



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA
LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA ISLA SAN
CRISTÓBAL-GALÁPAGOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Telecomunicaciones

AUTORES: ALBERTO FERNANDO DÍAZ BERMEO
JOHNNY ALEJANDRO QUIZHPI NIEVES
TUTORA: ING. MÓNICA KAREL HUERTA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Alberto Fernando Díaz Bermeo con documento de identificación N° 0105544985 y Johnny Alejandro Quizhpi Nieves con documento de identificación N° 0107332850; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 10 de marzo del 2023

Atentamente,



Alberto Fernando Díaz Bermeo
0105544985



Johnny Alejandro Quizhpi Nieves
0107332850

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Alberto Fernando Díaz Bermeo con documento de identificación No. 0105544985 y Johnny Alejandro Quizhpi Nieves con documento de identificación No. 0107332850, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico con enfoque general: “Diseño de una red de comunicación inalámbrica para las estaciones meteorológicas en la isla San Cristóbal-Galápagos”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 10 de marzo del 2023

Atentamente,



Alberto Fernando Díaz Bermeo
0105544985



Johnny Alejandro Quizhpi Nieves
0107332850

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Mónica Karel Huerta con documento de identificación N° 0151450426, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA ISLA SAN CRISTÓBAL-GALÁPAGOS”, realizado por Alberto Díaz Bermeo con documento de identificación N° 0105544985 y por Johnny Quizhpi Nieves con documento de identificación N° 0107332850, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico con enfoque general que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 10 de marzo del 2023

Atentamente,



Ing. Mónica Karel Huerta, PhD.

0151450426

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento de Díaz Bermeo Alberto Fernando

Agradezco a Dios por guiarme y darme las armas necesarias para salir adelante, a mi tía Mercedes Díaz quien ha sido una madre en mi vida y un ejemplo a seguir, a mi hermana Alejandra Diaz quien me supo dar ánimos en los momentos más difíciles. Mis compañeros de carrera con los que pasamos momentos alegres y tristes en este proceso académico. A mis docentes, quienes son los guías principales en este camino, a mi tutora PhD. Mónica Huerta, al PhD. David Rivas y compañero de tesis y amigo Johnny que me acompañaron y alentaron en este proceso de titulación.

Agradecimiento de Quizhpi Nieves Johnny Alejandro

Agradezco de manera muy especial a mis padres, por su apoyo incondicional durante la etapa de mis estudios. Su paciencia, esfuerzo, dedicación y sabiduría han sido esenciales para cumplir mis metas en la vida. No puedo dejar de mencionar a mi tutora de tesis PhD. Monica Huerta y mi compañero de tesis y amigo Alberto, quienes han sido un gran respaldo durante la realización del trabajo de titulación. De igual forma agradezco al PhD. David Rivas docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas por la constante asesoría y recomendaciones durante la elaboración de este proyecto.

DEDICATORIA

Dedicatoria de Alberto Fernando Díaz Bermeo.

A mis padres Alberto y Patricia, quienes con su lucha diaria me han apoyado para seguir adelante y a quien en vida fue mi abuelis Mercedes Sarmiento quien con su cariño y apoyo me dio las fuerzas para salir adelante.

Dedicatoria de Johnny Alejandro Quizhpi Nieves

A mi madre y a mi padre, Elsa y Diego, quienes me entregaron todo lo necesario para que pudiera tener una excelente educación académica y una maravillosa y feliz vida.

Índice General

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
0.1. Antecedentes y problema de estudio	XI
0.2. Justificación del Problema	XIII
0.3. Objetivos	XIII
0.3.1. Objetivo General	XIII
0.3.2. Objetivos Específicos	XIV
0.4. Beneficiarios	XIV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Provincia de Galápagos	1
1.1.1. Cobertura de servicios básicos en la provincia de Galápagos . . .	3
1.1.2. Utilización de tecnologías de información y comunicación en la provincia de Galápagos	3

1.1.3.	Acceso a Tecnologías de comunicación en cantones de la provincia de Galápagos	4
1.1.4.	Ubicación geográfica	5
1.1.5.	Estudio topográfico Isla San Cristóbal – Galápagos	6
1.1.6.	Clasificación del suelo cantón San Cristóbal	7
1.1.7.	Equipamientos del Cantón San Cristóbal	8
1.1.8.	Redes de infraestructura logística, transporte, energía y comunicación del cantón San Cristóbal	10
1.1.9.	Uso productivo del suelo del cantón San Cristóbal	11
1.2.	Estudio de tecnologías y dispositivos para redes inalámbricas	11
1.2.1.	Tecnologías Inalámbricas	12
1.3.	Radioenlaces	16
1.3.1.	Fenómenos en Radioenlaces	16
1.3.2.	Cálculos para Radioenlaces	18
1.4.	Topologías de red	20
1.5.	Estudio característico de las estaciones meteorológicas	21
1.5.1.	Estación meteorológica automática	22
1.5.2.	Estaciones meteorológicas manuales	23
1.5.3.	Estaciones de Tiempo integradas	23
2.	MARCO METODOLÓGICO	25
2.1.	Regulaciones y normativas especiales dentro del parque nacional de las islas Galápagos	25
2.2.	Gestión de permisos	27
2.3.	Herramientas de diseño y planificación	27
2.4.	Configuración en Radio Mobile	28
2.5.	Escenarios de simulación	32
2.5.1.	Escenario 1	32
2.5.2.	Escenario 2	33
2.5.3.	Escenario 3	34
2.5.4.	Escenario 4	35

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS	37
3.1. Cálculos de los cuatro escenarios	37
3.1.1. Escenario 1	37
3.1.2. Escenario 2	38
3.1.3. Escenario 3	38
3.1.4. Escenario 4	39
3.2. Simulación de los escenarios en Radio Mobile	39
3.2.1. Escenario 1	39
3.2.2. Escenario 2	43
3.2.3. Escenario 3	46
3.2.4. Escenario 4	48
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
GLOSARIO	53
REFERENCIAS	54
APÉNDICES	60
APÉNDICE A: ANÁLISIS DE COSTOS	60

Índice de Figuras

1.1. Cobertura servicios básicos [1]	3
1.2. Acceso de tecnologías de comunicación en la Provincia de Galápagos [1]	4
1.3. Acceso de tecnologías de comunicación en cantones de Galápagos[1]	4
1.4. Ubicación de las estaciones	6
1.5. Superficie de las islas que conforman el cantón San Cristóbal	7
1.6. Clasificación y Subclasificación del suelo [2]	8
1.7. Equipamientos Cantón San Cristóbal [2]	9
1.8. Redes de infraestructura cantón San Crsitóbal [2]	10
1.9. Uso productivo del suelo cantón San Cristóbal-El Progreso [2]	11
1.10. Clasificación tecnologías inalámbricas.	12
1.11. Topología estrella de la red.	21
2.1. Ubicación de los equipos para la red de comunicación.	29
2.2. Propiedades de los enlaces.	30
2.3. Configuración de la topología de la red de comunicación.	30
2.4. Parámetros de sistema del enlace Ministerio_Estación_1	31
2.5. Asignación de dispositivos enlace Ministerio - Estación_1	32
2.6. Escenario 1.	33
2.7. Escenario 2.	34
2.8. Escenario 3.	35
2.9. Escenario 4.	36
3.1. Simulación escenario 1.	40
3.2. Enlaces primer escenario.	41
3.3. Valores de azimut y ángulo de elevación para el primer escenario.	42

3.4. Simulación escenario 2.	43
3.5. Enlaces segundo escenario.	44
3.6. Valores de azimut y ángulo de elevación para el segundo escenario	45
3.7. Valores de azimut y ángulo de elevación enlace PtP segundo escenario .	46
3.8. Simulación escenario 3.	47
3.9. Simulación escenario 4.	48
3.10. Enlaces cuarto escenario.	49
3.11. Valores de azimut y ángulo de elevación ESTACIÓN_1 - REPETIDORA - ESTACIÓN_3	50
4.1. ANÁLISIS DE COSTOS ESCENARIO 1.	60
4.2. ANÁLISIS DE COSTOS ESCENARIO 2.	61
4.3. ANÁLISIS DE COSTOS ESCENARIO 3.	62
4.4. ANÁLISIS DE COSTOS ESCENARIO 4.	63

Índice de Tablas

1.1. División política provincia de Galápagos	1
1.2. Distribución de la población Galápagos	2
1.3. Hogares provincia Galápagos	2
1.4. Latitud y longitud de los equipos	5
1.5. Área de superficie de las islas que conforman el cantón San Cristóbal	6
1.6. Estándares IEEE 802.11	14
2.1. Programas de cómputo para diseño de redes inalámbricas: Características	28
2.2. Programas de cómputo para diseño de redes inalámbricas: Uso	28
2.3. Escenario 1	33
2.4. Escenario 2	34
2.5. Escenario 3	35
2.6. Escenario 4	36
3.1. Cálculos Escenario 1	38
3.2. Cálculos Escenario 2	38
3.3. Cálculos Escenario 3	39
3.4. Cálculos Escenario 4	39
3.5. Valores de azimut y elevación Escenario 1	43
3.6. Valores de potencia escenario 1	43
3.7. Valores de azimut y elevación Escenario 2	46
3.8. Valores de potencia escenario 2	46
3.9. Enlaces escenario 3	47
3.10. Valores de azimut y elevación Escenario 4	50
3.11. Valores de potencia escenario 4	50

RESUMEN

El archipiélago de Galápagos es una de las áreas más importantes para la conservación del medio ambiente donde se utilizan estaciones meteorológicas las cuales recolectan información sobre el estado del clima. Sin embargo, no se dispone de una red de comunicación que permita la transmisión de datos hacia las diferentes estaciones. Con el desarrollo del presente proyecto se busca diseñar una red de comunicación inalámbrica para las estaciones meteorológicas en la isla San Cristóbal, con el fin de solventar la falta de transmisión de datos meteorológicos para el estudio del clima, el descenso de la productividad agrícola, la pérdida de cosechas, la falta de alimentos y la pérdida monetaria.

En este proyecto se realizó un marco teórico para conocer los temas relacionados como tecnologías y dispositivos que forman parte de redes inalámbricas, radioenlaces, las topologías para radioenlaces y el estudio característico sobre estaciones meteorológicas. También se realizó un estudio sobre las regulaciones dentro del parque nacional Galápagos, formularios necesarios para el uso de frecuencias en radioenlaces. Se seleccionó y configuró la herramienta de diseño, simulación y planificación. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos al simular cuatro escenarios para la implementación de la red de comunicación inalámbrica, así como las respectivas conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Palabras clave: Diseño; Comunicación; Redes; Galápagos, Radioenlaces.

Abstract

The Galapagos Islands is one of the most important areas to preserve the environment where meteorological stations are used to gather information about the weather. However, there is no wireless communication that allows data transmission to different stations. The development of this project seeks to design a wireless communication network for weather stations on San Cristóbal Island, in order to solve the lack of meteorological data transmission for the climate study, the decrease in agricultural productivity, the wastage of crops, the lack of food, and monetary loss.

In order to achieve the aim of this project a theoretical framework was done to enter into context with related themes such as technologies and devices which are part of wireless networks, radio links, topologies for radio links, and the characteristic study of meteorological stations. In the methodology, the research was carried out on the Galapagos National Park's regulations, application forms that regulate the use of frequencies in radio links, and selection and configuration of the design and planning tool. Finally, the outcomes are shown after simulating the different stages for the wireless communication network as well as the corresponding conclusions and recommendations of the project.

Keywords: Design; Communication; Networks; Galápagos; Radio links.

INTRODUCCIÓN

0.1. Antecedentes y problema de estudio

En la actualidad, el progreso de la tecnología ha permitido grandes aportes en la calidad de vida de las personas y ha sido un elemento clave en el avance de la sociedad moderna. En los últimos años, las de la transmisión de información y las comunicaciones están siendo cada vez más utilizadas en distintas áreas del conocimiento. Dentro de este campo tecnológico están las redes de comunicación inalámbrica que son una importante herramienta para el envío y entrega de información por medio de ondas electromagnéticas. Estas redes posibilitan una transferencia de datos de manera casi instantánea y con valores manejables de interferencia, factores claves para la comunicación de dispositivos que manejan datos en tiempo real [3, 4].

Uno de los usos de estas redes de comunicación es la transmisión de diferentes tipos de datos, por ejemplo, datos de una estación meteorológica que se usan para el pronóstico y estudio del clima [5]. Para este proceso de transmisión se necesita de varias estaciones meteorológicas ubicadas en distintos lugares que examinen las condiciones atmosféricas durante un determinado tiempo. Luego, transmitir la información hacia una base que permita monitorear el clima de un área específica.

Diversos investigadores se han enfocado en analizar redes inalámbricas para aplicaciones inalámbricas en sistemas de monitoreo agrícola y en la agricultura de precisión [6, 7, 8, 9, 10]. Uno de los trabajos realizados por Vacacela Segundo se estudió la adquisición y gestión de parámetros específicos para las estaciones meteorológicas por medio del microcontrolador ATMEGA328. En este trabajo el autor concluye que el acceso a los diferentes datos recogidos por las estaciones meteorológicas [11].

Otros investigadores se han centrado en medir variables climáticas como temperatura, humedad relativa, dirección del viento, humedad del suelo, entre otros, se consideran importantes para el desarrollo de proyectos agrícolas, que permiten aumentar la producción de diferentes tipos de cultivos[12, 13, 14, 15].

Otro trabajo interesante es el realizado por Aguirre Tania y Suarez Rodrigo quienes realizaron el “Diseño de una red de telemetría para las estaciones meteorológicas de la Universidad Politécnica Salesiana en la cuenca del río Pisque”. Los literatos diseñaron una red de telemetría para las estaciones ubicadas en Cayambe ubicada en el río Pisque y concluyeron que el monitoreo del comportamiento climatológico de la cuenca del río Pisque permite mejorar el sistema de programación de riego existente en la zona y con ello se benefician los productores cercanos, incrementando y mejorando la calidad de sus productos [16].

Adicionalmente, Cuadrado Darío realizó un “Estudio para la implementación de una micro estación meteorológica para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil”. Dentro del proyecto, el autor implemento una micro estación meteorológica usando sensores inalámbricos y para manejar y analizar los datos de esta estación; Darío estableció una conexión de radio mediante una línea de vista empleando antenas direccionales. Como conclusión, el autor establece que es posible mediante un enlace de radio con línea de vista transmitir los datos micro estaciones sin inconvenientes y que es relativamente económico [17].

En el archipiélago de las islas Galápagos, pertenecientes a Ecuador, existen una serie de estaciones meteorológicas para el estudio del clima. Sin embargo, estas estaciones no tienen ningún tipo de conexión a una red o sistema de comunicación inalámbrico o entre ellas. Esto trae como consecuencia que no exista una eficiente difusión de la información climatológica. En este sentido, el problema de la comunicación entre estaciones meteorológicas en las islas Galápagos presenta problemas relacionados a (i) la poca o nula transferencia de datos meteorológicas para el estudio del clima, (ii) el descenso de la productividad agrícola de la zona, ya que muchos agricultores realizan la siembra de sus productos de acuerdo al pronóstico del clima, (iii) la pérdida de dinero por parte de los agricultores que obtienen malas cosechas y (iv) la falta de alimentos para la población ubicada en las islas.

0.2. Justificación del Problema

En la actualidad empresas e institutos han implementado en sus infraestructuras redes inalámbricas para la conexión de dispositivos, sin el requisito del uso de algún tipo de cable, esto con el fin de resolver los problemas para la comunidad, gracias a esto las tecnologías de comunicación inalámbricas también han avanzado, implementando redes inalámbricas con el fin de brindar acceso a datos corporativos desde ubicaciones distantes. Una de las tecnologías de comunicaciones inalámbricas más importantes son los Radio Enlaces, ya que éstas pueden ser utilizadas en diversos campos, lo que permitiría que los dispositivos de comunicación ubicados en las estaciones meteorológicas puedan enlazar a un punto de acceso dentro de un rango que va desde unos metros hasta varios kilómetros.

La importancia de este proyecto subyace en que un diseño eficiente de los radioenlaces permitirá la futura construcción e implementación, lo cual solventará la falta de comunicación existente entre los centros meteorológicos. Brindando la transferencia de grandes cantidades de datos entre los tres puntos que están considerados dentro del diseño de la red. Esto impulsará a los pequeños cultivos de la comunidad, brindando información sobre el clima de la zona en cuestión. Por consiguiente, favorecerá a los centros meteorológicos y a la población de la isla al proveer información climatológica sobre posibles desastres climáticos que puedan perjudicar a cultivos y a la seguridad de los residentes de la isla. Mejorando la productividad agrícola, evitando una pérdida económica; además de precautelar la vida de la comunidad que reside en la isla San Cristóbal ante fenómenos naturales.

0.3. Objetivos

0.3.1. Objetivo General

- Diseñar una red de comunicación inalámbrica para la transmisión de información de las estaciones meteorológicas del Ministerio de Agricultura en la isla San Cristóbal ubicada en el archipiélago de las Galápagos.

0.3.2. Objetivos Específicos

- Investigar las regulaciones y normativas especiales para radioenlaces dentro del parque nacional Galápagos.
- Diseñar los tres radioenlaces para las estaciones meteorológicas.
- Simular la red de comunicación desarrollado en el objetivo uno con el fin de comprobar su correcto funcionamiento.

0.4. Beneficiarios

Los principales beneficiarios dentro del proyecto del diseño de la red inalámbrica van a ser los centros meteorológicos que no están conectados entre sí, por lo tanto, no existe una compartición de la información referente al clima. El siguiente beneficiario es el Ministerio de Agricultura que son los encargados de brindar una solución a los problemas de la comunidad. Los agricultores entran en el grupo de beneficiarios también, debido a que este proyecto les serviría para mejorar su productividad agrícola. El grupo de investigación GITEL de la carrera de ingeniería en Telecomunicaciones, por acoger temas de importancia para brindar soluciones dentro de la calidad de vida de la sociedad civil, que evidencia la importancia de la utilización de las telecomunicaciones. Finalmente, la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Cuenca debido a que, por medio de temas de investigación, da a conocer el prestigio tanto docente como de su comunidad estudiantil.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se da a conocer los principales fundamentos teóricos para entrar en contexto con temas relevantes para el desarrollo del proyecto, partiendo con el estudio de la provincia de Galápagos, la topografía de la isla San Cristóbal, las tecnologías inalámbricas, radioenlaces, cálculos para radioenlaces, topologías de red y un estudio característico sobre estaciones meteorológicas.

1.1. Provincia de Galápagos

Galápagos se encuentra conformada por: 19 islas, 47 islotes y 26 diferentes tipos de rocas de origen volcánico. La provincia se encuentra ubicada a una distancia de 960 km. del Ecuador Continental. El archipiélago de Galápagos tiene una superficie terrestre de 7.970 km, la cual se encuentra dividida de la siguiente manera 96.7% para el Parque Nacional y el 3.3% para el área urbana y agrícola de las diferentes islas como: San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela y Floreana. En la Tabla 1.1, se encuentra la división política de la provincia de Galápagos.

Tabla 1.1: División política provincia de Galápagos

Cantón	Urbana	Rural	Islas
San Cristóbal	Puerto Baquerizo Moreno	El Progreso La Floreana	San Cistóbal
Santa Cruz	Puerto Ayora	Bellavista Santa Rosa	Marchena y Pinta
Isabela	Puerto Villamil	Tomás de Berlanga	Charles Darwin

La distribución de población en los diferentes cantones y parroquias de la provincia de Galápagos, entre el 2010 y 2015 se puede ver en la Tabla 1.2. La segunda parroquia más importante en la isla San Cristóbal es El Progreso, siendo la zona donde se va a realizar la red de comunicación inalámbrica para las estaciones meteorológicas.

Tabla 1.2: Distribución de la población Galápagos

Código	Nombre de cantón y parroquia	2010	2015	Tasa de crecimiento Intercensal promedio anual
2001	SAN CRISTÓBAL	6.930	7.199	0.80 %
200150	PUERTO BAQUERIZO MORENO	6.140	6.553	1.30 %
200151	EL PROGRESO	654	535	-4.00 %
200152	FLOREANA	136	111	-4.10 %
2002	ISABELA	2.165	2.344	1.60 %
200250	PUERTO VILLAMIL	2.001	2.164	1.60 %
200251	TOMAS DE BERLANGA	164	180	1.90 %
2003	SANTA CRUZ	13.951	15.701	2.40 %
200350	PUERTO AYORA	10.999	11.822	1.40 %
200351	BELLAVISTA	2.386	3.384	7.00 %
200352	SANTA ROSA	566	495	-2.70 %
	PROVINCIA DE GALÁPAGOS	23.046	25.244	1.80 %

El número de hogares en la provincia de Galápagos, desde el 2010 hasta el 2015, se presenta en la Tabla 1.3 donde se aprecia un aumento de hogares tanto en el área urbana como en la rural.

Tabla 1.3: Hogares provincia Galápagos

2010			
	Área urbana	Área rural	Total Galaápagos
Total de hogares	6.127	1.109	7.236
2015			
	Área urbana	Área rural	Total Galaápagos
Total de hogares	6.909	1.451	8.360

1.1.1. Cobertura de servicios básicos en la provincia de Galápagos

La provincia de Galápagos tiene un total de 2.965 viviendas con servicios básicos como fuente de abastecimiento de agua, energía eléctrica, eliminación de aguas hervidas y recolección de basura. Mediante la Figura 1.1 se observa el porcentaje de incremento en servicios básicos en viviendas en el censo realizado en el 2015.

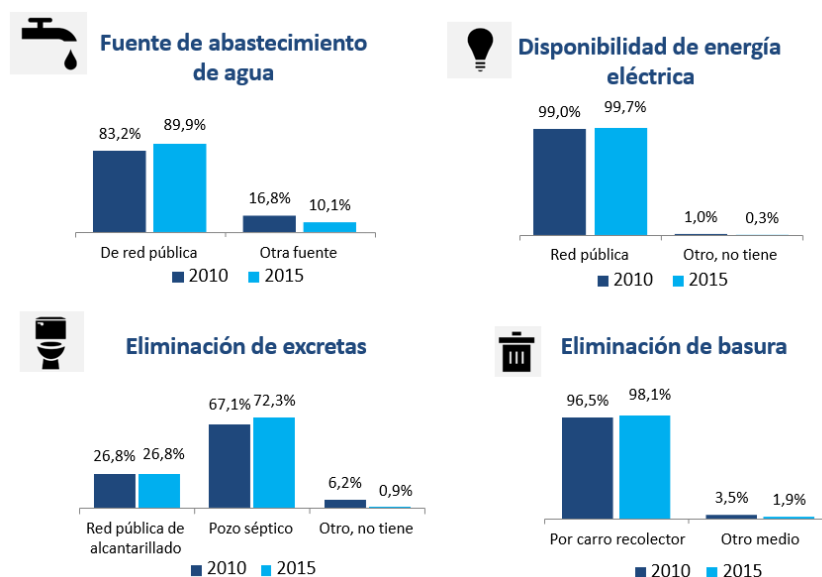


Figura 1.1: Cobertura servicios básicos [1]

1.1.2. Utilización de tecnologías de información y comunicación en la provincia de Galápagos

Las comunicaciones dentro de la provincia de Galápagos, en su mayoría han sido mediante la utilización de comunicaciones inalámbricas, esto debido a la situación geográfica donde se encuentra ubicada la provincia. De toda la población de Galápagos el 50 % tiene acceso a un computador, el 20 % acceso a Internet y el 90 % a un teléfono celular. En la Figura 1.2 se presenta el porcentaje de la población que tiene acceso a medios de comunicación, realizado el censo en el año 2015 [1].

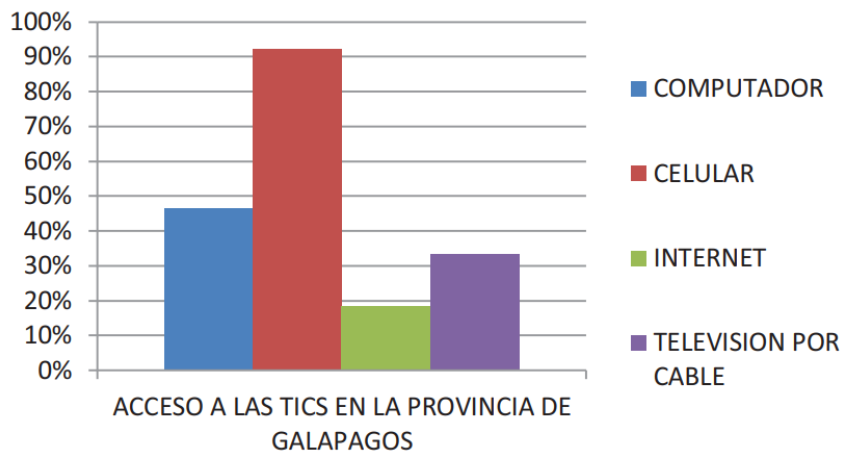


Figura 1.2: Acceso de tecnologías de comunicación en la Provincia de Galápagos [1]

1.1.3. Acceso a Tecnologías de comunicación en cantones de la provincia de Galápagos

Cerca de 11.000 habitantes, tienen acceso a un computador pero no más de 3.000 tienen acceso a internet, dando un total de 27% de los habitantes que tienen un computador con acceso a internet. En la Figura 1.3 se presenta los datos porcentuales en los cantones de la provincia de Galápagos, que tienen acceso a medios de comunicación [18, 1].

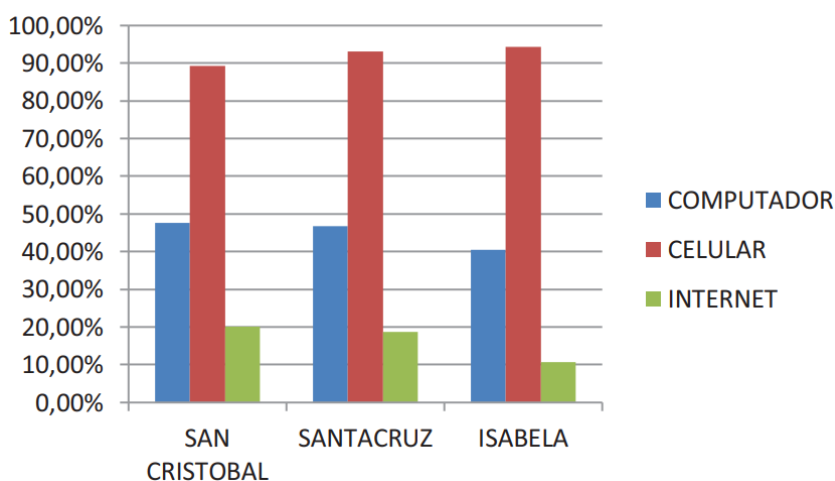


Figura 1.3: Acceso de tecnologías de comunicación en cantones de Galápagos[1]

1.1.4. Ubicación geográfica

La isla San Cristóbal se encuentra situada al extremo oriental del archipiélago de Galápagos, formando parte de la placa de Nazca, además de presentar una predominante composición basáltica. La isla tiene un largo de 50 km y un ancho de 14 km, siendo este un 85 % parque nacional y el 15 % perteneciente a área rural y urbana [19].

El cantón San Cristóbal se encuentra constituido por dos parroquias: Puerto Baquerizo Moreno y El Progreso. Siendo esta última, la parroquia en donde se va a realizar el estudio para el desarrollo de la red de comunicación inalámbrica para estaciones meteorológicas, con la finalidad de mejorar la comunicación y transmisión de datos.

Las ubicaciones de los equipos que formaran parte de los diferentes escenarios para el diseño y simulación de red de comunicación. Se presenta en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4: Latitud y longitud de los equipos

Estación	Latitud	Longitud
Estación_1	Latitud: 0°53'25.40"S	Longitud: 89°31'27.20"W
Estación_2	Latitud: 0°53'38.80"S	Longitud: 89°32'45.20"W
Estación_3	Latitud: 0°55'2.80"S	Longitud: 89°27'32.70"W
Repetidora CNT	Latitud: 0°54'2.20"S	Longitud: 89°31'20.40"W
Repetidora	Latitud: 0°53'40.8"S	Longitud: 89°30'20.1"W
Estación Ministerio	Latitud: 0°54'18.3"S	Longitud: 89°36'45.9"W

La ubicación de los equipos, que van a estar dentro de la red de comunicación, se visualiza con Google Earth, como se puede observar en la Figura 1.4.



Figura 1.4: Ubicación de las estaciones

1.1.5. Estudio topográfico Isla San Cristóbal – Galápagos

La isla San Cristóbal se encuentra conformada por cuatro islas, las cuales se pueden observar en la Figura 1.5. El área de superficie que ocupa cada isla se ve en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5: Área de superficie de las islas que conforman el cantón San Cristóbal

Superficie de las islas que conforman el cantón San Cristóbal	
San Cristóbal	558 km ²
Isla Floreana	172 km ²
Española	60 km ²
Santa Fe	24 km ²
Genovesa	14 km ²



Figura 1.5: Superficie de las islas que conforman el cantón San Cristóbal

1.1.6. Clasificación del suelo cantón San Cristóbal

La clasificación del suelo en el cantón San Cristóbal, es la base gráfica para la aplicación de los lineamientos y estándares que están definidos en el componente estructurante y se presenta a escala cantonal y urbana. La escala urbana se utiliza en el área de la parroquia puerto Baquerizo Moreno y se encuentra dividida en consolidado, no consolidado, protección y uso especial. También, se utiliza la escala rural con categoría expansión urbana, producción y protección. Esto con la finalidad de poder conservar zonas estratégicas dentro del cantón San Cristóbal [2]. En la Figura 1.6 se presenta el mapa de clasificación y subclasificación del suelo.

**Estructura Urbana y Rural
(clasificación y
subclasificación del suelo)
cantón San Cristóbal**



Estructura Urbana y Rural

Suelo Urbano

- Categoría**
- Consolidado
 - No consolidado
 - Uso especial

Suelo Rural

- Categoría**
- Expansión urbana
 - Producción
 - Protección

- Vías
- Línea de costa

Zonificación

Área Protegida

- Mar-Tierra
- Aprovechamiento Sustentable
 - Conservación
 - Intangible
 - Transición

SRS: UTM 18S
FUENTE: IGM, OGREG, DPNG

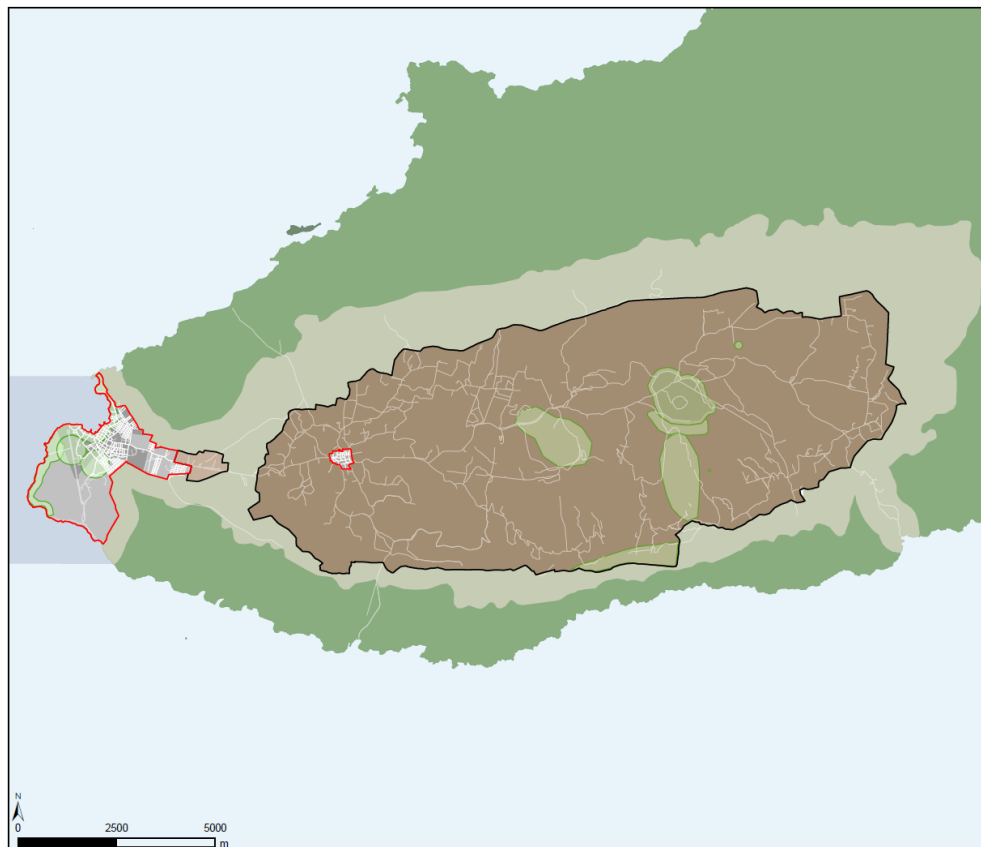
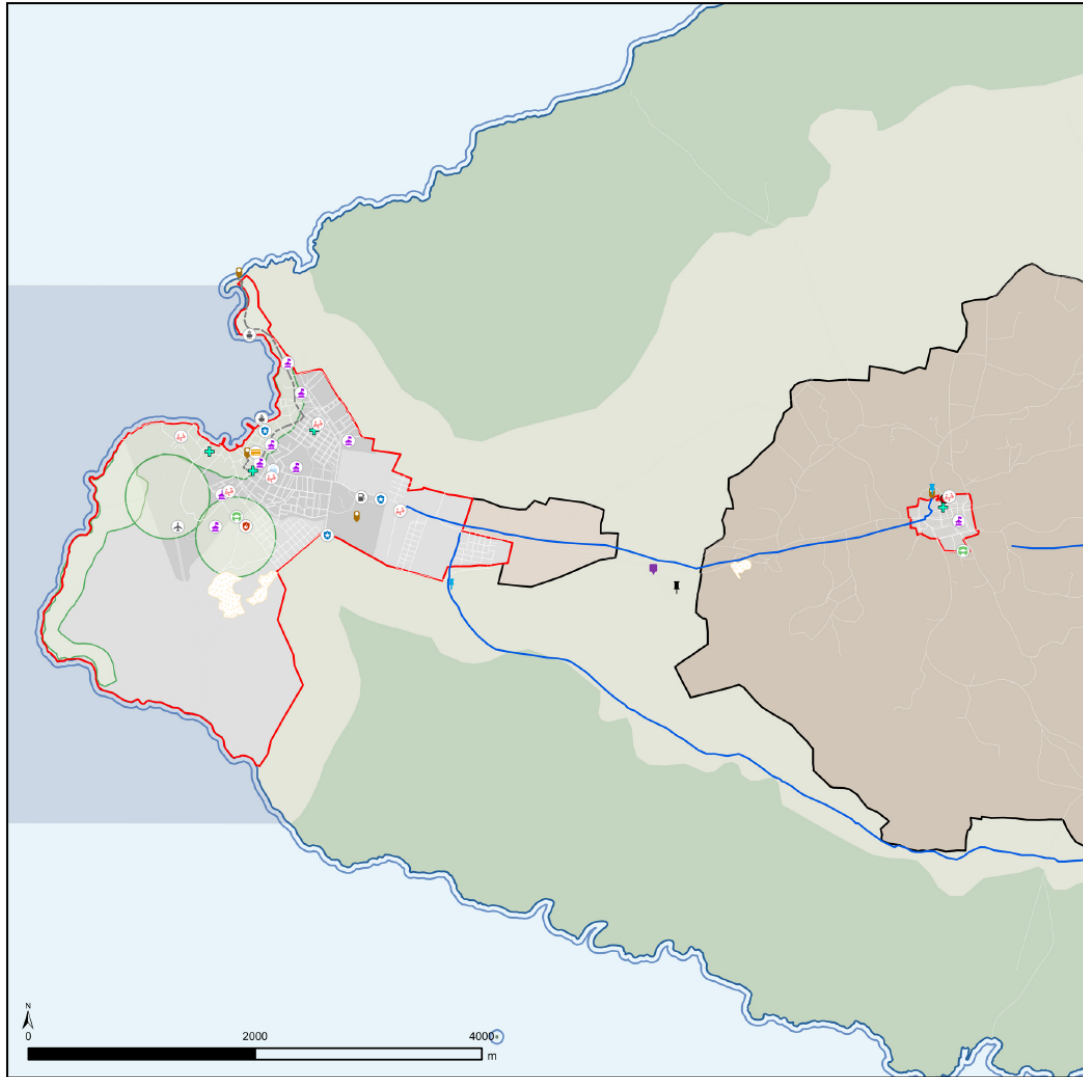


Figura 1.6: Clasificación y Subclasificación del suelo [2]

1.1.7. Equipamientos del Cantón San Cristóbal

El Cantón San Cristóbal esta conformada por dos parroquias, la principal, Puerto Baquerizo Moreno y El Progreso, cada una de ellas esta compuesta por diversos equipamientos como se puede observar mediante la Figura 1.7 esto con el fin de poder dar un servicio propio a la comunidad de cada parroquia.



SRS: UTM 15S
FUENTE: GEBCO 2014, IGM, CGREG

Equipamientos del cantón San Cristóbal

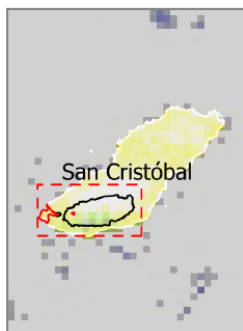
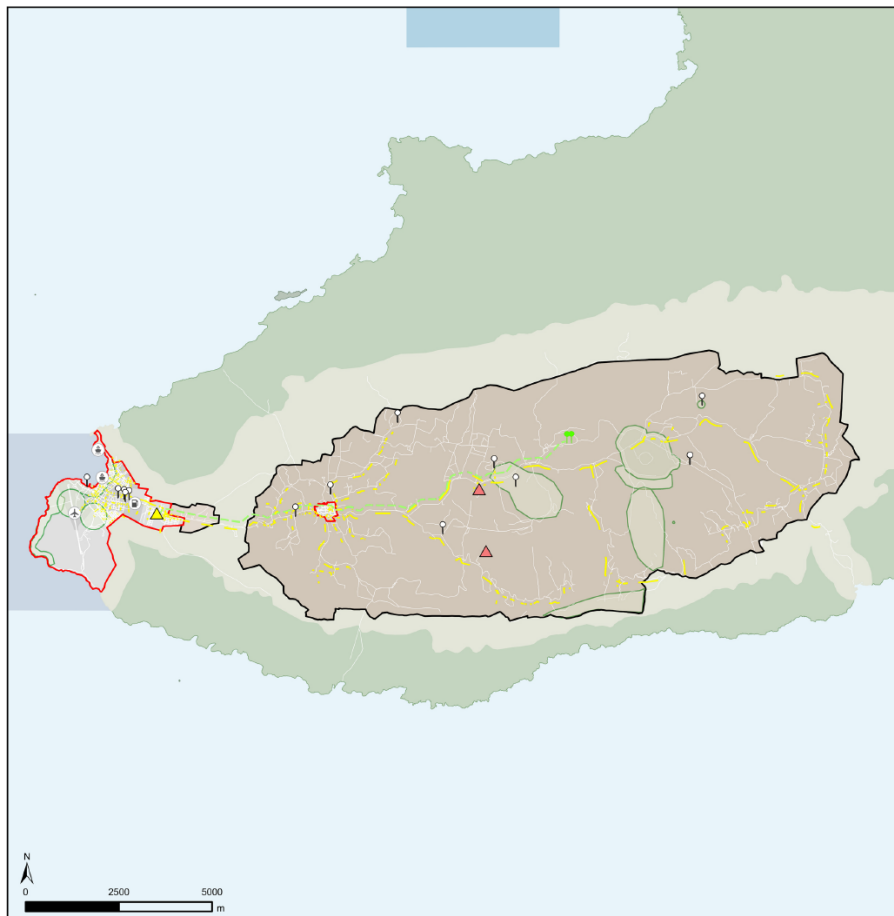


Figura 1.7: Equipamientos Cantón San Cristóbal [2]

1.1.8. Redes de infraestructura logística, transporte, energía y comunicación del cantón San Cristóbal

El cantón San Cristóbal se encuentra conformado por distintas redes de infraestructura como líneas de transporte eléctrico, vías, subestaciones y antenas de radio/Tv. En la Figura 1.8 se encuentran ubicadas dichas redes de infraestructura en las parroquias Puerto Baquerizo Moreno y El Progreso.



SRS: UTM 15S
FUENTE: IGM, CGREG, DPNG

Redes de infraestructura logística, transporte, energía y comunicación del cantón San Cristóbal

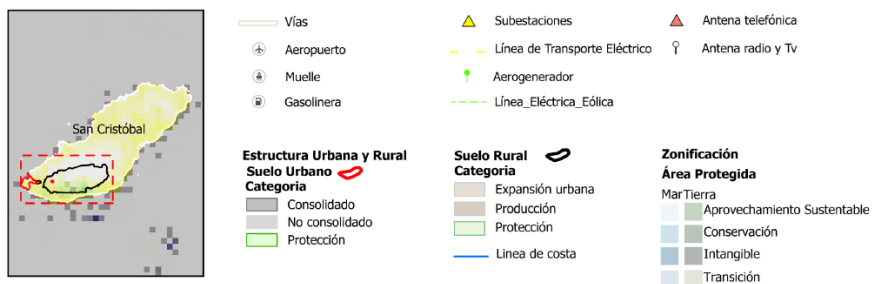


Figura 1.8: Redes de infraestructura cantón San Crsitóbal [2]

1.1.9. Uso productivo del suelo del cantón San Cristóbal

La utilización del uso del suelo del cantón San Cristóbal es muy importante para diferentes categorías desde la parte agrícola, hasta para la utilización de canteras. En la Figura 1.9 se puede observar el aprovechamiento para el uso del suelo del cantón San Cristóbal en la zona de la parroquia El Progreso.

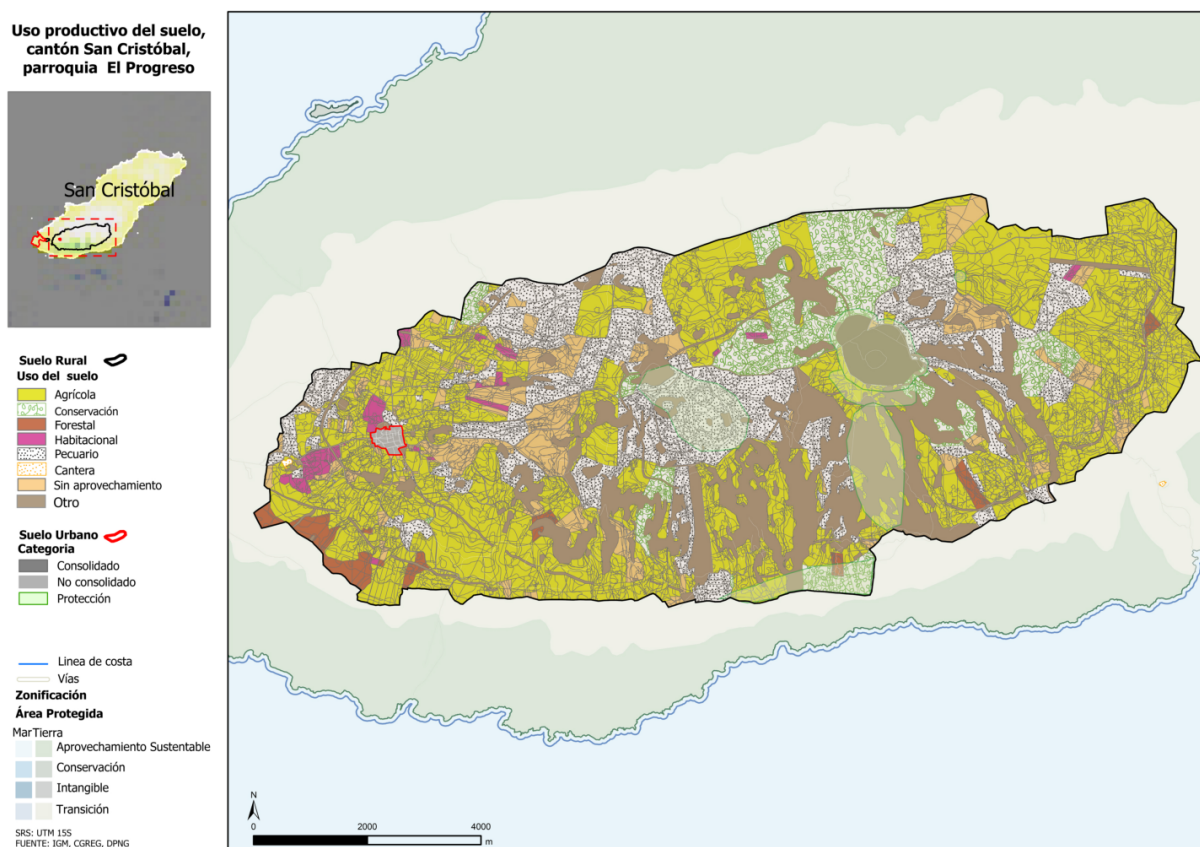


Figura 1.9: Uso productivo del suelo cantón San Cristóbal-El Progreso [2]

1.2. Estudio de tecnologías y dispositivos para redes inalámbricas

Las redes inalámbricas utilizan como medio de transmisión el aire mediante ondas electromagnéticas, mediante la utilización de antenas para realizar la transmisión y recepción de datos [20].

A medida que la tendencia en redes inalámbricas aumenta, los aspectos en

seguridad como: transmisión, autenticación y el cifrado en la comunicación son cada vez mas importantes. Es esencial que los profesionales en investigación y desarrollo de redes inalámbricas puedan tener el control suficiente de la seguridad de estas tecnologías tanto para el presente como para el futuro [21].

1.2.1. Tecnologías Inalámbricas

Las tecnologías inalámbricas se agrupan en cuatro: redes inalámbricas de área personal (de sus siglas en inglés Wireless Personal Area Networks, WPAN), redes inalámbricas de área local (de sus siglas en inglés Wireless Local Area Networks, WLAN), redes inalámbricas de área metropolitana (de sus siglas en inglés Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN) y redes inalámbricas de área amplia (de sus siglas en inglés Wireless Wide Area Networks, WWAN) [22]. La clasificación de las redes inalámbricas, en función de la distancia de cobertura y la tecnología utilizada se puede observar en la Figura 1.10.

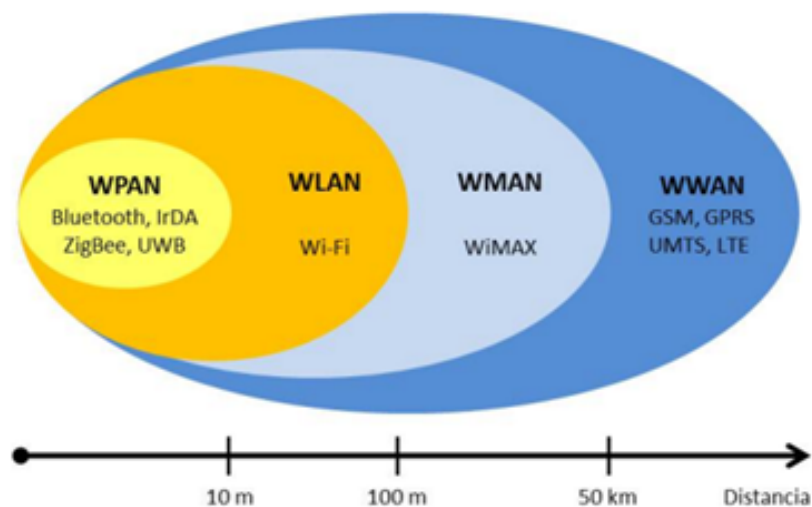


Figura 1.10: Clasificación tecnologías inalámbricas.

- La cobertura de las redes Inalámbricas se dividen en dos grupos de corto y largo alcance.
- Corto alcance para áreas limitadas como edificios, casas, aulas escolares, parques o también redes de área personal. Suelen estar disponibles para utilizarse sin

ningún tipo de permiso o licencia en la frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz.

- Largo alcance es utilizada por empresas que necesitan conectividad a grandes distancias. Las distancias pueden variar desde áreas del tamaño de ciudades hasta provincias o incluso países enteros [22].

Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN)

Las redes WPAN se encuentran dentro del grupo de las redes de corto alcance, éstas son usadas para establecer comunicación entre dispositivos que están separados desde centímetros hasta metros de distancia, con velocidades de transmisión menores al megabit por segundo [23]. No requieren la implementación de estructuras, generalmente presentan un bajo consumo de energía y los estándares más conocidos son:

- Bluetooth.
- Identificación por radiofrecuencia (de sus siglas en inglés Radio Frequency Identification, RFID).
- Banda ultra ancha (de sus siglas en inglés Ultra Wide Band, UWB).
- ZigBee.
- Comunicaciones de corto alcance (de sus siglas en inglés, Near Field Communication, NFC).

Redes Inalámbricas de Área Local, WLAN

WLAN suele utilizarse en áreas de 100 m hasta un máximo de 450 m, el alcance de esta tecnología depende de si existe una línea de vista entre el transmisor y receptor, y las posibles interferencias con redes similares que se encuentren alrededor. La más conocida es fidelidad inalámbrica (de sus siglas en inglés Wireless Fidelity, WIFI) [24, 25].

Las redes WLAN se basan en el estándar 802.11, el cual está regido por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, mediante un comité para definir el

uso de las frecuencias de radio en la capa física y en la subcapa de enlaces inalámbricos [26].

Wireless Fidelity, WIFI (estándar IEEE 802.11)

Es un grupo de normas establecidas por el estándar IEEE 802.11, está ampliamente desplegada por el mundo y se usa principalmente en hogares, oficinas o áreas relativamente pequeñas. Opera en la banda ISM en la frecuencia sin licencia de 2,4 GHz, tiene poca seguridad en la transmisión de los datos, susceptible a interferencias y tiene velocidades de transmisión de 54 Mbps [22].

Existen varios tipos de estándares en referencia a redes inalámbricas, IEEE 802.11 se basan en la compatibilidad con la marca WIFI. Estos estándares se basan principalmente en la división de dos capas de trabajo: la capa MAC y la capa física o PHY [26, 27]. En la tabla 1.6 se presentan las velocidades de transmisión de los datos y el rango de frecuencia con el cual trabaja cada estándar IEEE 802.11.

Tabla 1.6: Estándares IEEE 802.11

Estándares IEEE 802.11	
IEEE 802.11b	(11Mbps con 2.4GHz)
IEEE 802.11a	(54Mbps con 5.2 GHz)
IEEE 802.11g	(54 Mbps con 2.4GHz)
IEEE 802.11n	(144 Mbps hasta 600 Mbps con 2.4GHz y 5GHz)

Redes Inalámbricas de Área Metropolitana (WMAN)

WMAN se utiliza en áreas correspondientes a urbanizaciones, barrios y pueblos de pocos kilómetros; tienen un alcance de hasta 54 km de distancia cuando existen condiciones favorables de clima y aproximadamente 22km en condiciones adversas. Un ejemplo de esto es la Inter operatividad mundial para el acceso por microondas (de sus siglas en inglés Worldwide Interoperability for Microwave Access, WIMAX) [28].

Existen varios estándares dentro de la tecnología WMAN, pero los más conocidos y utilizados son:

- WIMAX: cuenta con la velocidad de datos alta de WLAN y la movilidad de los sistemas celulares. Tiene un rango de alcance mayor que WLAN y proporciona

acceso inalámbrico punto a multipunto en redes de área metropolitana (de sus siglas en inglés Metropolitan Area Network, MAN). Transmite a una tasa de datos más alta en función de la calidad de los enlaces a una frecuencia desde 2 a 11 GHz en bandas licenciadas y libres [29].

- Radio Frecuencia: Radiofrecuencia es importante para establecer los radioenlaces, en donde las ondas electromagnéticas se propagan por el aire para permitir la comunicación entre dos o más puntos. Además, según el rango de la frecuencia es posible establecer diferentes tipos de divisiones desde frecuencias extremadamente bajas hasta muy altas [30].

La tecnología de radiofrecuencia, frente a otras tecnologías, ofrece distintas ventajas: mayor alcance y protocolos de seguridad de desarrollo propio. Estas características le permiten ofrecer una mayor seguridad basada en el envío de paquetes de información únicos entre el receptor y el transmisor [31].

Generalmente los equipos que operan con esta tecnología deben soportar diferentes condiciones externas del medio en el que se utilizarán. Pueden soportar variaciones de temperatura extremas de frío o calor, también están diseñadas para tolerar vibraciones, golpes y caídas. Otra característica es que son resistentes a un uso extensivo y constante, esto debido a que en ciertos casos se necesitan que los equipos operen las 24 horas del día sin interrupciones en el funcionamiento [32].

Red de Cobertura de Área Mundial, WWAN

WWAN es una red de cobertura de área mundial que se soporta en conexiones satelitales o en soluciones vía telefónica móvil, éstas se utilizan en sitios alejados de las ciudades como en los campos, donde no existen o no llegan redes cableadas de transmisión de datos [33].

Este tipo de redes inalámbricas destaca de las demás por ser la de mayor alcance. Las tecnologías que son indispensables para el correcto funcionamiento de las WWAN son las de banda ancha móvil o redes celulares, claro ejemplo ante esta red inalámbrica son las de 2G, 3G, 4G, LTE y 5G. Son redes inalámbricas de área amplia,

para la interacción entre la infraestructura y el usuario se realiza mediante celdas, en donde una gran cantidad de clientes se adhieren y pueden acceder a los servicios [34].

1.3. Radioenlaces

Se denomina radioenlace a toda interconexión entre terminales de telecomunicaciones, las cuales a su vez pueden ser radioenlaces terrestres o de servicio fijo, mediante la propagación troposférica en condiciones de visibilidad directa entre antenas. Los radioenlaces por ser sistemas inalámbricos poseen grandes limitaciones en cuanto al alcance, por tal motivo, se implementan estaciones repetidoras que ayudarán para solventar esta limitación [35].

La constitución de un radioenlace esta dado por una estación de transmisión (Tx), la estación de recepción (Rx) y en el caso de existir fenómenos atmosféricos que afecten a la comunicación directa entre Tx y Rx, se debe de colocar dependiendo al fenómeno existente las repetidoras adecuadas para lograr una transmisión ideal.

Existen grandes ventajas al utilizar un radioenlace, que no solo es proporcionar cobertura en zonas donde por la ubicación geográfica no se logra proveer de algún servicio de internet. La separación entre estaciones puede estar dada, en metros o incluso en kilómetros de distancia, permite la transmisión de grandes cantidades de datos, haciendo que la adquisición de un sistema inalámbrico a comparación de los otros sistemas convencionales sea mucho mas bajo. Además, que la implementación de una red de comunicación inalámbrica no es muy dificultoso, ya que el principal objetivo es colocar las antenas en una línea de vista directa y libre de cualquier obstáculo [35, 36].

1.3.1. Fenómenos en Radioenlaces

En cualquier medio de radiocomunicación, se va a producir una serie de fenómenos que afectaran en la transmisión de la información, cambiando las condiciones ideales que se espera en el diseño de la red de comunicación. Los fenómenos más importantes que afectan a una red de comunicación inalámbrica son el ruido, la atenuación y la interferencia.

Ruido

El ruido es toda interferencia que perjudica en el intercambio de datos entre el transmisor y el receptor. Dentro del monitoreo de redes, el ruido genera varias alertas que pueden dificultar su identificación, lo cual puede provocar la pérdida de información que es sumamente relevante. Dentro del área de telecomunicaciones el ruido es un factor importante, ya que la sensibilidad de los equipos va a depender del mismo [37].

Éste se puede dividir en dos principales como ruido artificial, generado por actividad humana y maquinas eléctricas. Generalmente este tipo de ruido afecta más en frecuencias bajas y dependerá mucho de la intensidad de trabajo de los equipos que se utilice. Mientras que el ruido natural, que en muchos casos es generado mediante descargas eléctricas y gases atmosféricos [36].

Atenuación

La transmisión en largas distancias pueden estar afectadas por una pérdida de fuerza o amplitud. La atenuación es el principal motivo en donde las redes llegan a tener varias restricciones. Por el cual, si la señal es muy débil el equipo receptor no podrá reconocer la información.

En un radioenlace existen varios tipos de pérdidas, algunas son por los equipos utilizados en la red de comunicación, otros en donde el enlace de comunicación se encuentre por debajo de los 5GHz y las interferencias causadas por efectos naturales como la lluvia, granizo, vegetación, nubes, etc [36].

Interferencia

La interferencia se produce cuando señales externas interrumpen con la comunicación de una red inalámbrica, evitando que exista por completo la recepción de la señal, provocando una pérdida temporal o afectando a la calidad de la transmisión. Las causas más comunes de una interferencia son producidas por transmisores o por equipos eléctricos [38].

Interferencia por transmisores, entre los sistemas de comunicación capaces

de generar interferencias se encuentran los radioaficionados, los radios de banda ciudadana y las estaciones de radio y televisión[36].

Interferencia eléctrica, aparece en la porción de audio y de video de la programación de televisión, puede ser causada por medio de líneas de tendido eléctrico y equipos eléctricos consumidores de gran carga eléctrica presentes en el hogar.

1.3.2. Cálculos para Radioenlaces

Cálculo de distancia del enlace

Para el cálculo de la distancia del enlace, se debe utilizar las ubicaciones del transmisor y receptor en radianes. Esto debido a que el valor de la distancia ayudará a realizar una serie de cálculos que serán primordiales para el diseño de la red de comunicación. Para calcular la distancia de alcance del enlace se utiliza la ecuación 1.1.

$$D = 6378 \arccos(\sin(X_t) \sin(X_r) + \cos(X_t) \cos(X_r) * \cos(Y_r - Y_t)) \quad (1.1)$$

Pérdidas por espacio libre

Este tipo de pérdidas son generadas por las ondas que se propagan en el espacio libre, sufriendo una disminución en la intensidad de sus campos eléctricos y magnéticos. Todo esto debido a que el frente de onda se comienza a dispersar sobre un área mayor. Mediante la ecuación 1.2 podemos encontrar las pérdidas generadas en el espacio libre, en función de la frecuencia.

$$L = 32,4 + 20\log(f) + 20\log(d) \quad (1.2)$$

Donde:

f : Es la frecuencia de trabajo (MHz).

d : Distancia del enlace (Km).

Cálculos de potencia para Radioenlaces

Se debe realizar el cálculo para estimar la potencia de llegada en el receptor; esto se llevará a cabo mediante la utilización de la ecuación de Friss, la cual es proporcional a la potencia transmitida, las ganancias de las antenas y la longitud de onda. Mediante la ecuación 1.3 se presenta la expresión de Friss.

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi R)^2} \quad (1.3)$$

Donde:

P_t : es la potencia del transmisor.

G_t : Ganancia de la antena del transmisor.

G_r : Ganancia de la antena del receptor.

λ : Longitud de onda.

La potencia recibida también puede ser calculada por la fórmula de Friss en decibelios mediante la ecuación 1.6.

$$P_{rx}(dBm) = P_{tx}(dBm) - Prdidas(dB) + G_{antenaTX} + G_{antenaRX} \quad (1.4)$$

Margen de desvanecimiento

Esté es un valor ficticio, el cual se incluye en el cálculo de la ganancia del sistema con el fin de considerar ciertas características no ideales y no tan predecibles en la propagación de las ondas de radio. Además de permitir los objetivos de confiabilidad de la red de comunicación. En la ecuación 1.5 se encuentra relacionada con la distancia del enlace, la frecuencia de trabajo, el objetivo de confiabilidad y factores naturales como el terreno y el clima.

$$L = 30 * \log(d) + 10 * \log(6 * a * b * f) - 10\log(1 - R) - 70 \quad (1.5)$$

Donde:

d : Distancia del enlace (Km).

f : Es la frecuencia de trabajo (MHz).

f : Objetivo de confiabilidad.

a : Factor de terreno (1/4 terreno montañoso).

b : Factor de clima (1/2 zonas calurosas y húmedos).

Umbral del receptor

El cálculo de este valor depende de la potencia de recepción y el margen de desvanecimiento haciendo que este valor sea una referencia para el receptor. Se debe tener en cuenta que la señal que se encuentre por encima de este valor, logra tener un comunicación inalámbrica confiable.

$$(U_r) = P_r - L \quad (1.6)$$

Donde:

U_r : Umbral de recepción (dBm).

P_r : Potencia de recepción (dBm).

L : Margen de desvanecimiento (dB).

1.4. Topologías de red

Para redes de comunicación inalámbrica las topologías de red son un factor importante ya que éstos servirán para el intercambio de datos, ya sea en gran o mínima cantidad, entre dos o más puntos y existen varios tipos de topología de red como:

- Topología Punto - Punto.
- Topología Estrella.
- Topología Árbol.
- Topología Malla.

Para el desarrollo de la red de comunicación inalámbrica para estaciones meteorológicas, se utilizó la topología de red tipo estrella para la transmisión de datos. Debido a que toda la información se generará en las estaciones meteorológicas, se

almacenará en el coordinador (Estación Base), el cual es el eje central de la red siendo el host principal y este puede transmitir y recibir información hacia los demás nodos. Pero estos últimos no podrán intercambiar información entre sí [23].

En la Figura 1.11 se presenta la topología estrella que se utilizará en el diseño de la red de comunicación inalámbrica.

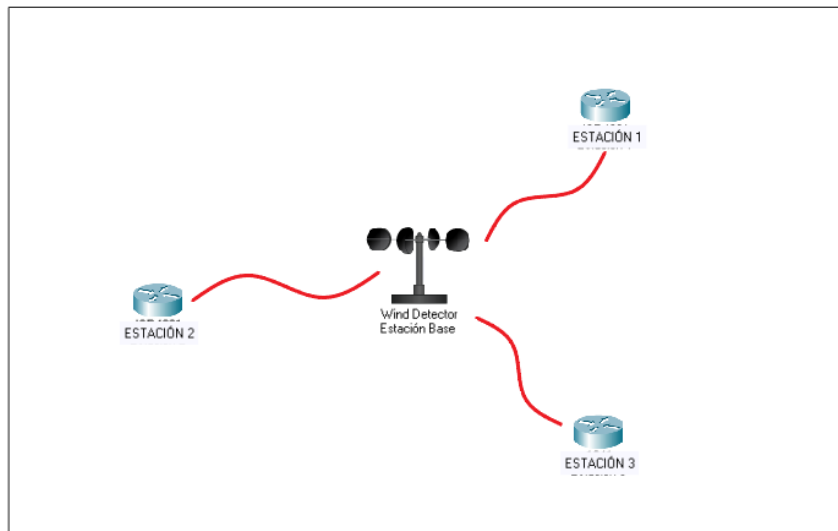


Figura 1.11: Topología estrella de la red.

1.5. Estudio característico de las estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas se utilizan para medir y registrar diferentes parámetros meteorológicos donde se recopila los datos de una medición, estos pueden ser de variables que influyen en los fenómenos atmosféricos y el clima de una determinada región [39].

Hay diferentes tipos de estaciones meteorológicas que se utilizan para diferentes propósitos y necesidades. Por ejemplo, hay estaciones meteorológicas portátiles para uso personal, estaciones meteorológicas de campo para uso en investigaciones científicas, estaciones meteorológicas de estación base para uso en estaciones de observación, entre otras [40].

Existen estaciones meteorológicas que se utilizan para medir y registrar

parámetros específicos, como las estaciones de medida de calidad del aire, las estaciones de medida de radiación solar y las estaciones de medida de la presión atmosférica [41]. Parámetros como ciclones, huracanes, tormentas y sequías, son medidos por estaciones automáticas, estaciones manuales y estaciones de tiempo integradas [39].

1.5.1. Estación meteorológica automática

Dentro de las estaciones meteorológicas más utilizadas y comunes están las automáticas. Dichas estaciones utilizan diferentes sensores y dispositivos electrónicos para medir y registrar parámetros meteorológicos como son: la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad del viento, la presencia de ciertos gases, entre otros más. Todos estos datos son recopilados y transmitidos de manera automática hasta un centro de operaciones en el cual los datos serán analizados. Este tipo de estaciones son adecuadas para medir y registrar datos en tiempo real de forma precisa y confiable [42, 43].

Sensores básicos que integran una EMA

Dentro de las estaciones automáticas se utilizan sensores de medición, dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos los cuales están montados sobre una estructura de soporte, en donde estos son distribuidos dentro del sistema de adquisición y el almacenamiento de datos de la estación. Está con el fin de poder realizar el registro de variables meteorológicas que obtienen del lugar en donde se encuentran ubicados para posteriormente poder transmitir los datos obtenidos a una oficina central los cuales van a ser almacenados en una base [44].

Para la medición de los fenómenos de variables físicas meteorológicas se utilizan diferentes tipos de sensores dentro de una estación meteorológica, los más utilizados son para medir:

- Velocidad de viento.
- Precipitación.

- Presión atmosférica.
- Temperatura.
- Humedad relativa.
- Radiación solar.

1.5.2. Estaciones meteorológicas manuales

Las estaciones meteorológicas manuales son las menos comunes de todas pero aún se utilizan en algunos lugares. Estas estaciones requieren la presencia de cierto personal comúnmente un observador meteorológico, el cual registra manualmente los datos medidos. Al depender de una persona, normalmente estas estaciones suelen ser menos precisas y confiables que las estaciones automáticas, pero pueden ser útiles en lugares donde no hay acceso a la energía eléctrica o donde la tecnología automática es costosa o inexistente [45].

Las estaciones manuales está conformado por diferentes tipos de instrumentos como la Garita, está funciona para la protección de los instrumentos como por ejemplo: sol, viento, lluvia, nieve y granizo. Este tipo de garitas son de madera blanca en forma de aletas, con esto se consigue una ventilación total de los equipos, ésta debe estar situada a una altura que pueda facilitar la lectura de los instrumentos [42]. Los instrumentos esenciales dentro de las estaciones meteorológicas manuales son:

- Termómetro seco y húmedo.
- Termómetros de máxima y mínima.
- Pluviómetro.

1.5.3. Estaciones de Tiempo integradas

Por último las estaciones de tiempo integradas son una combinación de estaciones automáticas y manuales. En estas estaciones se utilizan sensores y dispositivos electrónicos para medir y registrar parámetros meteorológicos; pero

además requieren la presencia humana para registrar ciertos datos que no pueden ser medidos por los dispositivos electrónicos, como la cantidad de lluvia o la nieve. Estas estaciones son ideales para medir y registrar datos en tiempo real debido a que son muy precisas y confiables [42].

Capítulo 2

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se da a conocer los procedimientos y estudios realizados para llevar a cabo el proyecto como son: las regulaciones que existen dentro del parque nacional Galápagos, los permisos que necesitan ser llenados y presentados ante el ente regulador (ARCOTEL) para una futura implementación del proyecto, el estudio y selección de la herramienta de diseño y planificación para la red de comunicación inalámbrica para estaciones meteorológicas, así como su correcta configuración y finalmente el planteamiento de diferentes escenarios para el diseño de la red.

2.1. Regulaciones y normativas especiales dentro del parque nacional de las islas Galápagos

En la realización de cualquier proyecto siempre existen regulaciones o normas que establecen cómo desarrollar dicho proyecto. En el caso de la realización de un proyecto dentro de áreas protegidas estas regulaciones son más estrictas y pueden tener características especiales [46].

Galápagos es un archipiélago protegido por el gobierno, el cual tiene dos grandes áreas protegidas dentro de su territorio; la primera comprende toda la superficie terrestre y la segunda comprende el área marina [47]. Por ello existen regulaciones específicas y especiales para proteger dichas áreas. De entre todas las regulaciones que existen dentro de las islas las más importantes en el desarrollo de

un proyecto de telecomunicaciones son las regulaciones para controlar la construcción y las regulaciones para las telecomunicaciones y el uso del espectro radioeléctrico [48].

Las regulaciones de construcción en estas islas están diseñadas para proteger y preservar el medio ambiente y la biodiversidad. Estas regulaciones establecen restricciones y normas para la construcción de edificios, carreteras, casas, centros de investigación, y cualquier otra obra que intervenga dentro de esta área protegida. Estas regulaciones prohíben la construcción en áreas específicas, como zonas de conservación y áreas de alto valor ecológico. Además, también establecen restricciones en cuanto a la altura y el tamaño de los edificios [49].

Las regulaciones de construcción en Galápagos requieren que los proyectos de construcción cumplan con ciertos estándares medioambientales. Estos incluyen la protección de especies y hábitats, la reducción del impacto en el suelo y el agua. Los proyectos que pretendan construir cualquier tipo de estructura deben pasar por un proceso de evaluación de impacto ambiental, en el que se evalúan los posibles impactos del proyecto en el medio ambiente y se proponen medidas para mitigar o compensar esos impactos. También se requiere la consulta con las comunidades locales y otros interesados a fin de obtener su opinión sobre el proyecto [49].

En cuanto a las regulaciones de las telecomunicaciones y el uso del espectro radioeléctrico, las autoridades han establecido que no existen regulaciones específicas para estos proyectos, por lo cual siempre se deben regir a las regulaciones generales de todo el país establecidas por ARCOTEL. Cabe recalcar que si un proyecto de telecomunicaciones tiene dentro de sus objetivos el construir algún tipo de edificación debe apegarse a las restricciones de construcción.

Es importante mencionar que en general las regulaciones dentro de áreas protegidas buscan proteger y preservar el medio ambiente y la biodiversidad, y también buscan promover un desarrollo sostenible. A menudo se trabaja en conjunto con organizaciones internacionales y ONGs para garantizar una protección adecuada de las reservas naturales [49].

2.2. Gestión de permisos

Durante el diseño de este proyecto se tomaron en cuenta que, para la futura implementación del mismo, se necesita realizar la gestión de permisos con la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL). De acuerdo al artículo 4 de la “Resolución ARCOTEL-2018” y la resolución de la “Norma técnica de espectro de uso libre y de espectro para uso determinado en bandas libres” solamente se requiere de un registro, el cual debe ser llenado y presentado cuando el proyecto sea desarrollado ante un representante de ARCOTEL [50].

Considerando que el proyecto se realizó dentro de una propiedad privada, no se requiere de ningún tipo de permiso o registro del espectro radioeléctrico con la entidad regulatoria, esto siempre que la potencia utilizada en los equipos sea la establecido por los entes reguladores y no interfiera con otros dispositivos.

2.3. Herramientas de diseño y planificación

Para el diseño y planificación de redes de comunicación inalámbrica existen varios programas de computadora disponibles. Estos programas son capaces de permitir a los ingenieros y diseñadores planear, bosquejar y simular diferentes escenarios de red, todo esto antes de implementarlos en el mundo real. En la elaboración de la red de comunicación inalámbrica para las estaciones meteorológicas es necesario investigar las características de varios programas de cómputo con la finalidad de escoger aquel que se adapte mejor a los requerimientos del proyecto. Con este fin se estudiaron varios programas con características atractivas para desarrollar proyectos de redes inalámbricas como: Wireless Communications Network Planning Tool (WCNPT), The Things Network, ISP Desing Center, Xirio Online y Radio Mobile.

En la Tabla 2.1 se presentan las prestaciones de las herramientas de diseño y planificación, también se presentan en la Tabla 2.2 las características con respecto al uso de los mismos.

Para las simulaciones de los distintos escenarios, se eligió la herramienta Radio

Tabla 2.1: Programas de cómputo para diseño de redes inalámbricas: Características

Características	Cartografía	Simulación de Tráfico	Simulación Cobertura
WCNPT	SI	SI	SI
The Things Network	SI	SI	SI
ISP Desing Center	SI	NO	SI
Xirio Online	SI	SI	SI
Radio Mobile	SI	NO	SI

Tabla 2.2: Programas de cómputo para diseño de redes inalámbricas: Uso

Características	Libre Uso	Uso de recursos en PC	Complejidad de uso
WCNPT	NO	Alto	Alto
The Things Network	NO	Alto	Alto
ISP Desing Center	SI	Mínimo	Bajo
Xirio Online	SI	Minino	Alto
Radio Mobile	SI	Bajo	Bajo

Mobile por ser un software libre, permite realizar el calculo a largas distancias de radioenlaces empleando perfiles geográficos y la información de los equipos que se va utilizar para los escenarios, y es de fácil uso.

Este software fue desarrollado para el cálculo de radio enlaces con una geografía irregular. Utiliza diferentes parámetros como, potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, perdidas, atenuaciones y muchos otros parámetros importantes. Radio Mobile utiliza los perfiles geográficos obtenidos directamente de internet para evaluar los enlaces [51].

2.4. Configuración en Radio Mobile

La simulación en radio mobile parte con la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas, repetidora CNT y la estación en donde se almacenarán todos los datos recopilados de cada estación meteorológica ubicada en el Ministerio de Agricultura de Galápagos. Dichas ubicaciones se encuentran especificadas en la Tabla 1.4.

En la Figura 2.1 se aprecia como se debe agregar cada ubicación geográfica para la realización de los enlaces de comunicación.

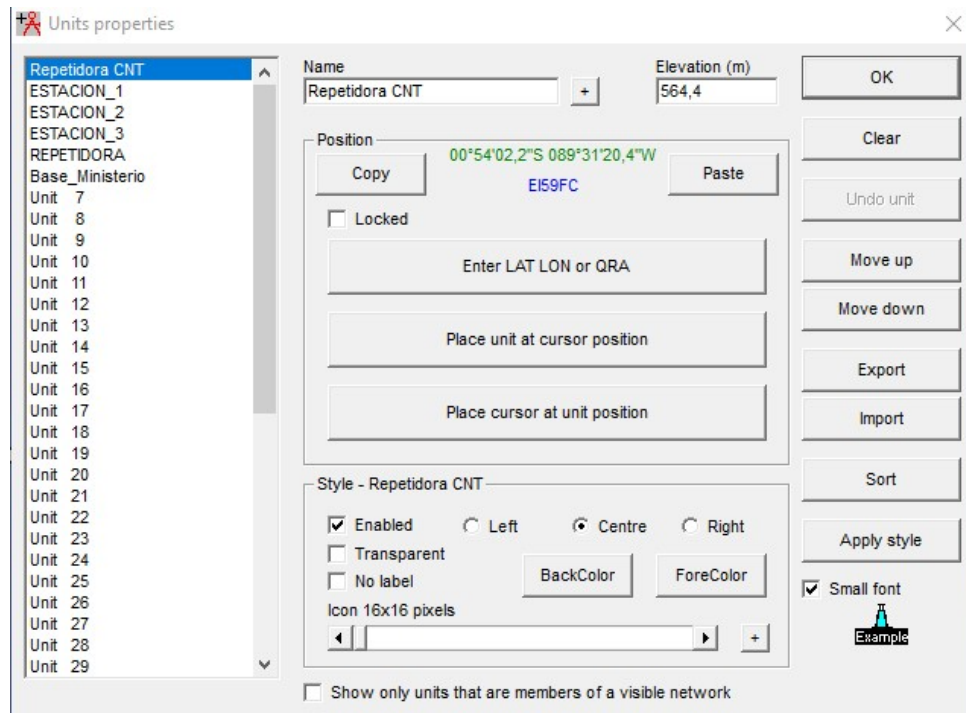


Figura 2.1: Ubicación de los equipos para la red de comunicación.

La forma de configurar los parámetros principales que permite a Radio Mobile realizar el diseño de cada enlace como la frecuencia de trabajo de los equipos, la polarización vertical u horizontal y el clima de la zona en donde se van a realizar los diferentes escenarios de simulación, se presenta en la Figura 2.2

Las condiciones climáticas para este proyecto son Marítimo templado sobre el mar, ya que la isla San Cristóbal se encuentra separada por varios kilómetros de mar. Las otras opciones son usadas para enlaces en África, la opción más utilizada es continental templado, el cual corresponde a enlaces en América y Europa y finalmente la opción marítima templado sobre tierra esta diseñada para islas de mayor tamaño.

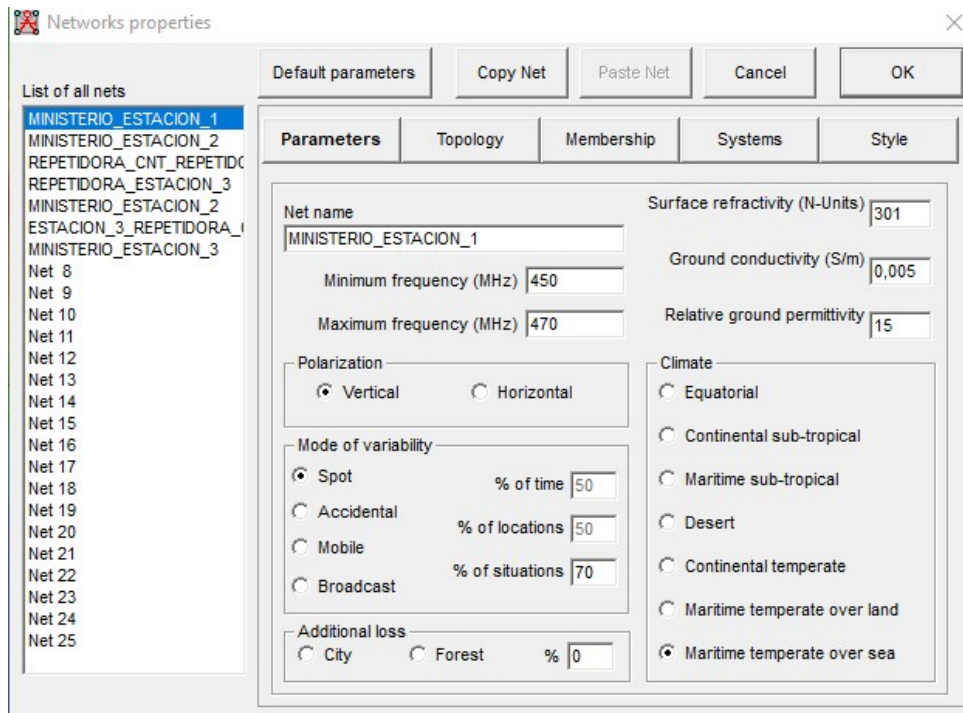


Figura 2.2: Propiedades de los enlaces.

Posterior a la configuración de los parámetros de los equipos, se debe seleccionar el tipo de topología que se va utilizar, para este proyecto se eligió la topología estrella la cual cumple con los requisitos para los diferentes escenarios planteados, como se puede ver en la Figura 2.3.

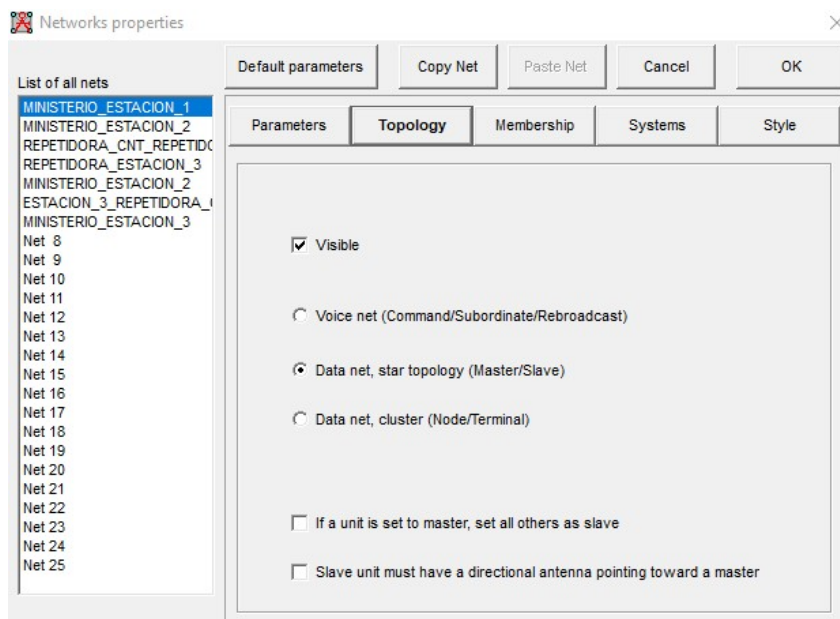


Figura 2.3: Configuración de la topología de la red de comunicación.

Es importante configurar correctamente los sistemas de la red, para la simulación de cada enlace, con el fin de obtener buenos resultados, tomando en consideración características de las antenas que se van a utilizar como potencia del transmisor, umbral del receptor, pérdidas en la línea, tipo de antena, altura de la antena y pérdidas por cables. Mediante la Figura 2.4 se presenta un ejemplo del enlace Ministerio_Estación_1.

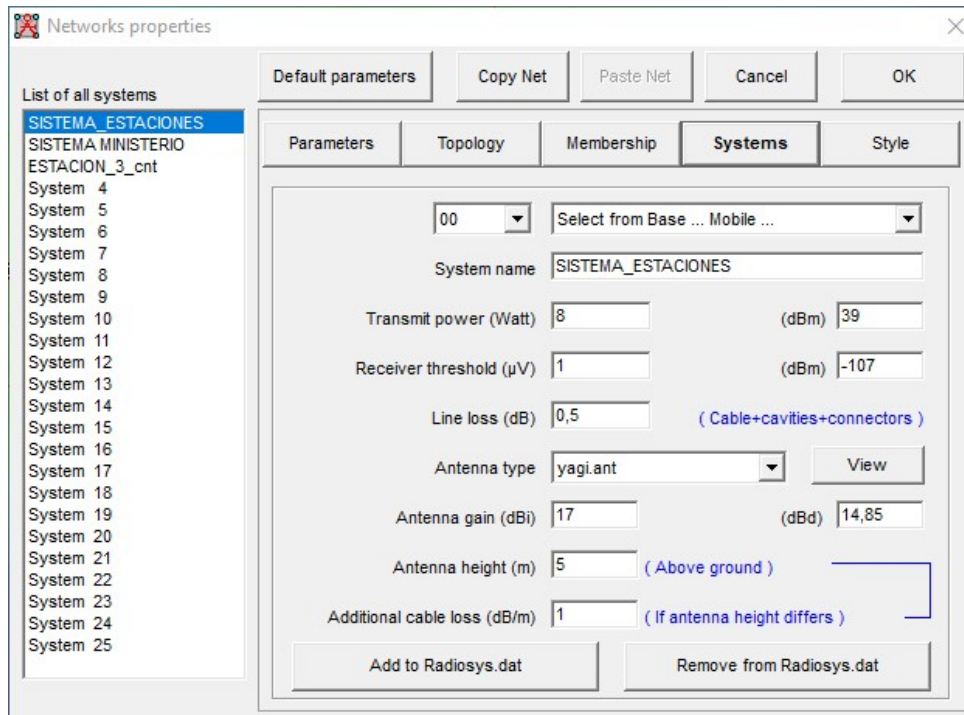


Figura 2.4: Parámetros de sistema del enlace Ministerio_Estación_1

La asignación de dispositivos que van a estar involucrados en la red de comunicación, donde deben de ser especificados la función de Maestro o Esclavo. Así como la asignación de la dirección de la antena ya que este parámetro es crucial para el buen funcionamiento, se puede apreciar en la Figura 2.5.

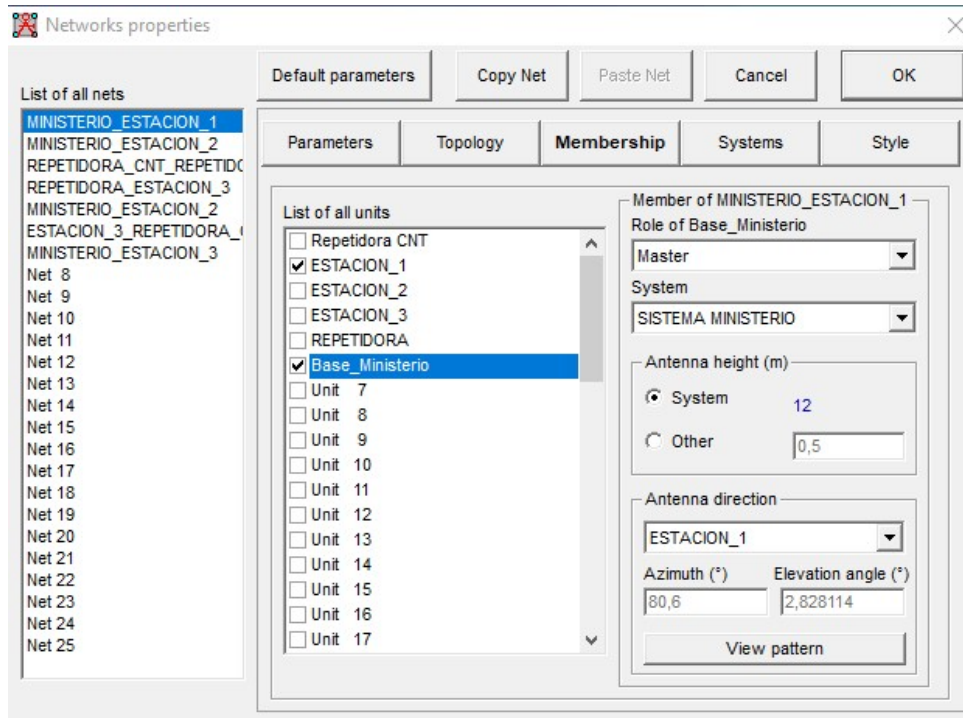


Figura 2.5: Asignación de dispositivos enlace Ministerio - Estación_1

2.5. Escenarios de simulación

En este proyecto se consideró cuatro escenarios de simulación con la finalidad de encontrar la mejor opción con respecto a optimización y recepción de señal en cada diseño realizado.

2.5.1. Escenario 1

El primer escenario, parte con enlaces individuales, donde se tendrá como transmisor a la Base_Ministerio y receptores todas las estaciones meteorológicas. En la Figura 2.6 se presenta el diseño para dicho escenario, para la visualización se utilizó Google Earth.



Figura 2.6: Escenario 1.

En la Tabla 2.3 se identifican los equipos que formarán parte de la primera red de comunicación. Para este escenario no se utilizan repetidoras ni la torre repetidora de CNT.

Tabla 2.3: Escenario 1

Trasmisor	Receptor
	ESTACIÓN_1
Base_Ministerio	ESTACIÓN_2
	ESTACIÓN_3

2.5.2. Escenario 2

El segundo escenario, utiliza la topología estrella. Los datos de las estaciones meteorológicas llegarán a la repetidora de CNT para a su vez, realizar un enlace PtP entre la Base_Ministerio con la Repetidora_CNT. Dicho escenario se puede viualizar en la Figura 2.7.



Figura 2.7: Escenario 2.

En la Tabla 2.4 se presentan el equipo Transmisor y los Receptores que forman parte del segundo escenario.

Tabla 2.4: Escenario 2

Trasmisor	Receptor
Repetidora_CNT	ESTACIÓN_1
	ESTACIÓN_2
	ESTACIÓN_3
Estación_Ministerio	Repetidora_CNT

2.5.3. Escenario 3

En el tercer escenario se realizó una redundancia en donde se integra los enlaces realizados en los escenarios 1 y 2. Estó con la finalidad de tener un escenario de seguridad. Dicho escenario se puede observar en la Figura 2.8 .



Figura 2.8: Escenario 3.

La Tabla 2.5 presenta los equipos que conforman este escenario. Siendo el centro en donde van a estar almacenados los datos la Base_Ministerio.

Tabla 2.5: Escenario 3

Trasmisor	Receptor
Repetidora_CNT	ESTACIÓN_1
	ESTACIÓN_2
	ESTACIÓN_3
Estación_Ministerio	Repetidora_CNT
	ESTACIÓN_1
	ESTACIÓN_2

2.5.4. Escenario 4

En el cuarto y último escenario se integró una repetidora. La implementación de este equipo, tiene como finalidad la optimización de la red de comunicación y no utilizar la Repetidora_CNT. El objetivo de este escenario es minimizar los posibles inconvenientes que se puedan presentar con la empresa CNT, dueña de la torre, la cual, es posible, pueda negar el uso de la misma. En la Figura 2.9 se visualiza el escenario cuatro con Google Earth.



Figura 2.9: Escenario 4.

En la Tabla 2.6 se encuentra el ultimo escenario en donde con una tipología tipo estrella y un enlace PtP, se busca solventar la gran interferencia que existe hacia la estación_3 mediante la itegración de un equipo como repetidora.

Tabla 2.6: Escenario 4

Trasmisor	Receptor
Base_Ministerio	ESTACIÓN_2
Base_Ministerio	ESTACIÓN_1
ESTACIÓN_1	Repetidora
	ESTACIÓN_3

Capítulo 3

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se encuentran los resultados obtenidos de los cálculos de distancia del enlace, pérdidas de línea y potencia de recepción para los cuatro escenarios establecidos. Además se muestran los resultados de las simulaciones realizadas con Radio Mobile.

3.1. Cálculos de los cuatro escenarios

En la presente sección se encuentran realizados los cálculos respectivos para cada escenario que se va a simular. En donde se utilizó las ecuaciones estudiadas dentro del Capítulo 1 Subsección 1.3.2. Dichos valores serán una guía para el desarrollo de la red de comunicación inalámbrica.

3.1.1. Escenario 1

Los valores como distancia del enlace, pérdidas existentes y potencia recibida, para el primer escenario, serán la guía para la simulación de dicha red de comunicación. En la Tabla 3.1 observamos que se obtuvo valores con respecto a la potencia de recepción y pérdidas, para el enlace Base_Ministerio - ESTACIÓN_3 que son de -98.6dBm y 162.1dB, haciendo que se tenga en cuenta que es posible que no exista una conexión directa entre ambos equipos.

Tabla 3.1: Cálculos Escenario 1

Enlace	Distancia (Km)	Perdidas	P_r (dBm)
Base_Ministerio - ESTACIÓN_1	9.9	110.2	-55.8
Base_Ministerio - ESTACIÓN_2	7.48	117.4	-43.2
Base_Ministerio - ESTACIÓN_3	17.2	162.1	-98.6

3.1.2. Escenario 2

Para el segundo escenario, en donde se tiene la integración del equipo REPETIDORA_CNT, se logró obtener una mejora en los valores de potencia de recepción de cada enlace y así mismo una disminución en las pérdidas existentes. En la Tabla 3.2 podemos observar dichos valores, donde el enlace REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_3 tiene una potencia de recepción de -90.2dBm y una pérdida de 157.8dB, haciendo factible el diseño de este escenario.

Tabla 3.2: Cálculos Escenario 2

Enlace	Distancia (Km)	Perdidas	P_r (dBm)
Base_Ministerio - REPETIDORA_CNT	10	110.4	-40.2
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_1	1.30	98.3	-31.3
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_2	2.71	123.1	-53.6
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_3	7.30	157.8	-90.2

3.1.3. Escenario 3

Los valores realizados para el tercer escenario siguen siendo óptimos, debido a que la arquitectura que se implementó en este escenario es una redundancia utilizando el primer y segundo caso, obteniendo un red de comunicación de seguridad, mencionado en el capítulo anterior, donde la empresa CNT no permite el uso de su equipo. Haciendo que se queden los dos primeros enlaces que tienen una potencia de recepción de -55.8dBm y -43.2dBm, pero perdiendo comunicación con la ESTACIÓN_3. En la Tabla 3.3 se presenta los valores calculados para el tercer escenario.

Tabla 3.3: Cálculos Escenario 3

Enlace	Distancia (Km)	Perdidas	P_r (dBm)
Base_Ministerio - ESTACIÓN_2	7.48	117.4	-43.2
Base_Ministerio - ESTACIÓN_1	9.9	110.2	-55.8
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_1	1.30	98.3	-31.3
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_2	2.71	123.1	-53.6
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_3	7.30	157.8	-90.2

3.1.4. Escenario 4

Para el último escenario se tiene la integración de un nuevo equipo (REPETIDORA), con la finalidad de no utilizar el dispositivo de CNT. Logrando una mejora en los valores de potencia de recepción y pérdidas existentes en los enlaces. Posteriormente solucionando la comunicación con la ESTACIÓN_3 y logrando obtener una red de comunicación óptima. En la Tabla 3.4 se presenta los valores calculados para el cuarto y último escenario.

Tabla 3.4: Cálculos Escenario 4

Enlace	Distancia (Km)	Perdidas	P_r (dBm)
Base_Ministerio - ESTACIÓN_1	9.9	110.2	-55.8
Base_Ministerio - ESTACIÓN_2	7.48	117.4	-43.2
ESTACIÓN_1 - REPETIDORA	2.10	130.2	-55.1
REPETIDORA - ESTACIÓN_3	5.68	158	-84.3

3.2. Simulación de los escenarios en Radio Mobile

En la presente sección se encontrarán las propuestas de los escenarios de la red de comunicación inalámbrica para estaciones meteorológicas. Así como los resultados obtenidos de valores de azimut y elevación por cada enlace simulado y la potencia de recepción en cada uno.

3.2.1. Escenario 1

Con las configuraciones realizadas posteriormente en la herramienta Radio Mobile, se realizó la simulación del primer escenario, el cual se presenta en la Figura

3.1.

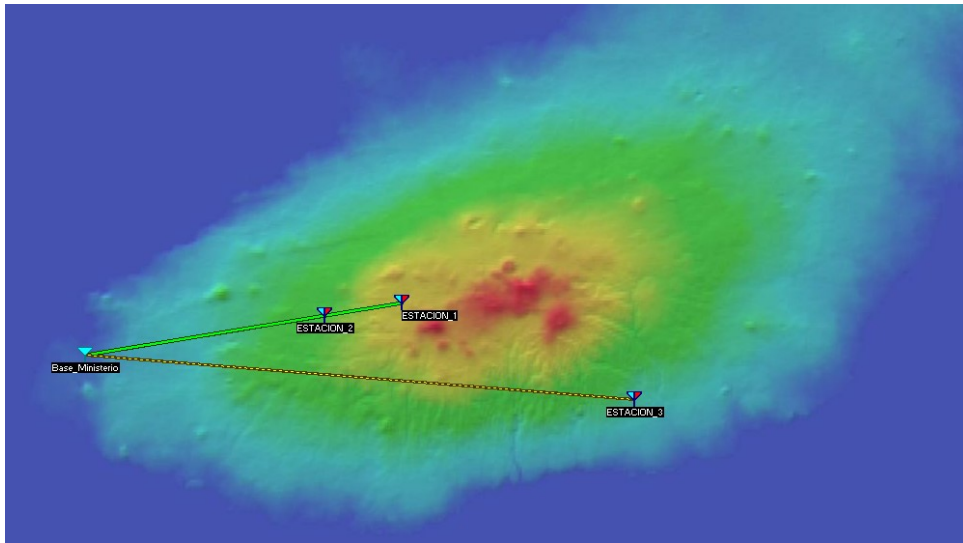
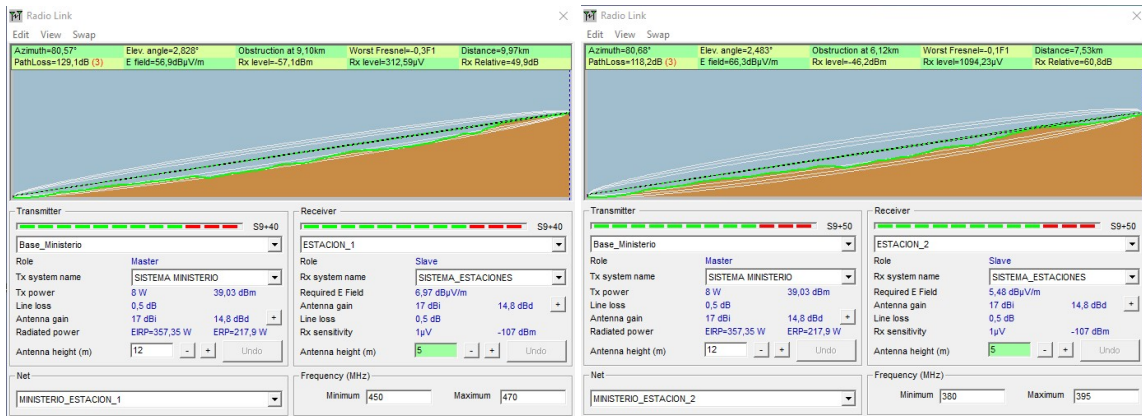


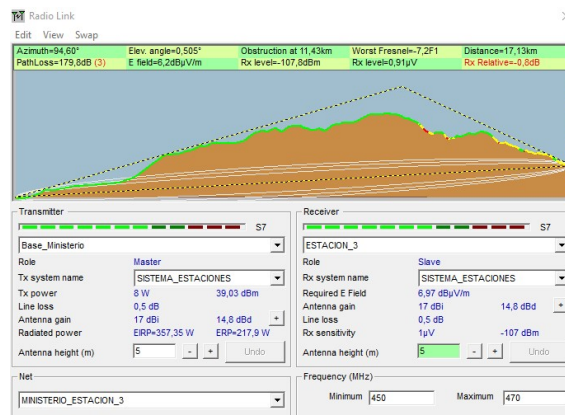
Figura 3.1: Simulación escenario 1.

Podemos observar que, en el primer escenario, tenemos dos enlaces en verde y un amarillo, haciendo que este escenario no sea óptimo para la conexión inalámbrica. Debido a la potencia de recepción de -107.8dBm y pérdidas de 179.8dB , obtenidos en el enlace Base_Ministerio - ESTACIÓN_3 haciendo imposible realizar un enlace directo entre ambos equipos. En la Figura 3.2 se presenta dichos resultados del primer escenario.



(a) Enlace Base_Ministerio-ESTACIÓN_1

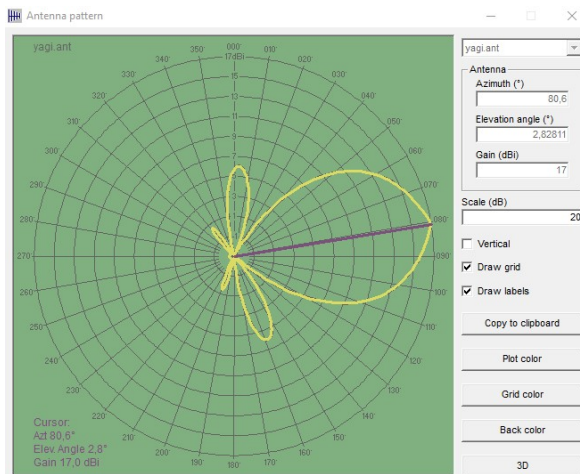
(b) Base_Ministerio-ESTACIÓN_2



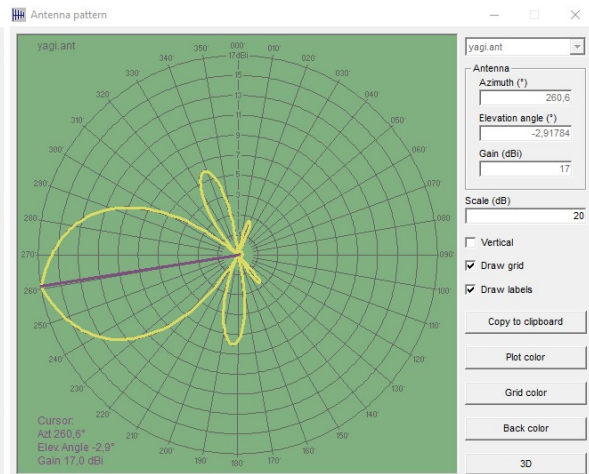
(c) Base_Ministerio-ESTACIÓN_3

Figura 3.2: Enlaces primer escenario.

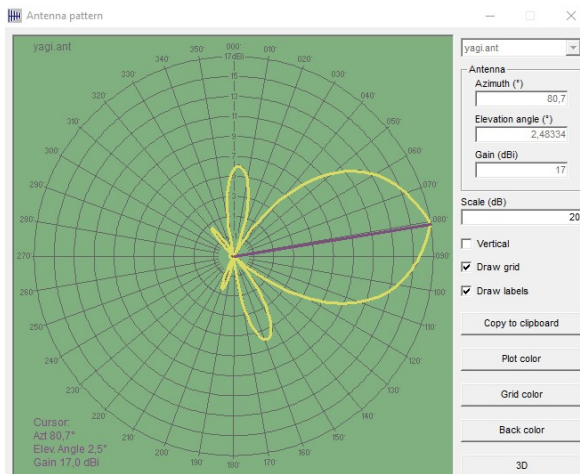
Los valores de azimut y ángulo de elevación son los principales parámetros con los que se deben posicionar los equipos para el buen funcionamiento del enlace ya que estos ayudarán para la comunicación directa de los equipos. En la Figura 3.3 se puede apreciar dichos valores para cada enlace simulado, tomando en consideración los dos enlaces óptimos, donde tenemos como Transmisor Base_Ministerio y sus receptores ESTACIÓN_1 y ESTACIÓN_2.



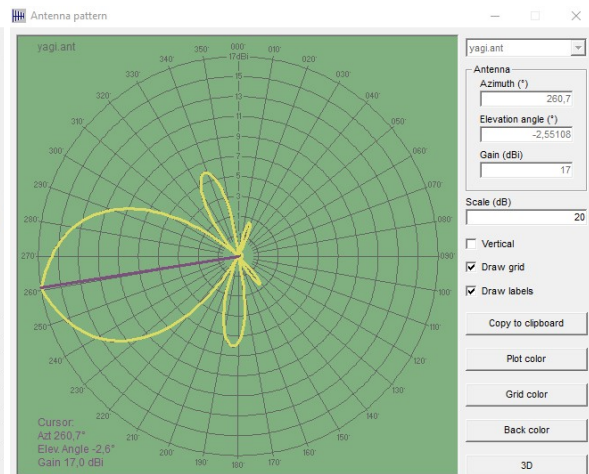
(a) Base_Ministerio - ESTACIÓN_1



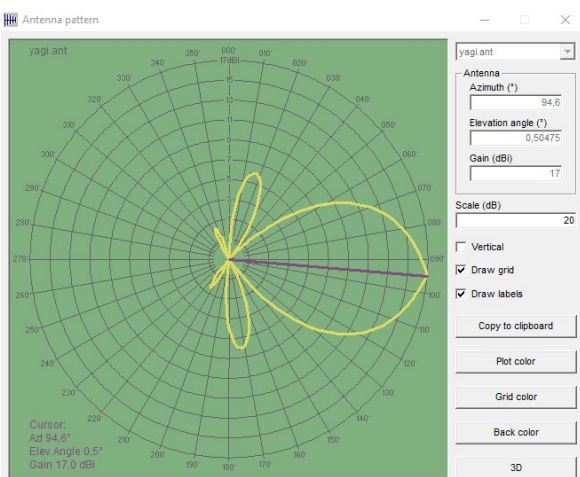
(b) ESTACIÓN_1 - Base_Ministerio



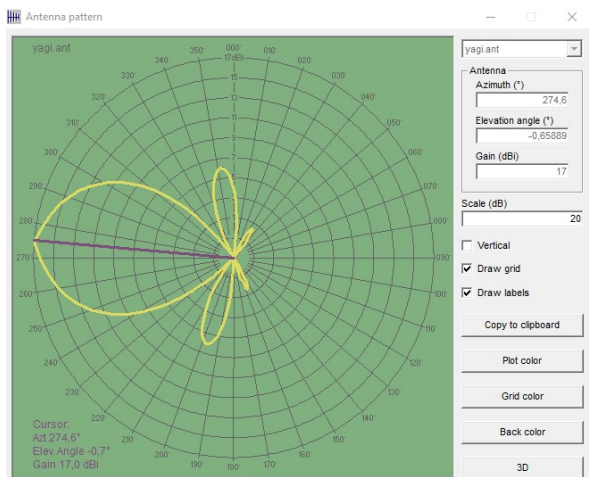
(c) Base_Ministerio - ESTACIÓN_2



(d) ESTACIÓN_2 - Base_Ministerio



(e) Base_Ministerio - ESTACIÓN_3



(f) ESTACIÓN_3 - Base_Ministerio

Figura 3.3: Valores de azimut y ángulo de elevación para el primer escenario.

Tabla 3.5: Valores de azimut y elevación Escenario 1

Enlace	Azimut	Elevación
Base_Ministerio - ESTACIÓN_1	80.6°	2.8281°
Base_Ministerio - ESTACIÓN_2	80.7°	2.4833°
Base_Ministerio - ESTACIÓN_3	94.6°	0.5047°

Tabla 3.6: Valores de potencia escenario 1

Enlace	Potencia Tx (dBm)	Potencia Rx (dBm)
Base_Ministerio - ESTACIÓN_1	39.03	-57.1
Base_Ministerio - ESTACIÓN_2	39.03	-46.2
Base_Ministerio - ESTACIÓN_3	39.03	-107.8

3.2.2. Escenario 2

Posteriormente se procede a realizar la simulación del segundo escenario, donde tenemos la integración de la repetidora de la empresa CNT como un equipo extra, para solventar el problema existente entre el enlace Ministerio - Estación_3 que se obtuvo en el primer escenario. En la Figura 3.4 podemos observar que la implementación de este equipo brinda resultados positivos para la conexión inalámbrica requerida.

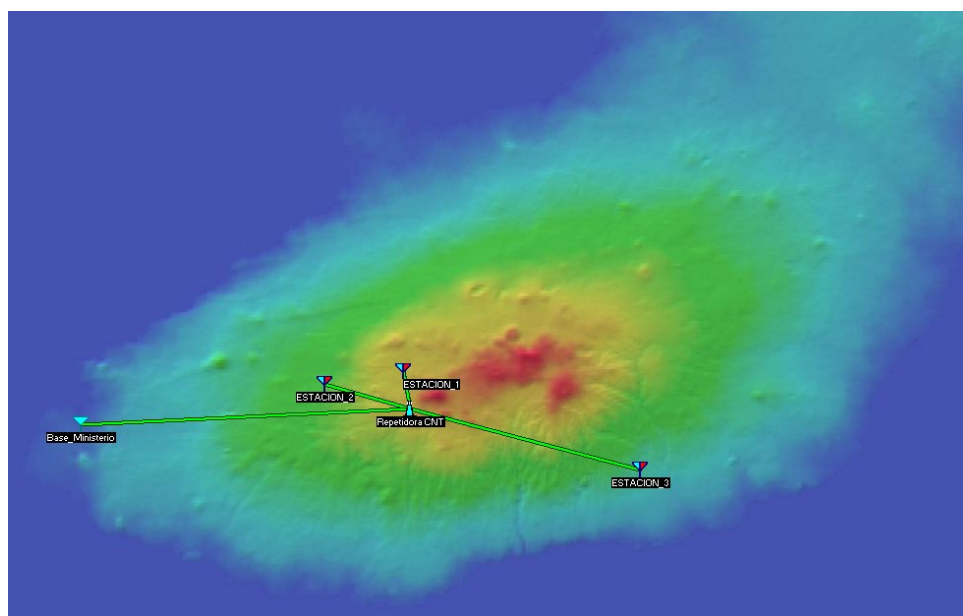
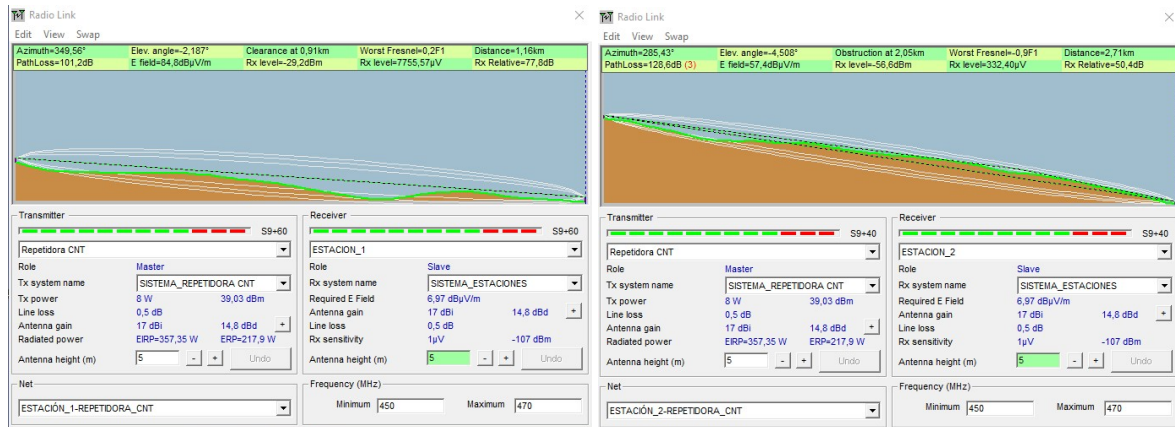


Figura 3.4: Simulación escenario 2.

Podemos observar que tenemos todos los enlaces del segundo escenario

en verde, haciendo que este escenario tenga mejores resultados, donde el enlace REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_3 obtuvo una mejora en cuanto a potencia de recepción de -91.4dBm a comparación del primer escenario. En la Figura 3.5 se presenta los parámetros que están involucrados en la simulación del ESCENARIO_2 como la distancia de los enlaces, pérdidas existentes, niveles de potencia de recepción, etc.



(a) REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_1

(b) REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_2

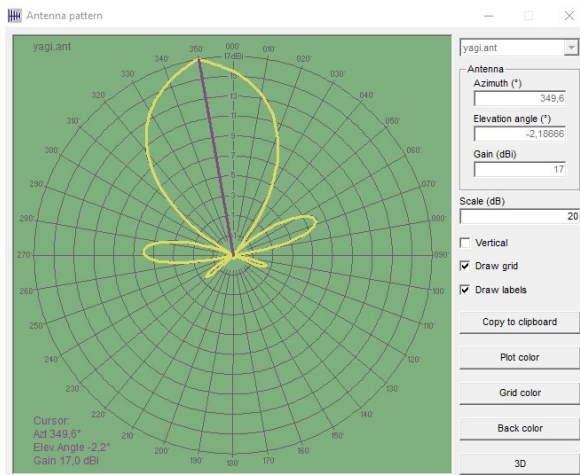


(c) REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_3

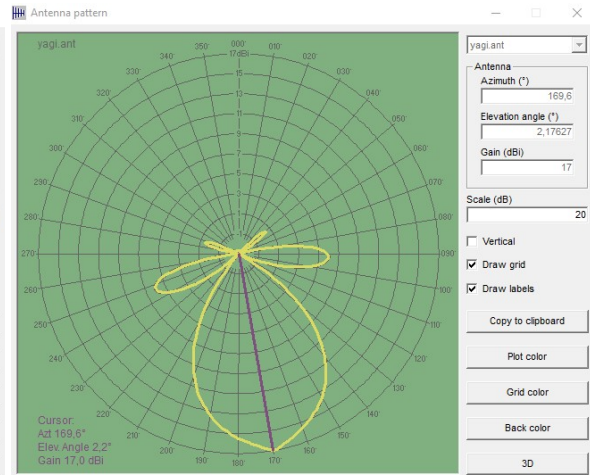
(d) Ministerio - REPETIDORA_CNT

Figura 3.5: Enlaces segundo escenario.

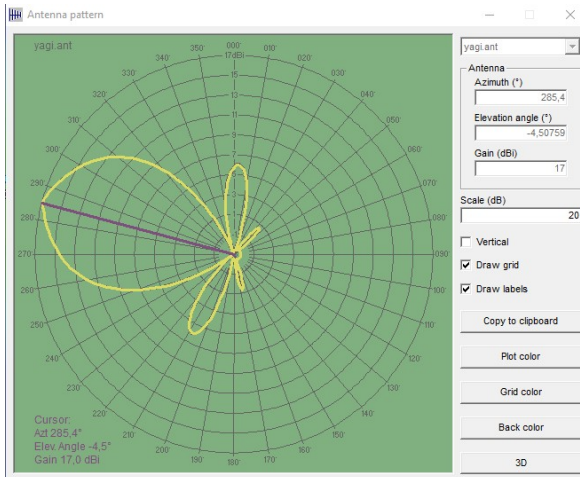
Mediante la Figura 3.6 se puede apreciar los valores de azimut y ángulo de elevación para cada enlace que conforma el ESCENARIO_2.



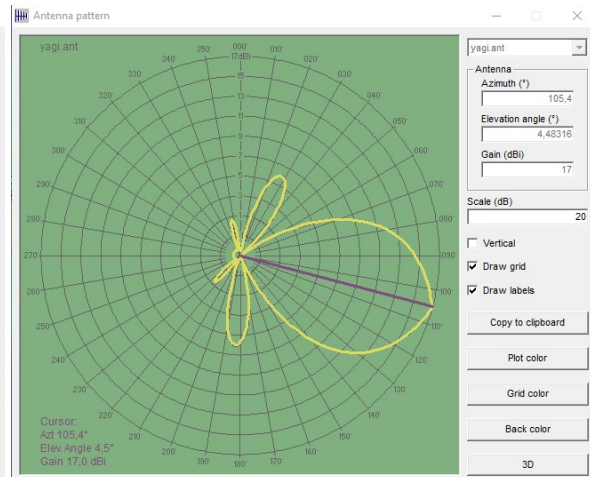
(a) REPETIDORA_CNT -ESTACIÓN_1



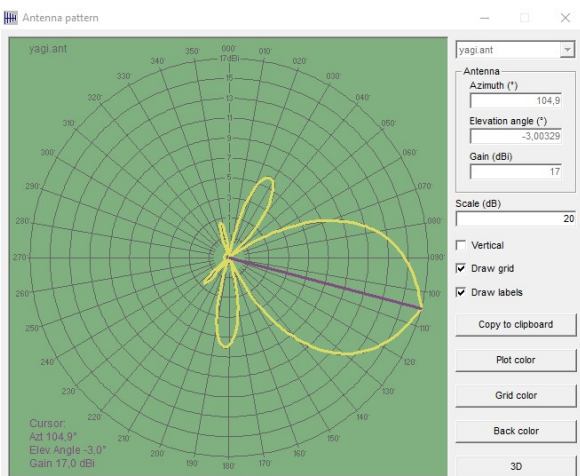
(b) ESTACIÓN_1 -REPETIDORA_CNT



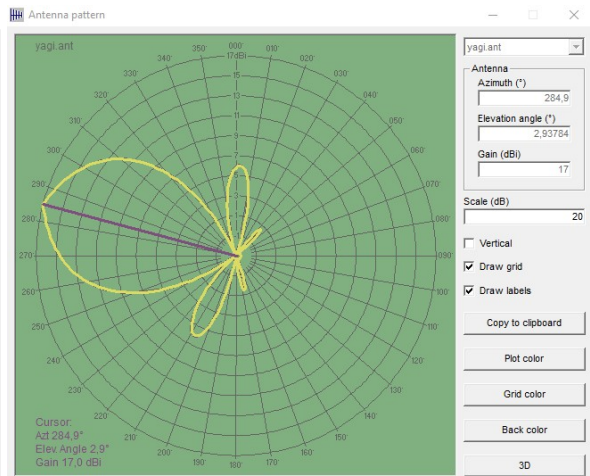
(c) REPETIDORA_CNT -ESTACIÓN_2



(d) ESTACIÓN_2 -REPETIDORA_CNT



(e) REPETIDORA_CNT -ESTACIÓN_3



(f) ESTACIÓN_3 - REPETIDORA_CNT

Figura 3.6: Valores de azimut y ángulo de elevación para el segundo escenario

En la Figura 3.7 se presenta los valores de azimut y elevación del enlace PtP, simulado en el segundo escenario.

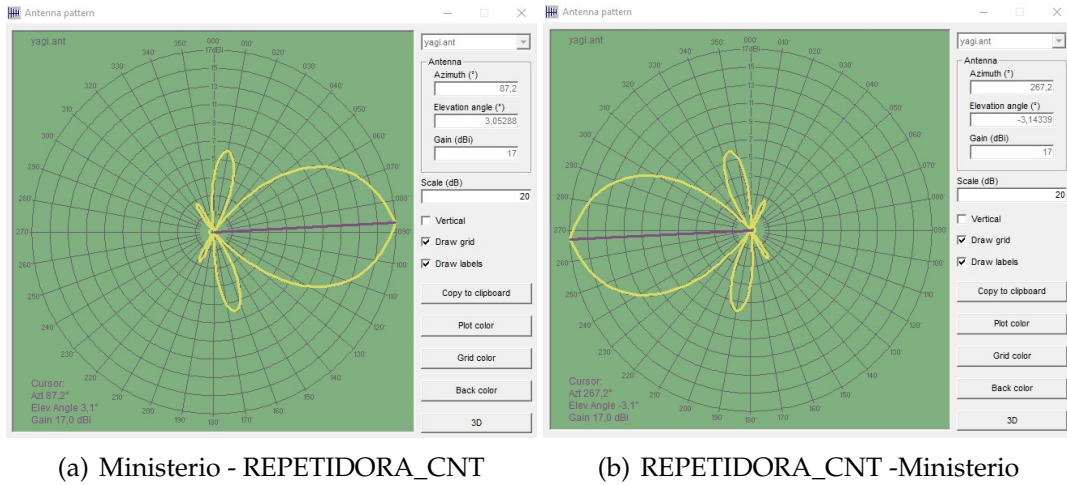


Figura 3.7: Valores de azimut y ángulo de elevación enlace PtP segundo escenario

Tabla 3.7: Valores de azimut y elevación Escenario 2

Enlace	Azimut	Elevación
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_1	349.6°	-2.1866°
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_2	285.4°	-4.5075°
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_3	104.9°	-3.003°
Base_Ministerio - REPETIDORA_CNT	87.02°	3.0528°

Tabla 3.8: Valores de potencia escenario 2

Enlace	Potencia Tx (dBm)	Potencia Rx (dBm)
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_1	39.03	-29.2
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_2	39.03	-56.6
REPETIDORA_CNT - ESTACIÓN_3	39.03	-91.4
Base_Ministerio - REPETIDORA_CNT	39.03	-43.3

3.2.3. Escenario 3

En la simulación del tercer escenario realizado en Radio Mobile se obtuvo todos los enlaces en verde haciendo que este tenga buenos resultados. En la Figura 3.8 se presenta la simulación del tercer escenario.

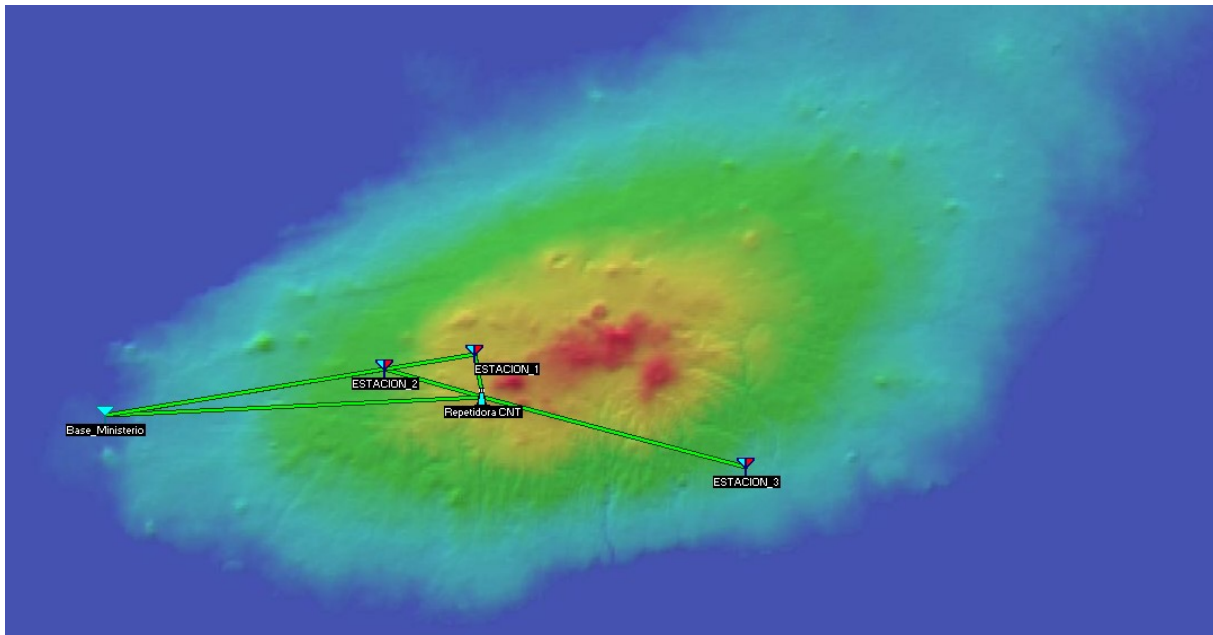


Figura 3.8: Simulación escenario 3.

Con la utilización de la repetidora que pertenece a la empresa CNT, se debe tomar ciertas consideraciones, la más importante es que la empresa no permita utilizar la torre para la implementación de las antenas. En este caso no se podrían establecer los enlaces que pertenecen al segundo escenario, quedando únicamente con dos enlaces de red que se presentan en la Tabla 3.9 .

Tabla 3.9: Enlaces escenario 3	
Trasmisor	Receptor
Base_Ministerio	ESTACIÓN_1
	ESTACIÓN_2

Estos enlaces formar parte del primer escenario, donde únicamente son enlaces directos desde la Base_Ministerio hacia la ESTACIÓN_1 y ESTACIÓN_2. La importancia en considerar este escenario se basa en un medio de seguridad en el caso que no se logre tener un acuerdo con la empresa CNT para la utilización de su torre, quedándonos únicamente con la transmisión de datos de dos estaciones meteorológicas.

De la misma forma los resultados obtenidos de cada enlace como la distancia de los enlaces, pérdidas existentes, niveles de potencia de recepción, zona de Fresnel,

etc. Son los mismos que se encuentran expresados en la Figura 3.2 que son los enlaces directos del primer escenario y en la Figura 3.5 los resultados del segundo escenario.

Finalmente los valores para azimut y ángulos de elevación, podemos apreciar mediante la Figura 3.3 del primer escenario, en la Figura 3.6 del segundo escenario y finalmente en la Figura 3.7 los valores del enlace PtP entre Base_Ministerio - REPETIDORA_CNT.

3.2.4. Escenario 4

La simulación del cuarto escenario se puede observar en la Figura 3.9 que tenemos todos los enlaces en verde, haciendo que los resultados sean óptimos en comparación a los demás escenarios realizados.

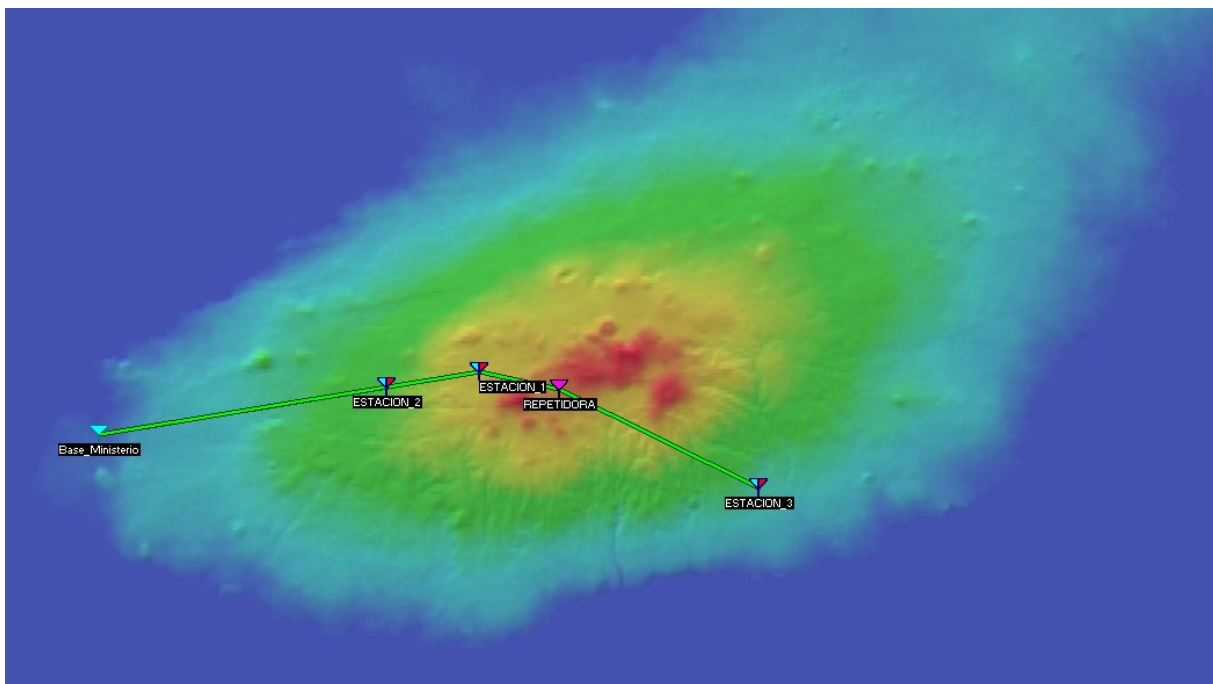
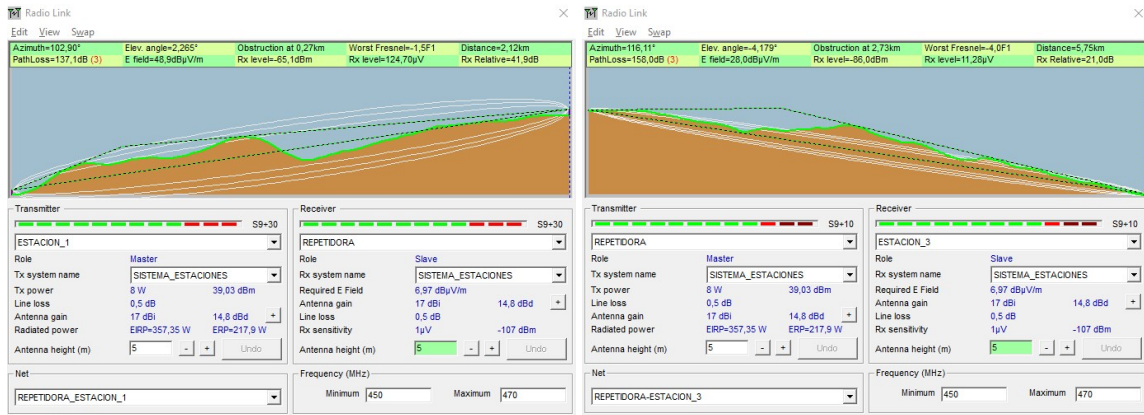


Figura 3.9: Simulación escenario 4.

En la Figura 3.2 se puede apreciar los resultados obtenidos para la simulación de los enlaces PtP entre Base_Ministerio - ESTACIÓN_1 y ESTACIÓN_2

De la misma manera en la Figura 3.10 se presenta los resultados obtenidos en la simulación del ESCENARIO_4, donde tenemos valores de potencia de recepción de

-65.1dBm y -86.00dBm, logrando tener una red de comunicación óptima a comparación de los anteriores escenarios simulados.



(a) ESTACIÓN_1-REPETIDORA

(b) REPETIDORA-ESTACIÓN_3

Figura 3.10: Enlaces cuarto escenario.

Los valores de azimut y ángulo de elevación para los dos enlaces teniendo como Transmisor a la Base_Ministerio y como receptores ESTACIÓN_1 y ESTACIÓN_2, se encuentran presentados en la Figura 3.3 ya que forman parte del primer escenario.

Posteriormente se puede apreciar en la Figura 3.11 los valores de azimut y ángulo de elevación, con los que se deben asignar a cada equipo para el correcto funcionamiento de la red de comunicación.

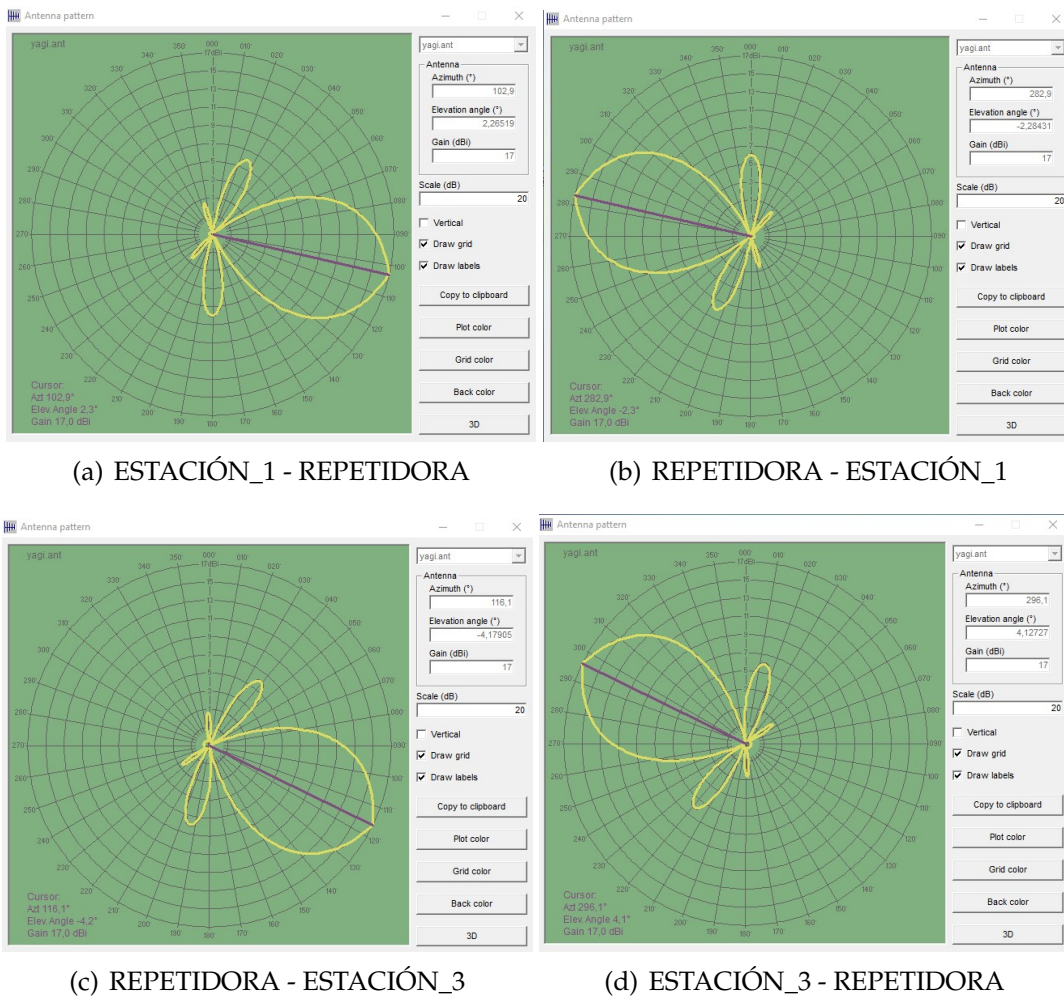


Figura 3.11: Valores de azimut y ángulo de elevación ESTACIÓN_1 - REPETIDORA - ESTACIÓN_3

Tabla 3.10: Valores de azimut y elevación Escenario 4

Enlace	Azimut	Elevación
ESTACIÓN_1 - REPETIDORA	102.9°	2.2651°
REPETIDORA - ESTACIÓN_3	116.1°	-4.1790°

Tabla 3.11: Valores de potencia escenario 4

Enlace	Potencia Tx(dBm)	Potencia Rx (dBm)
ESTACIÓN_1 - REPETIDORA	39.03	-65.1
REPETIDORA - ESTACIÓN_3	39.03	-86.0

Capítulo 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se logró obtener el diseño de una red de comunicación inalámbrica para las estaciones meteorológicas mediante la simulación de cuatro escenarios. En donde se consiguió mejorar la potencia de recepción hacia la ESTACIÓN_3 con un valor de -86dBm y unas pérdidas existentes de 158dB, haciendo que la red sea óptima para realizar la transmisión de datos.
- Se consiguió realizar enlaces los que se encuentran en el rango de frecuencias de 450 a 470 MHz, debido que los datos que se van transmitir están alrededor de los 25 bytes por minuto haciendo que no se requiera un gran ancho de banda para la red de comunicación.
- Se determinó que el cuarto escenario es el más óptimo y recomendable para ser implementado. Todo esto de acuerdo a las simulaciones y parámetros como potencia y sensibilidad de recepción, los cuales están dentro de los márgenes aceptables de calidad para la transmisión de datos que demandan un bajo ancho de banda. Además, la existencia de diversos inconvenientes en otros escenarios para la futura instalación de las estructuras necesarias para las antenas y el costo económico hacen que la elección de dicho escenario sea idóneo.

- Se optimizó la red de comunicación en cuanto a funcionalidad, recursos económicos, impacto ambiental y la cantidad de equipos que se piensa integrar en la misma, por el hecho que está ubicada en una de las islas pertenecientes al archipiélago de Galápagos, la cual esta constituida por áreas de conservación y se debe tener un bajo impacto en el ecosistema.
- Se realizó un análisis de costos para cada escenario con el propósito de verificar la factibilidad del proyecto. Se consiguió establecer un valor aproximado de la inversión necesaria para la implantación de los diseños presentados.
- Se logró escoger los equipos con las características adecuadas para la red, conocer sus diferentes distribuidores y precios que se manejan para su futura compra.

Recomendaciones

1. Debido a que los equipos utilizados se implementarán en zonas remotas, se debe establecer un cronograma de mantenimiento periódico de los equipos. Ésto para evitar tener inconvenientes en la red de comunicación. El mantenimiento se debe realizar cada 6 meses.
2. Para la implementación de este proyecto se debe considerar el posible impacto ecológico de la instalación de las antenas y radioenlaces dentro del área del parque nacional Galápagos, por lo cual se debe realizar todo lo posible para generar un mínimo impacto ecológico.

Glosario

ARCOTEL Agencia de Regulacion y Control de las Telecomunicaciones.

CNT Cooperación Nacional de Telecomunicación.

WLAN Wireless Local Area Networks.

WMAN Wireless Metropolitan Area Networks.

WPAN Wireless Personal Area Networks.

WWAN Wireless Wide Area Networks.

Bibliografía

- [1] “Instituto nacional de estadística y censos,” 2023. [Online]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda-galapagos/>
- [2] Analeins, “Cartografía de galápagos 2020,” May 2021. [Online]. Available: <https://unidosporgalapagos.com/2021/04/26/cartografia-de-galapagos-2020/>
- [3] J. Sánchez, “¿ pueden las tecnologías de la información mejorar la productividad?” *Universia Business Review*, no. 1, pp. 82–95, 2004.
- [4] R. Cabrera, A. Carrión, R. Clotet, and M. Huerta, “Impact assessment for data network’s rehabilitation. case of ecuador,” in *2021 IEEE International Humanitarian Technology Conference (IHTC)*, 2021, pp. 1–8.
- [5] D. Rivas-Lalaleo, A. M. S. Gallo, C. Molina, M. Huerta, R. Clotet, A. Pérez, L. Santana, and F. Oñate, “Mashca: Monitoring and hydro climatological analysis of the urban microclimate of latacunga.” in *SENSORNETS*, 2022, pp. 134–143.
- [6] M. Díaz, J. Bernabe, Garizurieta, R. González, J. Morales, and M. Huerta, “Bibliometric analysis of the use of the internet of things in precision agriculture,” in *2021 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)*. IEEE, 2021, pp. 1–5.
- [7] J. C. Guillermo, A. García-Cedeño, D. Rivas-Lalaleo, M. Huerta, and R. Clotet, “Iot architecture based on wireless sensor network applied to agricultural monitoring: A case of study of cacao crops in ecuador,” in *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change II: Proceedings of the 2nd International Conference of ICT for Adapting Agriculture to Climate Change (AACC’18), November 21-23, 2018, Cali, Colombia*. Springer, 2019, pp. 42–57.

- [8] D. Rivas, M. Huerta, F. Pérez, M. Erazo, and R. Clotet, "Diseño e implementación de enlaces wifi de largo alcance en la provincia de cotopaxi-ecuador," *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador*, 2013.
- [9] M. K. Huerta, A. García-Cedeño, J. C. Guillermo, and R. Clotet, "Wireless sensor networks applied to precision agriculture: A worldwide literature review with emphasis on latin america," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, vol. 9, no. 4, pp. 209–222, 2021.
- [10] M. Erazo, D. Rivas, M. Pérez, O. Galarza, V. Bautista, M. Huerta, and J. L. Rojo, "Design and implementation of a wireless sensor network for rose greenhouses monitoring," in *2015 6th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA)*, 2015, pp. 256–261.
- [11] S. G. Vacacela Vacacela, "Implementación de una red de estación meteorológicas inalámbricas utilizando una pila de protocolo," 2020.
- [12] G. Yascaribay, M. Huerta, M. Silva, and R. Clotet, "Performance evaluation of communication systems used for internet of things in agriculture," *Agriculture*, vol. 12, no. 6, p. 786, 2022.
- [13] G. Carrión, M. Huerta, and B. Barzallo, "Monitoring and irrigation of an urban garden using iot," in *2018 IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM)*. IEEE, 2018, pp. 1–6.
- [14] A. García-Cedeño, J. C. Guillermo, B. Barzallo, C. Punín, A. Soto, D. Rivas, R. Clotet, and M. Huerta, "Platano: Intelligent technological support platform for azuay province farmers in ecuador," in *2019 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)*, vol. 1. IEEE, 2019, pp. 1–7.
- [15] J. Abad, J. Farez, P. Chasi, J. C. Guillermo, A. García-Cedeño, R. Clotet, and M. Huerta, "Coffee crops variables monitoring: a case of study in ecuadorian andes," in *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change II: Proceedings of the 2nd International Conference of ICT for Adapting Agriculture to Climate Change (AACC'18), November 21-23, 2018, Cali, Colombia*. Springer, 2019, pp. 202–217.
- [16] T. L. Aguirre Cabrera and R. O. Suárez Yaselga, "Diseño de una red de telemetría para las estaciones metereológicas de la universidad politécnica salesiana en la cuenca del río pisque," B.S. thesis, 2017.

- [17] C. Villagómez, *Análisis para la implementación de una micro-estación meteorológica para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2017.
- [18] D. F. Benítez Ruano and A. M. Martínez Mendieta, "Diseño de un backbone inalámbrico para una red de voz datos y video en base al estándar ieee 802.16 (wimax) y acceso de última milla considerando aspectos de calidad de servicio para la provincia de galápagos," B.S. thesis, QUITO/EPN/2013, 2013.
- [19] B. Puebla and D. Sttugar, "Caracterización geomorfológica y estructural en el parque nacional galápagos mediante teledetección. caso de estudio: zona noreste de la isla san cristóbal," B.S. thesis, Quito: UCE, 2020.
- [20] C. S. Llantoy Mayta, "Diseno de una red inalámbrica para el acceso a recursos en el colegio excelenti," 2020.
- [21] E. F. Roa Parra, "Análisis de seguridad de tecnologías inalámbricas de comunicación basado en radio definida mediante software," B.S. thesis, 2019.
- [22] J. Salazar Soler, "Redes inalámbricas," 2016.
- [23] F. D. Iñiguez Ponce, "Diseño y modelado de una red inalámbrica con tecnología zigbee, usando sistemas embebidos y data science para el monitoreo de disponibilidad de espacio del estacionamiento vehicular para la facultad de ingeniería industrial." Ph.D. dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de ..., 2022.
- [24] B. A. Reaño Reyes and D. N. Sanchez Rodriguez, "Tecnología mesh aplicando top down y mccabe para optimizar la distribución de paquetes de una red wlan en el hospital victor soles garcía," 2022.
- [25] P. E. Maldonado Jiménez, "Metodología para la evaluación del rendimiento de red en tecnologías inalámbricas wlan," 2022.
- [26] D. Vargas Vallejo *et al.*, "Análisis comparativo de tecnologías para el diseño de red wlan para el laboratorio de tecnologías de la información y comunicación de la facultad de ingeniería de la pontificia universidad católica del ecuador empleando estándar 802.11 n," Master's thesis, PUCE-Quito, 2020.

- [27] C. S. C. Páez and R. A. L. Cueva, "Evaluación del desempeño de la tecnología wifi en concordancia con los estándares ieee 802.11 b/g/n en el interior de una cámara anecoica para la banda de 2.4 ghz," *Performance evaluation of Technology wifi in conformance with IEEE*, vol. 802, pp. 22–44, 2019.
- [28] A. Arenas Mimbrera, C. Hinojosa Basurto, and A. L. Alcántara Hernández, "Sistemas de confort para una habitación inteligente de hospital, mediante la tecnología zigbee."
- [29] A. Valdivia Malhaber and J. Chavesta Fiestas, "Diseño de una red de banda ancha utilizando fibra óptica tecnología wimax para brindar servicios de internet y telefonía a las localidades de la provincia de sihuas," 2019.
- [30] J. L. S. Acosta, "Diseño e implementación de un dispositivo para el cosechamiento de energía de radiofrecuencia en la banda ism."
- [31] D. Herrera and S. Montero, "Diseño e implementación de un generador de radio frecuencia en las bandas de vhf y uhf, para la universidad nueva esparta," Ph.D. dissertation, 2020.
- [32] D. I. Trujillo Cifuentes and O. J. Calderón, "Metodología para la implementación de la tecnología identificación por radiofrecuencia en entornos industriales y sanitarios en colombia." *Journal of Research of the University of Quindío*, vol. 25, no. 1, 2014.
- [33] R. U. R. Flores, R. T. A. Santos, I. A. Valdovinos, and V. R. Licea, "Diseño electrónico del sistema de alerta temprana para monitoreo y detección de inundaciones," *Difu100ci@, Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías*, vol. 16, no. 3, pp. 50–57, 2022.
- [34] N. A. Belduma Rentería and J. G. Chalacán Rodríguez, "Diseño e implementación de un banco de pruebas wisp (wireless internet serviceprovider) utilizando tecnología inalámbrica de cambium networks," B.S. thesis, 2021.
- [35] S. L. O. Bernal and C. Y. B. Rodriguez, "Diseño de un radio enlace para la transmisión de datos desde la universidad de cundinamarca hasta la unidad agroambiental el vergel en facatativá: e332," *Revista Cubana de Ingeniería*, vol. 13, no. 3, 2022.
- [36] B. A. Otavalo Chacho and R. S. Vásquez Ruiz, "Diseño e implementación de tres radioenlaces punto a punto para el laboratorio de telecomunicaciones de la universidad politécnica salesiana sede cuenca," B.S. thesis, 2022.

- [37] P. Vega, 2023. [Online]. Available: https://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH8ST_Web.pdf
- [38] M. A. Morales Chan, R. M. S. Lujan Barrientos, and L. E. Villatoro Gonzalez, "Análisis de interferencia de ondas electromagnéticas en hospitales," Ph.D. dissertation, 2022.
- [39] F. U. Elizondo, "Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos," *Posgrado y Sociedad Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*, vol. 11, no. 1, pp. 33–49, 2011.
- [40] J. E. Iturbide Hernandez and P. Lopez Cruz, "Sistema de micro-estación meteorológica monitoreada vía remota."
- [41] F. M. Nollas, F. Orte, J. Lell, G. M. Díaz, E. Wolfram *et al.*, "Propuesta preliminar de control de calidad de datos de radiación solar global provenientes de estaciones meteorológicas automáticas," 2022.
- [42] S. B. GUSTAVO, "Estaciones meteorologicas."
- [43] H. D. Barona-Posligua, G. J. Paredes-Morillo, and M. A. Ponce-Jara, "Estación meteorológica automática y medición de variables atmosféricas," *Revista Científica y Arbitrada del Observatorio Territorial, Artes y Arquitectura: FINIBUS-ISSN: 2737-6451.*, vol. 5, no. 9, pp. 2–8, 2022.
- [44] L. Stel, G. Halbrandt, G. Sanchez *et al.*, "Metadatos de estaciones meteorológicas automáticas," 2019.
- [45] L. Ramírez, M. Ávila, and J. Alezones, "Evaluación de precipitación y evaporación en estaciones climatológicas convencionales y automatizadas."
- [46] A. Ministerial, "Plan de manejo de areas protegidas de galapagos para el buen vivir."
- [47] J. L. Robles Arias *et al.*, "Políticas públicas con relación a la protección de la biodiversidad: el caso de las islas galápagos desde el año 2008," Master's thesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, 2022.
- [48] C. L. Vivas Ramírez, "El régimen especial en galápagos: un estudio crítico a las regulaciones jurídicas de producción." 2021.

[49] E. de Galápagos, M. Mendieta, M. S. para Galápagos, and A. Peñafiel, "Consejo de gobierno del régimen especial de galápagos," 2015.

[50] A. TELECOMUNICACIONES, "Norma de espectro de uso libre y bandas udbl," 2023. [Online]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/NORMA-ESPECTRO-DE-USO-LIBRE-Y-ESPECTRO-PARA-USO-DETERMINADO-EN-BANDAS-LIBRE.pdf>

[51] T. Inc, 2023. [Online]. Available: <http://www.ve2dbe.com/english1.html>

APÉNDICES

APÉNDICE A: ANÁLISIS DE COSTOS

Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8	Columna9	Columna10	Columna11
Análisis de Costos Escenario 1										
Equipos necesarios para implementar la Red de Comunicación Inalámbrica										
Cantidad	Equipos			Descripción					Precio Unitario	Costo Final
6	Antena Yagi			Antena TX-RX tipo Yagi Direccional 175-800 MHz					\$130.00	\$780.00
6	Radio Estacion Base			Maxon SD-674D U2 UHF RF 410-470Mhz/cnReach N500 450 MHz ETSI REI					\$350.00	\$2,100.00
4	UPS			Ups Forza Nt-511 500va 250w 6 Tomas 120vac					\$100.00	\$400.00
4	Switch			Switch Tp-link 8 Puertos 10-100 Mbps RJ45 TL-sf1008d					\$16.00	\$64.00
4	Gabinete			Gabinete de exteriores con montaje a poste o torre					\$250.00	\$1,000.00
3	Mástil para fijación de antenas 5m			Mástil para fijación de antenas y accesorios necesarios para su instalación					\$1,200.00	\$3,600.00
1	Mástil para fijación de antenas 12m			Mástil para fijación de antenas y accesorios necesarios para su instalación					\$2,000.00	\$2,000.00
									Subtotal	\$9,944.00
Implementos para puesta a tierra										
Cantidad	Equipos			Descripción					Costo Unitario	Costo Final
4	Conector de puesta a tierra								\$1.00	\$4.00
4	Mejorador de suelos								\$1.00	\$4.00
4	Acelerador Electrolítico								\$1.00	\$4.00
4	Electrodo								\$1.00	\$4.00
4	Línea de enlace con la tierra								\$30.00	\$120.00
									Subtotal	\$136.00
Costos de Implementacion										
Cantidad	Personal			Descripción			Horas/trabajo	Precio/Hora	Costo Final	
2	Tecnico de Telecomunicaciones			Mano de obra 3 semanas de trabajo			120	\$7.00	\$1,680.00	
1	Ayudante instalador de telecomunicaciones			Mano de obra 3 semanas de trabajo			120	\$5.00	\$600.00	
									Subtotal	\$2,280.00
Costos de Movilización y estadía										
Cantidad	Rubro			Descripción					Costo Unitario	Costo Total
2	Alimentacion								\$150.00	\$300.00
2	Transporte								\$75.00	\$150.00
2	Alojamiento								\$200.00	\$400.00
2	Boletos de avion Guayaquil-Galapagos								\$250.00	\$500.00
2	Viaticos								\$75.00	\$150.00
									Subtotal	\$1,500.00
									Total	\$13,860.00

Figura 4.1: ANÁLISIS DE COSTOS ESCENARIO 1.

Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8	Columna9	Columna10	Columna11
Análisis de Costos Escenario 2										
Equipos necesarios para implementar la Red de Comunicación Inalámbrica										
Cantidad	Equipos			Descripción					Precio Unitario	Costo Final
8	Antena Yagi			Antena TX-RX tipo Yagi Direccional 175-800 MHz					\$130.00	\$1,040.00
8	Radio Estacion Base			Maxon SD-674D U2 UHF RF 410-470Mhz/cnReach N500 450 MHz ETSI RE					\$350.00	\$2,800.00
4	UPS			Ups Forza Nt-511 500va 250w 6 Tomas 120vac					\$100.00	\$400.00
5	Switch			Switch Tp-link 8 Puertos 10-100 Mbps Rj45 TI-sf1008d					\$16.00	\$80.00
4	Gabinete			Gabinete de exteriores con montaje a poste o torre					\$250.00	\$1,000.00
3	Mástil para fijación de antenas 5m			Mástil para fijación de antenas y accesorios necesarios para su instalación					\$1,200.00	\$3,600.00
1	Mástil para fijación de antenas 12m			Mástil para fijación de antenas y accesorios necesarios para su instalación					\$2,000.00	\$2,000.00
									Subtotal	\$10,920.00
Implementos para puesta a tierra										
Cantidad	Equipos			Descripción					Costo Unitario	Costo Final
4	Conector de puesta a tierra								\$1.00	\$4.00
4	Mejorador de suelos								\$1.00	\$4.00
4	Acelerador Electrolítico								\$1.00	\$4.00
4	Electrodo								\$1.00	\$4.00
4	Línea de enlace con la tierra								\$30.00	\$120.00
									Subtotal	\$136.00
Costos de Implementacion										
Cantidad	Personal			Descripción			Horas/trabajo	Precio/Hora		Costo Final
2	Tecnico de Telecomunicaciones			Mano de obra 3 semanas de trabajo			120	\$7.00		\$1,680.00
1	Ayudante instalador de telecomunicaciones			Mano de obra 3 semanas de trabajo			120	\$5.00		\$600.00
									Subtotal	\$2,280.00
Costos de arrendamiento Repetidora CNT										
Cantidad	Rubro			Descripción					Costo Unitario	Costo Total
1	Arrendamiento Anual			Arrendamiento espacio para antena en la repetidora de CNT					\$4,000.00	\$4,000.00
									Subtotal	\$4,000.00
Costos de Movilización y estadía										
Cantidad	Rubro			Descripción					Costo Unitario	Costo Total
2	Alimentacion								\$150.00	\$300.00
2	Transporte								\$75.00	\$150.00
2	Alojamiento								\$200.00	\$400.00
2	Boletos de avion Guayaquil-Galapagos								\$250.00	\$500.00
2	Viaticos								\$75.00	\$150.00
									Subtotal	\$1,500.00
									Total	\$18,836.00

Figura 4.2: ANÁLISIS DE COSTOS ESCENARIO 2.

Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8	Columna9	Columna10	Columna11
Análisis de Costos Escenario 3										
Equipos necesarios para implementar la Red de Comunicación Inalámbrica										
Cantidad	Equipos			Descripción					Precio Unitario	Costo Final
12	Antena Yagi			Antena TX-RX tipo Yagi Direccional 175-800 MHz					\$130.00	\$1,560.00
12	Radio Estacion Base			Maxon SD-674D U2 UHF RF 410-470Mhz/cnReach N500 450 MHz ETSI RE					\$350.00	\$4,200.00
4	UPS			Ups Forza Nt-511 500va 250w 6 Tomas 120vac					\$100.00	\$400.00
5	Switch			Switch Tp-link 8 Puertos 10-100 Mbps RJ45 TI-sf1008d					\$16.00	\$80.00
4	Gabinete			Gabinete de exteriores con montaje a poste o torre					\$250.00	\$1,000.00
3	Mástil para fijación de antenas 5m			Mástil para fijación de antenas y accesorios necesarios para su instalación					\$1,200.00	\$3,600.00
1	Mástil para fijación de antenas 12m			Mástil para fijación de antenas y accesorios necesarios para su instalación					\$2,000.00	\$2,000.00
									Subtotal	\$12,840.00
Implementos para puesta a tierra										
Cantidad	Equipos			Descripción					Costo Unitario	Costo Final
4	Conector de puesta a tierra								\$1.00	\$4.00
4	Mejorador de suelos								\$1.00	\$4.00
4	Acelerador Electrolítico								\$1.00	\$4.00
4	Electrodo								\$1.00	\$4.00
4	Línea de enlace con la tierra								\$30.00	\$120.00
									Subtotal	\$136.00
Costos de Implementacion										
Cantidad	Personal			Descripción			Horas/trabajo	Precio/Hora	Costo Final	
2	Tecnico de Telecomunicaciones			Mano de obra 3 semanas de trabajo			140	\$7.00	\$1,960.00	
1	Ayudante instalador de telecomunicaciones			Mano de obra 3 semanas de trabajo			140	\$5.00	\$700.00	
									Subtotal	\$2,660.00
Costos de arrendamiento Repetidora CNT										
Cantidad	Rubro			Descripción				Costo Unitario	Costo Total	
1	Arrendamiento Anual			Arrendamiento espacio para antena en la repetidora de CNT				\$4,000.00	\$4,000.00	
									Subtotal	\$4,000.00
Costos de Movilización y estadía										
Cantidad	Rubro			Descripción				Costo Unitario	Costo Total	
2	Alimentacion							\$150.00	\$300.00	
2	Transporte							\$75.00	\$150.00	
2	Alojamiento							\$200.00	\$400.00	
2	Boletos de avion Guayaquil-Galapagos							\$250.00	\$500.00	
2	Vlaticos							\$75.00	\$150.00	
									Subtotal	\$1,500.00
									Total	\$21,136.00

Figura 4.3: ANÁLISIS DE COSTOS ESCENARIO 3.

Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8	Columna9	Columna10	Columna11
Análisis de Costos Escenario 4										
Equipos necesarios para implementar la Red de Comunicación Inalámbrica										
Cantidad	Equipos			Descripción					Precio Unitario	Costo Final
8	Antena Yagi			Antena TX-RX tipo Yagi Direccional 175-800 MHz					\$130.00	\$1,040.00
8	Radio Estacion Base			Maxon SD-674D U2 UHF RF 410-470Mhz/cnReach N500 450 MHz ETSI REI					\$350.00	\$2,800.00
5	UPS			Ups Forza Nt-511 500va 250w 6 Tomas 120vac					\$100.00	\$500.00
5	Switch			Switch Tp-link 8 Puertos 10-100 Mbps Rj45 Tl-sf1008d					\$16.00	\$80.00
5	Gabinete			Gabinete de exteriores con montaje a poste o torre					\$250.00	\$1,250.00
4	Mástil para fijación de antenas 5m			Mástil para fijación de antenas y accesorios necesarios para su instalación					\$1,200.00	\$4,800.00
1	Mástil para fijación de antenas 12m			Mástil para fijación de antenas y accesorios necesarios para su instalación					\$2,000.00	\$2,000.00
									Subtotal	\$12,470.00
Implementos para puesta a tierra										
Cantidad	Equipos			Descripción					Costo Unitario	Costo Final
5	Conector de puesta a tierra								\$1.00	\$5.00
5	Mejorador de suelos								\$1.00	\$5.00
5	Acelerador Electrolítico								\$1.00	\$5.00
5	Electrodo								\$1.00	\$5.00
5	Línea de enlace con la tierra								\$30.00	\$150.00
									Subtotal	\$170.00
Costos de Implementacion										
Cantidad	Personal			Descripción				Horas/trabajo	Precio/Hora	Costo Final
2	Tecnico de Telecomunicaciones			Mano de obra 1 mes de trabajo				160	\$7.00	\$2,240.00
1	Ayudante instalador de telecomunicaciones			Mano de obra 1 mes de trabajo				160	\$5.00	\$800.00
									Subtotal	\$3,040.00
Costos de Movilización y estadía										
Cantidad	Rubro			Descripción					Costo Unitario	Costo Total
2	Alimentacion								\$200.00	\$400.00
2	Transporte								\$100.00	\$200.00
2	Alojamiento								\$300.00	\$600.00
2	Boletos de avion Guayaquil-Galapagos								\$250.00	\$500.00
2	Viatcos								\$100.00	\$200.00
									Subtotal	\$1,900.00
									Total	\$17,580.00

Figura 4.4: ANÁLISIS DE COSTOS ESCENARIO 4.