Sistema de conexión hembra de RTL-SDR*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 19.**

*Conector de SMA macho y adaptador sintonizador RTL-SDR*



Fuente: Elaboración Propia



Soportes de protección de antena dipolo: Para la presente investigación se empleó 2 soportes hexagonales que permitieron la protección de la conexión de la antena dipolo con el cable de RG13 respectivamente.

**Tabla** **4.**  
*Medidas de soporte de protección de sistema de conexión de la antena dipolo*

---

Medidas de soporte de protección de sistema de conexión de la antena dipolo

---

2 soportes hexagonales para conexiones eléctricas de 6 orificios cada uno

Largo: 0.095 m

Ancho: 0.095 m

Altura: 0.05 m

1 conector –adaptador SMA macho-hembra

Sistema de alimentación:

Corriente eléctrica continua:

Conexión eléctrica entre fuente de alimentación eléctrica y laptop HP Elite book|880

Voltaje eléctrico en Perú: 220 voltios.

---

Fuente: Elaboración propia

### **3.8 Especificaciones técnicas de la implementación de la antena doble cruz**

#### **a) Montaje e instalación de la antena de doble cruz:**

Es importante resaltar que como se instaló la antena receptora en el exterior fue vital tomar en consideración algunos procesos de instalación y montaje de la antena de doble cruz.

- Problemas físicos:
  - En el alimentador: El sistema de alimentación de la antena de doble cruz fue de corriente eléctrica continua lo cual se recomienda tener un enchufe de corriente eléctrica continua cercana a la antena receptora y laptop de análisis de datos HP 880 para su correcto funcionamiento.
  - Sobre la altura de la antena de doble cruz, se recomienda que la altura de la antena de doble cruz respecto al suelo sea de 10 metros para su mantenimiento técnico y control desde la zona base de instalación de la antena receptora.
  - Sobre el soporte, para el soporte de la antena se empleó un parante de metal de 1.80 metros de alto, por otra parte, no se empleó rotor alguno debido a su alto costo adquisitivo y en vez de ello se empleó un aplicativo de Heavens Above con el fin de obtener las medidas correctas de Angulo de elevación, Angulo de azimut y dirección de antena receptora respectivamente.

**b) Consideraciones de la masa de la antena:**

Es importante destacar que la antena receptora tuvo una masa de 15 kilogramos. Por lo cual, lo que por su peso facilito la posición fija la antena receptora primero se estableció sus coordenadas cardinales de Norte Sur Este y Oeste. Asimismo, se evitó en todo momento que el sistema de parante de antena receptora interfiera con el sistema antena de doble cruz instalado anteriormente.

Para el desplazamiento terrestre de la antena receptora de doble cruz se empleó un sistema móvil simple y de fácil acceso.

### **3.9 Consideraciones adicionales**

En la presente investigación no se empleó un rotor dado a su enorme costo adquisitivo. Sin embargo, si se tomó en cuenta los valores de los ángulos de ángulo de Azimut y el valor de ángulo de elevación los cuales se les midió por medio del software de Heavens Above y también por medio de software de GPredict (Rößler , 2022,p.45).

De otra parte, al analizar el factor de velocidad de cable coaxial de RG-13 se determinó que a medida que el cable coaxial es más largo se dio el caso de pérdida de señal, por lo tanto, se recomendó una longitud de cable coaxial de 10 metros como máximo.

Otro tema que se tomó en cuenta en el presente proyecto de investigación fue de caso de los componentes y lo alrededores para el diseño e instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos de forma continua en formato APT en Sachaca-Arequipa, Perú (Rößler , 2022,p.45). Por lo tanto, las consideraciones del trabajo fueron las siguientes:

#### **1) Herramientas a utilizar**

Se recomendó en el presente proyecto de investigación el uso de 4 cajas eléctricas las cuales fueron de material de plástico que tuvieron las dimensiones de 15cm x15cm x8cm. Es importante destacar de que se recomendó el uso de material de plástico en vez de metal dado los que los metales ocasionaron un sistema de interferencia ruidoso lo cual afecto a las señales NOAA 15 a una frecuencia cercana de 137.5 MHz lo cual ocasionó pérdidas de señal.



Por lo tanto, se recomendó el uso de 4 cajas eléctricas como una excelente alternativa para disminuir en cierta forma la interferencia de señal que afecto a los cables coaxiales de RG-13 y RG-58 de la presente investigación.

## **2) Tipos de herramientas de trabajo:**

Para la presente investigación no se empleó LNA (Amplificador de frecuencia de bajo ruido), ni decodificador de SDR adicional más por el contrario se optó por mejorar la señal por medio del aumento de la soldadura de los terminales de conexiones entre el cable coaxial y las 4 antenas dipolo y la optimización de posicionamiento de la antena de doble cruz optimizada en un espacio real 3D por medio de uso de brújula digital de un sistema de herramientas de GPS de marca de Virtual Maze (Rößler , 2022,p.45). Por otra parte, se tomó que la frecuencia de operación de la presente investigación fue de entre 137 MHz – 138 MHz.

También se recomendó el empleo de un cable coaxial de RG-58 de la mejor marca posible de la empresa de DIXON – KROTON el cual tuvo la característica de poseer una malla de cobre puro de 90 % de una longitud de 20 metros y a una resistencia de 50 ohmios el cual fue ideal para la instalación de antenas de recepción de señales NOAA a nivel exterior (Rößler , 2022,p.45).

Por otra parte, en la presente investigación no se empleó núcleos de ferrita en las 4 conexiones principales de las 4 antenas dipolo dado que limitaron el paso de la conductividad eléctrica y por lo tanto la correcta obtención y recepción de señales satelitales NOAA en la antena receptora de doble cruz optimizada (QSL.NET, 2022,p.2).

### **3) Suministro de energía eléctrica adicional:**

En cuanto al sistema de tensiones de suministro eléctrico para todos los componentes electrónicos de la antena receptora de doble cruz optimizada como es el caso de cable coaxial de RG-13, las 4 antenas dipolo y el sintonizador de señal de RLT-SDR para recepción de señales satelitales NOAA se recomienda obtener un voltaje de operación de entre 5 y 12 voltio en DC de corriente continua (Rößler , 2022,p.45).

Si es que se tuviera que emplear una antena receptora, más moderna, costosa y de mayores componentes electrónicos más complejos se recomienda el empleo de AC de corriente alterna por medio de la aplicación de un transformador eléctrico (Rößler , 2022,p.45).

#### **3.10 Análisis de costos**

Seguidamente se propuso una tabla de costos con respecto al diseño e instalación de un prototipo de antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos de forma continua en formato APT.

Por ejemplo, para el caso de las antenas dipolo se optó por el material de aluminio dado que fue lo más económico que se pudo obtener en los talleres de ferretería de la ciudad de Arequipa, el diámetro que se tomó en cuenta fue de 1 cm según las medidas industriales establecido.

Por otra parte, un factor a tomar en cuenta en la presente investigación fue el peso total de la antena receptora de doble cruz mejorada dado que su masa en kilogramos no debió de exceder al peso de su soporte metálico en kilogramos y esto debido a que como los satélites NOAA; ya tienen una

trayectoria espacial definida por tanto fue necesario que antena receptora de doble cruz tuviese la capacidad de desplazarse con facilidad para que de esta forma pudiese dar seguimiento a la trayectoria de satélites NOAA en cuanto a nivel de desplazamiento terrestre, ángulo de azimut y ángulo de elevación respectivamente de forma manual y semiautomática.

### **Tabla**

**5.**

*Precios de antena receptora de doble cruz modificada*

Material	Cantidad total
8 varillas de aluminio de 10 mm de diámetro de espesor	S/. 100
Cable coaxial de cobre de RG-58 de la empresa de Telefónica de 20 metros	S/. 80
Servicio técnico de ponchado de conector macho- hembra de SMA a los terminales de cable coaxial y de las 4 antenas dipolo de aluminio	S/. 50
2 conectores de SMA y pernos de ajuste de antena doble cruz mejorada	S/.40
Soporte de metal de antena de doble cruz mejorada incluido lijas, el proceso de lijado, armado, soldadura de metal, y pintado con pintura de anti óxido de metales.	S/. 80
1 *pistola de soldar eléctrica, 2 carretes de estaño y 1 pasta de soldar	S/. 80
tubos de PVC de 20 cm cada uno	S/. 50
4 cajas eléctricas de 15x15x5 cm	S/.30
1 extensión eléctrica	S/.100
Gastos extras: Soldadura, pintura, transporte entre otros.	S/. 50
4 antenas conejo y 4 ferritas	S/. 660
<b>Total</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se estableció que el costo total de la antena receptora de doble cruz mejorada fue de S/. 660. Por lo tanto, se estableció de que el desarrollo de la presente antena receptora de doble cruz mejorada permitió reducir los costos lo cual hizo que la presente tesis fuese económicamente viable.

## CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 4.1. Evaluación y Verificación de ingeniería del Proyecto

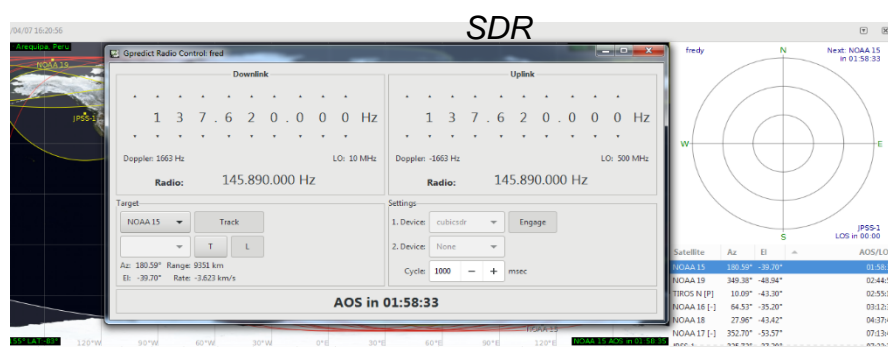
#### 4.1.1. Evaluación y discusión de la variable independiente: Antena receptora simplificada

En esta parte de la investigación se logró conectar el GPredict con la antena de doble cruz por medio de CUBICSDR que fue un tipo software libre aplicado de SDR que funcionó normal en Windows 7 bits por lo cual se optó por usar el software de CUBICSDR el cual se le conecto a GPredict por medio de opción de conexión de radio de “rig in” que esta tanto disponible en CUBICSDR como en GPredict y lo cual permitió captar señales satelitales NOAA.

Por consiguiente, en base a procedimiento anterior es que se pudo determinar los parámetros de Angulo de azimut y el Angulo de elevación de la variable independiente de satélite NOAA 15-18-19 respectivamente. Por lo cual, dichos parámetros se le aplicó a satélite NOAA 15.

**Figura 20.**

*Sistema de radio semi automático en G-Predict conexión con software Cubic*

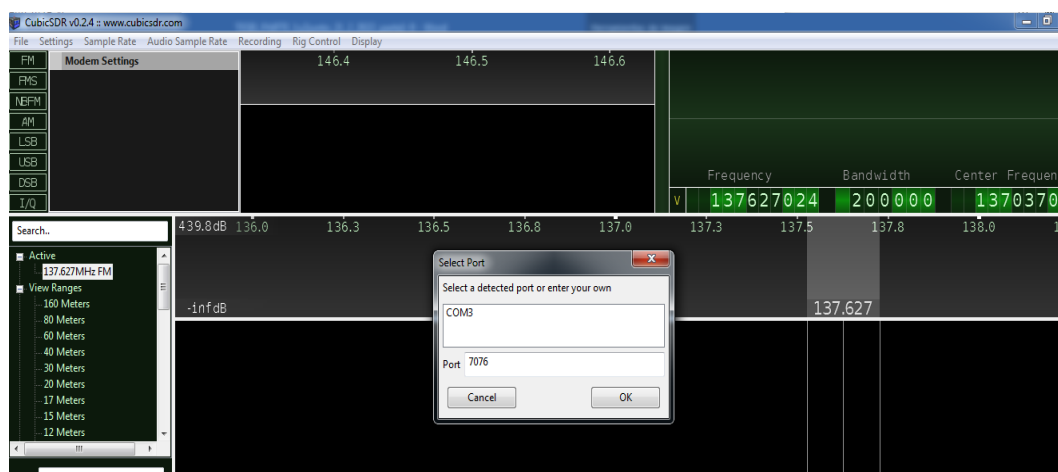


Fuente: Elaboración Propia



**Figura 21.**

Sistema de conexión Cubic SDR y GPredict por medio sistema Rig On



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Variable Independiente: Antena receptora simplificada

**Tabla** **6.**  
*Resumen de Procesamiento de Casos*

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Angulo Azimuth	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%
Angulo Elevación	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%

Fuente: Elaboración Propia

## Tabla

7.

Cuadro de indicadores descriptivos de la variable independiente

Descriptivos				
			Estadístico	Error estándar
Angulo Azimuth	Media		84.1165	12.15681
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	58.6720	
		Límite superior	109.5610	
	Media recortada al 5%		84.4389	
	Mediana		89.2450	
	Varianza		2955.758	
	Desviación estándar		54.36689	
	Mínimo		9.95	
	Máximo		152.48	
	Rango		142.53	
	Rango intercuartil		113.16	
	Asimetría		-.099	.512
	Curtosis		-1.754	.992
	Angulo Elevación	Media		16.0450
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	11.1052	
		Límite superior	20.9848	
Media recortada al 5%		16.0456		
Mediana		15.2800		
Varianza		111.403		
Desviación estándar		10.55475		
Mínimo		.00		
Máximo		32.08		
Rango		32.08		
Rango intercuartil		20.45		
Asimetría		.102	.512	
Curtosis		-1.364	.992	

Fuente: Elaboración Propia

## Tabla

8.

Resultados de Prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov - Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Angulo Azimuth	,154	20	,200*	,872	20	,013
Angulo Elevación	,116	20	,200*	,936	20	,200

Fuente: Elaboración Propia

Por medio de la prueba de Shapiro Wilk se pudo obtener un valor de ( $p > 0.05$ ) que fue de 0.200 para el caso de la variable de ángulo de elevación

de NOAA 15 y también se obtuvo un valor de ( $p < 0.05$ ) que fue de 0.013 para el caso de la variable de ángulo de Azimuth de NOAA 15 a la vez que se hizo un análisis de tabla de procesamiento de casos y de lo cual se halló que se dio el caso de una distribución normal de datos para el caso de la variable de ángulo de elevación de NOAA 15 pero no se dio una distribución normal de datos para el caso de variable de ángulo de Azimuth NOAA 15.

Por otra parte, es importante mencionar que la variable de ángulo de Azimuth NOAA 15 tuvo un error estándar de 12.15681 para el caso de media estadística de 84.1165 mientras que la variable de ángulo de elevación de NOAA 15 tuvo un error estándar de 2.36011 para el caso de una media estadística de 16.0450.



### 4.1.3. Variable Dependiente: Captación de datos meteorológicos de señales satelitales NOAA-15

#### Tabla

9.

Frecuencias (137.6200 MHz)

dBGainTotalFreq0.137GHzPhi0deg					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1.5102	1	5,0	5,0	5,0
	1.5770	1	5,0	5,0	10,0
	1.6401	1	5,0	5,0	15,0
	1.6993	1	5,0	5,0	20,0
	1.7546	1	5,0	5,0	25,0
	1.8062	1	5,0	5,0	30,0
	1.8539	1	5,0	5,0	35,0
	1.8978	1	5,0	5,0	40,0
	1.9380	1	5,0	5,0	45,0
	1.9743	1	5,0	5,0	50,0
	2.0069	1	5,0	5,0	55,0
	2.0356	1	5,0	5,0	60,0
	2.0606	1	5,0	5,0	65,0
	2.0817	1	5,0	5,0	70,0
	2.0992	1	5,0	5,0	75,0
	2.1129	1	5,0	5,0	80,0
	2.1227	1	5,0	5,0	85,0
	2.1288	1	5,0	5,0	90,0
	2.1297	1	5,0	5,0	95,0
	2.1311	1	5,0	5,0	100,0
Total		20	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia

Por medio del análisis de la tabla anterior de frecuencia de variable dependiente de Captación de datos meteorológicos de NOAA 15 – ganancia: Frecuencia: 137.6200 MHz se pudo establecer de que el valor estándar de la media de la variable dependiente - ganancia fue de 1.928030 y el valor del error estándar de la media fue de 0.0449902 y esto después de analizar la tabla de



frecuencia de la variable dependiente de Y1\_1: Captación de datos meteorológicos de NOAA 15: Frecuencia: 137.6200 MHz.

Por otro lado, la variable dependiente también tuvo un valor de asimetría de -0,778 y tuvo un valor de error de estándar de asimetría de 0,512 y también y valor de Curtosis fue de -0,634 y finalmente el valor de error estándar de Curtosis fue de 0,992.

#### 4.1.4. Contrastación de Hipótesis

##### 4.1.4.1. Hipótesis General

- Es factible la captación de imágenes satelitales meteorológicas de formato APT por medio del diseño e instalación del prototipo de antena receptora simple.

**Interpretación:**

**Tabla**

**10.**

*Datos Estadísticos Descriptivos*

Tabla de Estadísticos descriptivos			
	Media	Desv. Desviación	N
dBGainTotalFreq0.137 GHzPhi0deg	1.928030	.2012024	20
AnguloElevacionNOAA 15	16,0450	10,55475	20

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla****11.***Correlación de Pearson*

		dBGainTotal Freq0.137GH zPhi0deg	AnguloElevac ionNOAA15
dBGainTotalFreq0.137 GHzPhi0deg	Correlación de Pearson	1	,410
	Sig. (bilateral)		,072
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,769	16,549
	Covarianza	,040	,871
	N	20	20
AnguloElevacionNOAA 15	Correlación de Pearson	,410	1
	Sig. (bilateral)	,072	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	16,549	2116,654
	Covarianza	,871	111,403
	N	20	20

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, analizando la tabla de estadística descriptiva y la tabla de correlación de Pearson de la variable dependiente de dBGainTotalFreq0.137GHzPhi0deg que es lo mismo de Y1\_1: Captación de datos meteorológicos de señales satelitales de NOAA 15: Frecuencia: 137.6200 MHz se estableció la media de 1.928030 y un valor de desviación estándar de 0.2012024.

De otra parte, analizando de nuevo la correlación de Pearson se pudo establecer que existe una correlación de Pearson positiva regular y estadísticamente significativa entre dBGainTotalFreq0.137GHzPhi0deg y el AnguloElevacionNOAA15 lo cual se le representó por los valores de ( $r = 0,410$ ) y un valor de Sig. (bilateral) de ( $p > 0.001$ ). Por lo tanto, la hipótesis general es válida.

Por lo cual se pudo concluir que si es factible de diseñar e instalar un prototipo de antena receptora simple para obtener imágenes satelitales meteorológicas formato APT.

#### 4.1.4.2. Hipótesis Especifica 1

- Es factible diseñar e implementar la antena receptora de doble cruz simple para recibir imágenes satelitales meteorológicas por medio de radio definido por software.

#### Interpretación:

En un inicio, se estableció de que los materiales que se emplearon para construcción de la antena receptora simplificada fueron:

#### Tabla 12.

#### Materiales para la elaboración de la antena.

1.	8 varillas de aluminio de 10 mm de diámetro de espesor
2.	Cable coaxial de cobre de RG-58 (20 metros)
3.	Servicio técnico de ponchado de conector macho- hembra de SMA a los terminales de cable coaxial y de las 4 antenas dipolo de aluminio
4.	2 conectores de SMA y pernos de ajuste de antena doble cruz
5.	Soporte de metal de antena de doble cruz mejorada incluido lijas, el proceso de lijado, armado, soldadura de metal, y pintado con pintura de anti óxido de metales.
6.	1 pistola de soldar eléctrica, 2 carretes de estaño y 1 pasta de soldar
7.	4 cajas eléctricas de 15x15x5 cm.
8.	1 extensión eléctrica.
9.	4 antenas conejo y 4 ferritas

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, las gráficas que sustentan lo anterior fueron de:

**Figura 22.**

*Diseño e instalación de antena receptora simplificada en la Municipalidad de Sachaca*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 23.**

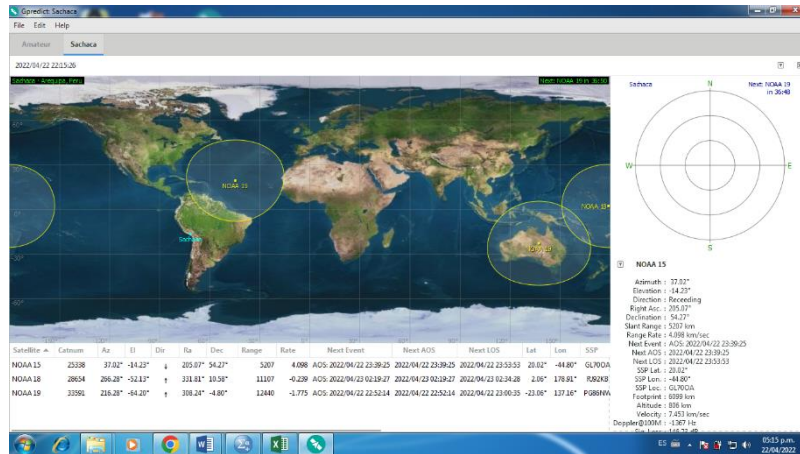
*Implementación de antena receptora en la Municipalidad distrital de Sachaca*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 24.**

Coordenadas geográficas satélite NOAA 15 (Punto de referencia distrito de Sachaca)



Fuente: Elaboración propia

**Figura 25.**

Señal satelital NOAA-15 (Reproducción software Cubic SDR)



Fuente: Elaboración propia

Por lo cual luego del análisis anterior se pudo concluir que es factible



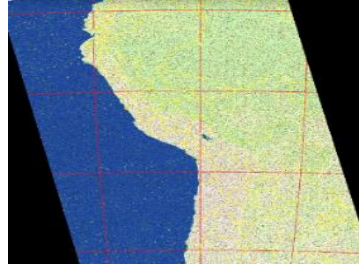
diseñar e implementar la antena receptora de doble cruz simple para recibir imágenes satelitales meteorológicas por medio de radio definido por software.

#### 4.1.4.7. Hipótesis Específica 2

- Es factible la validación de datos meteorológicos obtenidos, con otra información meteorológica de la región de Arequipa.

#### **Figura 26.**

*Captación de imagen meteorológica NOAA 15*



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, fue factible validar los datos meteorológicos obtenidos con otros datos meteorológicas de Arequipa en Sachaca.

#### **4.1.5 Análisis e discusión de imágenes satelitales meteorológicas en formato APT**

Como se pudo comprobar la hipótesis 6 fue válida dado que al realizar el análisis meteorológico entre la imagen satelital NOAA 15 y la imagen satelital propuesta por SENAMHI se pudo concluir que hay zonas de terreno fértiles para la cosecha de papa a lo largo de territorio peruano como también en la zona de Arequipa. Por lo cual se pudo establecer de que por las zonas más verdes representado en ambos mapas de Perú de acuerdo a la información meteorológica de SENAMHI y en comparación con los datos meteorológicos obtenidos en formato de APT por la presente investigación se pudo establecer de que hubo más humedad ambiental y disponibilidad hídrica con un promedio de lluvias de 25mm/década.

Por lo tanto dicho análisis meteorológico no descartó la posibilidad de establecer sembríos en la zona de Arequipa dado que si bien fue cierto que se necesitó más recursos hídricos en la zona sur de Arequipa dado que se detectó una humedad promedio de 10 mm/década dicho análisis agro meteorológico hecho por SENAMHI e contrastado por los datos meteorológicos obtenidos en la presente investigación se pudo determinar si es factible las actividades agrícolas de papa en Arequipa solo que en esa zona sur de país se necesitó más recursos hídricos y riegos de cultivo. Por lo cual se demostró que fue factible validar los datos meteorológicos obtenidos con otros datos meteorológicas de Arequipa y demostrando de esta que la hipótesis 6 de la presente investigación fue valida.

#### **4.1.6 Líneas futuras de investigación:**

Entre las líneas de investigación que se pudieron establecer fueron los siguientes:

- a) Líneas de investigación la optimización de la antena receptora simplificada.

Si bien es cierto que se logró el diseño e instalación de una antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos de forma continua en formato APT en la zona de Sachaca, dicha antena receptora simplificada aún puede ser mejorada. Por otra parte, la ganancia de antena dipolo fue de 2 dB lo cual fue aceptable para la presente investigación. Sin embargo, se recomendaría el uso de un rotor moderno eficiente para poder captar de forma más precisa y concisa las señales satelitales NOAA 15 en entorno real.

- b) Líneas de investigación respecto al proceso de captación de otras señales meteorológicas similares como el caso del GOES -16.Es

importante mencionar en este punto que en la actualidad es factible obtener datos meteorológicos de los satélites NOAA, por otra parte, también los satélites meteorológicos GOES -16 y METEOR pueden brindar información meteorológica útil para establecer pronósticos meteorológicos y agrometeorológicos. Por lo tanto, al lograr obtener dicha información meteorológica también se podría establecer en un futuro cercano mejores pronósticos climatológicos y enriquecer la validez de los datos meteorológicos obtenidos en formato APT en la presente investigación.

- c) Líneas de investigación respecto al análisis de imágenes meteorológicas en la zona

A partir de la presente tesis se pueden realizar investigaciones en la meteorología moderna con el fin de obtener imágenes meteorológicas más precisas.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

### **5.1 Conclusiones:**

Para comenzar este apartado, se mencionó brevemente los pasos que realizaron para la obtención de imágenes satelitales NOAA 15 luego se pasó a mencionar las conclusiones. Por lo tanto, el desarrollo de la tesis fue establecido de la siguiente forma:

En un inicio se recopiló y analizó toda la documentación meteorológica y tecnológica disponible para el análisis de las señales NOAA 15. Seguidamente se empezó con el análisis de software de CubicSDR. Una vez realizado este paso, se procedió al diseño e instalación de la antena receptora simplificada. Por último, se analizó las mediciones obtenidas de dicha antena receptora simplificada y se procedió al estudio y validación de las imágenes meteorológicas NOAA 15 respectivamente.

Para terminar las conclusiones establecidas fueron de:

1. Por medio de la presente investigación se aplicó un nuevo software de ingeniería que fue el programa de radio de GPredict y por medio del cual se obtuvo nuevos conocimientos técnicos y teóricos acerca de la medición de las señales satelitales NOAA 15.
2. Por otra parte, en el presente estudio tecnológico e de ingeniería meteorológica se logró realizar con éxito el diseño e instalación de una antena receptora simplificada para captar datos meteorológicos en formato APT en la zona de Sachaca –Arequipa.

3. Durante la realización de la parte operativa de la presente investigación se determinó que el dispositivo electrónico de RTL-SDR R820T2 RTL2832U fue muy importante para la recepción de señales satelitales meteorológicas NOAA 15.
4. Por una parte, al diseñar e instalar la antena receptora simplificada fue posible obtener imágenes meteorológicas satelitales NOAA 15 aceptables por medio de la aplicación de una buena línea de vista.
5. Para terminar, se logró exitosamente la validación aceptable de los datos meteorológicos en comparación con los datos meteorológicos obtenidos por SENAMHI por medio del uso adecuado de imágenes satelitales meteorológicas NOAA 15.

## 5.2 Recomendaciones:

- 1- Es recomendable de emplear conectores y cables coaxiales de baja pérdida de señal de RF dado que se puede emplear varios puntos de conexión en la zona de instalación para lograr una mejor captación de datos meteorológicos en formato APT de señales satelitales NOAA 15.
- 2- Una recomendación importante para destacar fue de que el uso de sintonizador de señal de RTL-SDR debe de realizarse precavidamente dado que fue un dispositivo sensible a fallas electrónicas internas.
- 3- Es importante actualizar los datos meteorológicos de los horarios de pasada de satélites NOAA 15 de software de GPredict y Wxtolmage para de esta forma poder tener un registro más preciso de los pasajes de las señales satelitales NOAA 15 en tiempo real en la zona de Sachaca de Arequipa.

## BIBLIOGRAFIA

- Espinoza Garcia . B. (11 de Noviembre de 2021). Non-Linear Control Strategies for Attitude Maneuvers in a Cubesat with Three Reaction Wheel. (IEEE, Ed.) *IEEE m SCOPUS WEBSCIENCE*, I(11), 1-20. doi:<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12641/I Eesgaba.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Balanis, C. (2022). *Teoría de antenas : Diseño y Análisis* (Tercera ed., Vol. III). (WILEY, Ed.) New York , New York , Estados Unidos : WILEY : Libro de investigación : 2022/1/1 : <https://www.doccity.com/pt/antenna-theory-balanis-third-edition/4888976/>. doi:<https://www.doccity.com/pt/antenna-theory-balanis-third-edition/4888976/>
- Ccancapa Surco, M. (2018). *Diseño de un sistema de recepción de imágenes satelitales meteorológicos en alta resolución utilizando radio definido por software* (Primera ed., Vol. I). (U. N. Agustin, Ed.) Arequipa, Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustin. doi:<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8527>
- CubicSDR . (2 de Marzo de 2022). *CubicSDR* . Obtenido de CubicSDR : <https://readthedocs.org/projects/cubicsdr/downloads/pdf/latest/>
- Delgado, A. (2019). *Optimización del rendimiento de un sistema de comunicación satelital empleando modulación y codificación adaptiva – ACM en plataforma O3B* (Segunda ed., Vol. III). (U. d. Palma, Ed.) Lima, Lima, Perú: Universidad de Ricardo Palma. doi:<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2016>
- Ezzatullah , Z. (2019). *Building a Low-Cost Ground Station for Weather Satellite Image Reception* (Primera ed.). (U. MUNIN, Ed.) Noruega, Noruega, Noruega: UIT MUNIN. doi:<https://hdl.handle.net/10037/18090>
- Gomez, E. (2018). *Diseño y fabricación de antenas de banda ancha para la telefonía móvil* (Segunda ed., Vol. II). (U. P. Madrid, Ed.) Madrid, Madrid, España: Universidad Politecnica de Madrid. doi:<https://oa.upm.es/49505/>
- Hernandez , S. (2022). *Metodología de la investigación*. México: MC GRAW HILL
- IEEE . (19 de Mayo de 2021). *IEEE*. Obtenido de IEEE:



[https://mtt.org/event\\_calendar/history-and-future-of-implantable-antennas/](https://mtt.org/event_calendar/history-and-future-of-implantable-antennas/)

- López , J., Díaz , I., & Sevilla , A. (19 de Septiembre de 2019). Introducción al análisis y diseño de antenas. (ResearchGate, Ed.) *ResearchGate SCOPUS IEEE, III(10)*, 1-30. doi:10.5377/ref.v2i2.8285
- Mamani Valencia , H. (2019). *Diseño e implementación de plataforma de pruebas para el sistema de control y determinación de actitud de pico – satélite Cubesat* (Primera ed., Vol. II). (U. N. Arequipa, Ed., & H. Mamani Valencia, Trad.) Arequipa, Arequipa , Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa .  
doi:[http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11188/IEmava\\_h.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11188/IEmava_h.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Paz-Penagos, H. (16 de Mayo de 2019). Recepción de Imágenes Meteorológicas de Colombia con una Antena de Dipolos Cruzados. (IEEE, Ed.) *IEEE - Informacion tecnologica - 2019, III(3)*, 1-8.  
doi:<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n1/0718-0764-infotec-30-01-41.pdf>
- QSL.NET. (1 de Enero de 2022). *QSL.NET*. (QSL.NET, Editor, QSL.NET, Productor, & QSL.NET)  
doi:<https://www.qsl.net/on6jc/sat/tech/techn15.html>
- Quiroz Olivares, A., Vargas, N., & Zarate Segura , G. (2019). *Estación Terrestre Portátil y de Bajo Costo para la Recepción de Imágenes Satelitales NOAA* (Segunda ed., Vol. III). (U. d. Humanidades, Ed.) Lima, Lima, Perú: Universidad de Ciencias y de Humanidades.  
doi:<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5115/davila-vilca-christian-andres.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quispe Rivera , A. (2020). *Modelo geométrico físico-matemático para satélites de observación* (Segunda ed., Vol. Primera ). (U. N. Marcos, Ed.) Lima, Lima, Per: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
doi:<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16843>
- Ramos Rosero , A., & Noboa Cabrera , L. (2018). *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* (Segunda ed., Vol. II). (U. P. Salesiana, Ed.) Quito, Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. doi:<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14189>
- Rojas Alban , G. (2022). *Análisis de correlación y teleconexión entre las precipitaciones extremas recurrentes del norte del Perú y anomalías de temperatura superficial del mar* (Primera ed., Vol. II). (U. P. Aplicadas, Ed.) Lima, Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. doi:<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/659068>
- Rojas Molina , R. (2019). *Diseño de un prototipo para recepción de imágenes APT del sistema satelital NOAA usando el RTL-SDR* (Primera ed.). Quito, Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica de Israel : Tesis de Pregrado : 2022/1/1 : <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2190/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-082.pdf>. doi:<http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2190/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-082.pdf>
- Rößler , S. (5 de Marzo de 2022). Detection of Snow Cover from Historical and Recent AVHRR Data—A Thematic TIMELINE Processor. *MDPI*, 1-12. doi:<https://www.mdpi.com/2673-7418/2/1/9>
- S. NATHWANI, N., & H. TRIVEDI2 , D. (2019). Design of Cross Dipole Antenna For The GPS Band . *ResearchGate*, 1-5.
- SENAMHI-PERU. (2020). *PRONÓSTICO AGROMETEOROLÓGICO DE CULTIVO DE PAPA PERU AREQUIPA* (Segunda ed.). Lima- Arequipa- Perú, Lima- AREQUIAP, Perú. doi:<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02949SENA-92.pdf>
- Solano, A., & Gustavo Martin. (2020). *Implementación e instalación de una antena satelital automática VSAT Intellian en embarcaciones de empresa Hayduk para brindar servicio de datos de internet en altamar en la empresa BMP Consulting SAC- Lima 2018* (Segunda ed., Vol. II). (U. T. Perú, Ed.) Lima, Lima, Perú: Universidad Tecnológica de Perú. doi:<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3625>
- Weather Nation. (3 de Marzo de 2022). *NOAA 15 Polar Orbiting Satellite*, 1. (W. Nation, Editor, W. Nation, Productor, & Weather Nation) doi:<https://www.weathernationtv.com/news/noaa-15-polar-orbiting->

satellite-makes-100-thousandth-orbit/

Wiryadinata , R., Khoirusolih , M., Rohanah , N., Muttakin , I., & Firmansyah , T. (1 de Febrero de 2018). Image Data Acquisition for NOAA 18 and NOAA 19 Weather Satellites Using QFH Antenna and RTL-SDR. (M. I. IEEE, Ed.) *MATEC ICIEE 2018 SCOPUS ELSEVIER IEEE, III(1)*, 1-8. doi:<https://doi.org/10.1051/matecconf/201821802002>

## ANEXOS

### Apéndice A: Implementación de antena receptora simplificada en la Municipalidad de Sachaca – Arequipa



Municipalidad Distrital  
de **Sachaca**



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia





Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia