



Implementación de un sistema de telecomunicaciones, mediante la instalación de dispositivos VHF para establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”.

Carrera Andrango, Edgar Daniel

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Moreta Changoluiza, Janneth Elizabeth

10 de Julio del 2020



ESPE

2

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

2. CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES, MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS VHF PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN ENTRE EL CAMPUS LATACUNGA CENTRO, EL CAMPUS LATACUNGA BELISARIO QUEVEDO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Y LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA.”**, fue realizado por el señor **Carrera Andrango, Edgar Daniel**, la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 de julio del 2020

Ing. Moreta Changoluiza, Janneth Elizabeth

C.C.: 0503078974



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

3. RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Carrera Andrango, Edgar Daniel**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES, MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS VHF PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN ENTRE EL CAMPUS LATACUNGA CENTRO, EL CAMPUS LATACUNGA BELISARIO QUEVEDO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Y LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA.”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 10 de julio del 2020

Carrera Andrango, Edgar Daniel

C.C.: 0502984685



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Carrera Andrango, Edgar Daniel**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES, MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS VHF PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN ENTRE EL CAMPUS LATACUNGA CENTRO, EL CAMPUS LATACUNGA BELISARIO QUEVEDO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Y LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA.”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 10 de julio del 2020

Carrera Andrango, Edgar Daniel

C.C.: 0502984685

5. DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi amada esposa Enid, por el amor y la confianza depositada en mí, por el apoyo permanente que me ha brindado a lo largo de este periodo de estudios, ya que a su lado he sentido la fortaleza de seguir avanzando a paso firme en los retos que se me presentan día a día.

A mi hermosa hija Amelia, mi pequeño ángel quien es mi fuente de inspiración, es el motor que me impulsa a seguir adelante, haciendo que cada día tenga un sentido y una razón para seguir luchando por mis objetivos.

A mis padres Ofelia y Alonso, por darme la vida, por inculcarme el respeto, la honestidad y la honradez como pilares fundamentales para la vida y hacer de mí una persona de bien, útil para la sociedad, por enseñarme a valorar el esfuerzo y el trabajo para alcanzar los sueños planteados, muchas gracias por su amor.

Edgar Daniel Carrera Andrango

6. AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de vivir esta vida maravillosa, brindándome salud y sabiduría para avanzar sin descanso en cada uno de los objetivos trazados, por darme fortaleza y paz espiritual en los momentos más difíciles.

A mi familia por depositar toda su confianza en mí, comprometiéndome a seguir a delante hasta alcanzar este sueño anhelado.

Al glorioso Ejército Ecuatoriano, por darme la oportunidad de capacitarme académicamente, para de esta manera contribuir al cumplimiento de la misión y al desarrollo del Ecuador.

A mis docentes por sus conocimientos compartidos a lo largo de mi carrera universitaria, ya que gracias a su esfuerzo han hecho de mí una persona capacitada útil para la sociedad.

Edgar Daniel Carrera Andrango

7. ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CARÁTULA	1
2. CERTIFICACIÓN	2
3. RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	2
4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	3
5. DEDICATORIA.....	4
6. AGRADECIMIENTO.....	5
7. ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	6
8. ÍNDICE DE FIGURAS	10
9. ÍNDICE DE TABLAS	13
10. RESUMEN	14
11. ABSTRACT.....	15
12. Tema:.....	16
12.1. Antecedentes	16
12.2. Planteamiento del problema	18
12.3. Justificación.....	19
12.4. Objetivos	20
12.4.1. Objetivo general	20
12.4.2. Objetivos específicos.....	21
12.5. Alcance	21
13. Marco teórico	22
13.1. Sistemas de telecomunicaciones.....	22
13.1.1. Información	22
13.1.2. Elementos que conforman un sistema de comunicación	22

13.1.3. Limitaciones de los sistemas de comunicación.....	23
13.2. Espectro electromagnético	26
13.2.1. Frecuencias de transmisión.....	27
13.3. Sistemas de radiocomunicaciones VHF	28
13.4. Ondas electromagnéticas.....	30
13.4.1. Origen y formación de las ondas	30
13.4.2. Propiedades de las ondas electromagnéticas.....	31
13.4.3. Características de las ondas electromagnéticas.....	31
13.5. Propagación radioeléctrica.	33
13.5.1. Efectos de radiopropagación.....	35
13.6. Radioenlaces y su clasificación.	41
13.6.1. Sistemas de radioenlaces semiduplex.....	42
13.7. Sistemas de radioenlaces no guiados	42
13.8. Equipos y materiales.	44
13.8.1. Antenas.....	44
a. Características de una antena.....	45
b. Tipos de antenas.....	45
13.8.2. Repetidora.....	47
13.8.3. Duplexor.....	48
13.8.4. Estación base.....	50
13.8.5. Radios portátiles.....	51
13.8.6. Estación móvil	52
13.8.7. Analizador de sistemas de comunicaciones	54
13.8.8. Vatímetro Bird	55

13.8.9. Cable coaxial.....	56
13.8.10. Conectores.....	57
14. Desarrollo del tema	59
14.1. Entrega y recepción de los equipos.....	59
14.2. Traslado de los equipos al Comando de Apoyo Logístico Electrónico de la Fuerza Terrestre.....	60
14.3. Calibración del duplexor.....	60
14.3.1. Equipos y materiales.....	61
14.3.2. Calibración del Duplexor con la frecuencia de recepción.....	62
14.3.3. Calibración del rechazo en la etapa de recepción	69
14.3.4. Calibración del Duplexor con la frecuencia de transmisión.....	71
14.3.5. Calibración del rechazo en la etapa de transmisión.....	72
14.4. Instalación de los conectores en las antenas.....	74
14.5. Instalación de los conectores en la bajada de antena.....	76
14.6. Pruebas de comunicación con la repetidora.....	79
14.7. Pruebas del sistema de radio enlace en el laboratorio.....	81
14.8. Implementación del sistema de telecomunicaciones.....	86
14.8.1. Instalación de los equipos en el sitio de repetición.....	87
14.8.2. Instalación de los equipos en la ESPE Latacunga Centro.....	91
14.8.3. Instalación de los equipos en la ESPE Latacunga Belisario Quevedo.....	93
14.8.4. Instalación de la estación vehicular	95
14.9. Verificación de la cobertura y funcionamiento del sistema de telecomunicaciones.....	97
14.9.1. Verificación de la cobertura del radio enlace.....	97

14.9.2. Verificación del funcionamiento del sistema de telecomunicaciones	99
a. Pruebas en el canal SIMPLEX	100
b. Pruebas con el canal ESPE DIGITAL.....	101
c. Pruebas con el canal ESPE ANALÓGICO.....	101
15. Conclusiones y Recomendaciones	102
15.1. Conclusiones.....	102
15.2. Recomendaciones.....	103
16. GLOSARIO	104
17. BIBLIOGRAFÍA.....	106
18. ANEXOS	109
ANEXO "A": DIAGRAMA DE CONEXIONES EN EL SITO DE REPETICIÓN.	
ANEXO "B": DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LAS ESTACIONES BASE.	

8. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ancho de Banda</i>	25
Figura 2. <i>Ruido</i>	26
Figura 3. <i>Espectro electromagnético</i>	27
Figura 4. <i>Frecuencias de transmisión</i>	28
Figura 5. <i>Ondas electromagnéticas y sus características</i>	32
Figura 6. <i>Propagación radioeléctrica</i>	34
Figura 7. <i>Atenuación</i>	36
Figura 8. <i>Absorción</i>	37
Figura 9. <i>Refracción</i>	38
Figura 10 <i>Reflexión de una onda</i>	39
Figura 11. <i>Difracción de una ommdna electromagnética</i>	40
Figura 12. <i>Señal de interferencia</i>	41
Figura 13. <i>Zona de Freznel</i>	44
Figura 14. <i>Entrega de los equipos de telecomunicaciones</i>	60
Figura 15. <i>Partes del duplexor</i>	61
Figura 16. <i>Alimentación de los equipos</i>	62
Figura 17. <i>Conexión de los equipos</i>	63
Figura 18. <i>Conexión entre del duplexor con la repetidora</i>	64
Figura 19. <i>Conexión de la repetidora con la computadora</i>	65
Figura 20. <i>Configuración de frecuencias</i>	65
Figura 21. <i>Analizador de sistemas de comunicación.</i>	66
Figura 22. <i>Estación fija</i>	67
Figura 23. <i>Presionado el PTT</i>	67

Figura 24. <i>Calibración de las varillas de paso</i>	68
Figura 25. <i>Conexión del duplexor con la repetidora</i>	69
Figura 26. <i>Calibración de los tornillos de rechazo del duplexor</i>	70
Figura 27. <i>Conexión del duplexor con la repetidora</i>	71
Figura 28. <i>Calibración de las varillas de paso</i>	72
Figura 29. <i>Conexión del duplexor con la repetidora</i>	73
Figura 30. <i>Calibración de los tornillos de rechazo</i>	74
Figura 31. <i>Colocación del conector</i>	75
Figura 32. <i>Colocación de un conector tipo barril</i>	76
Figura 33. <i>Conector tipo N macho</i>	76
Figura 34. <i>Colocación del conector</i>	77
Figura 35. <i>Bajada de antena con conector tipo N macho</i>	78
Figura 36. <i>Colocación del conector</i>	79
Figura 37. <i>Selección del canal</i>	80
Figura 38. <i>Recepción de la señal en la repetidora</i>	80
Figura 39. <i>Conexión del duplexor con la repetidora</i>	81
Figura 40. <i>Canal ESPE ANALÓGICO</i>	82
Figura 41. <i>Canal ESPE DIGITAL</i>	83
Figura 42. <i>Comunicación entre usuarios</i>	84
Figura 43. <i>Comunicación de retorno</i>	85
Figura 44. <i>Repetidora conectada al radio enlace</i>	86
Figura 45. <i>Instalación de la antena en el sitio de repetición</i>	87
Figura 46. <i>Conexión de la baja de antena</i>	88
Figura 47. <i>Instalación de la repetidora</i>	89

Figura 48. <i>Conexión de la repetidora</i>	90
Figura 49. <i>Alimentación del sistema</i>	91
Figura 50. <i>Instalación de la antena</i>	92
Figura 51. <i>Instalación de la estación fija</i>	93
Figura 52. <i>Instalación de la antena</i>	94
Figura 53. <i>Instalación de la radio fija</i>	95
Figura 54. <i>Antena Móvil</i>	96
Figura 55. <i>Instalación de la radio vehicular</i>	97
Figura 56. <i>Ubicación de las radios fijas y portátiles</i>	98
Figura 57. <i>Cobertura del sistema</i>	99

9. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Antena dipolo</i>	46
Tabla 2. <i>Repetidora kenwood NX 710</i>	47
Tabla 3. <i>Duplexor Sinclair</i>	49
Tabla 4. <i>Estación base</i>	50
Tabla 5. <i>Radio portátil Kenwood NX200G</i>	51
Tabla 6. <i>Estación vehicular Kenwood NX700H</i>	53
Tabla 7. <i>Vatímetro Bird</i>	55
Tabla 8. <i>Cable coaxial G-8</i>	56
Tabla 9. <i>Conector TIPO N MACHO</i>	57

10. RESUMEN

La monografía expuesta a continuación implementó un sistema de telecomunicaciones, el mismo que permitirá establecer un radio enlace entre el campus centro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, el campus General Guillermo Rodríguez Lara de la misma sede y la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”. El radio enlace está programado para operar en la banda de frecuencia VHF (Very High Frequency) del espectro electromagnético, y se constituye de un sitio de repetición que cuenta con una antena de cuatro dipolos, un Duplexor Sinclair que trabaja como filtro de frecuencias y una repetidora análogo-digital NX710 Kenwood ubicados en el cerro Putzalahua, dos estaciones fijas NX700 Kenwood instaladas en la entrada principal de cada campus de la universidad, una estación vehicular NX700 kenwood y 20 radios portátiles NX200 Kenwood distribuidas a las diferentes dependencias de la institución. El sistema de comunicaciones está configurado con un canal digital, esto debido a que la señal digital ofrece una gran ventaja sobre la señal analógica, especialmente en comunicaciones por medio de ondas de radio. La comunicación se ejecuta a través del sitio de repetición, ya que es el nexo que permite el radio enlace entre los usuarios de los dos campus de la sede, ya sea mediante estaciones fijas o móviles.

PALABRAS CLAVES:

- **TELECOMUNICACIÓN**
- **RADIO ENLACE**
- **FRECUENCIA**

11. ABSTRACT

The following monograph implemented a telecommunications system, that will allow the establishment of a radio link between the central campus of the Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga branch, the General Guillermo Rodríguez Lara campus of the same branch and the Brigada de Fuerzas Especiales No. 9 "PATRIA". The radio link is programmed to operate in the VHF (Very High Frequency) frequency band of the electromagnetic spectrum, and consists of a repeater site that has four-dipole antenna, a Sinclair duplexer that works as a frequency filter and an analog-digital repeater NX710 Kenwood located on Putzalahua Hill, two NX700 Kenwood fixed stations installed at the main entrance of each university campus, one NX700 kenwood vehicler station and 20 NX200 Kenwood portable radios distributed to the different facilities of the institution. The communication system is configured with a digital channel, because the digital signal offers a great advantage over the analogical one, especially in communications by means of radio waves. The communication is executed through the relay site, since it is the link that allows the radio link between the users of the two campuses of the headquarters, either through fixed or mobile stations.

KEYWORDS:

- **TELECOMMUNICATION**
- **RADIO LINK**
- **FREQUENCY**

12. Tema:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES, MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS VHF PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN ENTRE EL CAMPUS LATACUNGA CENTRO, EL CAMPUS LATACUNGA BELISARIO QUEVEDO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Y LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA.”

12.1. Antecedentes

Las comunicaciones han ido evolucionando con el nacimiento de las tecnologías de transmisión de información a distancia, como el telégrafo, el teléfono y otros sistemas alámbricos, pero el uso de las comunicaciones inalámbricas ha permitido reducir los costos de implementación debido a su flexibilidad y movilidad. (Delgado & Jaramillo, 2014). Por tal motivo los enlaces por radio han tenido una acogida significativa ya que es considerado un sistema de comunicaciones de respaldo, por lo que es de mucha importancia dentro de las organizaciones o instituciones contar con este tipo de sistema de comunicación.

Es por eso que David Andino en su proyecto de titulación de la Escuela Politécnica del Ejército en el año 2011, con su tema “**DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN RADIO ENLACE DIGITAL ENTRE LA REPETIDORA DE TRES CRUCES Y LA ESTACIÓN DE BOMBEO EL SALADO, MEDIANTE UN REPETIDOR PASIVO, PARA OPTIMIZAR LA OPERACIÓN DEL OLEODUCTO TRANSECUTORIANO**”, concluye que los radio enlaces digitales de microonda son muy importantes para el desarrollo de la humanidad, por ayudar al desarrollo de

sectores rurales y permitir el acceso a nuevas tecnologías de comunicación como telefonía fija, móvil e internet. (Andino , 2011).

De la misma forma en el artículo de tesis de la Escuela Politécnica del Ejército realizado por Pablo Andrade y Darío Tipán en el año 2012, con el tema **“LEVANTAMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DE LA RED ANALÓGICA DE RADIOCOMUNICACIÓN DE LA ESPE, Y PROPUESTA DE MIGRACIÓN A LA RADIO DIGITAL CON PRUEBAS Y APLICACIONES”**, en donde concluyen que para realizar el estudio de factibilidad, se analizó prioritariamente los parámetros de frecuencia de operación, potencia de transmisión y sensibilidad, que son indispensables para el funcionamiento correcto de la red; de acuerdo al diseño se determinó que la marca Kenwood para repetidoras, radios bases, móviles y portátiles y la marca Motorola en lo que se refiere a los Puentes Inalámbricos de Ethernet ofrecen características técnicas adecuadas que se ajustan a nuestro diseño. Por lo que se concluye que estas marcas de equipos constituirán la mejor opción tecnológica para el equipamiento de la radio digital en la ESPE. (Andrade & Tipan, 2012).

Así mismo en el proyecto de grado desarrollado por Pablo Andrés Vela Remache, cuyo tema dice: **DISEÑO Y ESTUDIO DE UN RADIO ENLACE PARA TRANSMISIÓN DE DATOS, E INTERNET EN FRECUENCIA LIBRE PARA LA COOPERATIVA INDÍGENA “ALFA Y OMEGA” UTILIZANDO EQUIPOS AIRMAX DE UBIQUITI**, en donde concluye que, a través de la ayuda de aplicaciones de software gratuitas como Google Earth y Radio Mobile, se ha logrado recopilar información útil para conocer y validar los lugar en donde se debe ubicar las repetidoras, alturas requeridas por las antenas, obteniendo una alternativa para el trayecto del enlace. (Vera Remache , 2015).

Por lo expuesto es necesario que la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga y la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 "PATRIA" dispongan de una infraestructura física de un sistema de telecomunicaciones de respaldo, para que se mantengan las comunicaciones entre sus miembros de forma permanente durante el desarrollo de sus actividades.

12.2. Planteamiento del problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga es una institución creada para brindar servicios de carácter académico, la misma que nace a principios de los 80 como ITSFA (Instituto Tecnológico Superior de las Fuerzas Armadas), y otorgaba títulos de tecnología en las profesiones de: Mecánica Industrial, Control Automático, Telecomunicaciones, Electromecánica y programación en Informática. Para dar continuidad a la formación de profesionales de la región central del país, en 1987 pasó a llamarse ITSE (Instituto Tecnológico Superior del Ejército), en 1997, Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga y finalmente el 26 de junio del 2013, el Consejo de educación superior del Ecuador aprobó la nueva denominación con la que se la conoce en la actualidad. (Bravo, 2014).

Para cumplir la misión con mejores condiciones académicas y de infraestructuras, la ESPE de Latacunga inauguró un nuevo edificio el 30 de mayo del 2012, al cual se lo denominó Campus General Guillermo Rodríguez Lara, ubicado en la parroquia Belisario Quevedo. (Bravo, 2014), sin embargo hasta la actualidad no existe un medio de comunicación de respaldo en caso de desastres naturales, entre los campus de la universidad en la ciudad de Latacunga.

Esto ha dado origen a:

- Las comunicaciones sean vulnerables ante una posible erupción del volcán Cotopaxi.
- La no optimización de los recursos disponibles de la institución.
- Falta de comunicación en lugares en donde es prohibido el uso del teléfono celular, como es en el CRS “COTOPAXI”.
- Falta de enlace permanente durante las operaciones militares que realiza la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”.

De no solucionarse el problema, las comunicaciones se verían afectadas en caso de una erupción del volcán Cotopaxi, ya que por la ubicación geográfica de las instalaciones tanto de la universidad como de la brigada, se perdería todo tipo de comunicación alámbrica y su infraestructura física.

En tal virtud es necesario que la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga y la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA” dispongan de una infraestructura física de telecomunicaciones de respaldo en caso de desastres naturales, mismo que permitirá mantener la comunicación entre sus miembros de manera permanente y segura.

12.3. Justificación

Es fundamental que las instituciones u organizaciones dispongan de un radio enlace como medio de comunicación de respaldo ante posibles desastres naturales, ya que al verse afectadas las instalaciones físicas se perdería la comunicación alámbrica.

El presente trabajo de titulación permitirá la comunicación de forma permanente entre los dos campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE sede

Latacunga, y a la vez a la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”, en caso de desastres naturales, en especial en caso de erupción del volcán Cotopaxi.

Con la realización de dicho trabajo los beneficiarios serán toda la comunidad universitaria, de manera específica el personal directivo que por las exigencias propias de sus funciones tienen que desplazarse constantemente entre las instalaciones de la universidad y fuera de ellas, lo que les permitirá mantenerse enlazado todo el tiempo de forma rápida y segura, aprovechando los recursos con los que cuenta la institución. Así mismo ayudará a los miembros de la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”, ya que es una unidad militar que realiza operaciones permanentes en apoyo a las entidades del estado, y en especial con la Secretaría de Gestión de Riesgos.

Los resultados permitirán que las instituciones puedan cumplir sus actividades académicas y operativas respectivamente, de forma eficiente y brindar una respuesta inmediata en situaciones de riesgo.

Por lo mencionado es necesario que tanto la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga y la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA” dispongan de un radio enlace como medio de comunicación de respaldo que permita cumplir sus actividades incluso en situaciones de emergencia.

12.4. Objetivos

12.4.1. Objetivo general

Implementar un sistema de telecomunicaciones, mediante la instalación de dispositivos VHF para establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”.

12.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de la comunicación interdepartamental de cada institución.
- Planificar la ubicación para la instalación de los equipos de infraestructura física del sistema de comunicación.
- Instalar los equipos necesarios para la implementación del sistema de telecomunicaciones.
- Verificar el funcionamiento del sistema de telecomunicaciones.

12.5. Alcance

El presente proyecto abarca el análisis, planificación e instalación de la infraestructura física de un sistema de telecomunicaciones para permitir la comunicación entre los campus de una Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE sede Latacunga y las instalaciones ubicadas en la parroquia Belisario Quevedo, así como también con la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”, por lo que le permitirá a dichas instituciones disponer de un sistema de comunicación de respaldo de forma permanente, de la misma manera mantendrá comunicado todo el tiempo a sus miembros de una forma segura y rápida.

Además servirá como fuente de información o investigación para todos aquellos interesados con el tema.

13. Marco teórico

13.1. Sistemas de telecomunicaciones

De acuerdo a (Pérez , Zamanillo , & Casanueva, 2007), se denomina Sistemas de Telecomunicaciones al empleo de diferentes métodos, técnicas y dispositivos, con el fin de transportar información entre una fuente de origen y uno o más destinatarios receptores de la información.

13.1.1. Información

Según (Gallardo , 2015), la información es la que se genera en la fuente de origen y se convierte en una señal que será transmitida ya sea por medio alámbrico o inalámbrico, para ello deberá someterse a una serie de procesos de adaptación, modulación o codificación, entre otras. Es necesario considerar que dicha información es vulnerable a fenómenos adversos como son: la atenuación, el ruido.

- **Capacidad de la información**

De acuerdo con (Tomasi, 2003), la capacidad de la información es una medida de cuánta información se puede transferir a través de un sistema de comunicación en determinado tiempo. La cantidad de información que se puede propagar en un sistema de transmisiones es una función de ancho de banda y del tiempo de transmisión. La ley de Hartley establece que mientras más amplio sea el ancho de banda y mayor sea el tiempo de transmisión, se podrá enviar más información.

13.1.2. Elementos que conforman un sistema de comunicación

Según, (Ibarra Quevedo & Serrano López, 1999), los elementos que conforman un sistema de comunicaciones son los siguientes:

- **Fuente de información.-** Es en donde se genera el mensaje, el cual puede consistir en palabras escritas o habladas, imágenes en movimiento, fotografías, música, etc (Ibarra Quevedo & Serrano López, 1999).
- **Transmisor.-** El transmisor acopla el mensaje al canal de comunicación porque tal como sale de la fuente no es apropiado para transmitirse, ya sea modulando o codificando a la señal de información (Ibarra Quevedo & Serrano López, 1999).
- **Canal de comunicación.-** El canal de comunicación es la vía de transmisión de la señal, puede ser un par de alambres, un cable coaxial, una fibra óptica, o bien el espacio atmosférico (Ibarra Quevedo & Serrano López, 1999).

En el canal es posible la aparición de señales y fenómenos no deseados pero que son naturales e inherentes, propios del medio. La idea del bloque transmisor es evitar que estos factores, como son la atenuación, el ruido, la distorsión y la interferencia, afectan la señal de información. De otra parte, la función del bloque receptor es contrarrestar los efectos del canal, permitiendo la recuperación de la información, en ese orden, son definidos estos factores, los cuales pueden llegar a confundirse entre sí (Gómez Rojas, Camargo Ariza, & Medina Delgado, 2017).

- **El receptor.-** Recupera el mensaje de la señal recibida, demodulando a la señal si ha sido modulada o decodificándola cuando haya sido codificada. El destino es la persona o maquina a la que va dirigido el mensaje (Ibarra Quevedo & Serrano López, 1999).

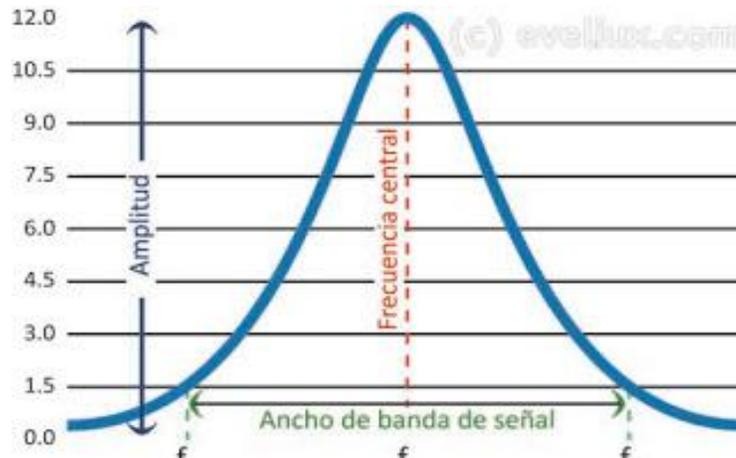
13.1.3. Limitaciones de los sistemas de comunicación

En las telecomunicaciones es importante conocer al detalle las limitaciones que intervienen en un sistema de comunicaciones cualquiera que sea este, porque su

estudio permitirá comprender los diferentes fenómenos que se presentan en la comunicación entre transmisor y receptor, siempre y cuando esas limitaciones en la mayoría de los casos inciden en la calidad de la información (Tomasi, 2003).

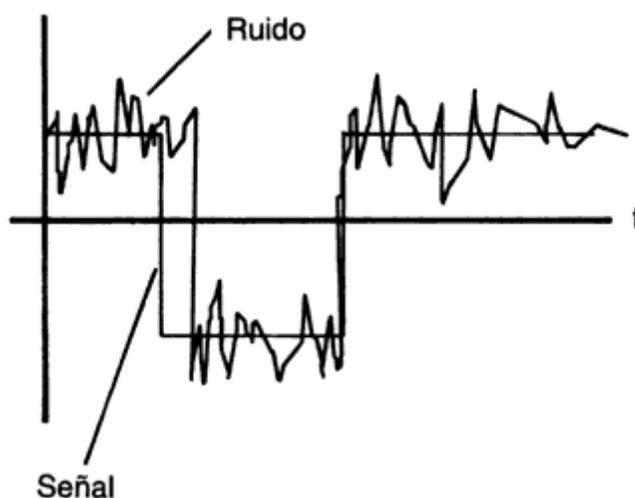
Las limitaciones más importantes según (Pinto García, 2015), son: el ancho de banda y el ruido.

- **Ancho de banda.-** El ancho de banda es el rango de frecuencias mínimo requerido para propagar la información de la fuente al canal y debe ser lo suficientemente grande para pasar todas las frecuencias significativas de la información. Debe distinguirse entre el ancho de banda que ocupa la información propiamente dicha sin alteraciones, modificaciones o tratamientos para adecuarla a algún medio, es decir, el ancho de banda intrínseco de la información, bien se trate de señales puras o señales complejas, que para el caso serán denotadas con las letras *BW*, y el ancho de banda que ocupa la información ya procesada, que puede ser mediante sistemas de modulación, digitalización, codificación, etc., para adecuarla a los canales o medios, y que en este caso se denotará con la letra *B*. en cualquiera de los dos casos siempre hablaremos de un rango de frecuencias, cuyo valor será la diferencia entre una frecuencia de corte superior y una frecuencia de corte inferior. Como se muestra en la Figura 1 (Pinto García, 2015).

Figura 1.*Ancho de Banda*

Nota: El gráfico representa el ancho de banda de una señal. Tomado de (Altamiranda, 2016)

- **El ruido.-** Son señales aleatorias o impredecibles que se agregan a la señal de información provocando su deformación parcial o total. Estas señales, generalmente son producto de fenómenos naturales, tanto del sistema como fuera de él. El ruido intergaláctico y el ruido térmico son ejemplos de la señales de ruido. La característica principal del ruido es que nunca se puede eliminar por completo del sistema. En consecuencia, éste es el principal inconveniente para las personas encargadas de diseñar sistemas de comunicación. En la Figura 2 se muestra una señal de ruido dentro de una señal de información (Herrera , 2012).

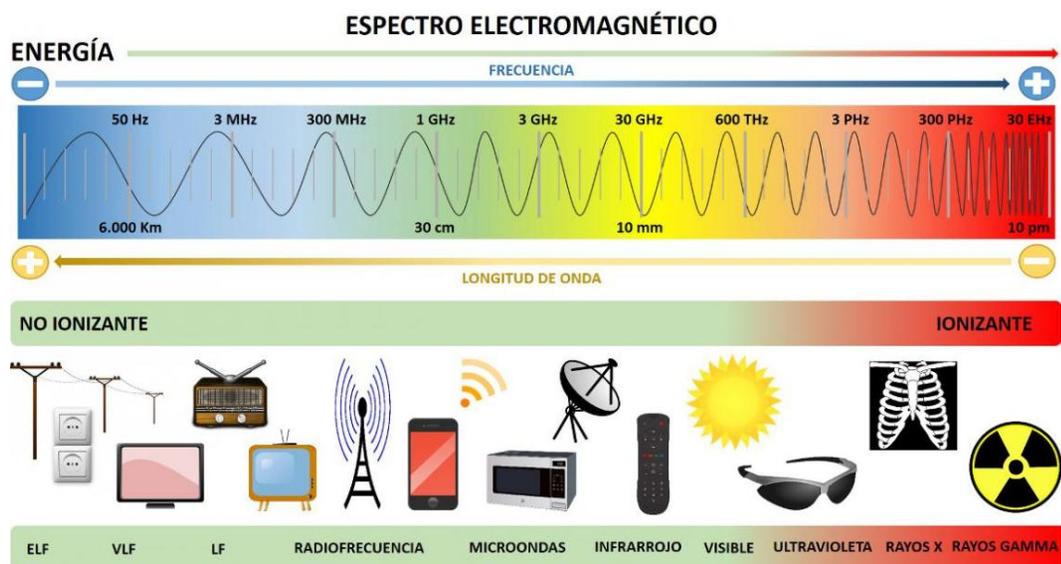
Figura 2.*Ruido*

Nota: La figura indica la señal de ruido dentro de una señal de información. Tomado de (Manrique, 2011)

13.2. Espectro electromagnético

Según (Imaya, 2009), el espectro electromagnético es la distribución energética del conjunto de ondas electromagnéticas. Los espectros pueden ser analizados por medios espectroscopios, mismos que además de permitir observar el espectro, permite realizar medidas sobre éste, como la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de radiación.

El espectro electromagnético se puede organizar de acuerdo a la frecuencia correspondiente de las ondas que lo integran, o de acuerdo con sus longitudes. Se cree que el límite para la longitud de ondas más pequeña posible es la longitud de Plank, mientras que el límite máximo sería del tamaño del Universo, aunque formalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo. Como se muestra en la Figura 3 (Imaya, 2009).

Figura 3.*Espectro electromagnético*

Nota: El gráfico indica las bandas de frecuencias del espectro electromagnético. Tomado de (Comunidad de Madrid, 2018)

13.2.1. Frecuencias de transmisión

El espectro de frecuencias va desde las subsónicas (unos pocos Hertz) hasta las hasta los rayos cósmicos (10^{22} Hz), mismo que se subdivide en bandas, por lo que cada banda tienes sus respetivos nombres y sus límites (Tomasi, 2003).

El espectro total útil de radiofrecuencia (RF) se divide en bandas de frecuencia más angostas, a las que se dan nombres y números descriptivos, y algunas de ellas se subdividen a su vez en diversos tipos de servicios. Las designaciones de las bandas las realiza el Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR). Como se muestra en la Figura 4 (Tomasi, 2003):

Figura 4.*Frecuencias de transmisión*

Núm. de la banda	Símbolos (en inglés)	Nombre (en inglés)	Rango de frecuencias	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	Very low frequency	3 a 30 kHz	Ondas Miriamétricas	B.Mam
5	LF	Low frequency	30 a 300 kHz	Ondas Kilométricas	B.Km
6	MF	Medium frequency	300 a 3 000 kHz	Ondas Hectométricas	B.hm
7	HF	High frequency	3 a 30 MHz	Ondas Decamétricas	B.dam
8	VHF	Very high frequency	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	Ultra high frequency	300 a 3,000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	Super high frequency	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	Extremely high frequency	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12			300 a 3,000 GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm

Nota: El gráfico muestra las frecuencias de transmisión con sus respectivas características. Tomado de (ESOPO, 2015).

13.3. Sistemas de radiocomunicaciones VHF

Estos sistemas tienen un alcance geográfico limitado (alrededor de 70 km) por lo que se agrupan en pequeñas redes locales. En ellas todas las radios se comunican en las mismas frecuencias, es decir usan un canal común y pueden establecer conversaciones con todas las estaciones de la misma red. Mediante este servicio los usuarios podrán establecer conversaciones de voz halfduplex y fullduplex de alta calidad con las estaciones que forman parte de su red (Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008).

Las redes privadas de comunicación de voz en banda **VHF**, utilizan la banda de frecuencia de 30 a 300 MHz. En ellos la distancia es limitada por la potencia de transmisión y la altura de las antenas. Éstas deberán compensar la curvatura de la tierra y salvar los obstáculos que se presenten en el camino, aunque tiene bastante tolerancia a los mismos. En la propagación directa desde la antena transmisora a la antena receptora es recomendable que exista “línea de vista” entre ellas, es decir, que exista visibilidad óptica entre ambas. Sin embargo, se soportan obstáculos vegetales o invasiones no muy profundas de la línea de vista por elevaciones del terreno. El inconveniente de no lograr un enlace debido a obstrucción severa de la línea de vista puede superarse utilizando equipos intermedios o repetidores, usualmente ubicados en zonas elevadas, de forma que permitan la comunicación, a través de ellos, entre dos o más puntos que no tienen visibilidad directa (Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008).

- **Ventajas.-** Enlaces a largas distancias. Aunque requiere línea de vista pueden salvarse algunos obstáculos vegetales o no muy profundos. Estos enlaces suelen implicar menor número de emplazamiento aislados necesarios para conectar establecimientos.
 - Fácil reutilización de frecuencias.
 - Tecnología radio muy conocida en los entornos rurales.
 - La calidad de los enlaces es similar 24 horas al día al no verse especialmente afectada la propagación por los cambios climatológicos.

- **Inconvenientes.**

- El uso de la banda VHF requiere de la obtención oficial de una licencia de servicio.
- Velocidades menores en relación a las tecnologías modernas.
- Mayor consumo de potencia de transmisión.
- Al requerir mayor potencia, se requiere de equipos más sofisticados, lo que incurre directamente en los costos del sistema.

13.4. Ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas emplean la interfaz aire la cual tiene características dieléctricas similares a las del vacío. Para poder transmitir información empleando ondas electromagnéticas es necesario conocer la forma de producirlas, de adecuarlas a la interfaz para optimizar su alcance, evitar que interfiera en otros sistemas y recobrar la información en el destino. A medida que viaja la onda también se presentarán cambios en el medio, tales como la temperatura, partículas en el aire en forma de vapor o humo, edificaciones, personas, etc. Además, el hecho de enfrentar estas obstrucciones y viajar con una distancia determinada hace necesaria una cantidad de energía que no es un cálculo simple y lineal (Gómez Rojas, Beltrán Gómez , & Camargo Ariza, Radiocomunicaciones Teoría y principios , 2019).

13.4.1. Origen y formación de las ondas

Las cargas eléctricas al ser aceleradas originan ondas electromagnéticas, el campo eléctrico originado por la carga acelerada depende de la distancia a la carga, la aceleración de la carga y del seno del ángulo que forma la dirección de aceleración de la carga y a la dirección al punto en que medimos el campo. En la teoría ondulatoria,

desarrollada por Huygens, una onda electromagnética, consiste en un campo eléctrico que varía en el tiempo generando a su vez un campo magnético y viceversa, ya que los campos eléctricos variables generan campos magnéticos (ley de Ampere) y los campos magnéticos variables generan campos eléctricos (ley de Faraday). De esta forma, la onda se auto propaga indefinidamente a través del espacio, con campos magnéticos y eléctricos generándose continuamente. Estas ondas electromagnéticas son sinusoidales (curva que representa gráficamente la función trigonométrica seno), con los campos eléctrico y magnético perpendiculares entre si y respecto a la dirección de propagación (Taringa.net, 2011).

13.4.2. Propiedades de las ondas electromagnéticas

Para su propagación, las ondas electromagnéticas no requieren de un medio material específico. Así, estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llega a la tierra desde el sol y las estrellas (Taringa.net, 2011).

Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a la velocidad de la luz, hasta que su energía se agota. A medida que la frecuencia se incrementa, la energía de la onda también aumenta, todas las radiaciones del espectro electromagnético presentan las propiedades típicas del movimiento ondulado, como la difracción y la interferencia. Las longitudes de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características (Taringa.net, 2011).

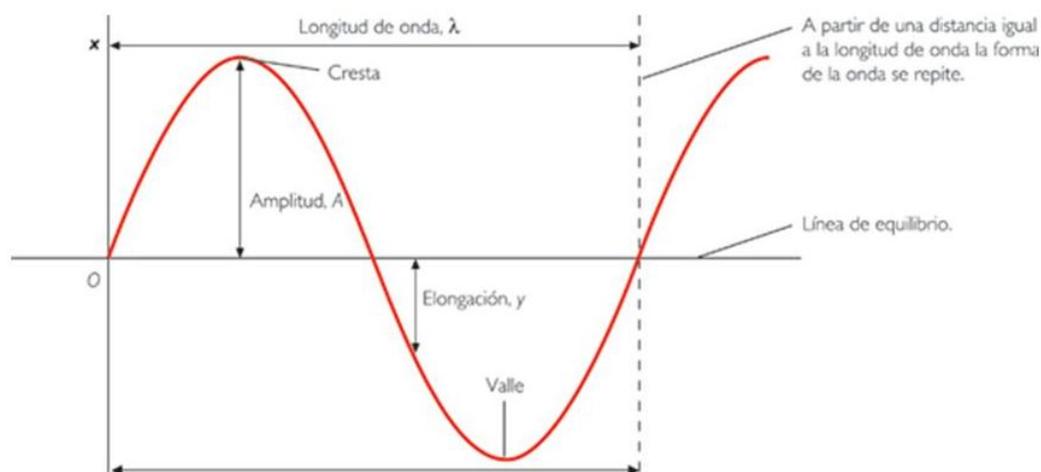
13.4.3. Características de las ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su amplitud (la mitad de la distancia entre la cresta y el seno), su longitud (distancia entre dos crestas) y su

frecuencia (el número de ondas que pasan por segundo por un punto determinado), como se indica en la Figura 5. Cuanto mayor es la longitud de onda, más baja es la frecuencia. La unidad de medida de la frecuencia es el hertzio, llamada así en honor al Alemán Heinrich Hertz, quien en 1888 demostró que era posible enviar señales eléctricas por aire (Selecciones, 2015).

Figura 5.

Ondas electromagnéticas y sus características



Nota: La figura indica una onda electromagnética con sus características. Tomado de (Soler, 2016)

- **Amplitud.-** Longitud máxima respecto a la posición de equilibrio que alcanza la onda en su desplazamiento. Su unidad depende del tipo de onda (distancia, presión, campo eléctrico, etc.). La amplitud puede ser constante a variar con el tiempo y posición. La forma de variación de la amplitud se llama envolvente de la onda (Huidobro & Ordóñez, 2014).

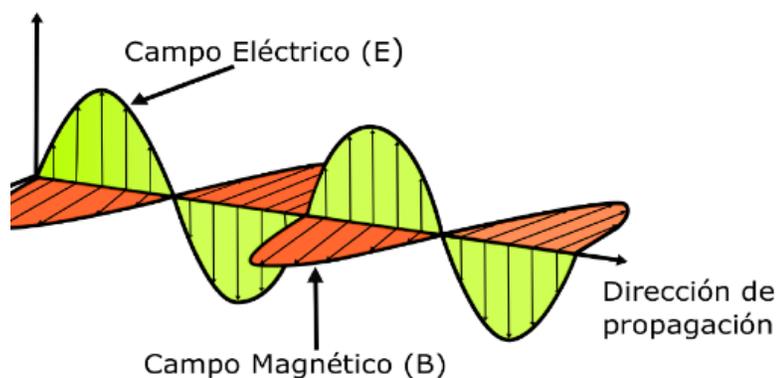
La cresta de una onda es el punto en el que se produce la longitud máxima positiva respecto de la posición de equilibrio (valor máximo). El valle de una onda es el punto en el que se produce la longitud máxima negativa respecto de la posición de equilibrio (valor mínimo). El nodo es el punto de la onda en el que no existe perturbación del medio (valor cero) (Huidobro & Ordóñez, 2014).

- **Longitud de onda (λ).**- Distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos (Huidobro & Ordóñez, 2014).
- **Período (T).**- Tiempo necesario para el paso de dos máximas o mínimos sucesivos por un punto fijo en el espacio. Es el tiempo requerido para que el movimiento de oscilación de la onda describa un ciclo completo (Huidobro & Ordóñez, 2014).
- **Frecuencia (f).**- Número de ciclos por unidad de tiempo (Huidobro & Ordóñez, 2014).
- **Velocidad de propagación (v).**- Tasa con la que la onda se propaga (Huidobro & Ordóñez, 2014).

13.5. Propagación radioeléctrica.

Las ondas electromagnéticas se propagan por un entorno no estándar definido por el contenido geográfico y atmosférico que rodea al transmisor y al receptor.

Dependiendo fundamentalmente de su frecuencia, el sistema de radio presentará algunas características conformadas por las ondas que presentan mayor contribución, como se muestra en la Figura 6 (Gómez Rojas, Beltrán Gómez , & Camargo Ariza, 2019).

Figura 6.*Propagación radioeléctrica*

Nota: El gráfico indica la forma en la que se propaga una onda electromagnética. Tomado de (Esopo, 2017)

De acuerdo a (Propagación de ondas, 2012), las ondas se pueden propagar de diferentes formas, en función del tipo de sistema y del ambiente. En consecuencia, existen tres formas de propagación de onda electromagnética dentro de la atmósfera terrestre:

- **Propagación de ondas terrestres.**- Las ondas terrestres son las que viajan por la superficie de la tierra, estas ondas deben estar polarizadas verticalmente debido a que el campo eléctrico en una onda polarizada horizontalmente, sería paralelo a la superficie de la tierra y se pondría en corto debido a la conductividad del suelo (Propagación de ondas, 2012).
- **Propagación de ondas espaciales.**- Las ondas espaciales son todas las ondas directas y reflejadas en el suelo, y estas viajan esencialmente en línea recta desde la antena transmisora hasta la antena receptora, por lo que se la denomina transmisión en línea de vista. Ésta transmisión se encuentra limitada por la curvatura de la tierra, ya que la curvatura de la tierra presenta un horizonte

en la propagación de las ondas espaciales que se lo denomina horizonte de radio (Propagación de ondas, 2012).

- **Propagación de onda celeste.-** Son aquellas ondas que se dirigen hacia la atmosfera y se reflejan en la zona ionizada de la misma, volviendo nuevamente a la tierra, se las conoce también como ondas de alta frecuencia (Propagación de ondas, 2012)

13.5.1. Efectos de radiopropagación.

La radio propagación estudia los modos de transporte de energía mediante ondas radioeléctricas en el espacio y en el tiempo, así como las propiedades de los canales radioeléctricos y su afectación a la calidad de la transmisión. Por ejemplo, la interacción de las ondas electromagnéticas con las diferentes capas de la atmósfera terrestre (Huidobro & Ordóñez, 2014).

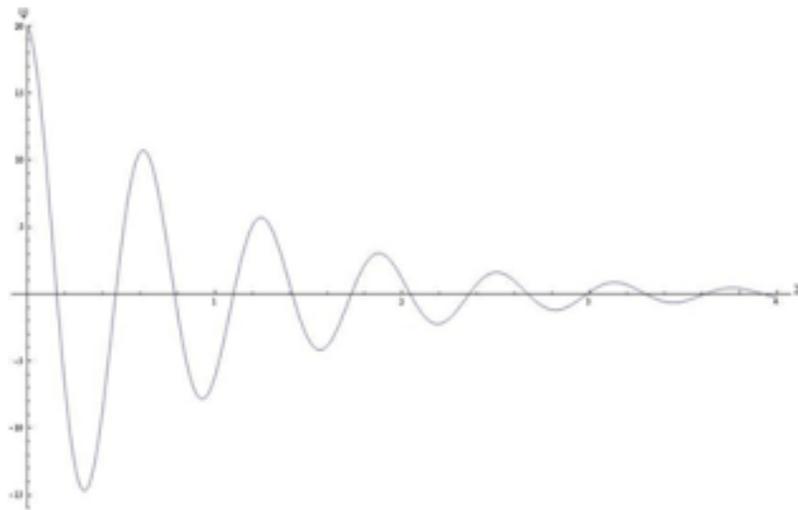
Entender y modelar su comportamiento es fundamental para la elección adecuada de los parámetros de las radioenlaces (frecuencia, potencia, distancia, etc.) así como para la fabricación de los equipos electrónicos para la transmisión y la recepción de las señales radioeléctricas (Huidobro & Ordóñez, 2014).

- **Atenuación.-** La atenuación de una onda de radio es la reducción de densidad de potencia con la distancia equivalente a una pérdida de potencia. La ley del cuadrado inverso de la radiación describe en forma matemática la reducción de densidad de potencia con la distancia a la fuente. A medida que se aleja un frente de onda de la fuente, el campo electromagnético continuo que irradia la fuente se dispersa. Esto es, las ondas se alejan cada vez más entre si y, en consecuencia, la cantidad de ondas por unidad de áreas es menor. No se pierde o disipa nada de la potencia irradiada porque el frente de onda se aleje de la

fuelle; la onda sólo se extiende, o se dispersa, sobre un área mayor y disminuye la densidad de potencia, como se muestra en la Figura 7 (Tomasi, 2003).

Figura 7.

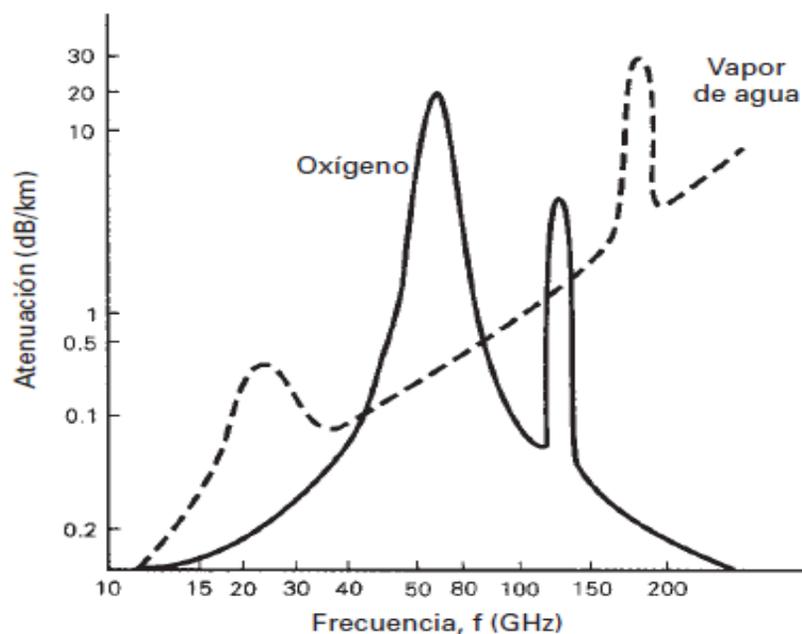
Atenuación



Nota: La imagen indica la atenuación que sufre una onda electromagnética al propagarse en el medio.

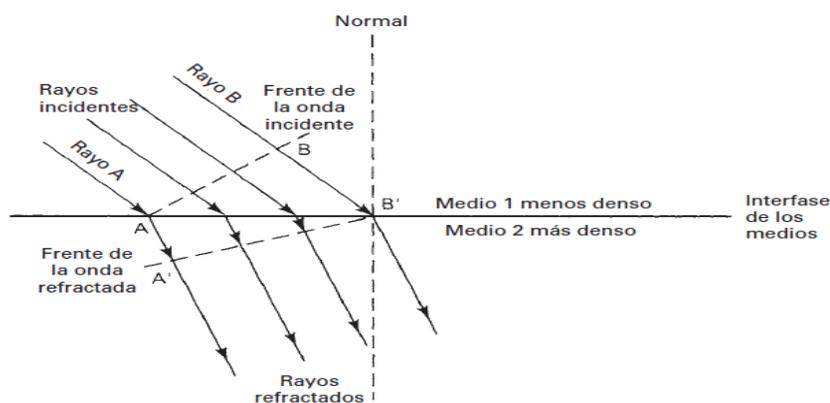
Tomado de (Propagación de ondas, 2012)

- **Absorción.-** La absorción es un fenómeno físico por el cual se produce una transferencia de energía de la onda radial al medio de transmisión que atraviesa, el grado de absorción, reflexión y transmisión de la señal depende de la longitud de onda (frecuencia) de la radiación incidente y de las características específicas del medio material (composición, conductividad, permitividad, tamaño, espesor), como se indica en la Figura 8 (Huidobro & Ordóñez, 2014).

Figura 8.*Absorción*

Nota: El gráfico indica la absorción que sufre una onda electromagnética al propagarse. Tomado de (Tomasi, 2003)

- **Refracción.-** La refracción electromagnética es el cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación, la velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Por consiguiente, hay refracción siempre que una onda de radio pasa de un medio, a otro de distinta densidad, como se muestra en la Figura 9 (Tomasi, 2003).

Figura 9.*Refracción*

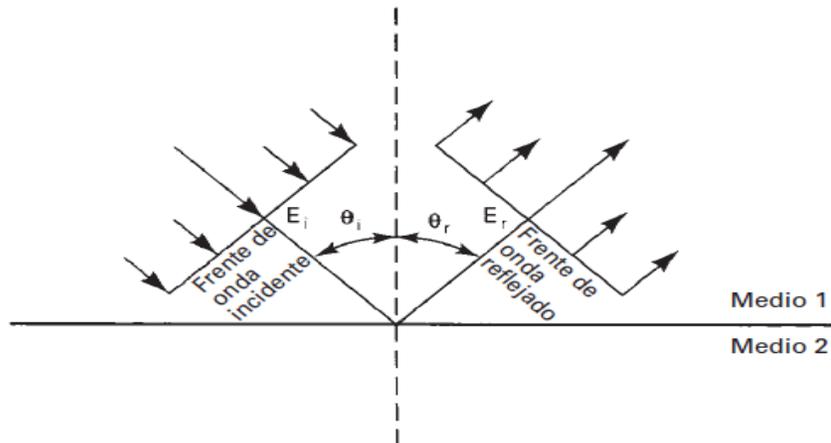
Nota: El gráfico indica la refracción que sufre una onda electromagnética al chocar con una frontera plana.

Tomado de (Tomasi, 2003)

- Reflexión.-** Reflejar quiere decir regresar, y la reflexión es el acto de reflejar. La reflexión electromagnética se presenta cuando una onda incidente choca con una frontera entre dos medios, y algo o toda la potencia incidente no entra al segundo material. Las ondas que no penetran al segundo medio se reflejan, la Figura 10 muestra la reflexión de una onda electromagnética en un plano limítrofe entre dos medios. Como todas las ondas reflejadas permanecen en el medio 1, las velocidades de las ondas incidente y reflejada son iguales. En consecuencia el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia. Sin embargo, la intensidad del campo de voltaje reflejado es menor que la del voltaje incidente. La relación de las intensidades de voltaje reflejado a incidente se llama coeficiente de reflexión (Tomasi, 2003).

Figura 10

Reflexión de una onda



Nota: La imagen indica la reflexión electromagnética de una onda en una frontera plana entre dos medios.

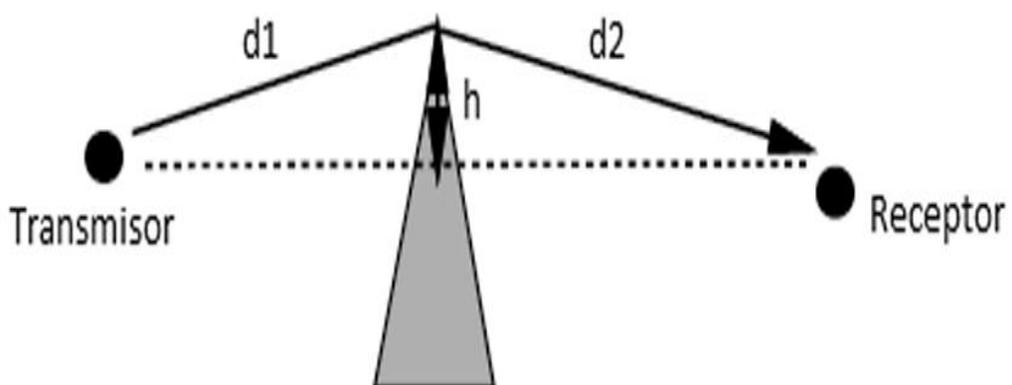
Tomado de (Tomasi, 2003)

- **Difracción.-** La difracción ocurre cuando una señal transmitida se curva alrededor de un objeto con el que choca antes de llegar al receptor. Esta es el resultado de diferentes fenómenos tales como la superficie irregular del terreno, bordes de las edificaciones u otro tipo de obstáculos que obstruyen la trayectoria de línea de vista entre el transmisor y el receptor (Gómez Rojas, Beltrán Gómez , & Camargo Ariza, 2019).

La difracción se puede caracterizar con precisión utilizando la teoría geométrica de la difracción (GDT). Para simplificar el modelo GTD, se supone que el objeto difractor es una cuña. Sin embargo, por su complejidad, es más común la caracterización mediante el modelo de difracción de borde de Fresnel, como se indica en la Figura 11 (Gómez Rojas, Beltrán Gómez , & Camargo Ariza, 2019).

Figura 11.

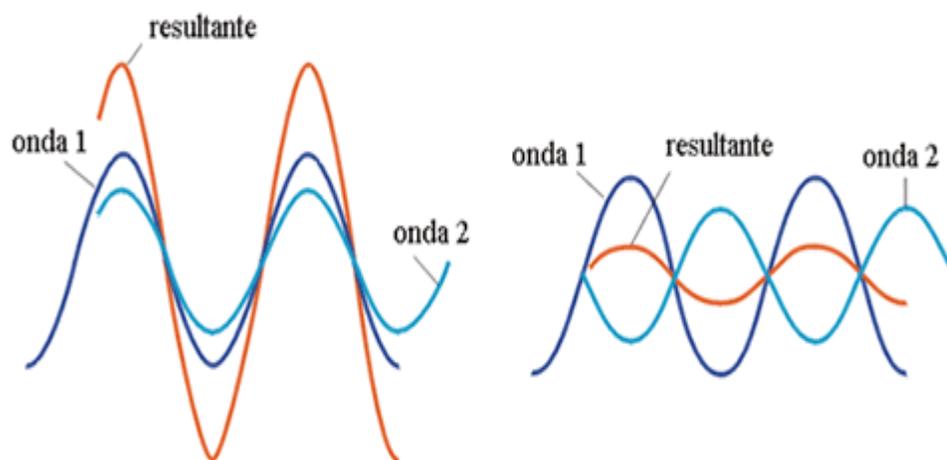
Difracción de una onda electromagnética



Nota: El gráfico indica la difracción que sufre una onda electromagnética cuando se propaga en el medio.

Tomado de (Gómez Rojas, Beltrán Gómez , & Camargo Ariza, 2019).

- **Interferencia.**- La interferencia se define como una degradación producida en la recepción de una señal útil provocada por una perturbación radioeléctrica. En sentido amplio, se considera interferencia al efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada, como se indica en la Figura 12 (Huidobro & Ordóñez, 2014).

Figura 12.*Señal de interferencia*

Nota: El gráfico representa la interferencia que sufre una señal cuando se propaga. Tomado de (Físicaaga2016b, 2016)

13.6. Radioenlaces y su clasificación.

Un radioenlace es un medio de telecomunicación que dispone de características específicas entre dos o más puntos, que utiliza ondas radioeléctricas, a continuación se detallan los tipos de radio enlaces, según el sentido de las comunicaciones (Huidobro & Ordóñez, 2014).

- **Simplex.-** Permite la transmisión alternativa en uno u otro sentido de un canal de radiocomunicación, por ejemplo, mediante control manual. Puede utilizarse una o dos frecuencias radioeléctricas.
- **Dúplex.-** Permite la transmisión simultánea en ambos sentidos de un canal de radiocomunicaciones. Requiere, en general, al menos dos frecuencias radioeléctricas.

- **Semidúplex.-** Modo de explotación simplex en un punto del enlace de radiocomunicación, y dúplex en el otro. Requiere en general al menos dos frecuencias radioeléctricas.

13.6.1. Sistemas de radioenlaces semiduplex

El sistema de radioenlace semi dúplex, es un sistema intermedio entre el sistema simplex y el sistema full dúplex, ya que requiere de dos frecuencias para su operación, una de transmisión y otra de recepción. La información que se transmite en este sistema es en ambas direcciones (Tx, Rx), pero no simultánea, es decir se debe presionar el PTT (presione para hablar) del equipo para hablar y soltarlo para escuchar (Huidobro & Ordóñez, 2014).

13.7. Sistemas de radioenlaces no guiados

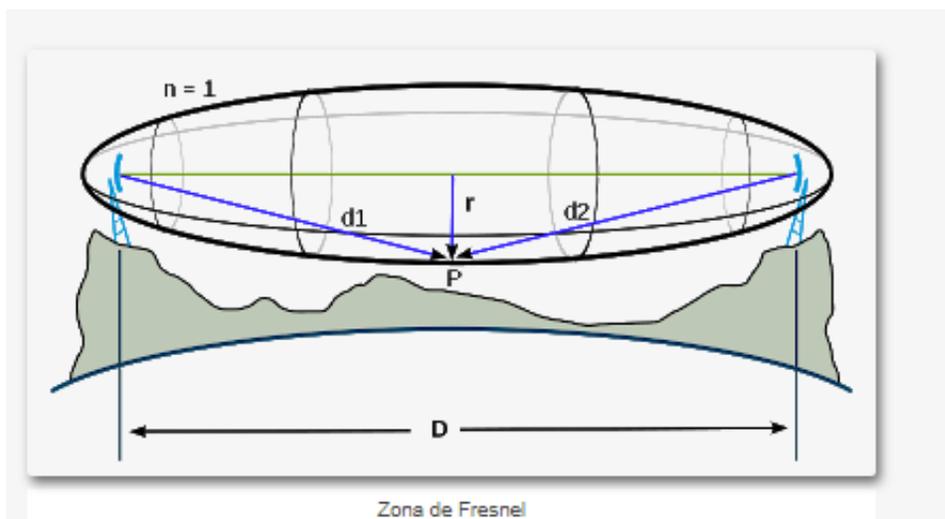
Son aquellos sistemas de comunicación inalámbricos, ya que para su funcionamiento no requieren ser guiados por cables o conductores, evitando de esta forma todo tipo de conexión física entre el transmisor y el receptor de dicho sistema. (Gallardo , 2015).

- **Línea de vista.-** De acuerdo a (García & Morales, 2012), para que un radioenlace funcione adecuadamente, es necesario que exista visión directa entre las dos antenas que lo forman. Una primera comprobación se realizará utilizando cartografía disponible, trazando la línea que une ambas estaciones y comprobando la existencia o no de obstáculos. Los programas de diseño de red, como TEMS Universal Cell Planner, de Ericsson, o algunos gratuitos para uso personal como Radio Mobile, permiten obtener un perfil del enlace para su evaluación. Dado el elevado coste económico que tiene la construcción de una

estación de radiocomunicaciones, resulta imprescindible asegurarse de que podrá enlazarse vía radio con el resto de la red.

- **Zona de Fresnel.-** Se llama zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética, acústica, etc., y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180° . Así, la fase mínima se produce para el rayo que une en línea recta al emisor y el receptor. Tomando su valor de fase como cero, la primera zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a 180° , adoptando la forma de un elipsoide de revolución. La segunda zona abarca hasta un desfase de 360° , y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores (Mundo Teleco, 2014).

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de fresnel. Para el caso de los radioenlaces depende del factor k (curvatura de la tierra) considerando que para un $k=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $k=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel. Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora, como se muestra en la figura 13 (Mundo Teleco, 2014).

Figura 13.*Zona de Fresnel*

Nota: El grafico indica la Zona de Fresnel en un radio enlace. Tomado de (Mundo Teleco, 2014)

13.8. Equipos y materiales.

13.8.1. Antenas

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas. Las antenas son para conectar las líneas de transmisión con el espacio libre, el espacio libre a líneas de transmisión, o ambas cosas. En esencia, una línea de transmisión acopla la energía de un transmisor o de un receptor con una antena, que a su vez acopla la energía con la atmósfera terrestre, y de la atmósfera terrestre a una línea de transmisión. En el extremo transmisor de un sistema de radiocomunicación con el espacio libre, una antena convierte la energía eléctrica que viaja por una línea de transmisión en ondas electromagnéticas que se emiten al espacio. En el extremo receptor, una antena convierte las ondas electromagnéticas en el espacio en energía eléctrica en una línea de transmisión (Tomasi, 2003).

a. Características de una antena

- **Patrón de radiación.-** Según (WNI MÉXICO, 2018), el patrón de radiación de una antena se puede representar como una gráfica tridimensional de la energía radiada vista desde fuera de esta. Los patrones de radiación generalmente se representan de dos formas, el patrón de elevación y el patrón de azimuth. El patrón de elevación es una gráfica de la energía radiada por la antena vista de perfil. El patrón de azimuth es una gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba.
- **Ganancia.-** De acuerdo con (WNI MÉXICO, 2018), la ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta.
- **Directividad.-** La directividad de la antena es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección particular. Se puede entender también como la habilidad de la antena para direccionar la energía radiada en una dirección específica.
- **Polarización.-** Según el criterio de (Tomasi, 2003), se determina polarización de una antena a la orientación del campo eléctrico que irradia de ella. A una antena se la puede polarizar linealmente o elípticamente.

b. Tipos de antenas

Según (WNI MÉXICO, 2018), existen varios tipos de antenas, según su empleo, las más relevantes para aplicaciones en bandas libres son:

- Antenas Dipolo.
- Antenas Dipolo multi-elemento.

- Antena Yagi.
- Antenas Panel Plano.
- Antenas parabólicas.
- Antenas Microstrip

Tabla 1.

Antena dipolo

Antena dipolo de 4 dipolos plegados



Características

Rango de Frecuencia:	164-174 MHz
Dipolos:	4
Ganancia:	9 dB.
Ancho de Banda:	10 MHz.
Potencia:	500 Watts.

Antena dipolo de 4 dipolos plegados

Conector:	N Macho.
Resistencia al viento:	129 Km/h.
Operatividad	100%

Nota: La tabla indica las características de la antena dipolo. Tomado de (Electrodh, 2017)

13.8.2. Repetidora

Según (ECURED, 2017), un repetidor es un dispositivo electrónico que recibe una señal débil o de bajo nivel y la retransmite a una potencia o nivel más alto, de tal modo que se puedan cubrir distancias más largas sin una degradación o con una degradación tolerable de la señal.

Tabla 2.

Repetidora kenwood NX 710

Repetidora análogo/digital marca kenwood modelo NRX-710 VHF



Características

Repetidora análogo/digital marca kenwood modelo NRX-710 VHF

Rango de frecuencia	146,1 - 174 MHz
Potencia de Salida RF	5 W a 50 W
Distorsión de Audio	Menor de 1% a 1000 Hz
Número de Canales	30
Espaciado de Canales Analógico	12.5 / 20 / 25 kHz
Espaciado de Canales Digital	6.25 / 12.5 kHz
Consumo de Corriente	
En espera	0.5 A
Recepción	1.0 A
Transmisión	11.0 A
Dimensiones	483 x 88 x 340 mm

Nota: La tabla indica las características técnicas de la repetidora. Tomado de (Electrodh, 2017)

13.8.3. Duplexor

El duplexor se emplea en los sistemas de radiocomunicaciones, con el fin de usar una sola antena para transmitir y recibir al mismo tiempo, esto se obtiene a través de filtros RF, específicamente un filtro pasa bajos, más un filtro notch y un filtro pasa altos más un notch, éste dispositivo es de tipo pasivo, es decir no requiere de alimentación eléctrica para funcionar (Agustin Gallardo CE3SAE, 2016).

Tabla 3.*Duplexor Sinclair*

Duplexor Sinclair de cuatro cavidades

**Características**

Cavidades	4
Frecuencia	138-174 MHz
VSWR (máxima)	1.5:1
Potencia	350W
Separación de frecuencia (mínima)	0,5MHz
Pérdida de inserción (máxima)	1.5dB
Supresión de ruido/aislamiento	85dB

Duplexor Sinclair de cuatro cavidades

Operatividad	100%
--------------	------

Nota: La tabla indica las características técnicas del duplexor. Tomado de (Electrodh, 2017)

13.8.4. Estación base

Dispositivo que se instala en una posición central, además tiene que ser en un lugar fijo en donde se mantiene el control del sistema de radiocomunicaciones, se alimenta con un fuente de poder estándar (Oropeza, 2014).

Tabla 4.

Estación base

Estación base digital marca kenwood modelo NX-700H



Características

Potencia	50W
Frecuencia	136-174 MHz
Canales de	6.25 y 12.5 KHz
Zonas	128

Estación base digital marca kenwood modelo NX-700H

Caracteres alfanuméricos	14
Modo de operación	Digital y FM analógico
Número de acceso de radio	64
Operatividad	100%

Nota: La tabla indica las características técnicas de la estación fija. Tomado de (Electrodh, 2017)

13.8.5. Radios portátiles

Se trata de una unidad de radio lo suficientemente pequeña y liviana que facilita su transporte a todo lugar y en todo momento, durante las actividades normales del usuario, su alimentación es por medio que una batería recargable (Oropeza, 2014).

Tabla 5.

Radio portátil Kenwood NX200G

Radios portátiles digitales marca kenwood modelo NX-200G



Radios portátiles digitales marca kenwood modelo NX-200G

Características

Interfaz	Digital
Canales	6.25 y 12.5 Khz
Modo de operación	Digital
Caracteres alfanuméricos	14
Fabricado bajo	ISO 9001:2000
Mensajes pregrabados	207
Desactivación	Vía aire
Norma	IP54/55
Operatividad	100%

Nota: En la tabla se muestra las características técnicas de la radio portátil. Tomado de (Electrodh, 2017)

13.8.6. Estación móvil

Son equipos que se instalan en todo tipo de vehículo, según sea su uso, su cobertura dependerá de las características de los equipos que se empelen en el sistema de radiocomunicación, estos dispositivos se alimentan a través de la batería del propio vehículo (Oropeza, 2014).

Tabla 6.*Estación vehicular Kenwood NX700H*

Estación vehicular digital marca kenwood modelo NX-700H

**Características**

Potencia	50W
Frecuencia	136-174 MHZ
Canales de	6.25 y 12.5 Khz
Zonas	128
Caracteres alfanuméricos	14
Modo de operación	Digital y FM analógico
Número de acceso de radio	64
Operatividad	100%

Nota: La tabla indica las características técnicas de la estación vehicular. Tomado de (Electrodh, 2017)

13.8.7. Analizador de sistemas de comunicaciones

General dynamics communications system analyzer R8000



Características

Rango de frecuencia	5250 KHz – 1000 MHz
Operación	Dúplex
Pantalla	LCD color, 8.4"
Analizador de espectro con ruido	-120 dBm
Medidor de potencia	50 – 150 Watts
Modulación	AM/FM
Generado de rastreo	
Operatividad	100%

Nota: La figura indica las características técnicas del analizador de sistemas de comunicación. Tomado de (Electrodh, 2017)

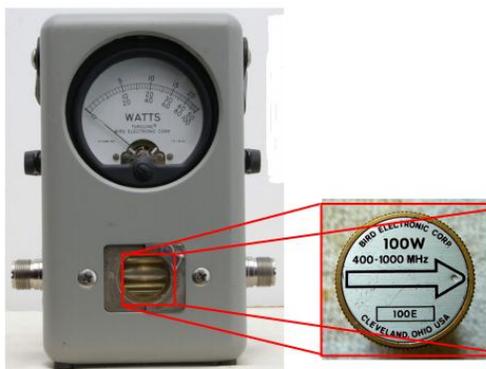
13.8.8. Vatímetro Bird

El vatímetro direccional de RF es un dispositivo de inserción que mide una tensión o una corriente de DC, proporcional a la potencia que se propaga a través de una línea de transmisión en forma direccional, ya sea en un sentido u otro. Consta de un sistema acoplador que toma muestras de la onda que se propaga en cualquier sentido (Henze, 2010).

Tabla 7.

Vatímetro Bird

Vatímetro Bird



Características

Rango de potencia	100 mW – a 10 KW
Rango de frecuencia	450 kHz – 2.7 GHz
Inserción VSWR	1.05 máx a 1000 MHz
Conectores	Tipo N hembra

Vatímetro Bird

Peso	1.4 Kg
------	--------

Nota: La tabla indica las características técnicas del vatímetro Bird. Tomado de (Electrodh, 2017)

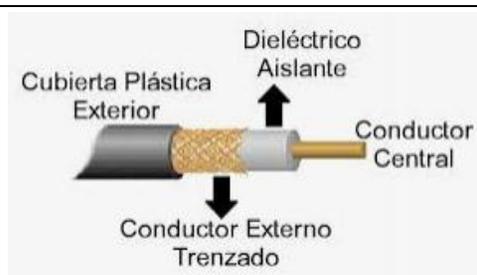
13.8.9. Cable coaxial

Es una línea de transmisión de dos conductores para altas frecuencias, con un conductor central que transporta la información, y circundando por un tubo metálico exterior o blindaje de malla que permite generar una referencia para el retorno de corrientes, el conductor interno se sostiene por un aislamiento dieléctrico, que podría ser sólido, plástico expandido. Los soportes semisólidos son discos de polietileno o tiras de plástico envueltas helicoidalmente (ECURED, 2014).

Tabla 8.

Cable coaxial G-8

Cable coaxial



Características

Tipo	RG-6
Impedancia	15 ohmios

Cable coaxial

Núcleo	1.0 mm
Dieléctrico	Sólido PE 4.7 mm
Diámetro	8.4
Trenzado	Doble
Velocidad	0.75

Nota: La tabla indica las características técnicas del cable coaxial. Tomado de (ECURED, 2014)

13.8.10. Conectores

Los conectores son usados para la unión entre cables eléctricos, o cables eléctricos con algún dispositivo que forma parte del circuito o de un sistema de telecomunicaciones.

Tabla 9.

Conector TIPO N MACHO

Conector tipo N MACHO



Conector tipo N MACHO

Características

Tipo	N macho
Resistencia de contacto	3m Ω
Resistencia de aislamiento	5000 M Ω
Rigidez dieléctrica	2500 VRMS min
Impedancia	500 Ω
Tensión de trabajo	15000 VRMS máx
VSWR	1'3 máx
Rango de frecuencias	0 – 11 GHz

Nota: La tabla indica las características técnicas de los conectores. Tomado de (Electrodh, 2017).

14. Desarrollo del tema

En éste capítulo se detallan cada una de las actividades, pasos y procesos que fueron necesarios durante la implementación del Sistema de Telecomunicaciones para establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 “PATRIA”.

En el desarrollo práctico se utilizaron equipos de telecomunicaciones VHF configurados en la frecuencia 152,3150Mhz para transmisión y 153,3750Mhz para recepción, según el proyecto de titulación desarrollado por Edwin Manzaba Romero con el tema: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES VHF PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN ENTRE EL CAMPUS LATACUNGA CENTRO, EL CAMPUS LATACUNGA BELISARIO QUEVEDO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Y LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N.º 9 PATRIA”. Para lo cual se instaló una repetidora análogo/digital, una radio base análogo/digital en cada una de las prevenciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, y se dispone de 20 radios portátiles digitales que serán distribuidas a las diferentes dependencias de la institución.

14.1. Entrega y recepción de los equipos.

Se realizaron las gestiones correspondientes ante las autoridades de la UFA-ESPE sede Latacunga, a fin de disponer de los equipos de telecomunicaciones, los cuales se encontraban en la bodega de activos fijos de la universidad, en la Figura 14 se puede apreciar mencionada actividad.

Figura 14.*Entrega de los equipos de telecomunicaciones*

Nota: En la imagen se puede apreciar la entrega-recepción de los equipos de telecomunicación.

14.2. Traslado de los equipos al Comando de Apoyo Logístico Electrónico de la Fuerza Terrestre.

Con el fin de disponer de los materiales y herramientas necesarias para realizar un trabajo eficiente, se gestionó a las autoridades competentes, la autorización para utilizar los laboratorios del CALE (Comando de Apoyo Logístico Electrónico de la Fuerza Terrestre) en la ciudad de Quito, una vez obtenida la autorización se trasladaron todos los equipos de telecomunicaciones a mencionados laboratorios.

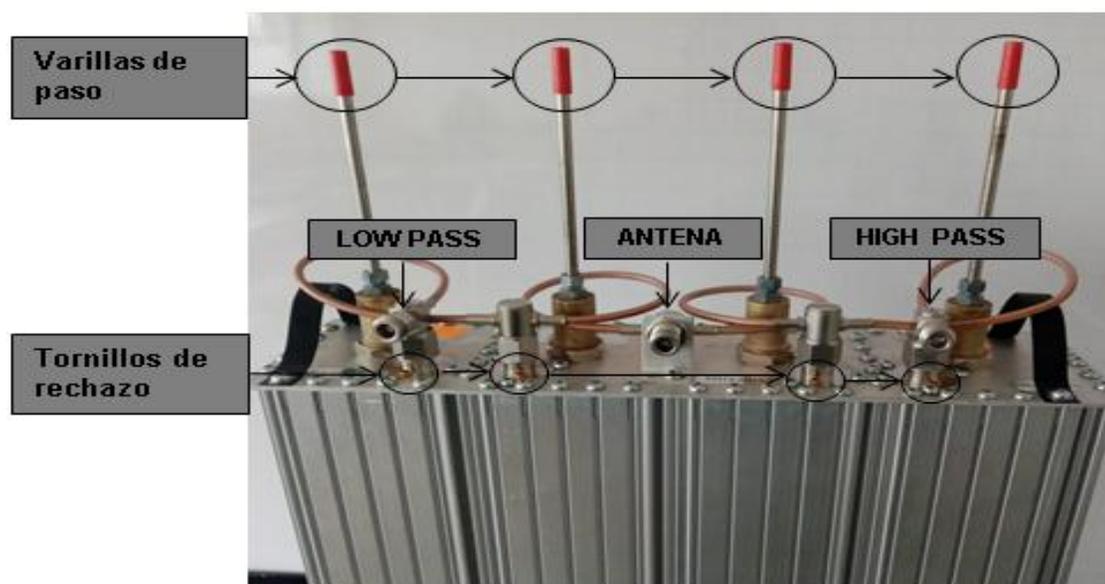
14.3. Calibración del duplexor.

La función del duplexor dentro de un sistema de radioenlace, es actuar como un filtro de señales (frecuencias), por lo tanto permite que el radioenlace funcione con una sola antena, tanto para recepción, como para transmisión. Para que el dispositivo

funcione de manera eficiente, se requiere centralizar o calibrar las frecuencias con las que va a operar el radioenlace, por lo que el duplexor está dividido en 4 varillas que permite ajustar la frecuencia de paso, y 4 tornillos que permite calibrar la frecuencia de rechazo, en la Figura 15 se puede observar cómo está constituido el duplexor que se está utilizando para el radioenlace.

Figura 15.

Partes del duplexor.



Nota: En el gráfico se puede observar las partes que conforman un duplexor Sinclair.

14.3.1. Equipos y materiales.

- Duplexor Sinclair de cuatro cavidades VHF
- Repetidora Kenwood modelo NXR-710
- Radio fija Kenwood modelo NX-700
- Vatímetro

- Analizador de sistemas de comunicaciones R8000
- Destornillador plano
- Llave de inglesa

14.3.2. Calibración del Duplexor con la frecuencia de recepción.

Esta actividad consiste en calibrar al Duplexor, de manera que permita el paso de la frecuencia de recepción, para lo cual se realizaron las conexiones y configuraciones de los equipos que se van a utilizar, como se detalla a continuación:

Paso 1.- Alimentamos todos los equipos mediante la fuente de poder, como se indica en la Figura 16.

Figura 16.

Alimentación de los equipos



Nota: En la imagen se puede observar la alimentación de los equipos.

Paso 2.- Realizamos las conexiones entre el duplexor (conector de la antena), el vatímetro, y el analizador de sistemas de comunicación, como se indica en la Figura 17.

Figura 17.

Conexión de los equipos

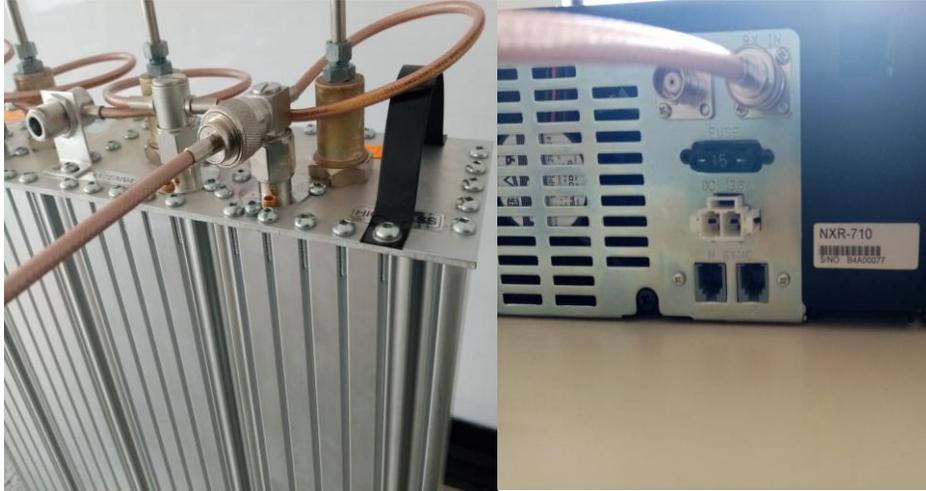


Nota: En la imagen se puede apreciar las conexiones de los equipos para la calibración.

Paso 3.- Conectamos desde high pass (pasa alto) del duplexor al puerto de recepción de la repetidora, como se muestra en la Figura 18.

Figura 18.

Conexión entre del duplexor con la repetidora



Nota: En la figura se puede apreciar la conexión entre el duplexor y la repetidora.

Paso 4.- Configuramos la repetidora con las frecuencias que vamos a trabajar tanto en recepción como en transmisión, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19.

Conexión de la repetidora con la computadora



Nota: En la figura se puede observar la conexión entre la repetidora con la computadora.

Figura 20.

Configuración de frecuencias

KPG-111D [NX-200G [Portátil]: K VHF : 136-174 MHz] [Fichero de Datos : PROGRAMACION_RED_PORTATIL.dat] [Fichero Fuente : kpg111d.sdt]

Fichero Modelo Editar Programa Herramientas Configuración Vista Ventana Ayuda

Información de Zona [Zona - 1 Canal - 3]

Zona 1 Tipo de Zona: Grupo Convencional Tipo de Señalización: FleetSync Nombre de Zona: 1

Cnl	Frec. Recep.	Frec. Trans.	Tipo de Cnl	Modo TX	Dec. QT/DQT	Cod. QT/DQT	Dec. RAN	Cod. RAN	Nombre de Canal	Esp. Cnl (An.)	Esp. Cnl (NXDN)
1	148,075000	148,075000	NXDN	NXDN	---	---	No	No	SIMPLEX	---	Estrecho
2	152,315000	153,375000	NXDN	NXDN	---	---	No	No	ESPE DIGITAL	---	Muy Estrecho
3	152,315000	153,375000	Analógico	Analógico	100,0	100,0	---	---	ESPE ANALOGICO	Ancho	---
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											

Información del Producto

Nombre de Modelo: NX-700/700H [Móvil]: K

Frecuencia: 136-174 MHz

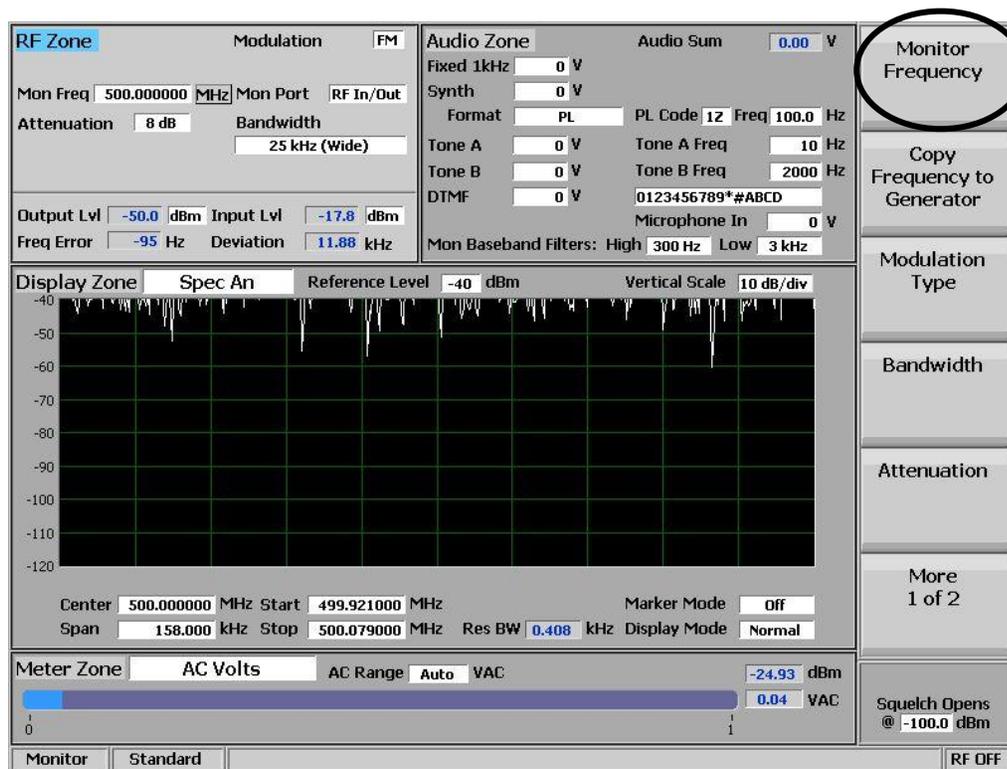
Número de sistemas NXDN Trunking: Un Solo Sistema

Nota: En la imagen se observa las frecuencias configuradas en el repetidor.

Paso 5.- Configuramos el analizador de sistemas de comunicación con la frecuencia de recepción (153,3750Mhz), como se muestra en la Figura 21

Figura 21.

Analizador de sistemas de comunicación.



Nota: En la figura se observa la configuración de la frecuencia en el analizador de sistemas de comunicación.

Paso 6.- Conectamos la estación fija con la que vamos a trabajar, previamente configurada la frecuencia de recepción, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22.

Estación fija



Nota: En la figura se aprecia la radio con la que se va a trabajar.

Paso 7.- Empezamos a manipular la radio manteniendo presionado el PTT (presione para hablar), como se muestra en la Figura 23.

Figura 23.

Presionado el PTT

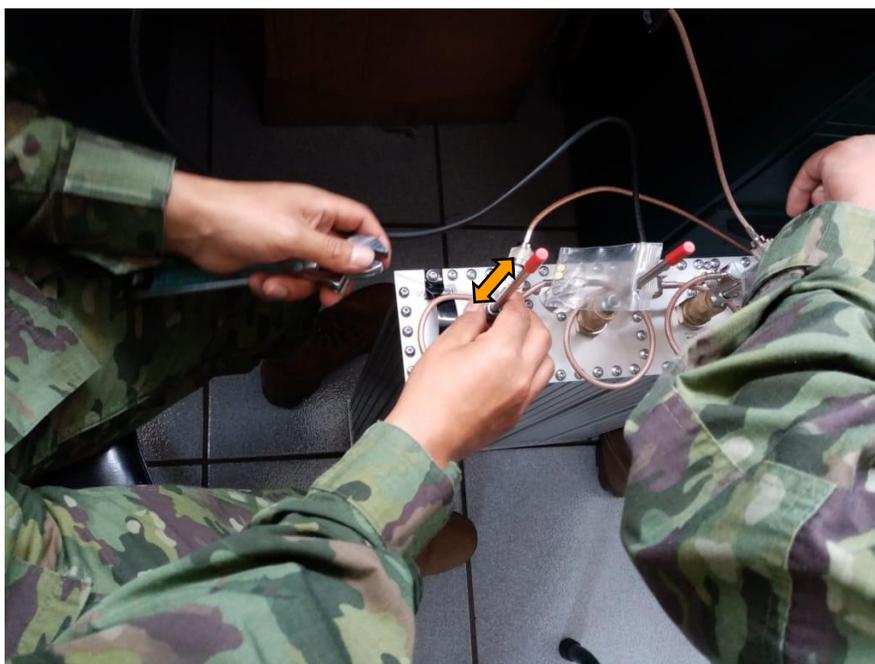


Nota: En la imagen se puede observar la activación del PTT de la radio.

Paso 8.- Con la ayuda de la llave inglesa realizamos movimientos de arriba hacia abajo o viceversa de las dos varillas que permiten el paso de las frecuencias altas (high pass), de tal forma que podamos apreciar en los equipos de medición, una transmisión de potencia que se aproxime a 30w, y una disminución de la atenuación en el analizador de sistemas de telecomunicación, de esta manera quedaría calibrado el paso de la frecuencia de recepción a través del duplexor, como se indica en la Figura 24.

Figura 24.

Calibración de las varillas de paso



Nota: En la imagen se observa la manipulación de las varillas de paso del duplexor.

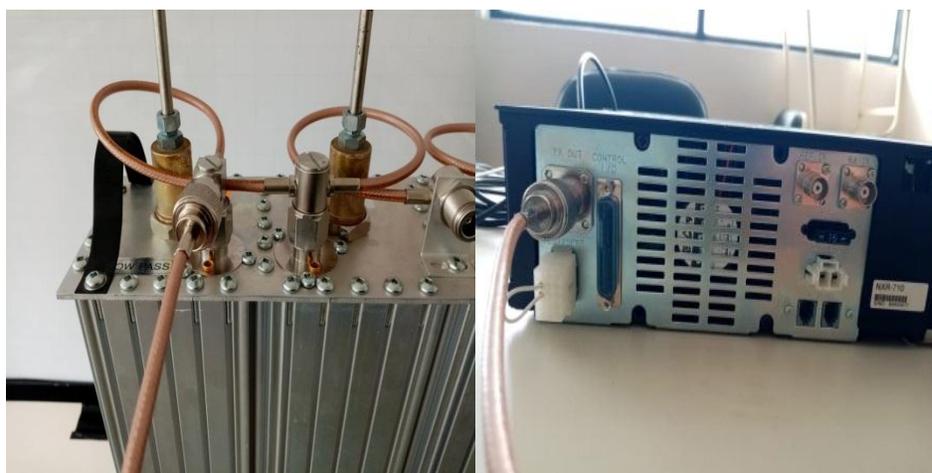
14.3.3. Calibración del rechazo en la etapa de recepción

Esta actividad consiste en calibrar el duplexor, de manera que impida el paso de la frecuencia de transmisión en la etapa de recepción, para lo cual se realiza el mismo proceso, ingresando la frecuencia de transmisión (152,3150Mhz), tanto en el analizador de frecuencias como en la estación base, tomando en cuenta que la repetidora ya tiene configurada las dos frecuencias con las que trabaja el sistema de radioenlace.

Paso 1.- Conectamos desde Low Pass del duplexor a la entrada de transmisión de la repetidora, como se muestra en la Figura 25.

Figura 25.

Conexión del duplexor con la repetidora



Nota: En la imagen se observa la conexión desde el duplexor con la repetidora.

Paso 2.- Con la ayuda del destornillador plano manipulamos de izquierda a derecha o viceversa los dos tornillos de rechazo de la etapa de recepción del duplexor, de tal forma que podamos apreciar en los equipos de medición, una señal de potencia idealmente nula, y en el analizador de sistemas de telecomunicaciones, se debe

visualizar una señal con la mayor atenuación posible, de esta manera el duplexor estaría impidiendo el paso de la frecuencia de transmisión en la etapa de recepción, como se indica en la Figura 26.

Figura 26.

Calibración de los tornillos de rechazo del duplexor



Nota: En la imagen se observa la manipulación de los tornillos de rechazo del duplexor.

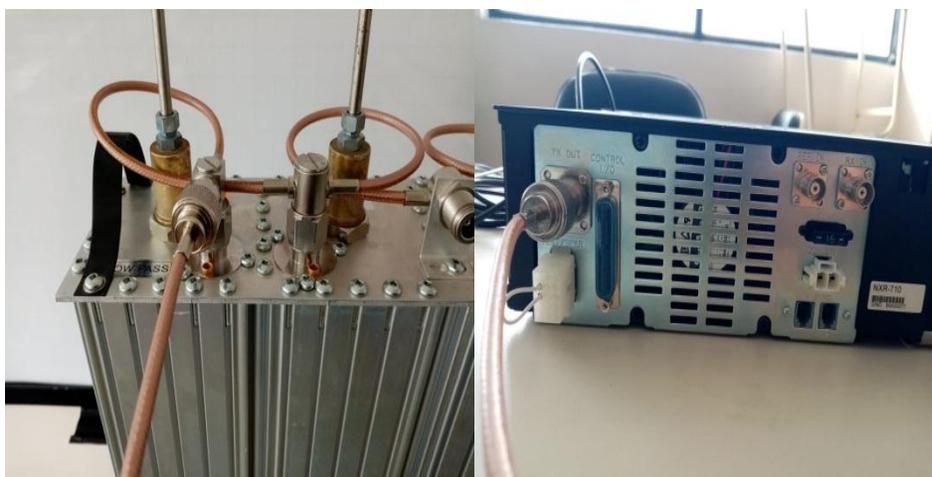
14.3.4. Calibración del Duplexor con la frecuencia de transmisión.

La calibración de la etapa de transmisión en el duplexor, permite el paso de la frecuencia baja con la que trabaja el radio enlace, por lo que es necesario configurar la frecuencia de transmisión (152,3150Mhz) tanto en el analizador de sistemas de telecomunicación, como en la estación base, considerando que la repetidora ya tiene configurado las frecuencias de operación; a continuación se detallan los pasos que se ejecutaron para ésta actividad:

Paso 1.- Conectar desde la etapa de transmisión (Low Pass) del duplexor, hasta la entrada de transmisión del repetidor, como se indica en la Figura 27.

Figura 27.

Conexión del duplexor con la repetidora



Nota: En la figura se observa la conexión entre el duplexor y la repetidora.

Paso 2.- Manipulamos las varillas de paso de la etapa de transmisión del duplexor, hasta que se obtenga una potencia cercana a 30w, así como también se

verifica en el analizador de sistemas de telecomunicaciones que la atenuación idealmente se elimine o se aproxime a cero, como se muestra en la Figura 28.

Figura 28.

Calibración de las varillas de paso.



Nota: En la imagen se observa la manipulación de las varillas de paso del duplexor.

14.3.5. Calibración del rechazo en la etapa de transmisión

Esta actividad consiste en calibrar el duplexor, de manera que impida el paso de la frecuencia de recepción en la etapa de transmisión, para lo cual se realiza el mismo proceso que las anteriores calibraciones, ingresando la frecuencia de recepción (153,3750Mhz), tanto en el analizador de frecuencias como en la estación base, tomando en cuenta que la repetidora ya tiene configurada las dos frecuencias con las que trabaja el sistema de radio enlace.

Paso 1.- Conectamos desde High Pass del duplexor a la entrada de recepción de la repetidora, como indica en la Figura 29.

Figura 29.

Conexión del duplexor con la repetidora



Nota: En la imagen se observa la conexión entre el duplexor y la repetidora.

Paso 2.- Con la ayuda del destornillador plano manipulamos de izquierda a derecha o viceversa, los dos tornillos de rechazo de la etapa de recepción del duplexor, de tal forma que podamos apreciar en los equipos de medición una de potencia que se aproxime a cero, y en el analizador de sistemas de telecomunicaciones, se debe visualizar una señal con la mayor atenuación posible, de esta forma el duplexor estaría impidiendo el paso de la frecuencia de transmisión en la etapa de recepción, como se indica en la Figura 30.

Figura 30.

Calibración de los tornillos de rechazo



Nota: En la figura se observa la manipulación de los tornillos de rechazo del duplexor.

14.4. Instalación de los conectores en las antenas.

El proyecto que se está llevando a cabo está conformado por tres antenas dipolo para su funcionamiento, las mismas que están constituidas por dos tramos cada una y a su vez dos dipolos por tramo, los conectores que se colocaron en las antenas son de tipo PL-259 para cable coaxial de tipo RG-8, como se muestra en la Figura 31.

Figura 31.

Colocación del conector



Nota: En la imagen se observa la colocación del conector en el coaxial.

De la misma manera se instaló el conector tipo Barril para PL-259, para unir los tramos de cada antena, como se muestra en la Figura 32.

Figura 32.

Colocación de un conector tipo barril



Nota: En la figura se observa la colocación del barril en la antena.

14.5. Instalación de los conectores en la bajada de antena.

La bajada de antena está estructurada por un cable coaxial RG-8, un conector Tipo N (macho) y un conector Tipo PL-259, como se muestra en la Figura 33.

Figura 33.

Conector tipo N macho



Nota: En la imagen se puede observar el conector tipo N macho.

Para la colocación del conector se necesita quitar el aislante que contiene el cable, posteriormente se va ubicando el conector por partes, de manera que quede aislado el conductor principal (vivo) de la malla (tierra), como se puede observar en la Figura 34.

Figura 34.

Colocación del conector



Nota: En la figura se observa la colocación del conector en el cable de bajada de antena.

Una vez colocado el conector en el cable de bajada de antena, se procede a ajustarlo para evitar que el conector salga del cable por la manipulación que se realiza durante las conexiones de instalación del sistema de telecomunicaciones, como se muestra en la Figura 35.

Figura 35.

Bajada de antena con conector tipo N macho



Nota: En la imagen se muestra el conector tipo N macho instalado.

Para terminar de armar la bajada de antena se procede a colocar el conector tipo PL-259, en el extremo de la bajada de antena que va conectada directamente a la antena en el sitio de repetición, como se muestra en la figura 36.

Figura 36.

Colocación del conector



Nota: En la gráfica se observa la bajada de antena conectada a la antena.

14.6. Pruebas de comunicación con la repetidora.

Una vez que se disponen de todos los equipos y materiales, se procede con las pruebas de comunicación con la repetidora para verificar su funcionamiento de acuerdo a las configuraciones realizadas tanto con la frecuencia de transmisión como para la frecuencia de recepción. Para esta actividad se debe alimentar el equipo repetidor, y mediante una radio ya sea fija o portátil se selecciona uno de los canales configurados, en este caso seleccionamos ESPE DIGITAL, como se muestra en la Figura 36, seguidamente se presiona el PTT (presione para hablar) y se puede observar cómo se enciende el LED BUSY y TX en la repetidora, indicando que está recibiendo la señal, como se muestra en la Figura 37.

Figura 37.

Selección del canal



Nota: En la figura se observa la radio portátil en el canal digital.

Figura 38.

Recepción de la señal en la repetidora



Nota: En la imagen se observa la repetidora recibiendo la señal.

14.7. Pruebas del sistema de radio enlace en el laboratorio.

Ya que se ha podido verificar que la repetidora esta adquiriendo la señal de la radio, se procede a realizar las conexiones de los equipos para verificar la comunicación entre los miembros del canal, para ello se realiza las conexiones entre la repetidora y el duplexor. Asi mismo dependiendo el canal en el que se encuentre los miembros del sistema de telecomunicaciones, ya sea ESPE DIGITAL o ESPE ANALÓGICO, se podrá establecer la comunicación entre si. Para el efecto, se conecta desde el conector LOW PASS del duplexor al conector TX del repetidor, y del conector HIGH PASS del duplexor al conector RX del repetidor, y de conector de la ANTENA del duplexor, a la bajada de antena, como se muestran en la Figura 39.

Figura 39.

Conexión del duplexor con la repetidora



Nota: En la imagen se observa las conexiones de los equipos.

En cada una de las radios portátiles, se debe seleccionar una canal en común que haya sido previamente configurado, en este caso para el sistema se han configurado dos canales que nos permitirán relajar las pruebas, como se indica en la Figura 40 y 41.

Figura 40.

Canal ESPE ANALÓGICO



Nota: En la imagen se observa las radios en un mismo canal.

Figura 41.

Canal ESPE DIGITAL



Nota: En la imagen se observa que los dos radios se encuentran operando en un mismo canal.

Para verificar la conexión entre los usuarios, presionamos el botón PTT, de una de las radios e inmediatamente se puede observar que se activa el LED rojo de la radio, indicándonos que la radio está transmitiendo. Del mismo modo se observa en la segunda radio que opera en el mismo canal, un LED verde que se activa, avisándonos que existe una señal que se está recibiendo, como se muestra en la Figura 42.

Figura 42.

Comunicación entre usuarios



Nota: En la imagen se observa las radios enlazadas.

Para verificar la conectividad de retorno se realizan los pasos inversos, presionamos el PTT en la radio que inicialmente estaba recibiendo para que en esta ocasión transmita la señal y se puede observar la activación de los LED's que nos indican que existe enlace entre estos usuarios, como se puede observar en la Figura 43.

Figura 43.

Comunicación de retorno



Nota: En la imagen se observa la conexión entre los radios.

Para que los usuarios se puedan comunicar entre sí, primeramente tienen que enlazarse con el sitio de repetición, es por ello que mientras los usuarios están comunicándose, se puede observar que la repetidora se encuentra recibiendo la señal y transmitiendo al mismo tiempo, de esta manera se comprueba que el radio enlace se encuentra funcionando de acuerdo a lo programado, como se indica en la Figura 44.

Figura 44.

Repetidora conectada al radio enlace



Nota: En la imagen se observa la operación del sitio de repetición.

14.8. Implementación del sistema de telecomunicaciones.

Para la implementación del sistema de telecomunicaciones se realizó la instalación de los equipos en el sitio de repetición, para lo cual se trasladó los dispositivos al sector de las antenas en el cerro Putzalagua, tomando todas las medidas de seguridad ya que el equipo que se está empleando es delicado, especialmente el duplexor que es vulnerable y el mínimo contacto inadecuado provoca su descalibración, dando origen a que se genere mayor atenuación en el sistema y por ende afectando la operación de las comunicaciones. Así mismo se realizó la instalación de las estaciones fijas tanto en la campus ESPE Latacuna centro, como en el campus ESPE Latacunga Belisario Quevedo.

14.8.1. Instalación de los equipos en el sitio de repetición.

En el sitio de repetición se instaló una antena VHF de 4 dipolos, ésta antena se encuentra orientada a la ciudad de Latacunga con fin de aprovechar su forma de propagación de las ondas electromagnéticas y obtener la mayor cobertura posible, como se indica en la Figura 45.

Figura 45.

Instalación de la antena en el sitio de repetición

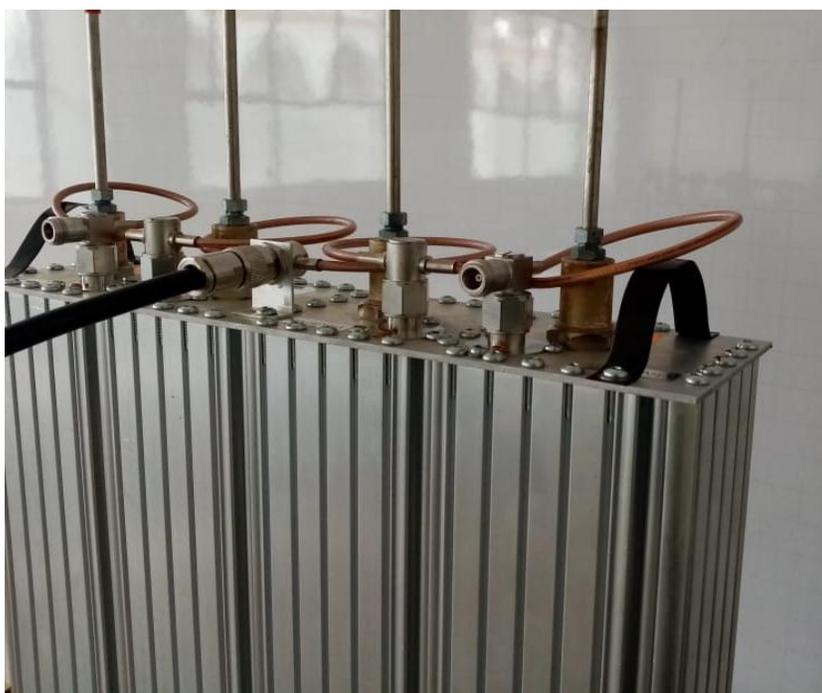


Nota: En la imagen se observa la instalación de la antena en el sitio de repetición.

Posterior a la instalación de la antena, se procede a instar la bajada de antena, conectando el extremo que contiene el conector tipo PL-259 al cable de la antena, por medio de un barril para PL-259, y en extremo que contiene el conector tipo N macho se conecta a la entrada de antena del duplexor, como se indica en la Figura 46.

Figura 46.

Conexión de la baja de antena



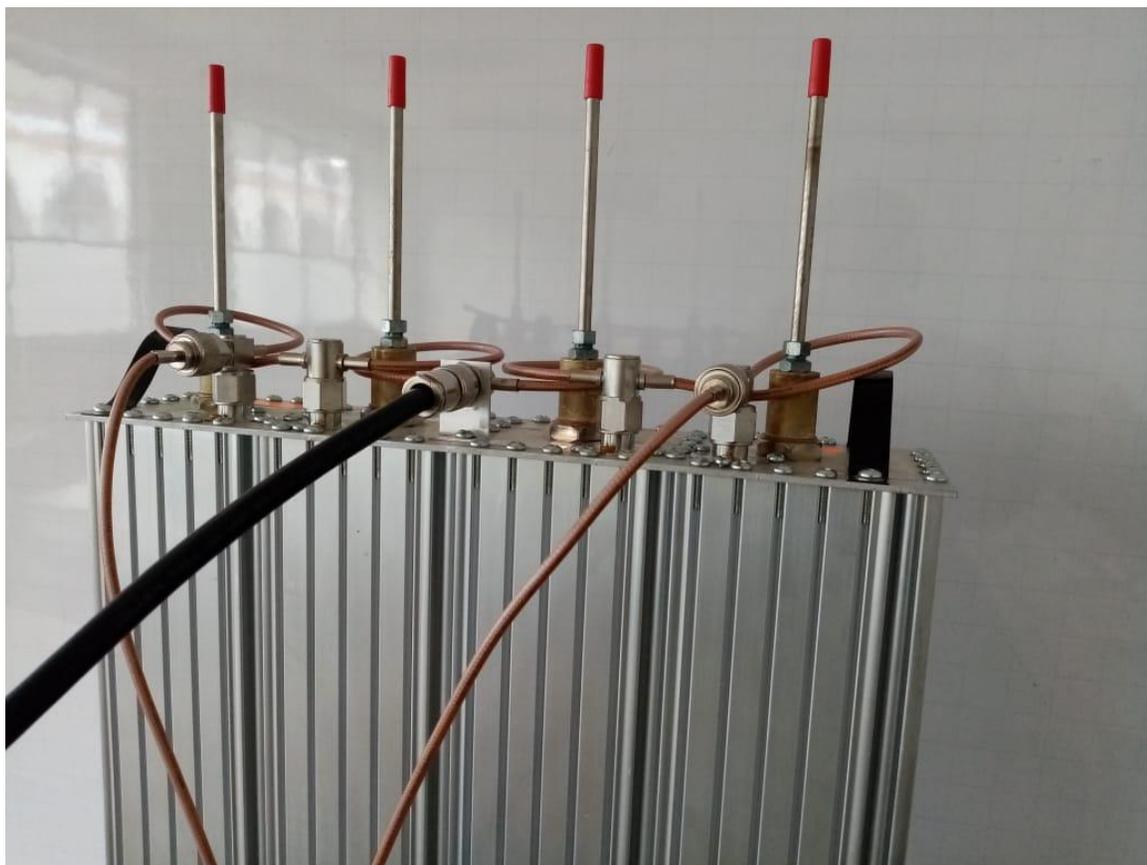
Nota: En la imagen se observa la conexión de la bajada de antena con el duplexor.

La instalación del duplexor debe ser conjuntamente con la repetidora, ya que dispone de dos entradas con conectores tipo N hembra, uno es el conector de transmisión y otro es el conector de recepción, las mismas que van conectadas directamente al equipo repetidor, a través de conectores tipo N macho, como se

muestra en la Figura 47. El duplexor no requiere de alimentación eléctrica para su funcionamiento.

Figura 47.

Instalación de la repetidora



Nota: En la imagen se observa el duplexor instalado.

La instalación de la repetidora se ejecuta, conectando el cable de transmisión del duplexor a la entrada de transmisión del repetidor y el cable de recepción del duplexor a la entrada de recepción de repetidora, como se muestra en la Figuras 48, es

muy importante realizar éstas conexiones de forma correcta, ya que de no hacerlo generaría errores en el funcionamiento del radio enlace.

Figura 48.

Conexión de la repetidora



Nota: En la imagen se observa la conexión entre el duplexor y la repetidora.

Ya que se ha realizado las conexiones del duplexor y del equipo repetidor, se procede a alimentar el sistema, para la alimentación de la repetidora se utilizó una fuente de alimentación DC de 20 amperios, y 12.5 voltios, como se muestra en la Figura 49.

Figura 49.

Alimentación del sistema



Nota: En la imagen se observa la instalación de los equipos en el sitio de repetición.

14.8.2. Instalación de los equipos en la ESPE Latacunga Centro.

Previa coordinación con las autoridades de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, se acuerda la instalación de una estación fija en la entrada principal de la universidad, motivo por el cual se procede a instalar una antena de cuatro dipolos, misma que se encentra a una altura de 15m y está orientada hacia el sitio de repetición ubicado en el cerro Putzalahua, para que se enlace con la repetidora y se pueda comunicar con todos los usuarios, como se indica en la Figura 50.

Figura 50.*Instalación de la antena*

Nota: En la imagen se observa la instalación de la antena dipolo.

Se realizó la instalación de la estación fija en el puesto de guardia de la Policía Militar en la entrada principal, ya que de esta manera la radio permitirá conexión permanente con todos los usuarios del sistema. Para la instalación de la radio se realizó las conexiones de alimentación con una fuente de alimentación de 20 amperios y 12.5 voltios, así mismo se conectó el micrófono y la antena para su correcto funcionamiento, como se indica en la Figura 51.

Figura 51.

Instalación de la estación fija



Nota: En la imagen se observa la instalación de la estación fija.

14.8.3. Instalación de los equipos en la ESPE Latacunga Belisario Quevedo.

De igual forma, previa coordinación con las autoridades de la universidad se procede a realizar la instalación de la antena de cuatro dipolos en las instalaciones de la universidad, la antena se encuentra a una altura de 15 metro, y se la orientó hacia el sitio de repetición ubicado en el cerro Putzalahua, como se indica en la Figura 52.

Figura 52.*Instalación de la antena*

Nota: En la imagen se aprecia la instalación de la antena.

La radio se instaló en la prevención principal del campus Belisario Quevedo, ya que es un puesto de guardia fijo de la Policía Militar y permite la comunicación con los usuarios del sistema. Para la instalación de la radio se realizaron las conexiones tanto de la antena, como del micrófono PTT, así mismo la radio se encuentra alimentada con una fuente de alimentación de 20 amperios y 12.5 voltios, como se muestra en la Figura 53.

Figura 53.

Instalación de la radio fija



Nota: En la imagen se observa la instalación de la radio fija.

14.8.4. Instalación de la estación vehicular

Para la instalación de la estación vehicular, se dispone de una antena móvil tipo látigo, como se indica en la Figura 54

Figura 54.

Antena Móvil



Nota: En la imagen se observa la antena vehicular.

Para la instalación de la radio vehicular se gestionó un vehículo a las autoridades de la universidad, posteriormente se realizaron las conexiones correspondientes de cada uno de los equipos. La radio está alimentada por la batería de vehículo, como se indica en la Figura 55.

Figura 55.

Instalación de la radio vehicular



Nota: En la imagen se observa la instalación de la radio vehicular.

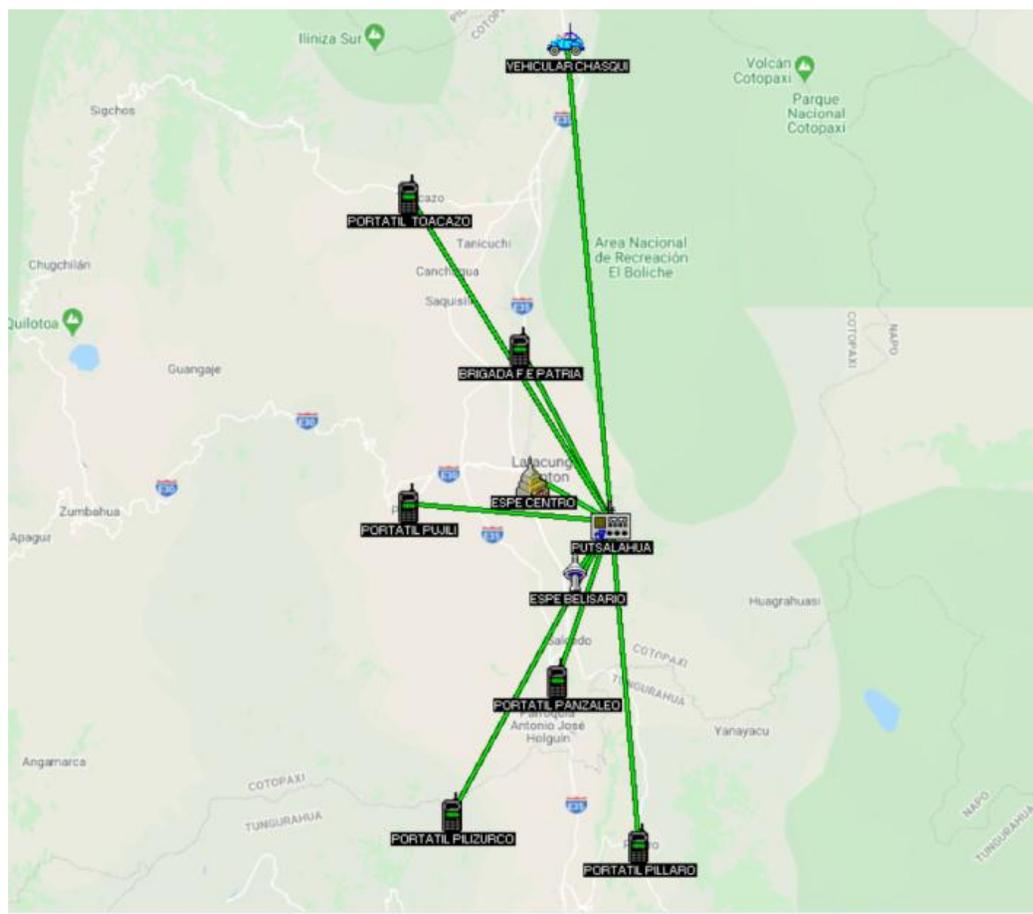
14.9. Verificación de la cobertura y funcionamiento del sistema de telecomunicaciones.

14.9.1. Verificación de la cobertura del radio enlace.

Se realizaron simulaciones de cobertura de la señal utilizando el software Radio Mobile. Para realizar esta simulación se tomaron en cuenta las características de cada uno de los equipos con los que se dispone, así como también las frecuencias con las que opera el sistema y el área en donde se va a implementar el sistema de telecomunicaciones, por lo que se simuló la ubicación de cada dispositivo, como se muestra en la Figura 56.

Figura 56.

Ubicación de las radios fijas y portátiles.

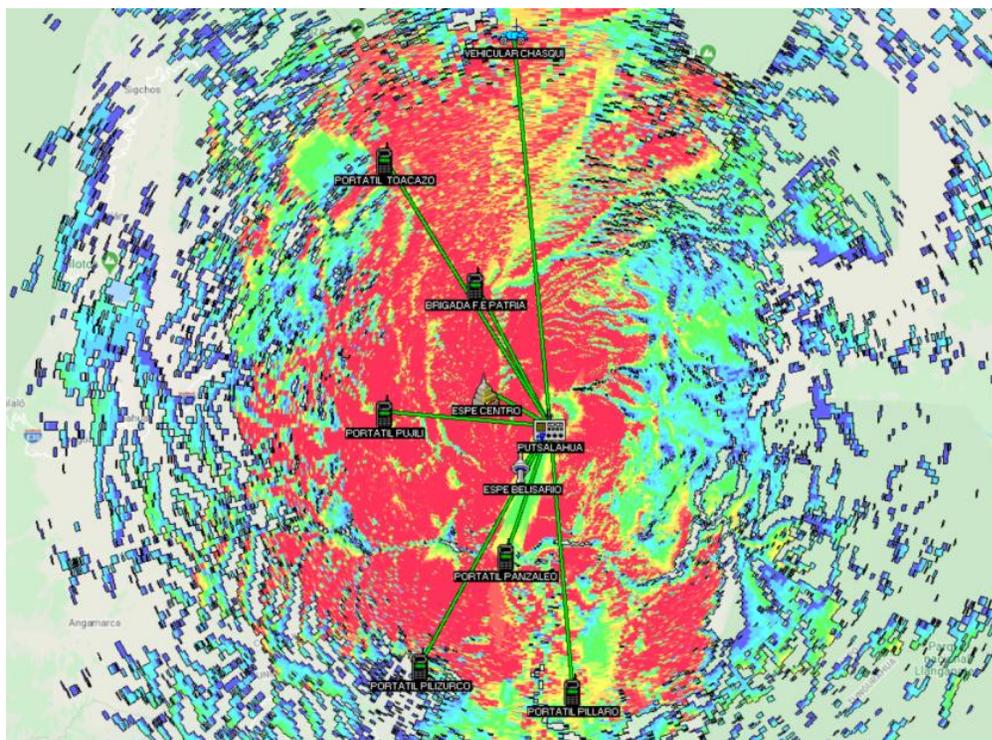


Nota: En la imagen se observa la simulación del sistema.

Ya con la ubicación geográfica de los equipos en el software, se lleva a cabo la simulación, ejecutando un barrido en toda la zona en donde se encuentran desplazados los dispositivos de telecomunicación, y el programa representa de color rojo los sectores donde existe mayor cobertura de señal, por lo que de acuerdo a la simulación el sistema dispone de una muy buena cobertura en el área en donde se realizará la instalación, como se muestra en el figura 57.

Figura 57.

Cobertura del sistema.



Nota: En la imagen se observa la cobertura del sistema de telecomunicaciones.

14.9.2. Verificación del funcionamiento del sistema de telecomunicaciones

Una vez realizada la instalación de los equipos de telecomunicación, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento del sistema con todos los equipos disponibles, distribuidos de la siguiente manera:

- Una estación fija en la prevención principal en el campus Centro de la Universidad.
- Una estación fija en la prevención principal del campus Belisario Quevedo de la Universidad.
- Una estación vehicular.

- Una radio portátil ubicada en la prevención vehicular del campus centro de la universidad.
- Una radio portátil ubicada en la entrada principal de la vivienda fiscal de la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.
- Una radio portátil ubicada en el bloque de aulas del campus centro de la universidad.
- Una radio portátil ubicada en el bloque de aulas del campus Belisario Quevedo de la universidad.
- Una radio portátil ubicada en las instalaciones de las Brigada de Fueras Especiales N° 9 “PATRIA”.

a. Pruebas en el canal SIMPLEX

El canal simplex es un canal configurado en todos los dispositivos del sistema y éste nos permite comunicarnos con los usuarios que se encuentren dentro de un área de cobertura no mayor a los 3 km de radio. Para la configuración del canal Simplex, se utilizó una sola frecuencia tanto para recibir como para transmitir, es por ello que los dispositivos no requieren enlazarse con el sitio de repetición para establecer comunicación entre los usuarios.

Durante las pruebas de funcionamiento se comprobó que existe comunicación independiente entre los usuarios que se encuentran en cada una de las instalaciones de la Universidad

b. Pruebas con el canal ESPE DIGITAL

El canal ESPE DIGITAL, es un canal digital configurado en todos los equipos del sistema de telecomunicaciones, y éste permite la comunicación entre los usuarios que tengan acceso al sitio de repetición. En éste canal se configuraron dos frecuencias, una de recepción y otra de transmisión, y al ser un canal digital tiene muchas ventajas dentro de la comunicación, una de ellas y la más importante es que al tratar con señales discretas la calidad de voz que se obtiene en la recepción es más nítida.

Las pruebas de funcionamiento se realizaron con todos los dispositivos desplazados en cada una de las dependencias antes mencionadas, obteniendo una excelente recepción y transmisión de la señal.

Así mismo se realizó las pruebas de funcionamiento de la estación vehicular, para lo cual se ejecutó un barrido general de cobertura desde el sector del Chasqui hasta la entraba a Ambato, y se pudo verificar una muy buena recepción de señal en toda el área de cobertura.

c. Pruebas con el canal ESPE ANALÓGICO

El sistema de telecomunicaciones dispone de un canal analógico de operación alterno, que se configuró en todos los dispositivos que conforman el sistema. Al realizar las pruebas de funcionamiento en este canal analógico se obtuvo una buena cobertura de la señal en todos los puntos, sin embargo por las propiedades que tiene la señal analógica, la voz que se recibe es algo distorsionada y se puede evidenciar con claridad la diferencia que existe al operar en el canal digital.

15. Conclusiones y Recomendaciones

15.1. Conclusiones

- Se verificó que ningún departamento de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga dispone de un sistema de telecomunicaciones VHF, a excepción del personal de la Policía Militar, ya que dicho personal disponía de un sistema de radio enlace que operaba como una red local, permitiendo únicamente el enlace entre los usuarios que se encuentran dentro de las instalaciones de la universidad.
- Se coordinó con las autoridades de la universidad, la ubicación y distribución de cada uno de los equipos de telecomunicación, de acuerdo a las necesidades y funciones de cada dependencia de la universidad, dando prioridad al personal de la Policía Militar, ya que es la encargada de la seguridad interna de la institución y requiere del enlace permanente entre los dos campus de la sede.
- Se implementó un sistema de telecomunicaciones, utilizando equipos VHF que operan en la frecuencia 152,3150Mhz para transmisión y 153,3750Mhz para recepción, con el fin establecer comunicación entre el campus Latacunga centro, el campus Latacunga Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 "PATRIA".
- Se ejecutaron pruebas de funcionamiento del sistema de telecomunicaciones con todos los equipos disponibles, tanto fijas como portátiles, en donde se pudo apreciar una recepción nítida de la señal en el área de cobertura, esto debido a que el sistema se encuentra operando con un canal digital, por lo que la señal es más pura tanto en recepción como en transmisión.

15.2. Recomendaciones

- Realizar un estudio de requerimiento en cada dependencia de la universidad, con el fin de distribuir los equipos de telecomunicación a cada departamento en función de la actividad que desempeña, de tal manera que se evite la subutilización de los equipos debiendo dar prioridad al personal encargado de la seguridad de las instalaciones de la universidad.
- Realizar un mantenimiento periódico de los equipos de telecomunicación, conectores y cables empleados en el sistema, ya que existen equipos que con el paso del tiempo pierden efectividad y requieren de una calibración preventiva para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, de la misma forma los materiales que se encuentran expuestos a la intemperie, son propensos a sufrir daños, por lo que es necesario su respectivo mantenimiento.
- Ejecutar las pruebas de campo de acuerdo a las simulaciones realizadas para la implementación del radio enlace, esto permitirá corroborar la información obtenida en la planificación y definir el área de cobertura en donde va a operar el sistema de telecomunicaciones.

16. GLOSARIO

- **INFRAESTRUCTURA**

Conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarias para el desarrollo de una actividad o para que un lugar pueda ser utilizado.

- **TELECOMUNICACIONES**

Conjunto de técnicas que permiten la comunicación a distancia.

- **RADIOENLACE**

Es la interconexión entre los terminales de comunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas, por lo que pueden ser fijo o móviles.

- **REPETIDORA**

Dispositivo electrónico, que recibe una señal débil y o de bajo nivel y la retransmite a una potencia o nivel más alto.

- **ANTENA**

Dispositivo que se usa para transmitir o recibir ondas de radio, convierte la onda guiada por la línea de transmisión en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre.

- **FRECUENCIA**

Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

- **SISTEMA**

Conjunto de elementos dinámicamente relacionados formando una actividad para alcanzar un objetivo operando sobre datos, energía y/o materia para promover información.

- **INALÁMBRICO**

No usa conductores para enviar y recibir información.

- **PROPAGACIÓN**

Hace referencia al hecho de realizar o generar algún evento, y el mismo llega a diferentes lugares o sitios.

- **INTERFERENCIA**

Se refiere a un principio como es la superposición de ondas en un punto dado.

17. BIBLIOGRAFÍA

- Agustin Gallardo CE3SAE. (30 de Mayo de 2016). *El rincón de la radio*. Recuperado el 04 de Junio de 2020, de Algunos temas de interés:
<https://ce3sae.site123.me/algunos-temas-de-inter%C3%A9s/que-es-y-c%C3%B3mo-funciona-un-duplexor>
- Altamiranda, E. (19 de Agosto de 2016). *Inticsanchodebanda*. Recuperado el 02 de Junio de 2020, de Inticsanchodebanda:
<http://inticsanchodebanda.blogspot.com/2016/08/ancho-de-banda-y-velocidad-de.html>
- Andino , D. *Diseño, implementación y puesta en marcha de un radio enlace digital entre la repetidora de Tres Cruces y la estación de bombeo El Salado, mediante un repetidor pasivo para optimizar la operación del oleoducto transecuatoriano*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 30 de julio de 2019, de file:///C:/Users/Pablo%20C/Downloads/T-ESPE-030941.pdf
- Andrade , P., & Tipan, D. *Levantamiento y reestructuración de la red analógica de radiocomunicación de la ESPE, y propuesta de migración a la radio digital con pruebas y aplicaciones*. ESPE, Sangolquí, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 06 de Agosto de 2019, de
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5810/1/AC-TELEC-ESPE-034092.pdf>
- Bravo, K. *Historia de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 06 de Agosto de 2019, de <http://www.repositorio.espe.edu.ec>
- Comunidad de Madrid. (25 de Mayo de 2018). *Campo Electromagnético*. Recuperado el 11 de Junio de 2020, de <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/campos-electromagneticos>
- Delgado, M., & Jaramillo , A. *ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS PLATAFORMAS DE RADIOENLACE WLAN*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el 01 de Agosto de 2019, de
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/102501/D-84343.pdf>
- ECURED. (23 de Agosto de 2014). *Cable coaxial*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de https://www.ecured.cu/Cable_coaxial
- ECURED. (1 de Agosto de 2017). *REPETIDOR*. Recuperado el 26 de Febrero de 2020, de REPETIDOR: <https://www.ecured.cu/Repetidor>
- Electrodh. (12 de Abril de 2017). *conectores tipo n*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de <https://www.electrodh.com/catalogo/ver-item.action?id=17920&d=1>

- ESOPO. (10 de Octubre de 2015). *Espectro Radioeléctrico*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/espectro-radioelectrico/>
- Esopo. (12 de 10 de 2017). *Esopo*. Recuperado el 02 de 06 de 2020, de <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/oem/>
- Físicaaga2016b. (22 de Noviembre de 2016). *Física*. Recuperado el 11 de Junio de 2020, de <http://fisicaaga2016b.blogspot.com/2016/11/56-interferencia-de-ondas-condiciones.html>
- Gallardo , S. (2015). *Elementos de Sistemas de Telecomunicaciones*. Madrid: Paraninfo.
- García, J., & Morales, G. (2012). *Instalaciones de Radiocomunicaciones*. Madrid: Paraninfo.
- Gómez Rojas, J., Beltrán Gómez , Y. T., & Camargo Ariza, L. L. (2019). *Radiocomunicaciones Teoría y principios* . Santa Marta: Uniagdalena.
- Gómez Rojas, J., Camargo Ariza, L. L., & Medina Delgado, B. (2017). *Telecomunicaciones Analógicas*. Santa Marta: Unimagdalena.
- Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú. (2008). *Redes Inalámbricas para Zonas Rurales*. Lima: Creative Commons Perú.
- Henze, A. (10 de Abril de 2010). *Wattímetro direccional de RF tipo Bird 43*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de <http://www2.electron.frba.utn.edu.ar/~jcecconi/Bibliografia/03%20-%20Medicion%20de%20Potencia%20en%20RF%20y%20microondas/Wattimetro%20Bird%20-%20INTI.pdf>
- Herrera , E. (2012). *Comunicaciones I, señales, modulación y transmisión*. Mexico : Limusa.
- Huidobro, J. M., & Ordóñez, J. L. (2014). *Comunicaciones por radio*. Madrid: RA-MA.
- Ibarra Quevedo, R., & Serrano López, M. (1999). *Principios de Teoría de las Comunicaciones*. México D.F.: LIMUSA.
- Imaya, S. G. (05 de Mayo de 2009). *Telecomunicaciones*. Recuperado el 07 de Enero de 2019, de Espectro Electromagnetico: <http://prudentel.blogspot.com/2009/05/espectro-electromagnetico.html>
- Manrique, V. (05 de Marzo de 2011). *Introducción a la teleinformática*. Recuperado el 02 de Junio de 2020, de <http://vero-fashion-diva.blogspot.com/2011/03/caracteristicas-de-las-senales-de-ruido.html>

- Mundo Teleco. (04 de Octubre de 2014). *Telecomunicaciones*. Recuperado el 29 de Enero de 2020, de Zona de Fresnel:
<http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2014/10/zona-de-fresnel.html>
- Oropeza, E. (21 de Mayo de 2014). *Slide PLayer*. Recuperado el 04 de Junio de 2020, de <https://slideplayer.es/slide/1654671/>
- Pérez , C., Zamanillo , J., & Casanueva, A. (2007). *Sistemas de Telecomunicación*. España: Eujoa Artes Gráficas.
- Pinto García, R. (2015). *Fundamentos de sistemas de comunicaciones analógicas*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Propagación de ondas. (12 de 11 de 2012). *Propagación de ondas*. Recuperado el 02 de 06 de 2020, de <http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/propagacion-terrestre-de-las-ondas.html>
- Propagación de ondas. (12 de Noviembre de 2012). *Propagación de ondas*. Recuperado el 11 de Junio de 2020, de <http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/atenuacion-y-absorcion-de-ondas.html>
- Selecciones. (01 de Marzo de 2015). *Selecciones*. Recuperado el 12 de Enero de 2020, de Características de las ondas: <https://selecciones.com.mx/caracteristicas-de-las-ondas/>
- Soler, R. M. (10 de Febrero de 2016). *Slide Playe*. Recuperado el 11 de Junio de 2020, de <https://slideplayer.es/slide/5651353/>
- Taringa.net. (18 de Octubre de 2011). *Taringa.net*. Recuperado el 12 de Enero de 2020, de Ciencia y Educación: https://www.taringa.net/+ciencia_educacion/ondas-electromagneticas-origen-y-caracteristicas_vj0o5
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Mexico, D.F: PEARSON EDUCACIÓN.
- Vera Remache , P. A. *Diseño y estudio de un radio enlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena "ALFA Y OMGA" utilizando equipos Airmax de Ubiquiti*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10776/1/CD-6315.pdf>
- WNI MÉXICO. (29 de Octubre de 2018). *WNI MEXICO S.A*. Recuperado el 26 de Febrero de 2020, de WNI MÉXICO S.A.:
https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenas-soporte&catid=31:general&Itemid=79

18. ANEXOS



ESPE¹¹⁰

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el Señor Carrera Andrango, Edgar Daniel bajo mi supervisión.

En la ciudad de Latacunga a los 10 días del mes de julio del 2020.

Aprobado por:

Ing. Janneth Moreta
Directora del Proyecto

Ing. Pablo Pilatasig
Director de carrera

Abg. Sarita Plaza
Secretaria académica