

UNIVERSIDAD EAN
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROCESOS
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN



GUIA 3, ACTIVIDAD 1
PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE
RADIOCOMUNICACIONES AL INTERIOR DEL PARQUE NACIONAL NATURAL
LOS NEVADOS.

TUTOR:
ELIZABETH LEON VELASQUEZ

ARBHEY HUMBERTO ROJAS QUINTERO
NELSON ALEJANDRO BOHORQUEZ RUIZ

NOVIEMBRE 12 DE 2023

1.	Resumen	8
2.	Problema de Investigación.....	8
3.	Objetivos.....	9
3.0.	Objetivo general	9
3.1.	Objetivos específicos.....	9
4.	Justificación	9
5.	Marco Teórico	10
5.1.	Radiofrecuencia.....	10
5.1.1.	Historia.....	10
5.1.2.	La Radiación Electromagnética	11
5.1.3.	Tipos de Radiaciones Electromagnéticas.....	12
5.1.4.	Bandas de Frecuencia.....	12
5.1.5.	Propiedades ópticas de una onda electromagnética	13
5.1.6.	Características de una onda electromagnética	16
5.1.7.	Propagación.....	17
5.1.8.	Propagación de las ondas de radio	18
5.2.	Sistemas radiantes - Antenas.....	22
5.2.1.	Antena Transmisora	22
5.2.2.	Antena Receptora	23

5.2.3.	Direccionalidad de las antenas transmisoras y receptoras	23
5.2.4.	parámetros de una antena	26
5.3.	Tipo de antenas.....	29
5.3.1.	Antena isotrópica	30
5.3.2.	Antenas de hilo de cobre.....	31
5.3.3.	Antenas yagi-uda.....	32
5.3.4.	Antena helicoidal	33
5.3.5.	Antenas planas	33
5.3.6.	Antenas con reflector (parabólicas)	34
5.3.7.	Arreglo de Antenas	35
5.4.	Arquitectura de redes en UHF y VHF	35
6.	Marco institucional	37
6.1.	PNNC	37
6.2.	ANE.....	38
6.3.	MINTIC.....	38
7.	Diseño de primer nivel.....	39
8.	Diseño de segundo nivel.....	51
8.1.	Conceptualizar el uso de los modelos, referentes, técnicas particulares para las intervenciones organizacionales y los modelos aplicados.....	51

8.2.	Caracterizar los componentes y elementos funcionales de los modelos utilizados para realizar la intervención organizacional y el diseño de los modelos aplicados.	51
8.3.	Seleccionar o diseñar los instrumentos para la recolección de información o validación de los modelos de intervención o aplicación. Si el instrumento es diseñado, este debe ser validado de acuerdo a instrucciones brindadas por el (la) tutor(a).	52
8.4.	Identificar y describir las técnicas para el análisis de datos, acorde al enfoque y diseño de la investigación.	53
9.	Análisis y discusión de los resultados	54
9.1.	Análisis de la información levantada en campo	54
9.1.1.	Análisis piso ruido	54
9.1.2.	Análisis infraestructura existente	55
9.1.3.	Análisis suministro energía eléctrica	56
9.1.4.	Análisis seguridad física	58
9.1.5.	Análisis de comunicaciones existentes	59
9.2.	Consolidado del análisis de las variables levantadas en campo	60
9.3.	Propuesta de infraestructura en Radiocomunicaciones	61
9.4.	Simulaciones de posibles puntos de repetición	62
9.5.	Simulación Cobertura con 4 repetidores VHF	70
10.	Listado de infraestructura requerida	71
11.	Explicación de la metodología recomendada por el cálculo del presupuesto	72
12.	Conclusiones	74

13. Lista de referencias	75
--------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Espectro Electromagnético con su clasificación según la longitud de onda	11
Figura 2 reflexión de una onda Electromagnética	13
Figura 3 refracción de una onda	14
Figura 4 Difracción de la onda	15
Figura 5 Propagación de las ondas electromagnéticas	18
Figura 6 Propagación del rayo directo y reflejado.....	18
Figura 7 Propagación por onda de superficie	19
Figura 8 Reflexión de la onda por la incidencia de la ionosfera	21
Figura 9 Representación de la antena transmisora	22
Figura 10 Representación de la antena receptora	23
Figura 11 Representación direccionalidad de una antena transmisora y receptora	24
Figura 12 Diagrama en 3 D de radiación de una antena.....	24
Figura 13 Ejemplo de Diagrama en 3D de patrón de radiación de una antena	25
Figura 14 Ancho de haz.....	28
Figura 15 Antena tipo dipolo.....	31
Figura 16 Diagrama de radiación de un dipolo en los ejes X y Y.....	31
Figura 17 . Antena Yagi-Uda.....	32
Figura 18 . Tipo de antena helicoidal.	33
Figura 19 Fotografía de una antena plana (18 dBi).....	34

Figura 20. Arreglo de antenas parabólicas.	35
Figura 21. Arquitectura de redes en UHF y VHF.....	36
Figura 22. Cobertura en radiocomunicaciones en 2023.	42
Figura 23 Cobertura propuesta	61
Figura 24 Simulación Repetidor VHF Cerro Gualí.....	62
Figura 25 Simulación Repetidor VHF Repetidor EL Recreo.....	63
Figura 26 Simulación Repetidor VHF Alto de las Nieves	64
Figura 27 Simulación Repetidor VHF IDEAM.....	65
Figura 28 Simulación Repetidor VHF La Línea.....	66
Figura 29 Simulación Repetidor VHF Paramillo de Santa Rosa pico Sur	67
Figura 30 Simulación Repetidor VHF Paramillo de Santa Rosa pico Norte.....	68
Figura 31 Simulación Repetidor VHF Siete Cabezas.....	69
Figura 32 Simulación Cobertura con 4 repetidores VHF	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Bandas de frecuencias y longitudes de onda	12
Tabla 2 Relación de frecuencia Vs longitud de onda	17
Tabla 3. Definición de Variables	40
Tabla 4. Inventario de radio comunicación existente.	42
Tabla 5. Puntos de control y coordenadas	43
Tabla 6. Puntos de control levantamiento.....	44
Tabla 7. Parámetros de simulación.....	52
Tabla 8. Rangos del nivel de Señal.....	53
Tabla 9. Niveles de recepción por código de colores.	53
Tabla 10. Análisis piso ruido	54
Tabla 11. Análisis infraestructura existente.....	55
Tabla 12. Análisis suministro energía eléctrica.....	57
Tabla 13. Análisis seguridad física.....	58
Tabla 14. Análisis de comunicaciones existentes.....	59
Tabla 15. Análisis de comunicaciones.....	60
Tabla 16 Listado de infraestructura y equipos.....	71

1. Resumen

En la actualidad Parque Nacional Natural Los Nevados, no cuenta con un sistema de radiocomunicaciones eficiente por lo tanto la conservación y manejo adecuado de las áreas protegidas se han convertido en un desafío crucial para el equilibrio entre la preservación ambiental y la vigilancia y control del Área Protegida. Existen factores que impactan en este equilibrio, como el uso, ocupación y tenencia de la tierra, la información y capacidad de manejo del área protegida, el ordenamiento ambiental del territorio, la gestión del riesgo público (tanto natural como antrópico) y el turismo no regulado, plantean cuestionamientos significativos en términos de sustentabilidad y conservación, la implementación de un proyecto de integración en radiocomunicaciones al interior del Parque Nacional Natural Los Nevados se presenta como una solución crucial para superar las deficiencias en la comunicación, mejorar la gestión y conservación del parque, y facilitar la colaboración entre diferentes actores interesados.

2. Problema de Investigación.

El Parque Nacional Natural Los Nevados, situado en la cordillera de los Andes en Colombia, enfrenta desafíos significativos en términos de comunicación efectiva debido a su terreno accidentado y variado. La falta de una infraestructura de radiocomunicaciones confiable y eficiente limita la capacidad de las autoridades del parque, los guardaparques y las comunidades locales para coordinar acciones, responder a emergencias, monitorear y vigilar actividades ilegales, y promover la participación comunitaria. Esta deficiencia en las comunicaciones obstaculiza la gestión adecuada del parque y pone en riesgo su biodiversidad, la seguridad de sus visitantes y la colaboración científica.

3. Objetivos

3.0. Objetivo general

Proponer un sistema de integración en radiocomunicaciones al interior del Parque Nacional Natural Los Nevados, con el fin de mejorar la comunicación, la coordinación y la gestión de acciones para la protección y conservación de los recursos naturales y culturales del parque.

3.1. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de las radiocomunicaciones, de los procesos de gestión del parque y levantar las necesidades de cobertura de la red nueva red.
- Diseñar una red de radiocomunicaciones con su análisis costo beneficio que cubra las áreas claves del parque, considerando la topografía y las necesidades de comunicación específicas.
- Socializar con el entorno los beneficios del proyecto y de la red propuesta.
- Validar la red propuesta con los usuarios y expertos en la temática.

4. Justificación

La implementación de un sistema de integración en radiocomunicaciones es esencial para abordar los desafíos de comunicación dentro del Parque Nacional Natural Los Nevados. Este proyecto permitirá mejorar la eficiencia en la gestión del parque, fortalecer la respuesta a emergencias, reducir la incidencia de actividades ilegales y fomentar la colaboración entre diferentes actores interesados en la conservación del parque. Además, al mejorar la comunicación con las comunidades locales, se fomentará una mayor conciencia ambiental y

participación en la conservación de los recursos naturales de la zona. En última instancia, la investigación busca garantizar la sostenibilidad a largo plazo de este importante ecosistema, protegiendo su biodiversidad y valor para las generaciones presentes y futuras.

5. Marco Teórico

5.1. Radiofrecuencia

5.1.1. Historia

La historia de la radiofrecuencia inicia en el año 1864 cuando el físico James Clerk Maxwell publicó la teoría de las ondas electromagnéticas, quien manifestó que la emisión de ondas de luz generaba campos electromagnéticos que se propagaban en el espacio. En 1888, el físico alemán Heinrich Hertz a través de un experimento logró demostrar la teoría de Maxwell, luego en el año 1879 Hughes demostró la recepción de señales de radio procedentes de un emisor de chispas ubicado a un centenar de distancia. Este principio fue aprovechado por el físico Oliver Joseph Lodge que a través de un dispositivo llamado Cohesor logró detectar ondas de radio.

El ingeniero electrotécnico Guillermo Marconi (Reino Unido) en 1896 consiguió transmitir señales de radioeléctrica a una distancia de 1.6 km, por ello es considerado el inventor de la radio. En 1897 logró transmitir señales desde la costa hasta un barco a una distancia de 29 Km en alta mar. Dos años después logró establecer una comunicación comercial entre Inglaterra y Francia, en el año 1901 consiguió enviar señales a más de 322 Km de distancia.

Las técnicas de radio comunicación se han venido mejorando, utilizando circuitos resonantes dotados de inductancias y capacitancia. Las antenas se perfeccionan volviendo más

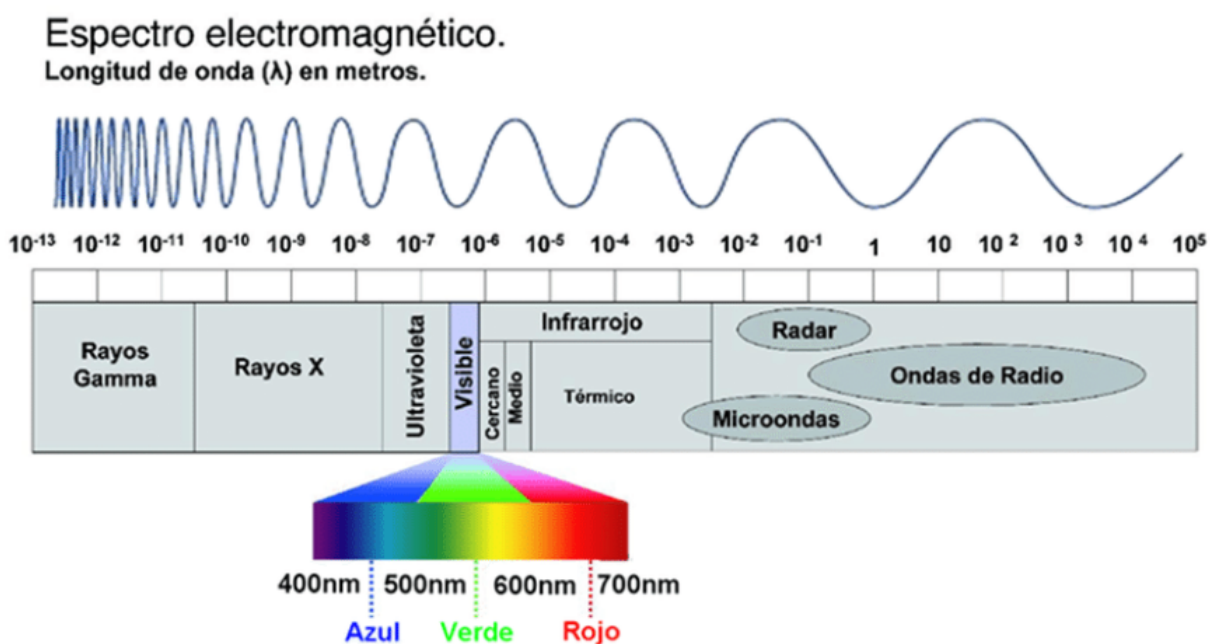
eficiente sus propiedades direccionales, todo lo anterior a contribuido en el mejoramiento de la radiocomunicación a distancia.

5.1.2. La Radiación Electromagnética

Es una perturbación de un campo eléctrico y un campo magnético que se propaga en el espacio transportando energía de un lugar a otro.

Según (Planas, O. (2023, junio 29) “La radiación electromagnética puede propagarse en el vacío, como el espacio interplanetario o en medios menos densos como la atmósfera”. Las radiaciones electromagnéticas se clasifican según su espectro electromagnético de frecuencia.

Figura 1 Espectro Electromagnético con su clasificación según la longitud de onda



Fuente: Tomado de https://www.researchgate.net/figure/Figura-21-Espectro-Electromagnetico-con-su-clasificacion-segun-la-longitud-de-onda-6_fig1_308019998

El espectro electromagnético se le denomina a la distribución de la energía en conjunto de las ondas electromagnéticas, Los espectros se pueden mirar mediante espectroscopios, en donde es posible medir la intensidad, su frecuencia y longitud de onda, en el caso de ondas de

radio se puede utilizar un analizado de espectro que este calibrado para operar en los rangos de frecuencia de la banda seleccionada.

5.1.3. Tipos de Radiaciones Electromagnéticas

Existen diferentes tipos de radiaciones electromagnéticas que pueden ser parte de todo el espectro electromagnético, algunas de ellas son:

-Ondas de radio.

-Radiación infrarroja.

-Luz visible.

-Radiación ultravioleta.

-Rayos X.

-Rayos gamma.

Las distintas categorías se diferencian en su rango de longitudes de onda o en bandas de frecuencia. Cada tipo de radiación electromagnética tiene propiedades y aplicaciones específicas, y su interacción con la materia varía dependiendo de su frecuencia y energía.

5.1.4. Bandas de Frecuencia

En la tabla No 1 se muestra la designación de cada banda y los servicios típicos que tiene asignados. Un intervalo de frecuencias ampliamente empleado en la comunicación por radio abarca las frecuencias de microondas, que engloban un espectro que se extiende desde los 500 MHz hasta los 40 GHz y más allá. La banda ha sido dividida a su vez en varias bandas que se denominan por letras.

Tabla 1 Bandas de frecuencias y longitudes de onda

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas
6	MF	300 a 3 000 kHz	Ondas hectométricas
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas
9	UHF	300 a 3 000 MHz	Ondas decimétricas
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas
12		300 a 3 000 GHz	Ondas decimilimétricas

NOTA 1: La «banda N» (N = número de la banda) se extiende de $0,3 \times 10^N$ Hz a 3×10^N Hz.
NOTA 2: Prefijos: k = kilo (10^3), M = mega (10^6), G = giga (10^9).

Fuente: <https://portalespectro.ane.gov.co:10253/JsonConfigAne/CNABF.pdf>

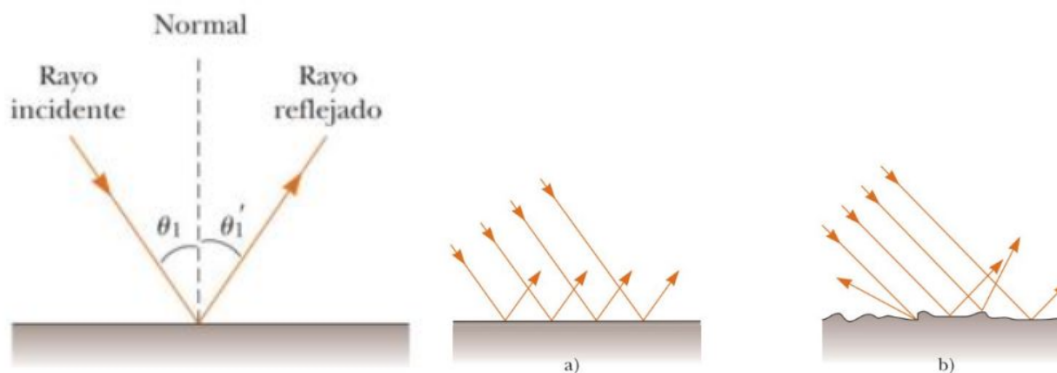
5.1.5. Propiedades ópticas de una onda electromagnética

Una onda electromagnética se propaga en línea recta a una velocidad en el vacío de $3 \cdot 10^8$ m/s, cercana a la velocidad de la luz, por lo tanto, una onda electromagnética se somete a efectos de reflexión, refracción y difracción, de acuerdo con las leyes generales de la óptica.

5.1.5.1. Reflexión

La reflexión de una onda electromagnética es un fenómeno en el cual la onda rebota o se refleja cuando incide sobre una superficie que no permite su paso. Esto significa que la onda cambia de dirección y sigue su camino en sentido opuesto al punto de impacto en la superficie.

Figura 2 reflexión de una onda Electromagnética



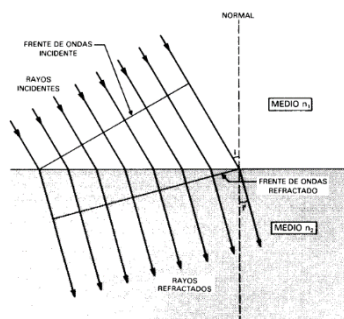
Fuente: Tomado de:

https://es.wikiversity.org/wiki/Propiedades_de_las_ondas_electromagn%C3%A9ticas

5.1.5.2. Refracción

El fenómeno de la refracción se da cuando una onda se propaga de un medio a otro con un índice de refracción similar al del medio inicial. En este escenario, la onda electromagnética experimenta la refracción al pasar del aire al agua o cuando atraviesa diferentes capas atmosféricas con niveles variables de humedad. La refracción de la onda electromagnética conlleva simultáneamente una reflexión de energía en la superficie de separación, lo que resulta en una disminución de la energía de la onda refractada en comparación con la onda incidente.

Figura 3 refracción de una onda



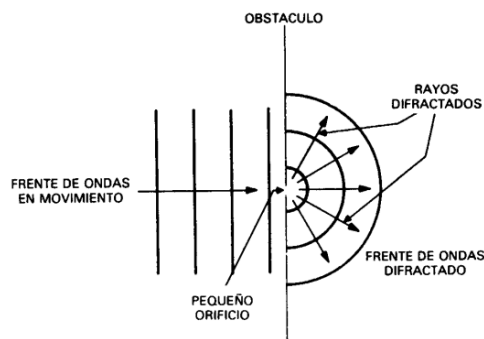
Fuente. Tomado de:

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/27/27199/propagacion.pdf>

5.1.5.3. Difracción

La difracción es un fenómeno en el que una onda, ya sea una onda electromagnética (como la luz) o una onda mecánica (como el sonido), se desvía o se curva alrededor de un obstáculo o pasa por una apertura. Este fenómeno ocurre cuando las ondas se encuentran con obstáculos o aberturas que son del mismo tamaño o del orden de magnitud de su longitud de onda.

Figura 4 Difracción de la onda



Fuente. Tomado de:

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/27/27199/propagacion.pdf>

Cada punto en una onda electromagnética puede considerarse como una fuente de ondas que irradia en diversas direcciones; cuando un frente de onda se desplaza en una dirección particular, esto se debe a la cancelación de las contribuciones de las otras fuentes. Otro fenómeno importante es la interferencia, que ocurre cuando dos fuentes idénticas emiten ondas en el mismo medio. Debido a la naturaleza sinusoidal de los campos eléctrico y magnético, la suma resultante de estas dos ondas puede ser mayor, menor o incluso anularse en ciertas regiones o franjas. Estas áreas o franjas tienen un papel significativo en la propagación de ondas de alta frecuencia.

5.1.6. Características de una onda electromagnética

Una onda electromagnética se puede caracterizar por su frecuencia, potencia y polarización.

5.1.6.1. Potencia de radiación:

La onda electromagnética se considera una forma de energía, energía de radiación, que es mayor Si las intensidades de los campos eléctrico y magnético son mayores.

5.1.6.2. Polarización de una onda:

La polarización se refiere a la orientación de los campos eléctrico y magnético de una onda electromagnética. Puede ser lineal, circular o elíptica, dependiendo de la dirección en la que oscilen los campos.

5.1.6.3. Frecuencia y longitud de onda:

Las ondas electromagnéticas se distinguen por sus propiedades de frecuencia y longitud de onda. La frecuencia de una onda electromagnética está vinculada con la oscilación de los campos eléctrico y magnético. Por otro lado, la longitud de onda, representada por el símbolo λ , se refiere a la distancia que una onda completa en un ciclo de oscilación durante un período de tiempo T. Cuando la velocidad es constante y se iguala a la velocidad de la luz, c, la longitud de onda se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda = c T$$

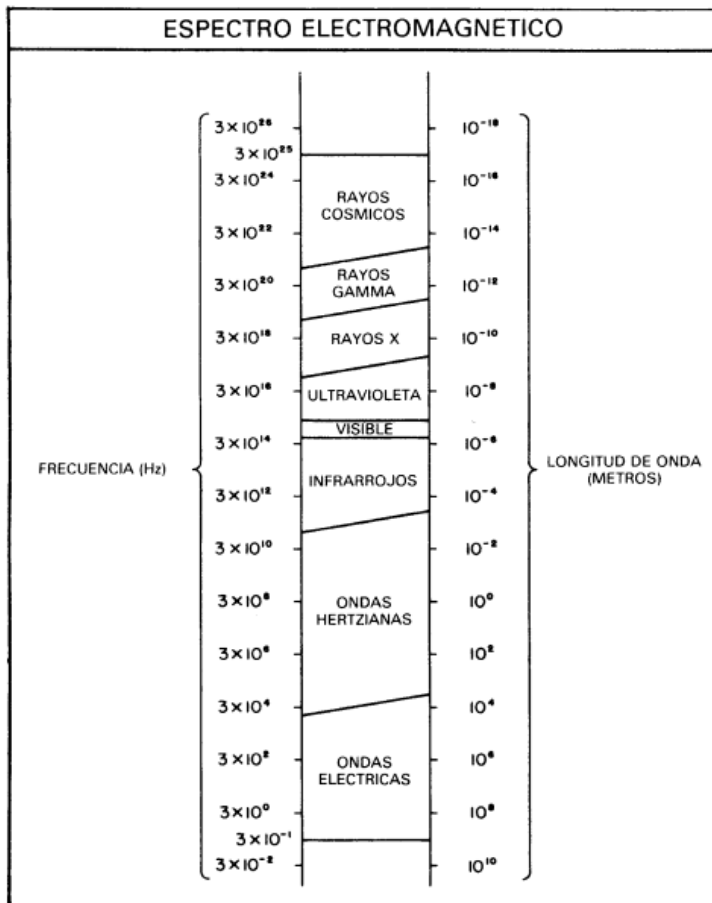
Siendo la frecuencia el número de oscilaciones por segundo, tendremos:

$$f = 1 / T$$

Reemplazando

$$\lambda = c / f$$

Tabla 2 Relación de frecuencia Vs longitud de onda



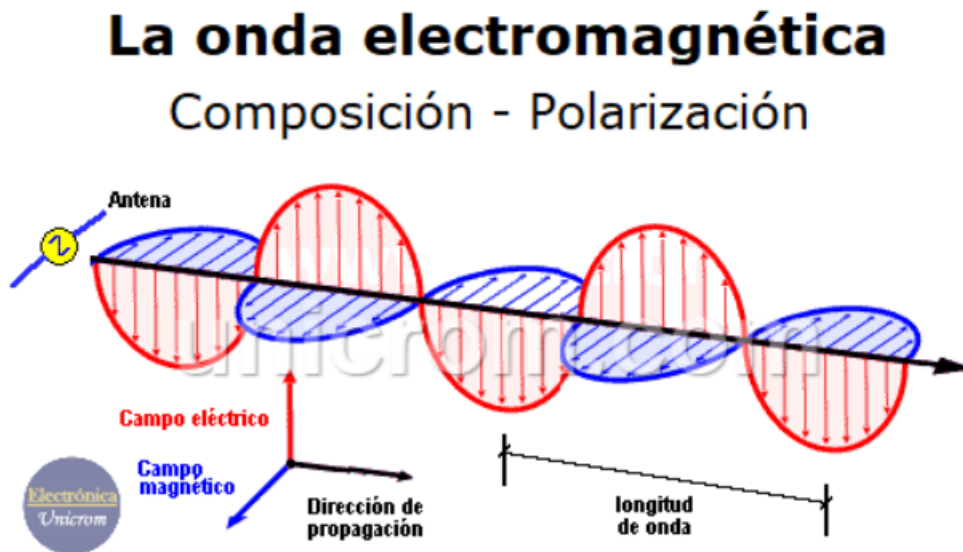
Fuente. Tomado de:

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/27/27199/propagacion.pdf>

5.1.7. Propagación

Una onda electromagnética se origina debido a la presencia de dos campos, el eléctrico y el magnético, los cuales son mutuamente perpendiculares y cambian en el tiempo. Estas ondas viajan a la velocidad de la luz, que es de aproximadamente 3.108 metros por segundo, en una dirección que es perpendicular al plano formado por los campos eléctrico y magnético. En una región del espacio, estos campos ejercen su influencia y se manifiestan como fuerzas eléctricas y magnéticas.

Figura 5 Propagación de las ondas electromagnéticas



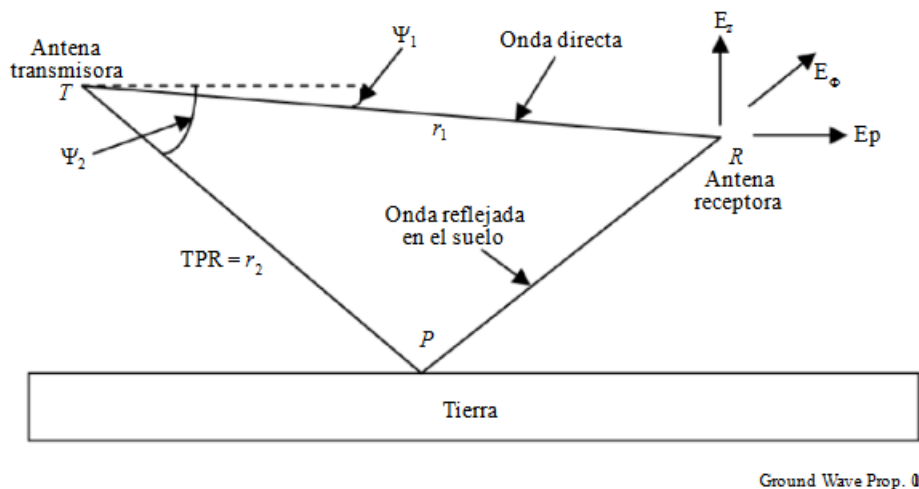
Nota. Tomado de: <https://unicrom.com/composicion-onda-electromagnetica/>

5.1.8. Propagación de las ondas de radio

Cuando nos referimos a la propagación de ondas, estamos describiendo su trayectoria desde una antena emisora hasta una receptora, teniendo en cuenta factores como su frecuencia y longitud de onda. Este proceso puede implicar que las ondas sigan la curvatura de la superficie terrestre, atraviesen la atmósfera o se reflejen en medios naturales o artificiales.

Cuando tanto el transmisor como el receptor se encuentran en la superficie terrestre y mantienen una línea de visión directa entre ellos, el fenómeno de propagación se puede representar utilizando un rayo directo y otro que se refleja en la superficie terrestre.

Figura 6 Propagación del rayo directo y reflejado

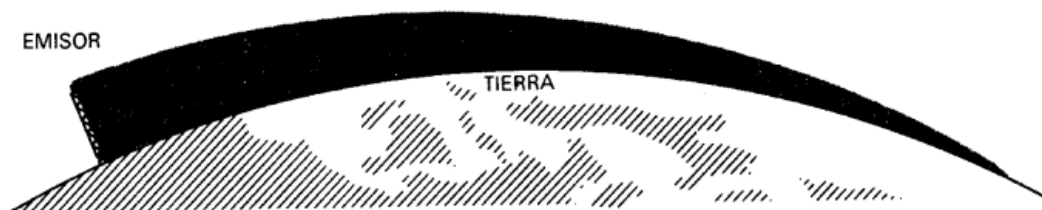


Fuente: tomado de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-59-2014-PDF-S.pdf

5.1.8.1. Propagación por onda superficial

Esta es una de las mejores formas de transmitir una señal de radio frecuencia a largas distancias siendo comúnmente usadas por los radiodifusores de media onda y onda larga. este tipo de propagación es posible gracias al fenómeno de difracción en virtud a ello las ondas de radio siguen la curvatura terrestre (Pérez, E. ,2015).

Figura 7 Propagación por onda de superficie



Fuente: Tomado de <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/27/27199/propagacion.pdf>

la propagación por onda terrestre se da para frecuencias inferiores entre los 3KHz a los 2MHz aproximadamente y deben estar instalados en polarización vertical, normalmente este tipo de señales pueden utilizarse en servicios de radiodifusión sonora en Amplitud Modulada AM.

Debido a que la Tierra es un conductor imperfecto, las ondas de radio penetran su superficie, pero su intensidad de campo disminuye rápidamente a medida que profundizan y se propagan a una velocidad más lenta que en el aire. Esto da lugar a un fenómeno conocido como "onda superficial", que hace que, justo por encima de la superficie terrestre, la onda siga la curvatura del planeta. Este proceso es inherentemente disipativo y es útil principalmente para frecuencias relativamente bajas, especialmente en comunicaciones a distancias relativamente cortas, del orden de 200 kilómetros para sistemas de radiofrecuencia (RF) y de 2000 kilómetros para frecuencias más bajas, como las de onda larga (VLF) y ultra baja frecuencia (ULF).

5.1.8.2. Propagación por reflexión ionosférica

La atmósfera que rodea la tierra es una masa gaseosa y su densidad va disminuyendo con la altura; se divide en tres capas principales: la troposfera, la estratosfera y la ionosfera.

La ionósfera es una región de la alta atmósfera que se encuentra entre altitudes de aproximadamente 70 a 400 kilómetros sobre la superficie terrestre. Como su nombre sugiere, está compuesta por iones y plasma ionosférico. Su relevancia se debe a que tiene la capacidad de reflejar o refractar ondas electromagnéticas, especialmente aquellas por debajo de una frecuencia crítica conocida como "Frecuencia Mínima Utilizable" (Frecuencia MUF). La ionósfera consta de tres capas distintas (Pérez, E. ,2015).

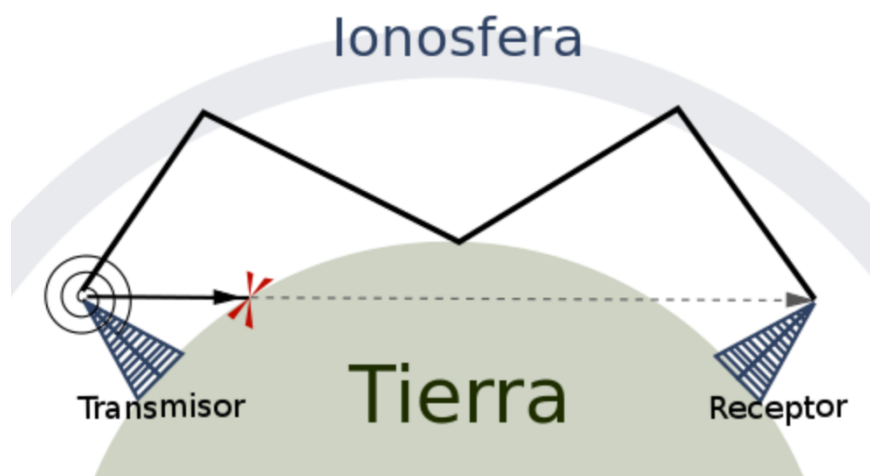
La troposfera se extiende desde la superficie terrestre hasta una altitud de aproximadamente 10 kilómetros. Una de sus características clave es la disminución de la

temperatura a medida que se asciende en altura, y es en esta capa donde se desarrollan principalmente los fenómenos meteorológicos.

El Sol emite una cantidad significativa de radiación energética que tiene el poder de ionizar las moléculas del aire, generando iones positivos y negativos. Este proceso de ionización es más notable durante el día en comparación con la noche. Este medio ionizado actúa como un espejo reflectante para las ondas electromagnéticas que inciden sobre él, funcionando efectivamente como un repetidor pasivo para estas ondas. Este repetidor puede aprovecharse desde cualquier ubicación en la Tierra.

La propagación mediante reflexión ionosférica es un proceso que selecciona las frecuencias de manera específica. A frecuencias inferiores a 1.5 MHz, la ionosfera absorbe intensamente las ondas, lo que resulta en una propagación prácticamente nula. Sin embargo, en frecuencias por encima de 30 MHz, las ondas atraviesan la ionosfera y se proyectan hacia el espacio exterior.

Figura 8 Reflexión de la onda por la incidencia de la ionosfera



Fuente: Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ionosfera>

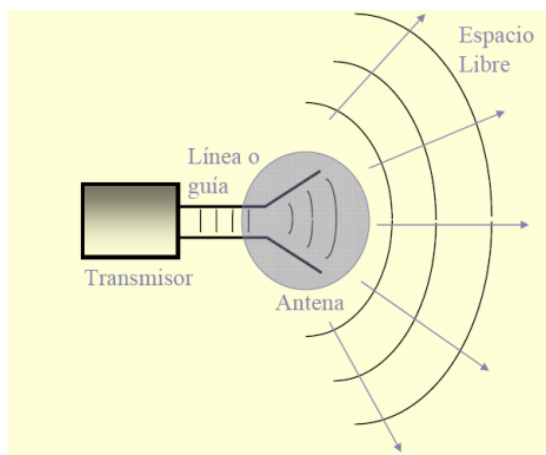
5.2. Sistemas radiantes - Antenas

Según (S/f-b), el “Institute of Electrical and Electronics Engineers” (IEEE) define una antena como aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas (IEEE Std. 145-1983).

5.2.1. Antena Transmisora

Una antena transmisora es un componente que tiene la función principal de convertir señales eléctricas en ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio. Esta antena emite la señal electromagnética generada por un transmisor, permitiendo su transmisión a través del aire o el medio adecuado hacia una antena receptora en otro lugar. Las antenas transmisoras son diseñadas específicamente para irradiar la energía de manera eficiente en la dirección deseada y con una polarización adecuada, garantizando así una comunicación efectiva y confiable en sistemas de radiocomunicación, televisión, telefonía móvil y otras aplicaciones de transmisión de señales inalámbricas.

Figura 9 Representación de la antena transmisora



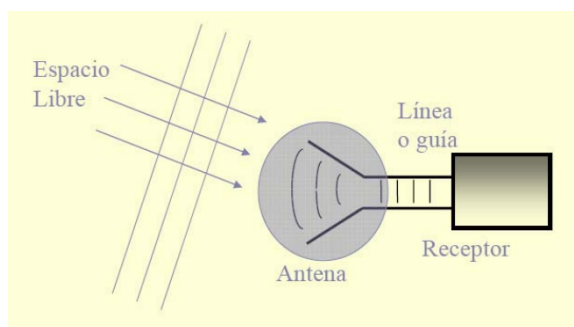
Fuente: Tomado de

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29329/transparenciasdeantenas.pdf>

5.2.2. Antena Receptora

La antena receptora es un componente que se encarga de captar las ondas electromagnéticas que llegan del espacio y convertirlas en señales eléctricas que pueden ser procesadas por un receptor. Su función principal es detectar las señales electromagnéticas provenientes de una antena transmisora u otras fuentes, y transformarlas en una corriente eléctrica que pueda ser interpretada por equipos electrónicos. Las antenas receptoras están diseñadas para ser sensibles a las frecuencias y polarizaciones específicas de las señales que se desean recibir, lo que las hace fundamentales en aplicaciones como la radio, la televisión, las comunicaciones móviles y otros sistemas de recepción inalámbrica.

Figura 10 Representación de la antena receptora



Fuente:

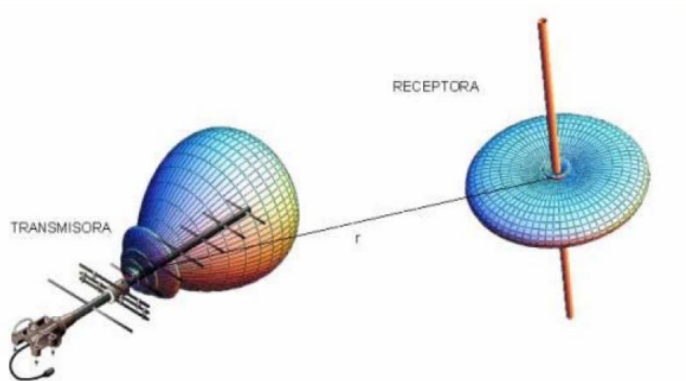
<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29329/transparenciasdeantenas.pdf>

5.2.3. Direccionalidad de las antenas transmisoras y receptoras

De acuerdo con las leyes del electromagnetismo, que están formuladas en las ecuaciones de Maxwell, una corriente eléctrica que varía en el tiempo genera una onda electromagnética en el espacio circundante. A medida que se aleja de la fuente, esta onda se expande en forma de una esfera y se propaga hacia el infinito. La onda resultante no es uniforme en todas las direcciones,

ya que la energía se propaga con mayor intensidad en algunas direcciones que en otras, en la figura se representa un ejemplo de cómo se propagan las ondas transmisoras y como reciben las ondas.

Figura 11 Representación direccionalidad de una antena transmisora y receptora

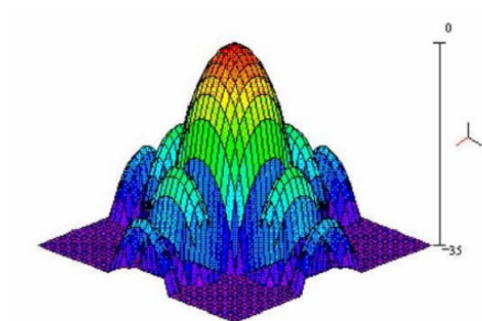


Fuente: Tomado de

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29329/transparenciasdeantenas.pdf>

La figura 16 representa gráficamente las propiedades direccionales de radiación de una antena en el espacio. Una antena no radia del mismo modo en todas las direcciones del espacio.

Figura 12 Diagrama en 3 D de radiación de una antena

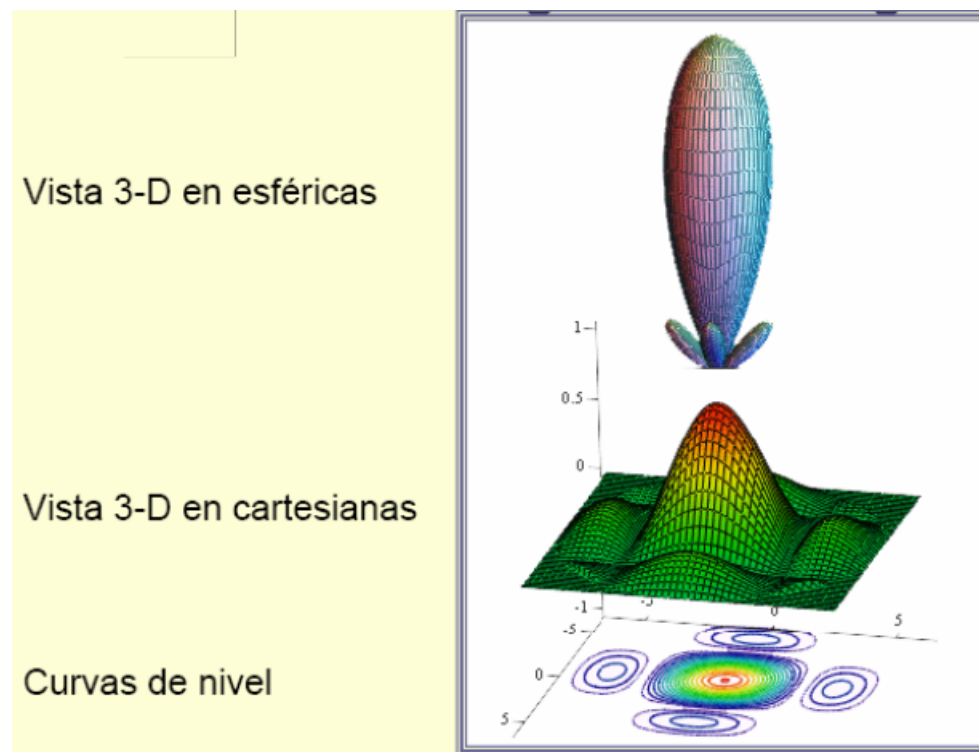


Fuente: Tomado de

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29329/transparenciasdeantenas.pdf>

En ocasiones, basta con mostrar una sección del diagrama. En la siguiente figura se exhiben ejemplos de estas secciones, las cuales pueden ser seleccionadas de diversas maneras. Dado que proporcionar información sobre todas las secciones del diagrama sería excesivo, nos limitamos a representar solamente los planos principales.

Figura 13 Ejemplo de Diagrama en 3D de patrón de radiación de una antena



Fuente: Tomado de

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29329/transparenciasdeantenas.pdf>

5.2.4. parámetros de una antena

Las antenas exhiben un comportamiento similar tanto en la recepción como en la emisión, y se definen por una serie de características que incluyen, entre otras, la respuesta en frecuencia, la polarización, la ganancia, la longitud y área efectiva, el peso, las dimensiones, los tipos de conectores y la resistencia al viento, entre otros. A nivel eléctrico, los parámetros más relevantes se detallan a continuación:

5.2.4.1. Ancho de banda.

El ancho de banda como la capacidad de transmisión de un sistema o dispositivo para transferir información por medio de un canal de comunicación.

La unidad del ancho de banda es unidades de frecuencia, como hercios (Hz), kilohercios (kHz), megahercios (MHz) o gigahercios (GHz). Si el ancho de banda es mayor su capacidad de transmisión es mayor.

5.2.4.2. Directividad.

La directividad se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección de máxima radiación a una distancia específica R y la potencia total radiada dividida por el área de una esfera con radio R . Para calcular la directividad, podemos utilizar el diagrama de radiación de la antena (Huidobro, 2013).

El ángulo que se emplea para describir el patrón de radiación principal en el plano horizontal de una antena se conoce como "azimut", mientras que en el plano vertical se denomina "ángulo de elevación". Estos ángulos se diseñan estratégicamente para concentrar la mayor cantidad de radiación en direcciones que se encuentren por debajo del plano horizontal, donde suelen ubicarse la mayoría de los usuarios. Esta es precisamente la razón por la cual la

mayoría de los sistemas de antenas se instalan en lugares elevados, lo que permite alcanzar una cobertura más extensa.

5.2.4.3. Ganancia.

La ganancia de una antena en una dirección dada es la cantidad de energía radiada en esa dirección comparada con la energía que podría radiar una antena isotrópica en la misma dirección, alimentada con la misma energía de una fuente. (Monachesi, Frenzel, Chaile, Gómez López). Típicamente se pueden tener arreglos de antenas en donde se influye en el aumento de la ganancia dependiendo del número de elementos que componen el arreglo, un arreglo antenas tienen una mayor ganancia.

5.2.4.4. Impedancia.

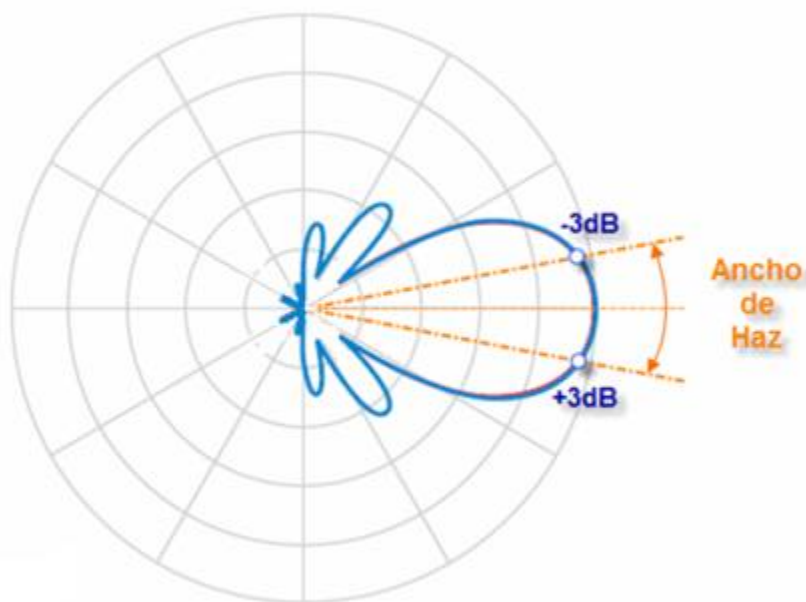
La antena ha de conectarse a un transmisor y radiar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas en ella, (Aznar, Á. C., Robert, J. R., Casals, J. M. R., Roca, L. J., Boris, S. B., & Bataller, M. F., 2004), Para lograr una óptima transferencia de potencia entre el transmisor o receptor y la antena, es necesario adaptarlos adecuadamente a través de una línea de transmisión. La elección de esta línea de transmisión es fundamental y debe considerar aspectos como su impedancia característica y su capacidad de atenuación, entre otros factores. La impedancia característica de la línea depende de parámetros técnicos, como la longitud, el diámetro del conductor y la frecuencia de operación. Por otro lado, la impedancia de entrada es un parámetro crítico en el circuito de la antena, que mide la relación entre el voltaje y la corriente de entrada. Para lograr la máxima eficiencia en la transferencia de potencia, tanto el transmisor como el receptor deben ser seleccionados de manera que sean compatibles con la impedancia de la antena, que generalmente es de 50 Ohmios para transmisiones de radiofrecuencia, aunque puede variar según el fabricante. La elección de la línea de transmisión adecuada también es

crucial en este proceso y está relacionada con la longitud, el diámetro del conductor de la línea y la frecuencia de operación, entre otros factores.

5.2.4.5. Anchura de haz.

Es un parámetro de radiación que se puede ver más claramente en las diagramas patrón de radiación que los fabricantes calculan para sus productos, es el ángulo formado por los dos ejes imaginarios cuyo vértice se encuentra en el punto de la antena, con los puntos donde la ganancia ha disminuido 3 dB respecto al eje de la ganancia máxima del lóbulo principal, esta área semejante a un triángulo define la zona de radiación del elemento radiante en donde la captación de la señal es la adecuada, entre el 70% y el 100% de la ganancia máxima.

Figura 14 Ancho de haz



Fuente: tomado de:

https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV04/es_IEA_ICTV04_Contenidos/website_412_2_ancho_de_haz.html

5.2.4.6. Polarización.

La polarización electromagnética se refiere a la orientación de los campos eléctrico y magnético de una onda electromagnética en relación con una dirección de referencia. En otras palabras, se trata de la dirección en la que vibra la onda electromagnética a medida que se propaga a través del espacio. La polarización puede ser lineal, circular y elíptica. La polarización lineal puede tomar distintas orientaciones (horizontal, vertical, $+45^\circ$, -45°). (Huidobro, 2013), en el caso de la polarización lineal, los campos eléctrico y magnético oscilan en una sola dirección, formando una línea recta. Esta es la forma más común de polarización y se encuentra en muchas fuentes de luz y señales de comunicación, en el tipo de polarización circular, los campos eléctrico y magnético giran en un patrón helicoidal mientras la onda se propaga. Hay dos tipos de polarización circular la polarización circular derecha cuando los campos giran en sentido horario y la polarización circular izquierda cuando los campos giran en sentido antihorario.

En el caso de la polarización elíptica los campos eléctrico y magnético oscilan en una elipse a medida que la onda se propaga. Esto es una combinación de polarización lineal y circular, típicamente en transmisión de radiodifusión sonora en AM y FM se emite en polarización vertical por lo cual todas las antenas están instaladas de forma vertical, otro ejemplo de polarización horizontal se puede dar en transmisión de señales de televisión analógica.

5.3. Tipo de antenas

En el mercado se encuentran una gran cantidad de tipos de antenas, cada una diseñada para satisfacer necesidades específicas en la transmisión y recepción de señales electromagnéticas, todo depende del uso y el servicio en donde va a ser utilizada (ejemplo: una emisora de radio FM/AM, una estación base celular o radio enlaces microondas)

El tamaño de la antena o el arreglo de antenas está directamente relacionado con la longitud de onda (λ) de la señal de radiofrecuencia, debiendo ser, en general, un múltiplo o submúltiplo exacto de esta longitud de onda y es por eso que, a medida que se van utilizando frecuencias mayores, las antenas disminuyen su tamaño. Si las dimensiones de la antena son mucho más pequeñas que la longitud de onda, las antenas se denominan elementales. La longitud de las antenas resonantes (cuando se anula su reactancia de entrada) es un múltiplo entero de la semilongitud de onda. (Mendoza E, Farit M, Moreno RP, Luis I, Molero G, Arbitrado A, 2008)

5.3.1. Antena isotrópica

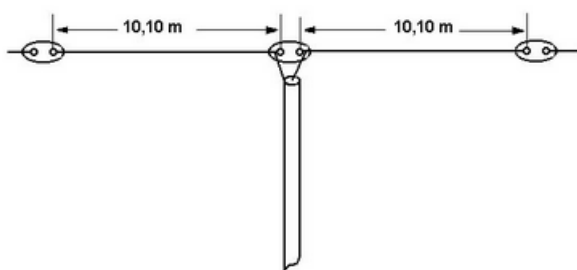
Una antena isotrópica es un concepto ideal en el campo de la radiación electromagnética y las comunicaciones inalámbricas. Se trata de una antena hipotética que irradia o recibe energía de manera uniforme en todas las direcciones en el espacio tridimensional. En otras palabras, emite o capta señales de manera igual en todas las direcciones, el patrón de radiación es esférico, sin favorecer ninguna en particular. Esto la convierte en un punto de referencia útil para comparar el rendimiento de otras antenas en términos de su patrón de radiación.

Esta antena sirve de base de referencia para evaluar la directividad. La antena isotrópica no es una antena, sino un concepto de referencia para evaluar a las antenas en su función de concentración de energía y a las pérdidas por propagación en el espacio libre en los enlaces de radiofrecuencia. Su patrón de radiación es una esfera. Cada aplicación y cada banda de frecuencia presentan características peculiares que dan origen a unos tipos de antenas especiales muy diversas, (Sernaque Ruiz, 2018)

5.3.2. Antenas de hilo de cobre

Las antenas de hilo están formadas por hilos conductores delgados, el tipo más común son las antenas de dipolo, la antena de Hertz es una antena simple y eficaz que se utiliza para transmitir o recibir señales de radio en una amplia variedad de aplicaciones. Su diseño consiste en un conductor largo y delgado que se divide en dos partes iguales en el centro, creando así una separación. Cada mitad de la antena tiene una longitud igual a la mitad de la longitud de onda de la frecuencia de operación deseada. Esto significa que la longitud total de la antena es igual a la longitud de onda.

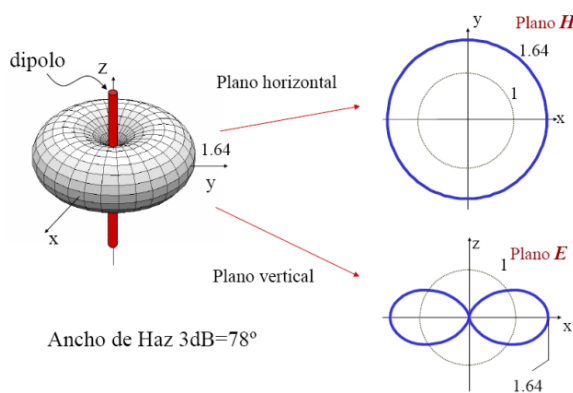
Figura 15 Antena tipo dipolo



Fuente: Tomado de <https://www.fediea.org/digiclub/dipolos.html>

A continuación, se muestra la gráfica de radiación de un dipolo con polarización vertical

Figura 16 Diagrama de radiación de un dipolo en los ejes X y Y.

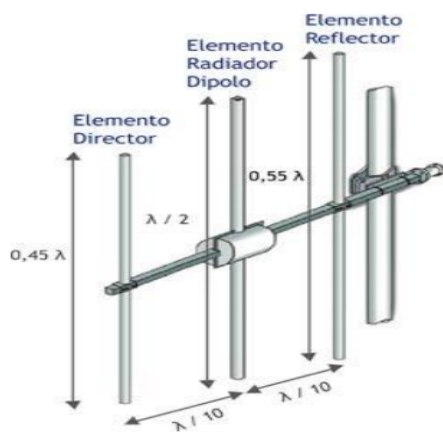


Fuente: tomado de https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf

5.3.3. Antenas yagi-uda

Las antenas Yagi-Uda, que son altamente direccionales, encuentran una amplia aplicación en la recepción de señales de televisión en la banda de UHF. Su capacidad de enfoque se incrementa significativamente con la inclusión de más elementos pasivos (parásitos), lo que se traduce en una ganancia adecuada para captar señales con el nivel necesario para su amplificación sin dificultades. En la figura se puede ver la imagen de una de ellas, la cual resulta familiar, ya que es la típica antena que se encuentra en los hogares para la recepción de televisión analógica en polarización vertical. Su capacidad de ganancia y directividad variará en función del número de elementos verticales (reflectores) utilizados, siendo mayor su rendimiento cuantos más elementos se empleen. Además, esta antena puede abarcar la totalidad de los canales disponibles en la banda de frecuencia UHF.

Figura 17 . Antena Yagi-Uda.



Fuente: Tomado de: [Antenas | PPT \(slideshare.net\)](#)

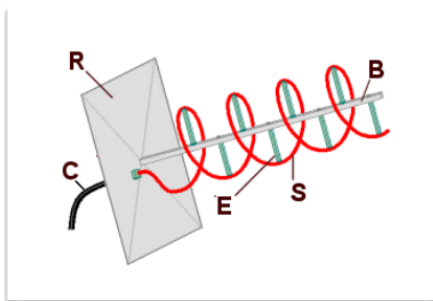
La antena Yagi representa una tecnología que puede focalizar la mayor porción de la energía radiada en una ubicación específica. Este enfoque resulta en un incremento de la

potencia dirigida hacia el receptor o recibida desde la fuente, al mismo tiempo que disminuye las interferencias procedentes de fuentes no deseadas. (Martínez, Y. 2015)

5.3.4. Antena helicoidal

Se trata de un tipo de antena que exhibe un comportamiento de banda ancha. La hélice se forma mediante el enrollamiento de un hilo conductor alrededor de un cilindro de diámetro invariable. Los factores geométricos que influyen en el diseño son, el diámetro, la distancia entre las vueltas, el paso de la hélice, el número de vueltas, el grosor del hilo y la dirección del enrollamiento, que puede ser a la derecha o a la izquierda.

Figura 18 . Tipo de antena helicoidal.



Fuente: Tomado de: [Antenas y Guías de Ondas | PDF \(slideshare.net\)](#)

5.3.5. Antenas planas

También conocidas como antenas microstrip, se componen de un conjunto plano de radiadores en forma de parches. Su diseño está cuidadosamente configurado para que la estructura disipe la potencia en forma de radiación. Tanto los parches como el circuito se fabrican utilizando técnicas de fotograbado en un sustrato dieléctrico laminado con cobre en ambas caras. Debido a su naturaleza plana, estas antenas son fácilmente integrables en el sistema completo, lo que contribuye a la reducción del tamaño y del peso total. A pesar de su desventaja

en términos de ancho de banda limitado, actualmente existen numerosos métodos disponibles para abordar este desafío. (Verdaguer, G. 2020)

Figura 19 Fotografía de una antena plana (18 dBi).



Nota: Tomado de: [Antenas y Guías de Ondas | PDF \(slideshare.net\)](#)

5.3.6. Antenas con reflector (parabólicas)

En este tipo de antenas, la señal no se transmite o recibe directamente desde el elemento receptor, sino que primero se refleja en un elemento pasivo que concentra la señal. Las ondas que llegan en paralelo al eje principal se reflejan y convergen en un punto llamado foco, que se encuentra en el centro del paraboloide. Por otro lado, si se trata de una antena emisora, las ondas que se originan en el foco (el dispositivo emisor) se reflejan y salen en una dirección paralela al eje de la antena.

Básicamente, existen tres tipos fundamentales de antenas con reflector. Las antenas reflectoras parabólicas ofrecen una ganancia y una directividad excepcionalmente altas, y son muy populares en aplicaciones de microondas y en enlaces de comunicación vía satélite. Una antena parabólica consta principalmente de dos componentes: un reflector parabólico y un elemento activo conocido como mecanismo de alimentación. En esencia, el mecanismo de alimentación alberga la antena principal (generalmente un dipolo) que emite ondas electromagnéticas hacia el reflector. El reflector es un dispositivo pasivo que únicamente refleja la energía irradiada por el mecanismo de alimentación, creando una emisión altamente direccional y concentrada en fase, donde todas las ondas individuales están sincronizadas (formando un frente de ondas en fase). (Martínez, Y. 2015)

5.3.7. Arreglo de Antenas

Un arreglo de antenas de fase, conocido como array, constituye un conjunto de antenas que, al conectarse, operan como una sola unidad. Su ancho de haz y dirección, es decir, su patrón de radiación, pueden ser ajustados electrónicamente sin necesidad de efectuar movimientos físicos en ninguna de las antenas individuales. La principal ventaja de estas antenas radica en su capacidad para eliminar la necesidad de manipular mecánicamente los componentes.

Un ejemplo típico de aplicación se encuentra en radares, donde es esencial que los patrones de radiación puedan adaptarse rápidamente para rastrear objetos en movimiento. También se emplean en las redes de comunicación móvil 3G y 4G, donde ofrecen beneficios significativos. (Según la Teoría de Radiadores Electromagnéticos).

Figura 20. Arreglo de antenas parabólicas.



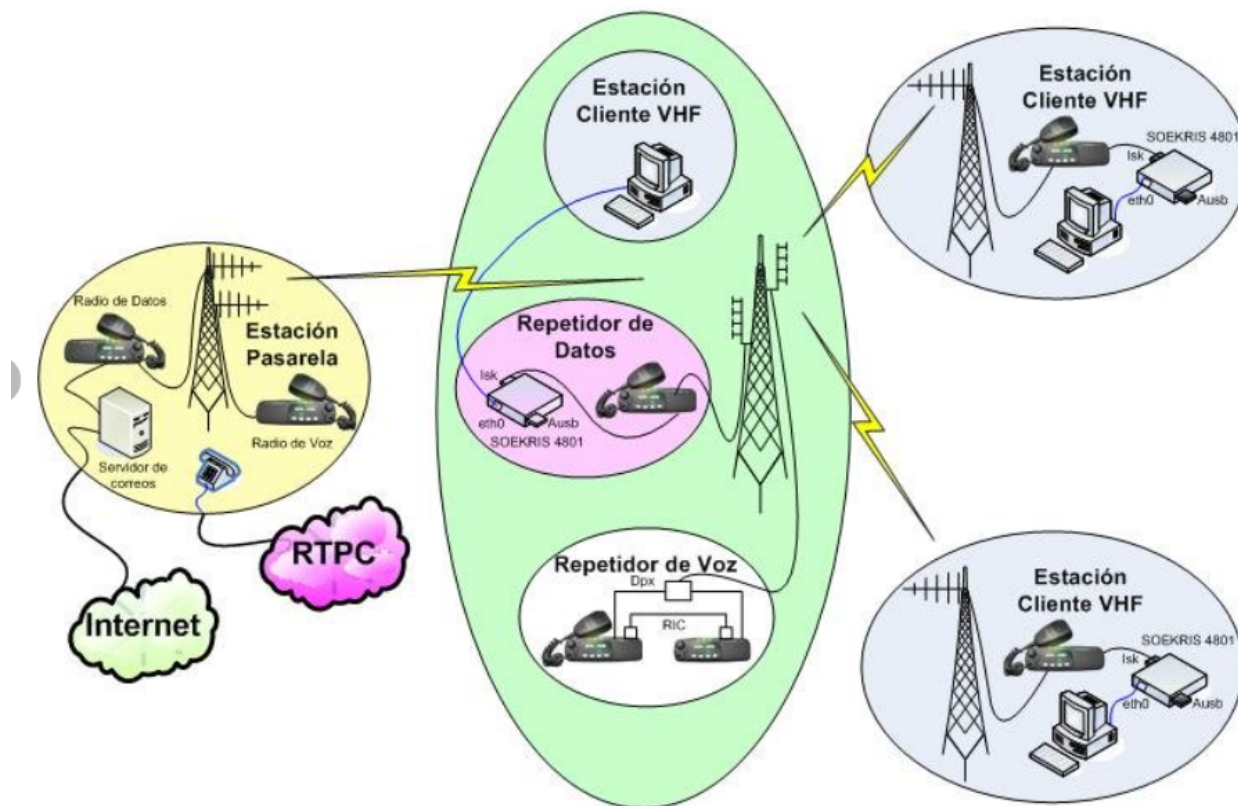
Fuente: Tomado de: [Teoría de Radiadores Electromagneticos: TIPOS DE ANTENAS \(vasa960720.blogspot.com\)](http://Teoría de Radiadores Electromagneticos: TIPOS DE ANTENAS (vasa960720.blogspot.com))

5.4. Arquitectura de redes en UHF y VHF

Las redes de VHF a menudo se organizan en conjuntos de redes. Cada una de estas redes consta de una estación base (radio base), estaciones móviles (radios en vehículos móviles) y estaciones portátiles (radios portátiles), junto con su correspondiente nodo o repetidor. Estos

elementos pueden interconectarse entre sí mediante radioenlaces, lo que permite la comunicación de un repetidor con otro. De esta manera, es posible crear una arquitectura o una topología de red más extensa.

Figura 21. Arquitectura de redes en UHF y VHF



Fuente: Tomado de: https://www.researchgate.net/figure/Figura-22-Esquema-de-Red-VHF_fig1_298655911

Radios convencionales o análogos

Se caracterizan por demodular en frecuencia modula o FM, son radios que utilizan un ancho de banda de 12.5 KHz, a su vez no permiten codificación o encriptación de la señal, los radios analógicos son más económicos con respecto a los radios digitales.

Radios Digitales también conocidos como radios de comunicación digital son dispositivos de comunicación que utilizan para transmitir y recibir información señales digitales en lugar de señales analógicas como en los radios convencionales.

DMR Digital Mobile Radio, es un estándar de comunicación de radio digital ampliamente utilizado en todo el mundo. Fue desarrollado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI, por sus siglas en inglés) y se utiliza principalmente en aplicaciones de comunicación profesional, como servicios de seguridad pública, industria, transporte y otros sectores que requieren comunicaciones confiables y eficientes, estas son algunas de las características de los radios digitales, Filtrado de voz, Llamadas directas, llamadas grupales, llamadas privadas, mensajes de texto y transmisión de señales con un radio más amplio,

Repetidor El repetidor de voz es una estación que permite recibir señales de radio por una frecuencia y retransmitirlas al mismo tiempo en otra. (Borda Cruz CD, López Rodríguez RA, 2021), Los repetidores son especialmente útiles en aplicaciones de radiocomunicación donde se necesita superar obstáculos geográficos o distancias largas para mantener una comunicación efectiva.

6. Marco institucional

6.1. PNNC

Parques Nacionales Naturales de Colombia es una Unidad Administrativa Especial de orden nacional, con autonomía administrativa y financiera, está encargada de la administración y manejo del Sistema de Parques Nacionales Naturales y la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, tienen como objetivo principal la preservación y protección de los ecosistemas,

la fauna y la flora representativos de Colombia, contribuyendo así a la conservación de la riqueza biológica y cultural del país.

6.2. ANE

La Agencia Nacional del Espectro (ANE) es una entidad gubernamental encargada de regular y supervisar el uso del espectro radioeléctrico en Colombia. El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado y altamente demandado que se utiliza para la transmisión de señales de comunicación, como las redes de telefonía móvil, la radiodifusión, las comunicaciones satelitales y una variedad de aplicaciones inalámbricas. La ANE, en su rol de autoridad de vigilancia y control, tiene la responsabilidad de asignar y administrar las frecuencias del espectro, garantizando que se utilicen de manera eficiente y equitativa. Además, la ANE desempeña un papel crucial en la formulación de políticas y regulaciones relacionadas con el espectro radioeléctrico, promoviendo la innovación tecnológica, la competencia en el mercado de las telecomunicaciones y la protección contra interferencias perjudiciales.

6.3. MINTIC

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) es una entidad gubernamental encargada de diseñar y ejecutar políticas públicas relacionadas con el desarrollo y la promoción de las tecnologías de la información y las comunicaciones en Colombia. El MinTIC tiene como funciones principales la regulación y supervisión de los servicios de telecomunicaciones, la promoción de la inclusión digital, el fomento de la innovación tecnológica, la gestión de proyectos de infraestructura digital, y la formulación de estrategias para impulsar el crecimiento de la economía digital.

Para el caso puntual autoriza el uso de las frecuencias generando una resolución de asignación o permiso para el uso del espectro radioeléctrico y sobre una contraprestación, este tipo de resolución puede tener una vigencia de específica.

7. Diseño de primer nivel.

7.1 Enfoque de la investigación para el proyecto

De acuerdo con la propuesta de implementación de un sistema de mejoramiento de la red de radiocomunicaciones al interior del Parque Nacional Natural Los Nevados, con el fin de mejorar la comunicación, la coordinación y la gestión de acciones para la protección y conservación de los recursos naturales y culturales del parque, se plantea un enfoque de investigación cualitativo, basado en lo siguiente:

- Se realiza trabajo en campo, en donde se recopila la información necesaria para la solución del problema,
- La solución no se fundamentará en estadísticas,
- Los diversos sistemas de comunicación existentes a nivel tecnológico dan una flexibilidad en la selección del tipo de comunicación requerida para la solución del problema,
- La propuesta de solución al problema se planteará de acuerdo con la condición geográfica del parque, es decir que es un planteamiento muy específico.
- Con respecto al análisis de datos se harán las simulaciones de cobertura de las bandas de comunicación HF, VHF, UHF en cada punto de control en donde existirá un repetidor, luego se establecerá el diseño con la infraestructura requerida en cada punto y por último se calculará el presupuesto requerido para la ejecución del proyecto.

7.2 Diseño de la metodología cualitativa

Para el análisis de la información de investigación se utilizó un diseño de metodología cualitativa, en donde se aplicarán como principales pasos la recolección de datos y Análisis de los datos.

7.2.1 Definición de las variables

De acuerdo con el levantamiento de información que se realizó en campo se tuvieron en cuenta las siguientes variables requeridas en la recopilación de la información:

Tabla 3. Definición de Variables

Definición de las Variables			
Variabes	Descripción	Significado	Unidades de medida o de referencia
No 1	Puntos de Control	Ubicación física en donde se ubicará una repetido	1. Coordenadas 2. Nombre del punto de control
No 2	Piso Ruido.	Se refiere al nivel de piso ruido que tiene el ancho de banda	1. HF (Alta Frecuencia). 2. UHF (Ultra Alta Frecuencia) 3. VHF (Muy Alta Frecuencia)
No 3	Infraestructura Existente.	Se refiere a la infraestructura física que existe en el punto de control en donde se instalaran los equipos de comunicación.	1. No aplica unidad de medida, es una variable descriptiva
No 4	Suministro de energía eléctrica.	Se refiere a la existencia o no de un sistema de suministro de energía que se requiere para el funcionamiento de los sistemas de comunicación.	1. No aplica unidad de medida, es una variable descriptiva
No 5	Seguridad física.	Se refiere al sistema de protección que tendrá el punto de control, es decir si esta en un sitio en donde hay o no riesgo de pérdida de los equipos de comunicación.	1. No aplica unidad de medida, es una variable descriptiva

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Tamaño de la muestra

La información recopilada se levantó del parque Nacional Natural Los Nevados ubicados entre los departamentos del Tolima, Caldas, Quindío y Risaralda en el área en donde normalmente se movilizan los turistas y los guardaparques quienes son los encargados de la vigilancia y control el parque.

7.2.3 Recolección de datos

Se aplicará la técnica de observación cualitativa, en donde se hará una revisión de los recursos en el área de radiocomunicaciones con que cuenta el área protegida y su estado. Para ello se hará el levantamiento de la siguiente información:

- Inventario de radiocomunicaciones.
- Puntos de control.
- Inventario de la infraestructura en cada punto de control.
- Registro fotográfico

Una vez consolidada la información, se establecerán códigos o categorías de datos específicamente para el inventario de radio de comunicaciones, puntos de control e inventario de la infraestructura en cada punto de control.

7.2.3.1 Inventario de radiocomunicaciones.

El área protegida cuenta con un inventario de radiocomunicaciones en HF, UHF y VHF de la marca Motorola con el cual se le ha dado alcance al sector norte y parte del noroccidente del área protegida aproximadamente en un 25 %. En la siguiente tabla se relaciona el inventario.

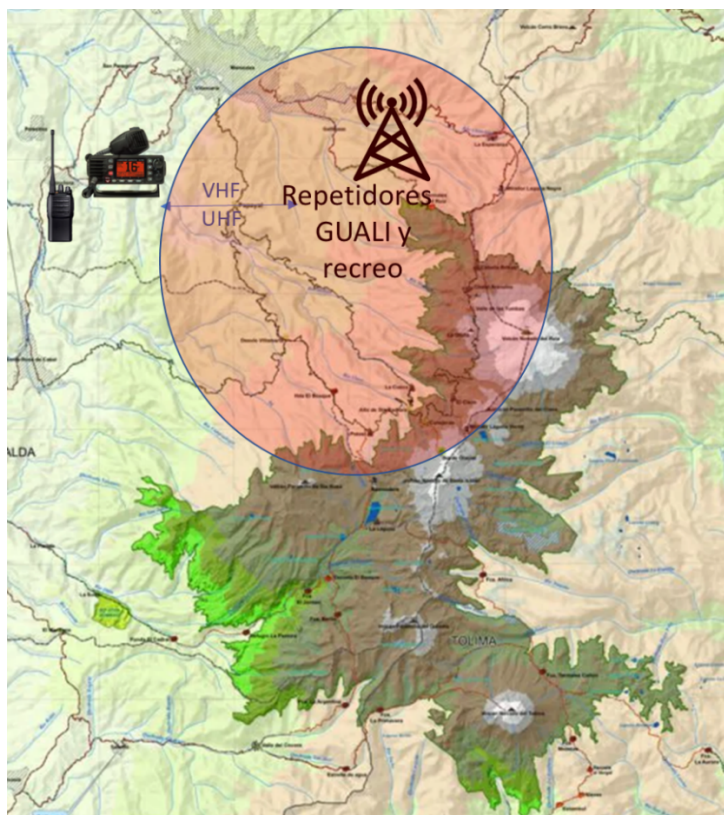
Tabla 4. Inventario de radio comunicación existente.

EQUIPO	UBICACIÓN	ESTADO
Repetidora Digital UHF y VHF	Cerro el Gualí operando y nueva	Buenas
Repetidora analógica VHF	Cerro el recreo	Bueno
Radio base UHF 6	Cabañas laguna, santa bárbara, Dulima, cisne, oficina, camioneta	Bueno
3 Radios Base Motorola EM 200	Termales cañón, laguna Otún, la cueva, Potosí,	Bueno
Radio Motorola DGP 6150 Digital 10	Cabañas Brisas, Potosí, Laguna, Cisne, la cueva, SGC, Dulima, Manizales	Buenos
Radio Motorola EP 450 Análogo 10	Apoyo actividades de turismo Brisas, Cerro el Gualí, SGC, Potosí, la cueva,	Buenos
Radio Motorola DEP 450 Digital 7	Anzoátegui, Potosí, Brisas, Cisne, laguna Otún Manizales	Buenos
Radio base Motorola EM 200 digital	Laguna, cisne	Buena

Elaboración propia.

Con los equipos relacionados anteriormente se tiene una cobertura en radiocomunicaciones en alrededor de un 25% de su ubicación geográfica se puede ver a continuación.

Figura 22. Cobertura en radiocomunicaciones en 2023.



Fuente: Elaboración propia

7.2.3.2 Puntos de control.

Como se describió anteriormente la variable de punto de control se refiere a la ubicación física en donde se ubicará la infraestructura requerida para realizar un adecuado monitoreo del parque natural de los nevados.

Se establecen 31 puntos de control. En la siguiente tabla se describen los puntos de control con su respectiva coordenada.

Tabla 5. Puntos de control y coordenadas

No	Puntos de control	Coordenada
1	Alcaldía de Santa Isabel	N04°42'82,8" y W075°05'83,6"
2	Santa Isabel	N04°42'47,8" y W075°05'33,3"
3	Anzoátegui	N04°37'58,0" y W075°05'36,9"
4	Palomar	N04°36'03,6" y W075°10'37,3"
5	La Punta	N04°38'03,7" y W075°12'32,4"
6	Vancouver	N04°39'41,5" y W075°15'25,4"
7	Termales Cañón	N04°40'59,4" y W075°18'37,6"
8	El salto	N04°37'19,4" y W075°16'36,1"
9	Alto de las Nieves	N04°61'49,9" y W075°28'63,2"
10	El Recreo	N04°57'37,9" y W075°21'09,4"
11	Cerro Guali	N04°57'06,3" y W075°21'05,0"
12	Cabaña Potosí	N04°49'52,3" y W075°24'58,4"
13	La Línea	N04°45'34,6" y W075°22'45,9"
14	Cabaña Laguna del Otún	N04°46'35,9" y W075°24'44,4"
15	Paramillo de Santa Rosa Pico SUR	N04°47'02,4" y W075°28'05,5"
16	Paramillo de Santa Rosa Pico Norte	N04°47'51,8" y W075°27'15,3"
17	Valle De Cocora	N04°38'16,6" y W075°29'11,9"
18	Finca la Montaña	N04°37'57,5" y W075°27'35,1"
19	Oficina PNN Los nevados	N05°03'05,5" y W075°29'14,1"
20	Casa Murillo	N04°52'29,5" y W075°10'17,1"
21	El Cruce	N04°53'08,6" y W075°14'51,9"
22	Casa Roja	N04°52'09,4" y W075°14'29,3"
23	Lagunillas	N04°53'27,0" y W075°15'43,0"
24	Ventanas	N04°55'07,7" y W075°15'59,3"
25	El Sifón	N04°55'53,3" y W075°17'28,0"
26	Cabañas Brisas	N04°56'00,3" y W075°21'00,1"
27	La Vara de la Linda	N04°51'36,3" y W075°30'26,6"
28	Finca la Linda	N04°51'21,2" y W075°30'52,1"
29	SFF Otún quimbaya	N04°43'42,9" y W075°34'37,4"
30	El Cedral	N04°42'13,8" y W075°32'13,8"
31	La Vara de Cataluña	N04°44'46,8" y W075°36'14,2"

Fuente: Elaboración propia

7.2.3.3 Inventario del estado de cada punto de control y registro fotográfico

Las variables para tener en cuenta en el inventario de los puntos de control son las siguientes:


- Piso Ruido.
- Infraestructura Existente.
- Suministro de energía eléctrica.
- Seguridad física.
- Sistema de Comunicación:






A continuación, se relaciona el inventario y el registro fotográfico realizado a cada punto de control:


Tabla 6. Puntos de control levantamiento.


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Alcaldía de Santa Isabel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido. Medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. Cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. Cuenta con señal Celular. 	
Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Santa Isabel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo-medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. Cuenta con señal Celular. 	
Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Anzoátegui	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo-medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. Cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Palomar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
La Punta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo-medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Vancouver	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Requiere optimizar la Infraestructura para la instalación de equipos. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
Termales Cañón	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo-medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
El salto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. La infraestructura es de un tercero por lo que se sugiere revisar la opción de compra de predio o llegar a acuerdos que permitan mantener el Sistema De Telecomunicaciones en el tiempo. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. No tiene Seguridad suficiente, pero se encuentra en zona de alta montaña. 5. Dispone de un Sistema de radio. que debe ser actualizado. 	
Alto de las Nieves	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. No tiene Seguridad suficiente, pero se encuentra en zona de alta montaña. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
El Recreo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Medio-alto en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. No cuenta con Sistema de Comunicaciones adecuado y requiere ser cambiado. 	 


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Cerro Guali	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Medio-alto en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. Cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. Dispone de un Sistema De radio. que debe ser actualizado. 	 
Cabaña Potosi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. No cuenta con Sistema de Comunicaciones adecuado y requiere ser cambiado. 	
La Linea	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
Cabaña Laguna del Otun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. Tiene suministro intermitente 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. No cuenta con Sistema de Comunicaciones adecuado y requiere ser cambiado. 	
Paramillo de Santa Rosa Pico SUR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Paramillo de Santa Rosa Pico Norte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF (por la cercanía se toman los mismos espectrogramas que el pico sur). 2. La infraestructura es de un tercero por lo que se sugiere revisar la opción de compra de predio o llegar a acuerdos que permitan mantener el Sistema De Telecomunicaciones en el tiempo. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
Valle De Cocora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo-medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. No tiene seguridad suficiente. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
Finca la Montaña	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. La infraestructura es de un tercero por lo que se sugiere revisar la opción de compra de predio o llegar a acuerdos que permitan mantener el Sistema De Telecomunicaciones en el tiempo. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	
Oficina PNN Los nevado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. Cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. Cuenta con señal Celular. 	
Casa Murillo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo-medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. La infraestructura es de un tercero por lo que se sugiere revisar la opción de compra de predio o llegar a acuerdos que permitan mantener el Sistema De Telecomunicaciones en el tiempo. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. Cuenta con señal Celular. 	


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
El Cruce	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Casa Roja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Lagunillas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Ventanas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
El Sifon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	


Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Cabañas Brisas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	

Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
La Vara de la Linda	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	

Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
Finca la Linda	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	

Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
SFF Otún quimbaya	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. Cuenta con infraestructura suficiente, para la instalación de equipos de comunicación. 3. Cuenta con suministro eléctrico. 4. Cuenta con seguridad suficiente para albergar equipos de telecomunicaciones. 5. No cuenta con Sistema de Comunicaciones adecuado y requiere ser cambiado. 	

Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
ElCedral	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo-medio en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	

Puntos de control	Comentarios	Registro Fotografico
La Vara de Cataluña	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un Piso de ruido Bajo en las bandas HF, VHF y UHF. 2. No cuenta con infraestructura, para la instalación de equipos de comunicación. 3. No cuenta con suministro eléctrico. 4. Al no tener infraestructura se requiere validar el aseguramiento de equipos una vez sea construida la infraestructura. 5. No cuenta con sistemas de comunicación. 	

Fuente: Elaboración propia

8. Diseño de segundo nivel.

8.1. Conceptualizar el uso de los modelos, referentes, técnicas particulares para las intervenciones organizacionales y los modelos aplicados.

Para conceptualizar modelos de propagación se utiliza el programa “Radio Mobile” que es un software especializado gratuito desarrollado por a Roger Coudé VE2DBE y tiene derechos de autor, que se utiliza para simular radioenlaces y áreas de cobertura en sistemas de comunicación inalámbrica. Permite a los ingenieros de telecomunicaciones planificar y analizar la propagación de las señales de radio, teniendo en cuenta diversos factores como la topografía, la altura de las antenas y los obstáculos del terreno. El programa utiliza modelos de propagación para predecir con precisión cómo se comportarán las ondas de radio en diferentes entornos, lo que ayuda a diseñar redes inalámbricas eficientes y confiables. Además, Radio Mobile proporciona resultados visuales en forma de mapas detallados que muestran las áreas cubiertas y los niveles de señal, facilitando la toma de decisiones por parte de los profesionales de las telecomunicaciones.

Ver <https://www.ve2dbe.com/english1.html>.

8.2. Caracterizar los componentes y elementos funcionales de los modelos utilizados para realizar la intervención organizacional y el diseño de los modelos aplicados.

Una vez seleccionado el software para la realizar las simulaciones o los modelos de propagación, escogen las bandas de frecuencia que fueron aprobadas por el ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones – MinTic en las bandas de VHF y UHF.

Las frecuencias específicas al ser asignadas específicamente para Parques nacionales Naturales de Colombia no es posible divulgarlas en el presente documento, sin embargo, al estar en unas bandas de espectro radioeléctrico definidos se puede realizar estimaciones teniendo las consideraciones de inicio de frecuencia y fin de frecuencia para las bandas VHF y UHF.

Por consiguiente, se tienen las siguientes consideraciones de los parámetros utilizados en la simulación:

Tabla 7. Parámetros de simulación

Parámetro	Valor VHF	Valor UHF
Banda de frecuencia	VHF (136 - 174 MHz)	UHF (400 – 470 MHz)
Ganancia Antena Repetidor	8 dBi	8 dBi
Tipo Antena	Omni direccional	Omni direccional
Umbral de recepción Repetidora	-100 dBm	100 dBm
Potencia de Transmisión Radio Portátil	4 Watt	3 Watt
Altura de radio portátil	1,6 m	1.6 m

Fuente: Elaboración propia.

8.3. Seleccionar o diseñar los instrumentos para la recolección de información o validación de los modelos de intervención o aplicación. Si el instrumento es diseñado, este debe ser validado de acuerdo a instrucciones brindadas por el (la) tutor(a).

En la prueba realizada a los sitios y utilizando las configuraciones anteriormente mencionadas, el programa nos arroja unos indicadores los cuales nos dejan ver el nivel de señal que se tendría en la zona de cobertura deseado. Estos nos indican, a cada distinto nivel de señal se le asigna un color distinto. Como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 8. Rangos del nivel de Señal

Señal	Color	Código
< -100	[White]	1
-100	[Blue]	2
-96.7	[Light Blue]	3
-93.4	[Cyan]	4
-90.1	[Light Green]	5
-86.8	[Green]	6
-83.5	[Light Green]	7
-80.2	[Yellow-Green]	8
-76.9	[Yellow]	9
-73.6	[Orange]	10
-70.3	[Red-Orange]	11
-67	[Red]	12

Fuente: Radio Mobile (Software)

8.4. Identificar y describir las técnicas para el análisis de datos, acorde al enfoque y diseño de la investigación.

Con esta información, se define el siguiente código de colores en los que se muestra para cada color su representación en dBm y su asociación al nivel de recepción de la señal:

Tabla 9. Niveles de recepción por código de colores.

Nivel de Señal (dBm)	Nivel de Recepción
< 67	Buena
67 70.3	
70.3 73.6	
73.6 76.9	
76.9 80.2	
80.2 83.5	Intermedio
83.5 86.8	
86.8 90.1	Débil
90.1 93.4	
93.4 96.7	
96.7 100	Demasiado Débil
100 >	

Fuente: Elaboración propia

Debido a que las unidades portátiles tienen un nivel de recepción de los -112 dBm se eligió el rango de -67 dBm a -100 dBm para la simulación, donde cualquier lugar por debajo de los -100 dBm se puede decir, que ese nivel de señal es bajo de tal manera que el radio y el sitio de repetición no podrán comunicarse.

9. Análisis y discusión de los resultados

9.1. Análisis de la información levantada en campo

A continuación, se realizará el análisis de la información levantada en campo de las variables definidas en la tabla 3 (Definición de Variables)

9.1.1. Análisis piso ruido

En la siguiente tabla se relaciona el resultado por punto de control del piso ruido en las bandas HF, VHF y UHF

Tabla 10. Análisis piso ruido

No	Puntos de control	Piso Ruido (Bandas HF, VHF y UHF)
1	Alcaldía de Santa Isabel	Medio
2	Santa Isabel	Bajo -Medio
3	Anzoátegui	Bajo -Medio
4	Palomar	Medio
5	La Punta	Bajo -Medio
6	Vancouver	Bajo
7	Termales Cañón	Bajo -Medio
8	El salto	Medio
9	Alto de las Nieves	Bajo
10	El Recreo	Medio -Alto
11	Cerro Gualí	Medio -Alto
12	Cabaña Potosí	Bajo
13	La Línea	Bajo
14	Cabaña Laguna del Otún	Bajo
15	Paramillo de Santa Rosa Pico SUR	Bajo

No	Puntos de control	Piso Ruido (Bandas HF, VHF y UHF)
16	Paramillo de Santa Rosa Pico Norte	Bajo
17	Valle De Cocora	Bajo -Medio
18	Finca la Montaña	Bajo
19	Oficina PNN Los nevados	Medio
20	Casa Murillo	Bajo -Medio
21	El Cruce	Bajo
22	Casa Roja	Bajo
23	Lagunillas	Bajo
24	Ventanas	Bajo
25	El Sifón	Bajo
26	Cabañas Brisas	Bajo
27	La Vara de la Linda	Bajo
28	Finca la Linda	Bajo
29	SFF Otún quimbaya	Bajo
30	El Cedral	Bajo -Medio
31	La Vara de Cataluña	Bajo

Fuente: Elaboración propia

9.1.2. Análisis infraestructura existente

En cada punto se analiza si la infraestructura existente permite instalar el sistema de comunicación requerido. En la siguiente tabla se relaciona si de acuerdo a cada punto de control si se requiere o no infraestructura.

Tabla 11. Análisis infraestructura existente

No	Puntos de control	Requiere Infraestructura	
		Si	No
1	Alcaldía de Santa Isabel	X	
2	Santa Isabel		X
3	Anzoátegui	X	
4	Palomar		X
5	La Punta		X
6	Vancouver		X
7	Termales Cañón		X
8	El salto		X
9	Alto de las Nieves		X

No	Puntos de control	Requiere Infraestructura	
		Si	No
10	El Recreo	X	
11	Cerro Guali	X	
12	Cabaña Potosi	X	
13	La Linea		X
14	Cabaña Laguna del Otun		X
15	Paramillo de Santa Rosa Pico SUR		X
16	Paramillo de Santa Rosa Pico Norte		X
17	Valle De Cocora		X
18	Finca la Montaña		X
19	Oficina PNN Los nevados	X	
20	Casa Murillo		X
21	El Cruce		X
22	Casa Roja		X
23	Lagunillas		X
24	Ventanas		X
25	El Sifon		X
26	Cabañas Brisas	X	
27	La Vara de la Linda		X
28	Finca la Linda		X
29	SFF Otún quimbaya	X	
30	El Cedral		X
31	La Vara de Cataluña		X

Fuente: Elaboración propia

9.1.3. Análisis suministro energía eléctrica

Se analiza si existe suministro de energía, ya sea a través de un sistema fotovoltaico o de unidades de generación local. En la siguiente tabla se relaciona el estado de suministro de energía en cada punto de control

Tabla 12. Análisis suministro energía eléctrica

No	Puntos de control	Suministro de energía	
		Si	No
1	Alcaldía de Santa Isabel	X	
2	Santa Isabel		X
3	Anzoátegui	X	
4	Palomar		X
5	La Punta		X
6	Vancouver		X
7	Termales Cañón		X
8	El salto		X
9	Alto de las Nieves		X
10	El Recreo		X
11	Cerro Gualí	X	
12	Cabaña Potosí		X
13	La Línea		X
14	Cabaña Laguna del Otún	X	
15	Paramillo de Santa Rosa Pico SUR		X
16	Paramillo de Santa Rosa Pico Norte		X
17	Valle De Cocora		X
18	Finca la Montaña		X
19	Oficina PNN Los nevados	X	
20	Casa Murillo		X
21	El Cruce		X
22	Casa Roja		X
23	Lagunillas		X
24	Ventanas		X
25	El Sifon		X
26	Cabañas Brisas		X
27	La Vara de la Linda		X
28	Finca la Linda		X
29	SFF Otún quimbaya	X	
30	El Cedral		X
31	La Vara de Cataluña		X

Fuente: Elaboración propia

9.1.4. Análisis seguridad física

En la siguiente tabla se relaciona el inventario de seguridad física del punto en donde van a quedar ubicado el sistema de comunicación.

Tabla 13. Análisis seguridad física

No	Puntos de control	Cuenta Seguridad Física	
		Si	No
1	Alcaldía de Santa Isabel	X	
2	Santa Isabel		X
3	Anzoátegui	X	
4	Palomar		X
5	La Punta		X
6	Vancouver	X	
7	Termales Cañón		X
8	El salto		X
9	Alto de las Nieves		X
10	El Recreo	X	
11	Cerro Gualí	X	
12	Cabaña Potosí	X	
13	La Línea		X
14	Cabaña Laguna del Otún	X	
15	Paramillo de Santa Rosa Pico SUR		X
16	Paramillo de Santa Rosa Pico Norte		X
18	Finca la Montaña	X	
19	Oficina PNN Los nevados	X	
20	Casa Murillo	X	
21	El Cruce		X
22	Casa Roja		X
23	Lagunillas		X
24	Ventanas		X
25	El Sifón		X
26	Cabañas Brisas	X	
27	La Vara de la Linda		X
28	Finca la Linda		X
29	SFF Otún quimbaya	X	
30	El Cedral		X
31	La Vara de Cataluña		X

Fuente: Elaboración propia

9.1.5. Análisis de comunicaciones existentes

A continuación, se relaciona los puntos de control con el inventario de la comunicación existente.

Tabla 14. Análisis de comunicaciones existentes

No	Puntos de control	Sistema de Comunicaciones	
		Si	No
3	Anzoátegui		X
4	Palomar		X
5	La Punta		X
6	Vancouver		X
7	Termales Cañón		X
8	El salto	X	
9	Alto de las Nieves		X
10	El Recreo		X
11	Cerro Guali	X	
12	Cabaña Potosi		X
13	La Linea		X
14	Cabaña Laguna del Otun		X
15	Paramillo de Santa Rosa Pico SUR		X
16	Paramillo de Santa Rosa Pico Norte		X
17	Valle De Cocora		X
18	Finca la Montaña		X
21	El Cruce		X
22	Casa Roja		X
23	Lagunillas		X
24	Ventanas		X
25	El sifón		X
26	Cabañas Brisas		X
27	La Vara de la Linda		X
28	Finca la Linda		X

No	Puntos de control	Sistema de Comunicaciones	
		Si	No
29	SFF Otún quimbaya		X
30	El Cedral		X
31	La Vara de Cataluña		X

Fuente: Elaboración propia

9.2. Consolidado del análisis de las variables levantadas en campo

A continuación, se resumen el análisis de las variables levantadas en campo

I. Con respecto a la variable piso ruido la distribución esta de la siguiente manera:

Tabla 15. Análisis de comunicaciones

Piso Ruido	Cantidad punto de control
Bajo	18
Bajo-Medio	7
Medio	4
Medio-Alto	2
	31

Fuente: Elaboración propia

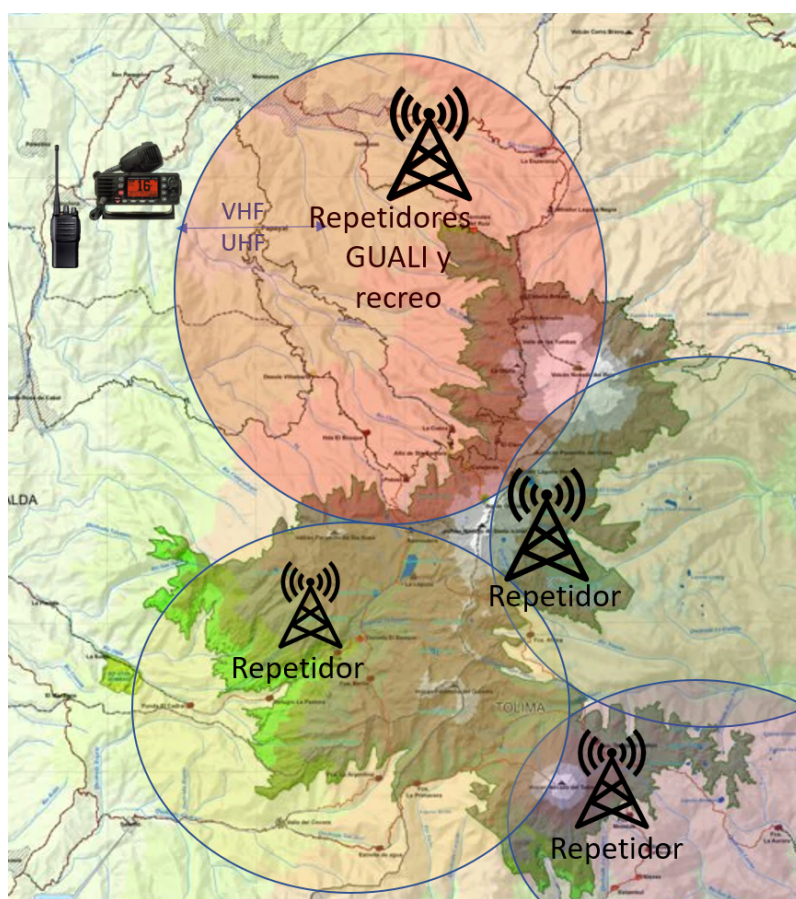
- II. Al analizar el inventario realizado de la infraestructura existente vs la no existente se evidencia que el 74% de los puntos de control requieren infraestructura, es decir solo el 26% tiene infraestructura para instalar los sistemas de comunicación.
- III. El 81 % de los puntos de control requieren de un suministro de energía, el 19% cuenta con suministro de energía por sistema fotovoltaico.
- IV. Con respecto a la seguridad física que requieren los sistemas de comunicación, el 42% cuenta con seguridad física y el 58% requiere de una inversión para asegurar los equipos en un sitio adecuado.

- V. Actualmente el 19% de los puntos de control es posible la señal via celular, el 81% no lo posee.

9.3. Propuesta de infraestructura en Radiocomunicaciones

A continuación, se propone una arquitectura de red que podría dar cubrimiento en radiocomunicaciones al PNN Los Nevados, y consiste en instalar infraestructura de 3 puntos de repetición teniendo en cuenta lo que ya se encuentra instalado y en funcionamiento en el cerro Gualí y Recreo.

Figura 23 Cobertura propuesta

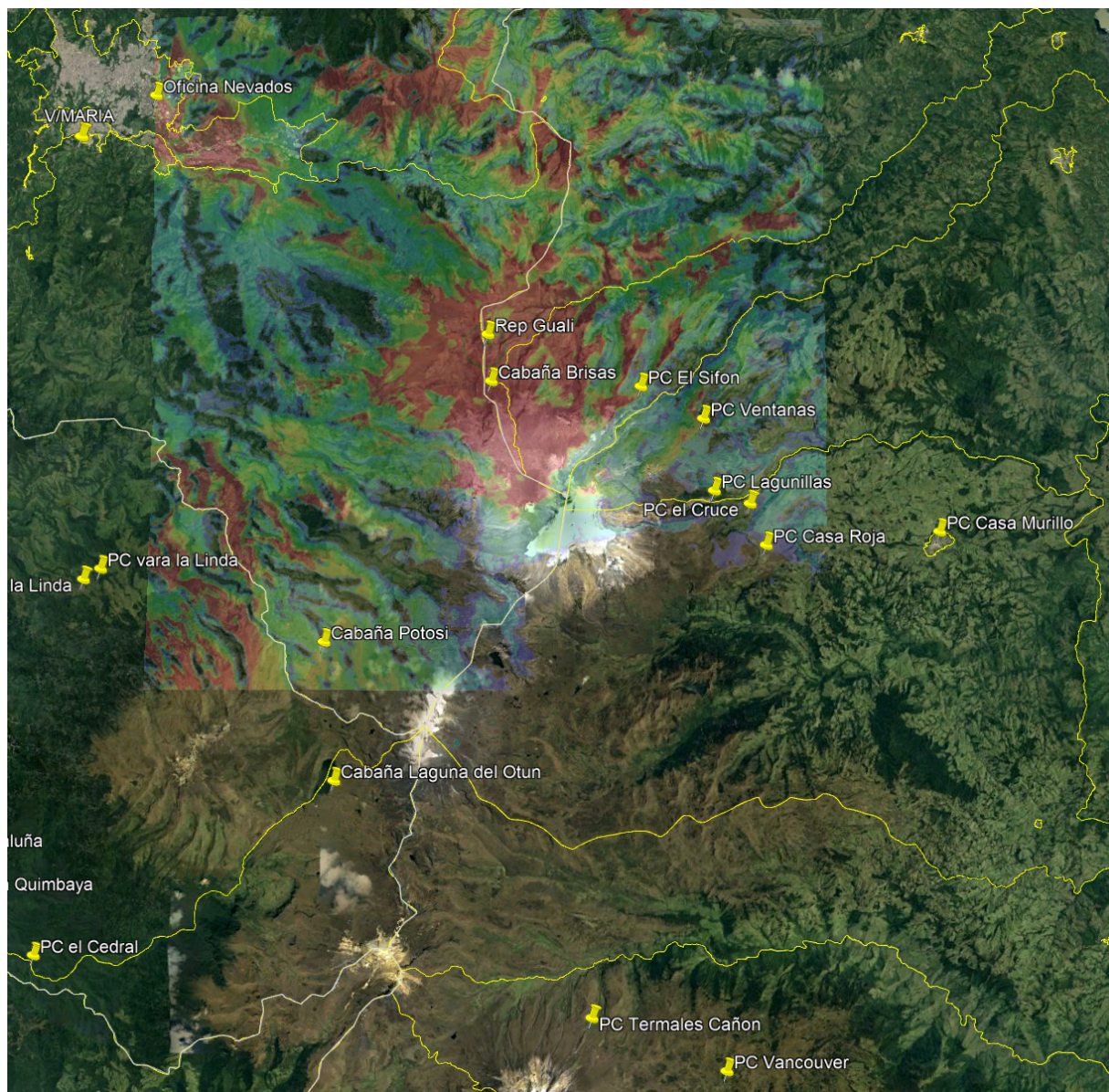


Fuente: Elaboración propia

9.4. Simulaciones de posibles puntos de repetición

Se procede a realizar simulaciones de cobertura tratando de encontrar puntos para la instalación e infraestructura de radiocomunicaciones que cubren el Parque, inicialmente se realiza simulación de lo que ya se tiene en el cerro Gualí.

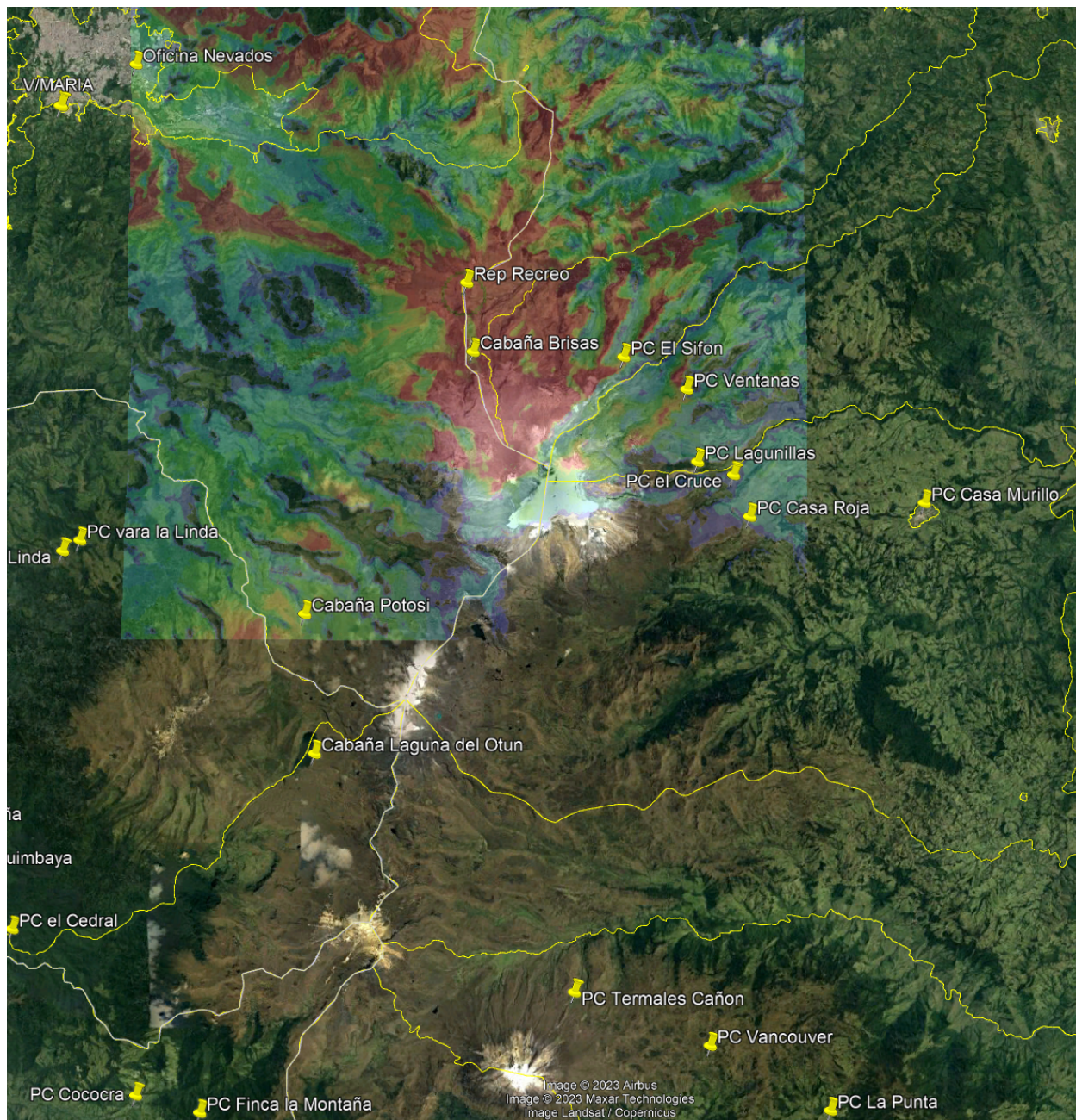
Figura 24 Simulación Repetidor VHF Cerro Gualí



Fuente: Elaboración propia

En el cerro el recreo también se tiene repetidores funcionales que tienen una menor área de cobertura con buena calidad el interior del parque, sin embargo se podría reinstalar la infraestructura en el cerro Gualí.

Figura 25 Simulación Repetidor VHF Repetidor EL Recreo

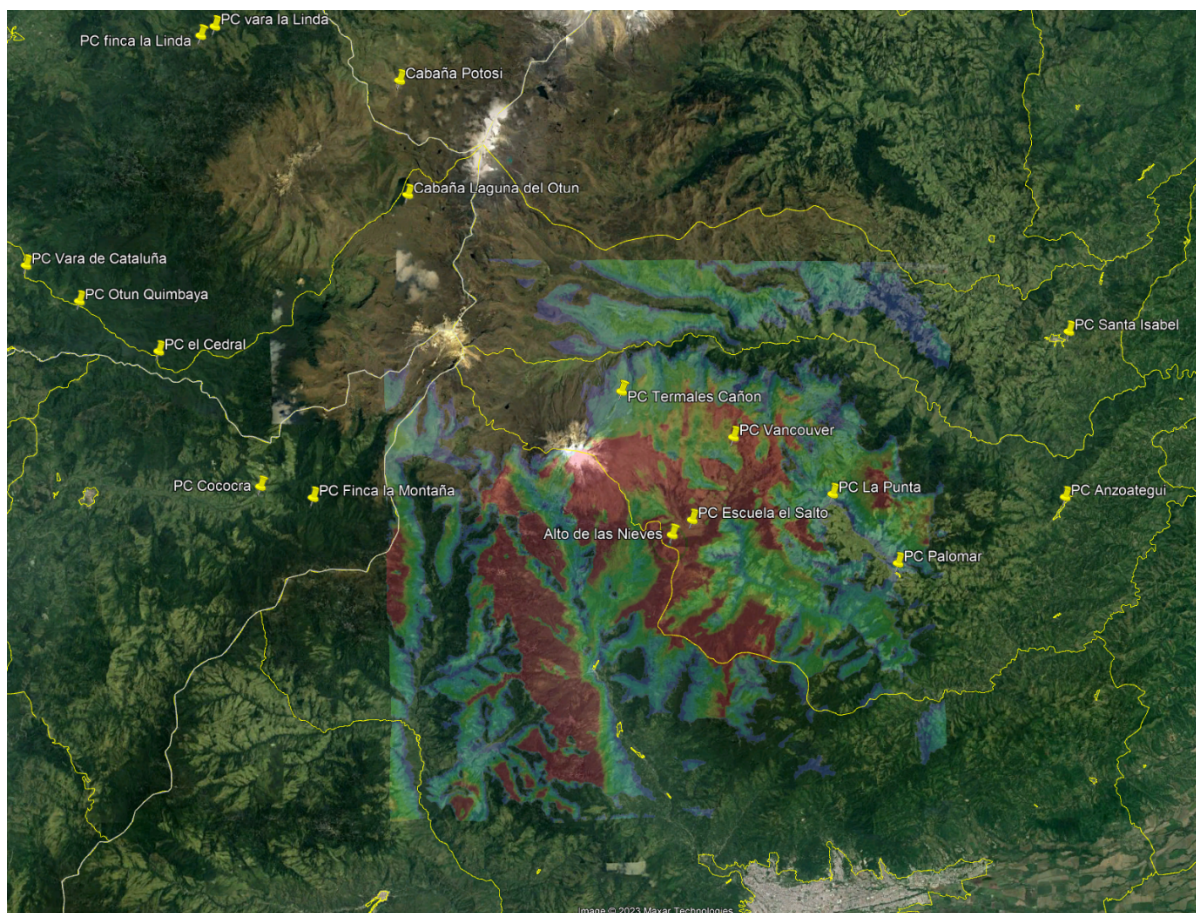


Fuente: Elaboración propia

Uno de los puntos propuestos para instalar una repetidora se encuentra en el alto de las nieves que podría dar cubrimiento en el departamento del Tolima a la cara sur del nevado del Tolima, este punto podría ser clave a la hora de cubrir y controlar la subida de turismo no regulado desde la ciudad de Ibagué Tolima como se muestra en la parte inferior de mapa.

Adicional, se podría cubrir algunos puntos de control estratégicos como lo son la Escuela el salto y Vancouver, la única desventaja de este punto es que se encuentra en un predio privado.

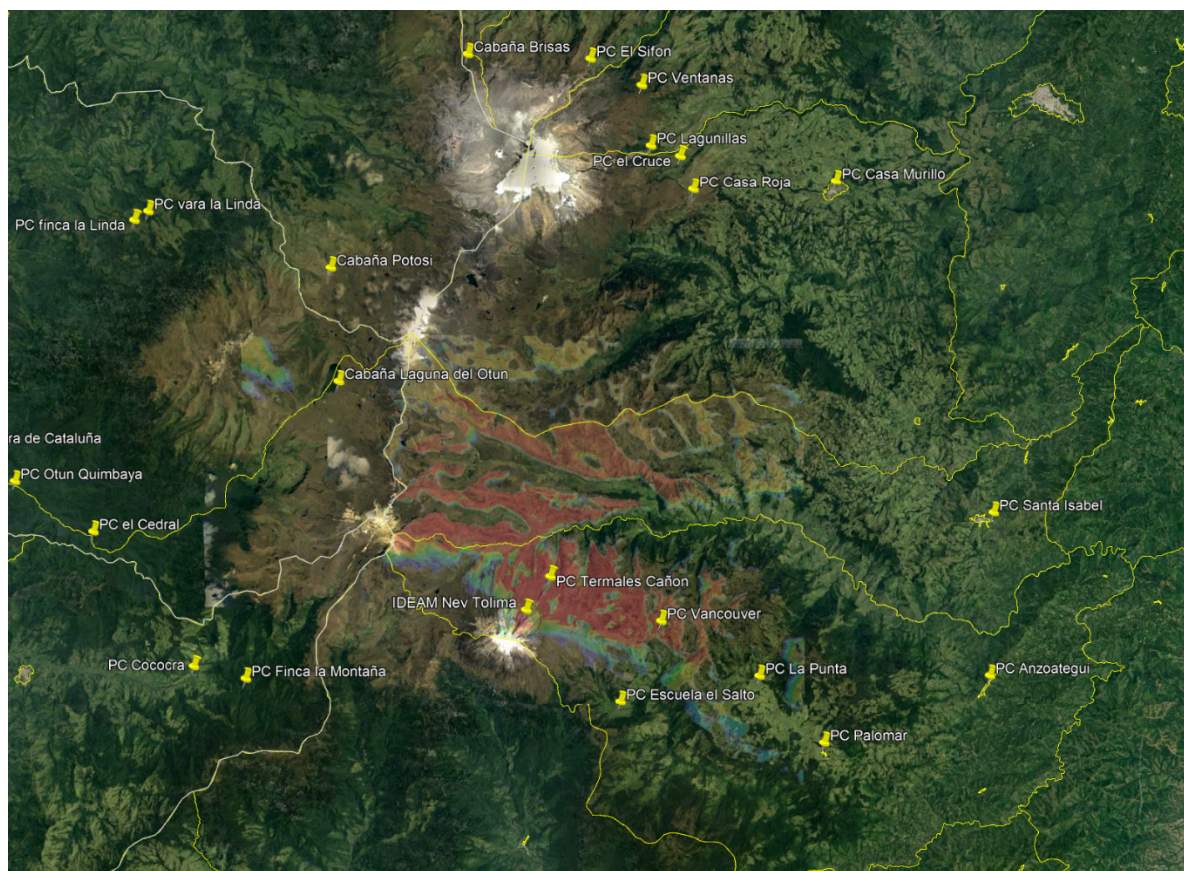
Figura 26 Simulación Repetidor VHF Alto de las Nieves



Fuente: Elaboración propia

Según información de los propios guardaparques mencionan que existe una ubicación propicia para instalar radios en la estación meteorológica del IDEAM ubicada en el nevado del Tolima y que con convenio interadministrativo se podría ubicar allí un punto de repetición, ellos suministran la coordenada, $4^{\circ}40'3.50''N$ $75^{\circ}19'18.30''W$, desde esta ubicación se puede dar cubrimiento con buena señal al interior del parque como se ven en la figura y que si los recursos se fueran ilimitados podrían complementarse con una repetidora ubicada en el alto de las Nieves.

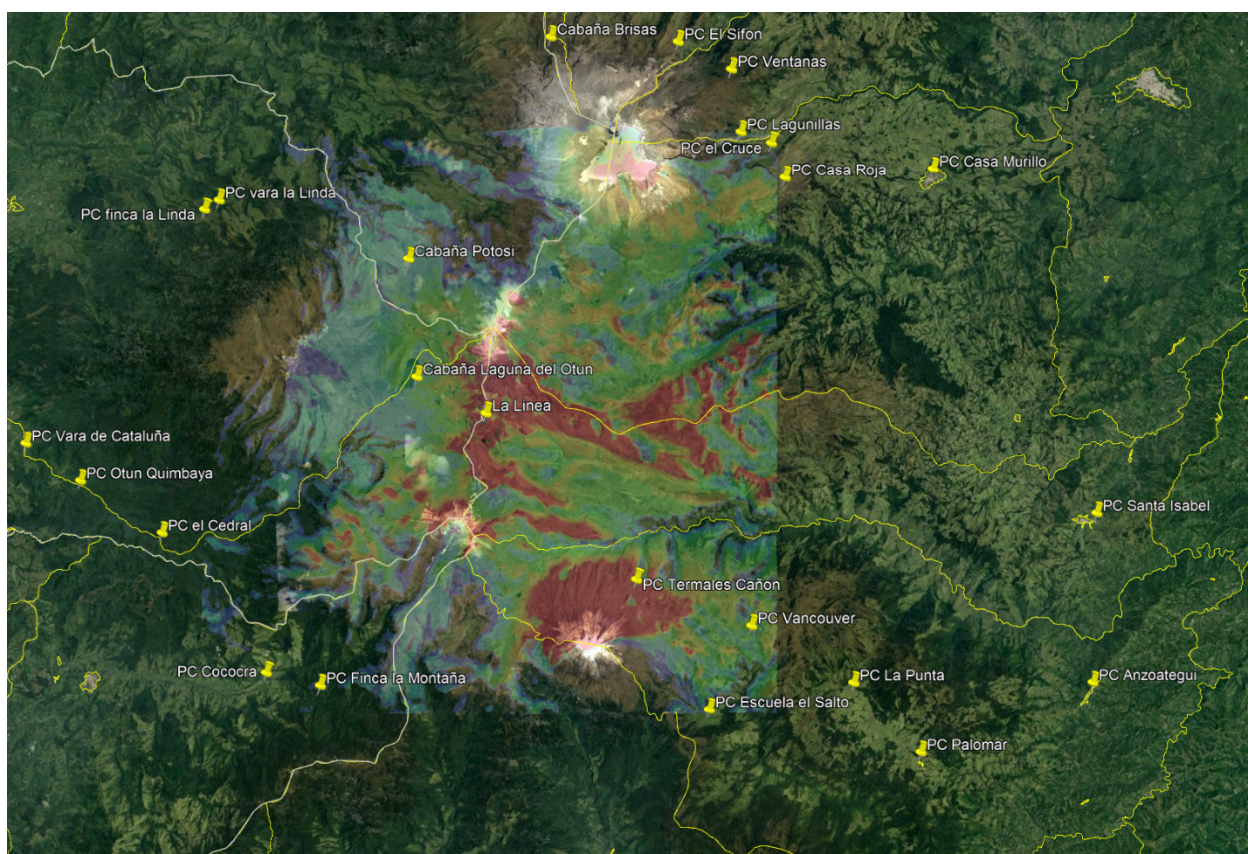
Figura 27 Simulación Repetidor VHF IDEAM



Fuente: Elaboración propia

Este es uno de los puntos visitados, se encuentra a una altitud que ronda sobre los 4800 metros sobre el nivel del mar, el acceso es complejo dado la altitud y los senderos inexistentes que dificultarían la instalación de infraestructura, este punto en particular permanece nublado lo que evitaría que la instalación de paneles solares fuera un soporte para la alimentación de equipos.

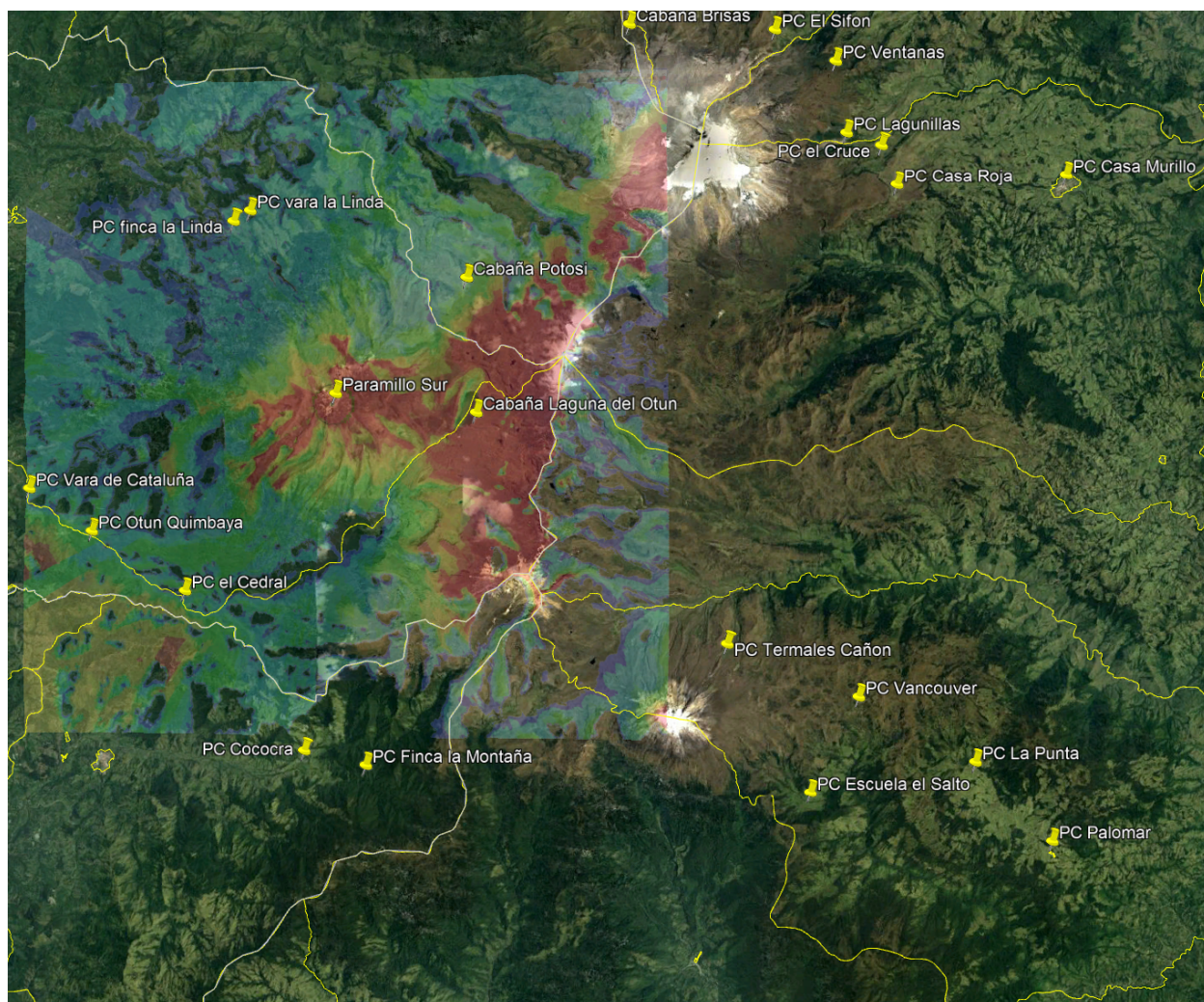
Figura 28 Simulación Repetidor VHF La Línea



Fuente: Elaboración propia

El paramillo de Santa Rosa sur en un muy buen lugar según la simulación para la instalación de un punto de repetición, fue uno de los lugares visitados, el acceso al lugar es un poco complejo debido a que no existen senderos de acceso al lugar.

Figura 29 Simulación Repetidor VHF Paramillo de Santa Rosa pico Sur

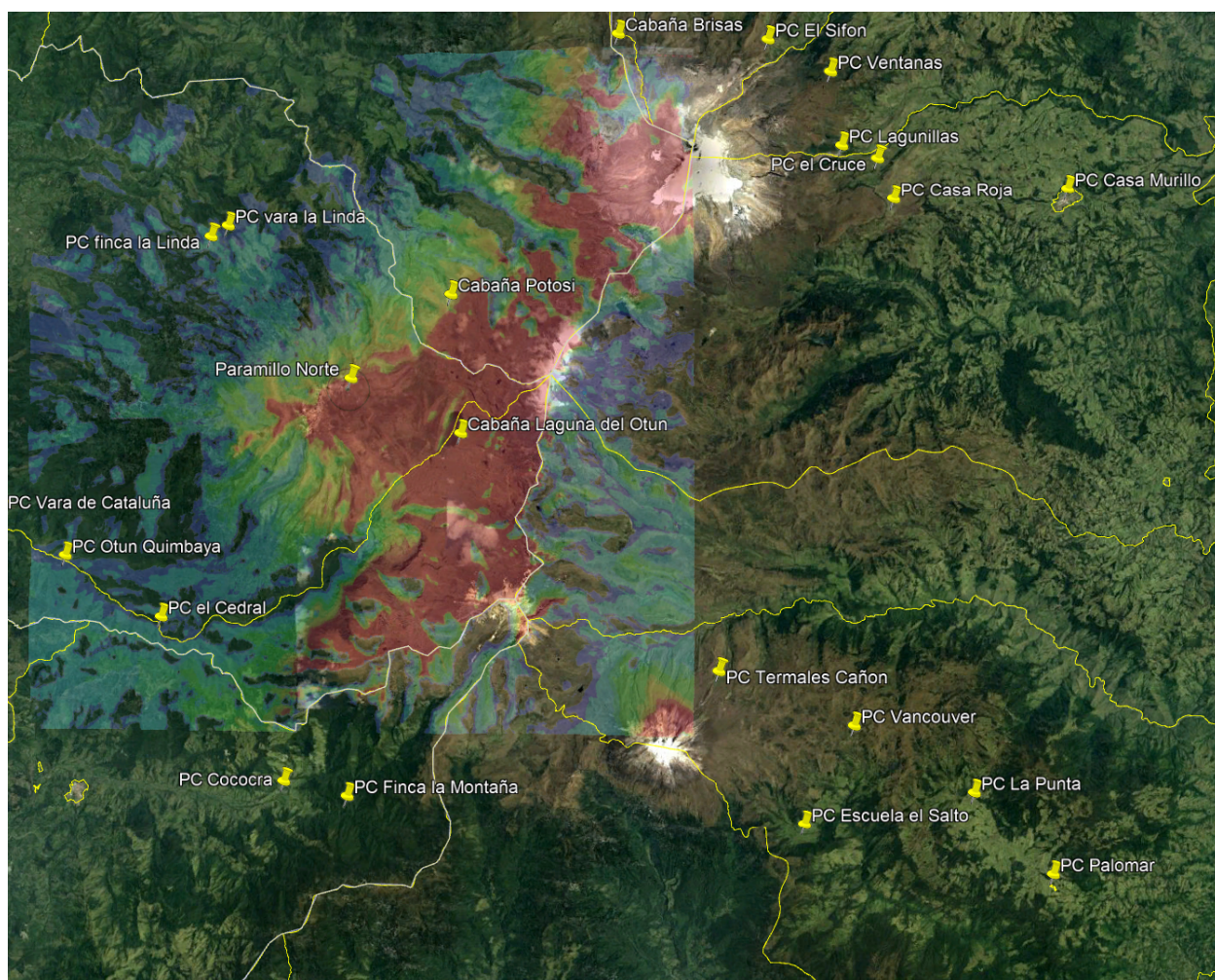


Fuente: Elaboración propia

Este punto fue visitado y resulta excelente desde el punto de vista de acceso y también de línea de vista a la cabaña del Otún, por la simulación realizada se puede decir que es mejor punto en comparación con el Paramillo de Santa Rosa SUR.

Como punto positivo se resalta que la línea de vista llega a la cumbre del nevado del Tolima, lugar que según los guardaparques siempre a carecido de cobertura de radio.

Figura 30 Simulación Repetidor VHF Paramillo de Santa Rosa pico Norte

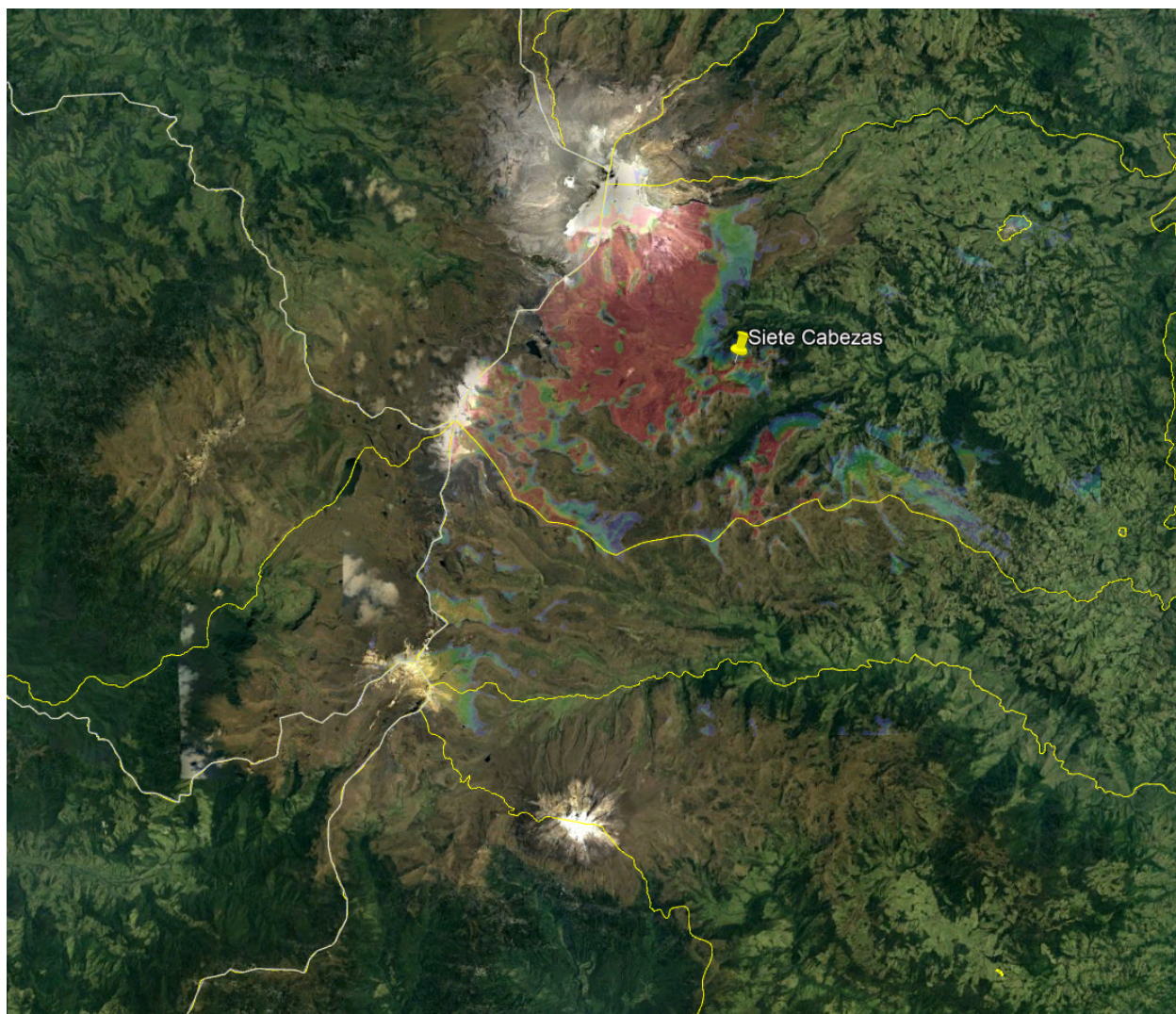


Fuente: Elaboración propia

Este lugar no fue visitado sin embargo según entrevistas de los guardaparques podría ser muy buen lugar la para instalación de un punto de repetición que permita la comunicación en el lado sur del nevado del Ruiz, con coordenada $4^{\circ}49'25.50''N$ $75^{\circ}16'25.10''W$.

Es uno de los lugares mas inhóspitos el interior del parque y no se tiene la certeza si perteneces a un privado o es de Parques naturales, este punto sería uno de los seleccionables para completar la arquitectura propuesta.

Figura 31 Simulación Repetidor VHF Siete Cabezas

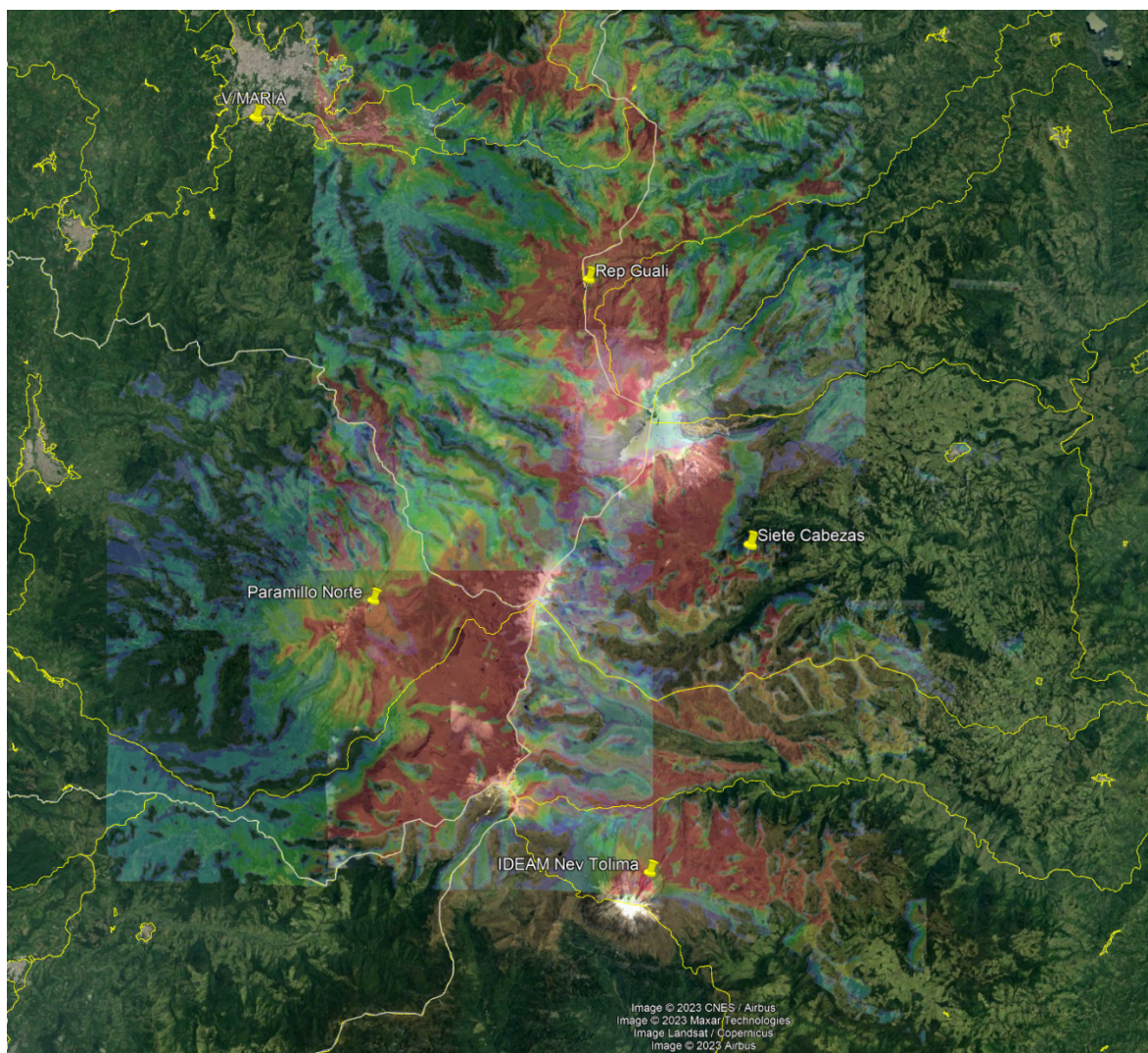


Fuente: Elaboración propia

9.5. Simulación Cobertura con 4 repetidores VHF

Teniendo de las simulaciones de los posibles puntos de repetición, todos ubicados a más de 4500 metros sobre el nivel del mar, se escogen los puntos para la instalación de puntos de repetición en el cerro Gualí, Paramillo de Santa Rosa Norte, Siete Cabezas y estación meteorológica del IDEAM ubicada en el nevado del Tolima, con estos 4 puntos de repetición se obtiene una cobertura más que aceptable de la mayoría del área del Parque como se ve en la figura.

Figura 32 Simulación Cobertura con 4 repetidores VHF



Fuente: Elaboración propia

10. Listado de infraestructura requerida

A continuación, se lista los elementos que se deberían tener en cuenta para completar la arquitectura propuesta, se tiene que considerar que no se detalla ni se contempla obras civiles por el impacto ambiental que esto requiere, se contempla un gabinete que puedan ser instalados a la intemperie con su respectivo soporte de antena y su kit de alimentación solar.

Por información de algunos de los guardaparques de Nevados mencionan que necesitarían para el personal alrededor de 45 radios portátiles, por lo que es una información no oficial, sin embargo, fue contemplado este número en la tabla.

Este listado podría crecer en la medida que se adicione accesorios específicos según el fabricante que suministre los elementos.

Tabla 16 Listado de infraestructura y equipos

LISTADO DE EQUIPOS		
ITEM	CARACTERÍSTICA	Cantidad
SISTEMA REPETIDOR		
1	REPETIDOR	3
2	DUPLEXER	3
3	ANTENA VHF	3
4	FUENTE DE ALIMENTACION	3
5	CABLE COAXIAL HELIAX 1/2", 30 METROS	3
6	CONECTORES N MACHO	3
7	CONECTORES N HEMBRA	3
8	PROTECTOR COAXIAL POLYPHASER	3
9	PIGTAIL 60 CM CON CONECTOR N MACHO a N MACHO	3
10	PIGTAIL 60 CM CON CONECTOR N MACHO a BNC MACHO	3
11	PIGTAIL DE 180 CM CON CONECTOR N MACHO a N MACHO	3
12	CABLE DE PODER BACKUP REPETIDOR (ITEM 1)	3
13	SOPORTE PARA LA ANTENA	3
14	PUESTA A TIERRA	3
15	KIT PANELES SOLARES PARA REPETIDOR	3
16	KIT SOPORTE PANELES SOLARES	3
17	GABINETE IP68	3
SISTEMA ENLACES MICROONDAS		
18	ENLACE DE MICROONDAS	5

LISTADO DE EQUIPOS		
ITEM	CARACTERÍSTICA	Cantidad
19	SOPORTE PARA LA ANTENA	5
SISTEMA RADIO BASE		
20	RADIO BASE VHF	31
21	ANTENA VHF	31
22	FUENTE DE ALIMENTACION	31
23	CABLE COAXIAL HELIAX 1/2", 30 METROS	31
24	KIT COLAS	31
25	CABLE DE PODER BACKUP REPETIDOR (ITEM 1)	31
26	SOPORTE PARA LA ANTENA	31
27	PUESTA A TIERRA	31
28	KIT PANELES SOLARES PARA RADIO BASE	31
29	KIT SOPORTE PANELES SOLARES	31
30	GABINETE IP68	31
31	PUESTA A TIERRA	
SISTEMA RADIOS PORTATILES		
32	RADIO PORTATIL VHF	45

Fuente Elaboración Propia

11. Explicación de la metodología recomendada por el cálculo del presupuesto

La metodología necesaria para el cálculo del presupuesto contempla los siguientes pasos:

- Realización de la Ingeniería de detalle del proyecto, en donde se deben incluir el levantamiento topográfico en sitio, realización de la ingeniería para el alcance eléctrico, de telecomunicaciones y obras locativas.
- Definición de listado de materiales requeridos para la ejecución del proyecto. Aunque ya se tiene un listado de materiales definido, es necesario reconfirmar sus cantidades teniendo de referente la ingeniería de detalle.
- Definición de la mano de obra en horas hombres del personal requerido para la ejecución del proyecto. Se debe incluir el personal administrativo, el personal dedicado a la dirección y seguimiento del proyecto y del personal ejecutor.

- Definición de las herramientas y equipos requeridos y el tiempo requerido durante la ejecución del proyecto.
- Definición del cronograma de ejecución del proyecto.
- Se debe contemplar un porcentaje en la utilidad por la ejecución del proyecto de un 25%, un porcentaje de imprevisto del 5% del valor total del proyecto y un porcentaje del IPC por el cambio de año.

Una vez definidas las cantidades de obra, mano de obra y tiempo de ejecución se calcula el costo total del proyecto.

12. Conclusiones

Se comprueba la hipótesis de la arquitectura propuesta en donde 4 puntos de repetición pueden ser suficientes para cubrir con radiocomunicaciones el Parque.

La propuesta de implementar un sistema de integración en radiocomunicaciones en el Parque Nacional Natural Los Nevados se presenta como una medida esencial para potenciar la comunicación, coordinación y gestión eficiente.

La propuesta de radiocomunicaciones fortalece las acciones destinadas a la protección y conservación de los valiosos recursos naturales y culturales del parque. La introducción de esta infraestructura no solo representa un avance tecnológico, sino también una herramienta estratégica para optimizar la preservación de este importante parque nacional.

Se Diagnostica el estado actual de las radiocomunicaciones al interior del PNN Los Nevados, y se realiza levantamiento de las necesidades de cobertura de la red de radio.

13. Lista de referencias

Parque Nacional Natural Los Nevados. (2022, julio 15). Parques Nacionales Naturales de Colombia. <https://www.parquesnacionales.gov.co/nuestros-parques/pnn-los-nevados/>

Planas, O. (2023, junio 29). *Descubriendo la Energía Eléctrica: De la Generación al Impacto*.

(S/f). Www.uv.es. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de

<https://www.uv.es/DSSQA/documentacion/castellano/PDF/14%20RADIACIONE>

[S.pdf](#).

(S/f-b). Ulpge.es. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de

<http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29329/transparenciasdeantenas.pdf>

Electromagnéticas, -Ondas. (s/f). *Capítulo 1.-PROPAGACIÓN*. Ulpge.es. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de

<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/27/27199/propagacion.pdf>

Huidobro, J. M. (s/f). *Antenas de telecomunicaciones*. Acta.es. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf

Monachesi, E., Frenzel, A. M., Chaile, G., Agustín, C., Gómez López, F. A., Ilio Monachesi, E.,

Chaile, C., & Gómez López, F. A. (s/f). *Conceptos generales de Antenas*.

Cloudfront.net. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[libre.pdf?1391694789=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoL](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[RniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32865605/antenas-libre.pdf?1391694789=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_generales_de_Antenas.pdf&Expires=1695506153&Signature=AaMqHFR3Xw70Qsv2WOL6W9mwVCGj4R7-mkvv77zEd8saxJ0djsCgXwVgA~s6WME9fXDoqZYoNSkNudu84b2Jv2CyJ7SCaBbX7vLJKG3e4icBumHDffANA1qM2RpQQLFHLjQLe~jRofwwLWDTRtFRbBCfRK5ltoLRniwOLH32C2etEB6We8a-JOhQiF1rxEOMgm2dNtkJQScnqK40tEK-td3AcbXH4gjYAF8-pavXxb2yHQZINe6FK5OTWne3BwHfEQ-EHthBiUm9G-Ll8Peis7FobISGaRPcKHa5hOzJGLFB8DJljsc53cgVMVfloyJiT839YNambkP-Q4aewcdBQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Antenas. (s. f.). Slideshare.net. Recuperado 23 de septiembre de 2023, de

<https://es.slideshare.net/XioyusmarMartinezParra/antenas-49795392>

Aznar, Á. C., Robert, J. R., Casals, J. M. R., Roca, L. J., Boris, S. B., & Bataller, M. F.

(2004). *Antenas*. Univ. Politèc. de Catalunya.

4.1.2.2.- *Ancho de haz*. (s. f.). Ulhi.net. Recuperado 23 de septiembre de 2023, de https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTVo4/es IEA ICTVo4 Contenidos/website_4122 ancho de haz.html

Mendoza, E., Farit, M., Moreno, R. P., Luis, I., Molero, G., & Arbitrado, A. (s/f). Urbe.edu. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de <https://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/Radio%20Frecuencia/Antena.pdf>

de La, E. Y. D. D. E. R. I. P. E. L. Á., JUNTA DE USUARIOS DEL SECTOR, & Bajo Piura, H. M. (s/f). *UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE*. Edu.pe. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/2590/INALAMBRICO_RADIOENLACES_SERNAQU%c3%89_RUIZ_NESTOR_OMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Verdaguer, G. (2020). *Antenas y guías de ondas*. Slideshare.net. <https://es.slideshare.net/gonzaloverdaguer/antenas-y-guas-de-ondas>

Completo, V. mi P. (s. f.). Teoría de Radiadores Electromagneticos. Blogspot.com. Recuperado 23 de septiembre de 2023, de <https://vasa960720.blogspot.com/2017/08/tipos-de-antenas.html>

Ordoñez, E. A. L., & Ortega, B. H. P. (s/f). *Diseño de antena Yagi-Uda a una frecuencia de 5.8 GHz*. Edu.co. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/01b19c0f-443e-4a0d-8c2a-8910092d8a72/content>

Cuadro nacional de atribucion de bandas de frecuencias. (s/f). Gov.co:10253. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de

<https://portalespectro.ane.gov.co:10253/JsonConfigAne/CNABF.pdf>

Pereira, J. M. C. (s. f.). *Antenas Lineales*. Scribd. Recuperado 23 de septiembre de 2023, de <https://es.scribd.com/document/603789613/ANTENAS-LINEALES-1>

Home. (2023, mayo 31). Parques Nacionales Naturales de Colombia.

<https://www.parquesnacionales.gov.co/>

Agencia Nacional del Espectro. (s. f.). Gov.co. Recuperado 23 de septiembre de 2023, de <https://www.ane.gov.co/SitePages/inicio.aspx>

Inicio. (s. f.). MINTIC Colombia. Recuperado 23 de septiembre de 2023, de <https://mintic.gov.co/portal/inicio/>

Borda Cruz, C. D., & López Rodríguez, R. A. (2021). *Diseño e implementación de una red de microondas y radiocomunicación en VHF como fortalecimiento de la red de apoyo comunitaria de la zona Metropolitana de Tunja.*

<http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/4514>

MANUAL SOBRE PROPAGACIÓN POR ONDA DE SUPERFICIE. (s/f). Itu.int. Recuperado el

24 de septiembre de 2023, de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-59-2014-PDF-S.pdf

Pérez, E. (2015). *PROPAGACIÓN Y ANTENAS.*

https://www.academia.edu/11658904/PROPAGACION_Y_ANTENAS