

**PLAN DE DESPLIEGUE TÉCNICO PARA CONECTIVIDAD EN CAPARRAPÍ-
CUNDINAMARCA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS Y
DEL MARCO NORMATIVO COLOMBIANO**

(Trabajo de Grado)

ARNOLD LOPEZ SERRATO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Magíster en Telecomunicaciones y Regulaciones TIC

Director:

Ing. Fernando Prieto Bustamante, PhD / MSc

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES Y REGULACION TIC
BOGOTÁ, 2024

Para María del Carmen y Esperanza,
que con sus largas charlas y consejos, así
como su apoyo incondicional han creado
y aportado a la persona que soy.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos al Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación – MinTIC, que a través del fondo un Ticket para el Futuro, me permitió cursar la maestría, así mismo a la Universidad Santo Tomas, por su apoyo y convicción de construcción de país a través de la educación.

Igualmente, quiero agradecer a las personas más allegadas entre familia y amigos que me han dado sus palabras de aliento para no desfallecer y que me ha alentado a alcanzar este logro.

TABLA CONTENIDO

1. MARCO GENERAL DEL PROYECTO	11
1.1 Descripción del problema	11
1.2 Justificación.....	13
1.2.1 Objetivo General.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Alcance	13
1.4 Estado del arte	13
1.5 Bases técnicas	14
1.6 Bases legales	16
2 REGLAMENTACIONES TÉCNICAS Y NORMATIVAS PARA EL DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES	19
2.1 Estándares	19
2.1.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).....	20
2.1.2 Estándar UNE 133100 (Unión de Normalización Española)	21
2.1.3 Estándar – TL9000	23
2.1.4 Estándar NTC 5797	24
2.2 Marco normativo para las telecomunicaciones	24
2.2.1 Marco Normativo en España	25
2.2.2 Marco Normativo en Argentina	26
2.2.3 Marco Normativo en Colombia.....	28
2.3 Hoja de ruta técnica.....	29
3 MARCO NORMATIVO EN COLOMBIA PARA EL DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES	31
3.1 Entidades involucradas en el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones	33
3.1.1 Entidades del orden nacional.....	33
3.1.2 Agentes instaladores de redes de telecomunicaciones.....	34
3.1.3 Entidades del orden territorial	35
3.1.4 Comunidad	36
3.2 Normatividad aplicable a Caparrapí.....	36
3.2.1 Barreras o limitantes en el despliegue de redes de telecomunicaciones...	37

3.2.2	Parámetros técnicos para Caparrapí.	38
4	PROPUESTA DE DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA PARA CAPARRAPÍ ..	40
4.1	Análisis de la demanda y la necesidad	40
4.1.1	Análisis demográfico.....	41
4.1.2	Análisis Topográfico	42
4.1.3	Áreas y zonas a generar cobertura de conectividad	43
4.2	Disposiciones técnicas	44
4.2.1	Fibra Óptica sin Regeneradores	45
4.2.2	Fibra Óptica con Regeneradores	45
4.2.3	Redes fijas inalámbricas	45
4.3	Adaptación al contexto local (Municipio de Caparrapí)	45
4.3.1	Modelo de red.....	46
4.3.2	Diseño red de acceso a centros poblados	47
4.3.3	Diseño red de acceso a rural disperso	48
4.3.4	Cálculos de la propagación red fija Inalámbrica.....	49
4.4	Propuesta de ejecución para el despliegue de infraestructura en Caparrapí	57
5	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	63
5.1	Conclusiones.....	63
5.2	Líneas futuras.....	64
6	REFERENCIAS	65

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Accesos fijos a Internet por cada 100 habitantes por departamento. Tomado de MinTIC [11].	12
Ilustración 2: Distribución de tenencia de espectro en bandas baja. Tomado de MinTIC [22]	19
Ilustración 3: Jerarquía de las normas del sector de telecomunicaciones en Colombia (Elaboración propia).	31
Ilustración 4: Parámetros técnicos del marco normativo colombiano (Elaboración propia).	32
Ilustración 5: Ubicación del municipio de Caparrapí (Tomado de Wikipedia).	40
Ilustración 6: Perfil topográfico del Municipio de Caparrapí (Tomado del software Xirio).	42
Ilustración 7: Mapa de Caparrapí con la ubicación de centros poblados (Fuente Alcaldía de Caparrapí) [56].	43
Ilustración 8: Ubicación de inspecciones y centros poblados (Elaboración propia)	44
Ilustración 9: Recorrido de enlaces de fibra óptica (Elaboración propia).	46
Ilustración 10: Arquitectura de red (Elaboración propia).	47
Ilustración 11: cuadro nacional de atribución de bandas esta dado de los 2400 – 2483,5 MHz (Tomado de MinTIC).	49
Ilustración 12: Rangos de cobertura (Elaboración propia).	50
Ilustración 13: Área de simulación (Elaboración propia).	51
Ilustración 14: Parametrización en las antenas (Elaboración propia).	52
Ilustración 15: Simulación de antena ubicada en Tatí (Elaboración propia).	53
Ilustración 16: Simulación de antena ubicada en San Ramón (Elaboración propia).	53
Ilustración 17: Simulación de antena ubicada en La Azauncha (Elaboración propia).	54
Ilustración 18: Simulación de antena ubicada en San Pedro (Elaboración propia).	54
Ilustración 19: Simulación de antena ubicada cerca al casco urbano (Elaboración propia).	55
Ilustración 20: Simulación de antena ubicada en Canchimay (Elaboración propia).	56

Ilustración 21: Simulación de antena ubicada en Cámbulo (Elaboración propia).	56
Ilustración 22: Mapa de cobertura con todas las antenas (Elaboración propia).....	57

TABLA DE TABLAS

Tabla 1: Marco normativo de España (Elaboración propia).....	26
Tabla 2: Marco normativo en Argentina (Elaboración propia).....	28
Tabla 3: Marco normativo en Colombia (Elaboración propia).....	29
Tabla 4: Distancia de enlaces de fibra óptico (Elaboración propia).	48
Tabla 5: Planes de canalización en la banda libre de 2.4GHz (Elaboración propia).	49
Tabla 6: Ubicación de estaciones base para las antenas (Elaboración propia).	50
Tabla 7: Cronograma del despliegue de conectividad del municipio de Caparrapí (Elaboración propia).....	62

ACRÓNIMOS

MinTIC – Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación

ANE – Agencia Nacional del Espectro

CRC – Comisión de Regulación de Comunicaciones

TIC – Tecnologías de la Información y la comunicación

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística

F.O. – Fibra Óptica

ITU – International Telecommunication Union (en español Unión Internacional de telecomunicaciones)

UNE – Una Norma Española

NTC – Norma Técnica Colombiana

PND – Plan Nacional de Desarrollo

UE – Unión Europea

RITEL – Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones

RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

MHz - Unidad de medida de la frecuencia en millones de Hertzios por cada unidad

RESUMEN

Este documento ha sido desarrollado con el fin de proponer un plan de despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en zonas de baja densidad poblacional, en el que se toma como piloto el municipio de Caparrapí, ubicado en el departamento de Cundinamarca, en el desarrollo de este trabajo se realiza un análisis de la normatividad vigente en diferentes países igual que en Colombia y como aplica en el entorno municipal o regional, igualmente la verificación de estándares en el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, que permite visualizar los diferentes requerimientos técnicos que se presentan a partir de las necesidades de la comunidad. Finalmente se presenta una propuesta de despliegue de infraestructura para conectividad en el municipio de Caparrapí, donde se tiene una arquitectura de conectividad, unas zonas de cobertura para los lugares más apartados y un cronograma para una posible implementación y puesta en marcha.

Palabras clave: Acceso; Conocimiento; Virtual; TIC; Red; iniciativa.

ABSTRACT

This document has been developed with the purpose of proposing a plan for the deployment of telecommunications infrastructure in areas of low population density, taking the municipality of Caparrapí, located in the department of Cundinamarca, as a pilot project. This study includes an analysis of the current regulatory framework in different countries and in Colombia, as well as its application in the municipal or regional context. Additionally, it verifies the compliance with standards for the deployment of telecommunications infrastructure, which enables the identification of the various technical requirements arising from the needs of the community. Finally, it presents a proposal for the deployment of connectivity infrastructure in the municipality of Caparrapí, which includes a connectivity architecture, coverage zones for remote areas, and a timeline for possible implementation and deployment.

Keywords: Access; Knowledge; Virtual; TIC; Grid; Initiative.

INTRODUCCIÓN

La modernización de las zonas rurales hace que se presenten servicios como estaciones de mediciones de variables climáticas que permitan tomar decisiones en tiempo real y que afecten la producción de cultivos (Agricultura Inteligente), alumbrado público inteligente, redes de cámara de identificación biométrica, toma de lecturas de medidores de servicios públicos en tiempo real, seguimiento en tiempo real a las variable medio ambientales para prevención de desastres naturales; al final de todos estos servicios, lo que permite es mejorar la calidad de vida para los habitantes, así mismo el cuidado y gestión optima de los recursos naturales.

A partir de los servicios tecnológicos, se generan dinámicas que permitan la sostenibilidad ambiental y la preservación de la cultura (conjunto de conocimientos, ideas, tradiciones y costumbres), que estén encaminadas hacia un desarrollo económico sostenible a través del uso de la tecnología se generan oportunidades y disminuyan brechas sociales y económicas.

La conectividad rural en Colombia históricamente se ha encontrada en el olvido, debido a varios factores, pero los dos principales son:

1. Bajo retorno de inversión para los operadores o titulares privados.
2. Poco despliegue de infraestructura.

Teniendo en cuenta los anteriores puntos, se propone un modelo de territorio inteligente y conectado a través de un plan de despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, debe estar enmarcado en los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la Organización de Naciones Unidas (ONU), a través de la proposición de los “17 *objetivos de desarrollo sostenible*” [1] y más exactamente en los objetivos 9 y 11 “industria, innovación e infraestructura y ciudades y comunidades sostenibles” donde uno de ellos comenta que “*La innovación y el progreso tecnológico son claves para descubrir soluciones duraderas para los desafíos económicos y medioambientales, como el aumento de la eficiencia energética y de recursos.*” [2]

La población rural en Colombia solo representa el 15,8% [3] del total nacional. Para el caso de estudio, el municipio de Caparrapí ubicado en el departamento de Cundinamarca no cuenta con infraestructura TI propicia para la implementación servicios digitales, ya que

tiene una penetración de banda ancha que apenas llega al 5.02% promedio para el año 2024 [4], generando brechas socioculturales y socioeconómicas.

En el desarrollo del presente documento se divide en 5 capítulos que enmarcan un plan de despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en el municipio de Caparrapí, que busca brindar una solución de última milla en zonas rurales con difícil acceso y complemento a la cobertura de conectividad de telefonía móvil 4G/5G, el capítulo 1, contiene el estado de la conectividad en Colombia en las zonas rurales. El capítulo 2, se realiza una revisión de estándares técnicos para la conectividad y marco normativos de diferentes países, después en el capítulo 3, se realiza un análisis de los parámetros técnicos y jurídicos en el marco normativo en Colombia, luego en el capítulo 4, se presenta la propuesta de plan de despliegue de infraestructura para zonas rurales, teniendo como punto de partida el municipio de Caparrapí, en el que se tiene una densidad poblacional de 61 habitantes por kilómetro cuadrado, así como una distribución geopolítica de varios centros poblados, cabecera municipal y 119 veredas, y finalmente el capítulo 5 contendrá las conclusiones y líneas futuras del presente documento.

1. MARCO GENERAL DEL PROYECTO

Las naciones unidas a través de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura – FAO [5], a través de la plataforma de territorio y paisajes inclusivos y sostenibles argumenta que el desarrollo de los territorios debe estar acompañado de tecnologías de la información y la comunicación en que la tecnología es un habilitante para el desarrollo sostenible de los territorios.

Para la conferencia mundial de telecomunicaciones [6] definió diferentes problemáticas que golpean fuertemente la expansión de redes de comunicación en las áreas rurales y varias de ellas son:

- Migración masiva de la población hacia zonas urbanas.
- Mayor estudio y baja rentabilidad, así mismo de soluciones específicas a las zonas en las que se pretende dar cobertura.
- En el despliegue de infraestructura se necesita de montajes específicos de energía eléctrica, casetas, mano de obra calificada, accesibilidad entre otras [7].

1.1 Descripción del problema

En la actualidad a nivel nacional se generan reportes que permiten evaluar y validar la penetración y cobertura de internet en áreas rurales y urbanas, es por ello que el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, a mediados del año 2024 presentó el informe de indicadores básicos de TIC en Hogares [8], en el que se encontró notables diferencias de los hogares que poseen conexión a internet del cual del total de la población el 63,9% tenía acceso a internet, pero del 63,9% solo el 41,4 % de la población que se encuentra ubicada en centros poblados y rural disperso acceden a internet, esta medición agrupa las tecnologías móviles y fijas. De igual manera se encontró que el 77,0% de los hogares colombianos, al menos un integrante del núcleo familiar tiene un teléfono móvil, pero los centros poblados y rural disperso alcanzo el 64,2%.

En 2021 se estableció la ley 2108 “Ley de internet como servicio público esencial y universal” [9] establece que los servicios públicos de telecomunicaciones, el acceso a internet como esencial con el fin de proponer la universalidad para garantizar y asegurar una prestación de servicios de manera eficiente, continua y permanente y que en

modificación del artículo 38 de la Ley 1341 de 2009 [10], propone la masificación del uso de las TIC y el cierre de la brecha digital.

En el informe trimestral del sector para el trimestre 2024-2 [11], presentado por el ministerio de tecnología de la información y la comunicación MinTIC, presenta el acceso fijo a internet por cada 100 habitantes para el departamento es de Cundinamarca 18,63 ubicándose por encima del promedio nacional que es de 17,06, así mismo un porcentaje de penetración 19,3%

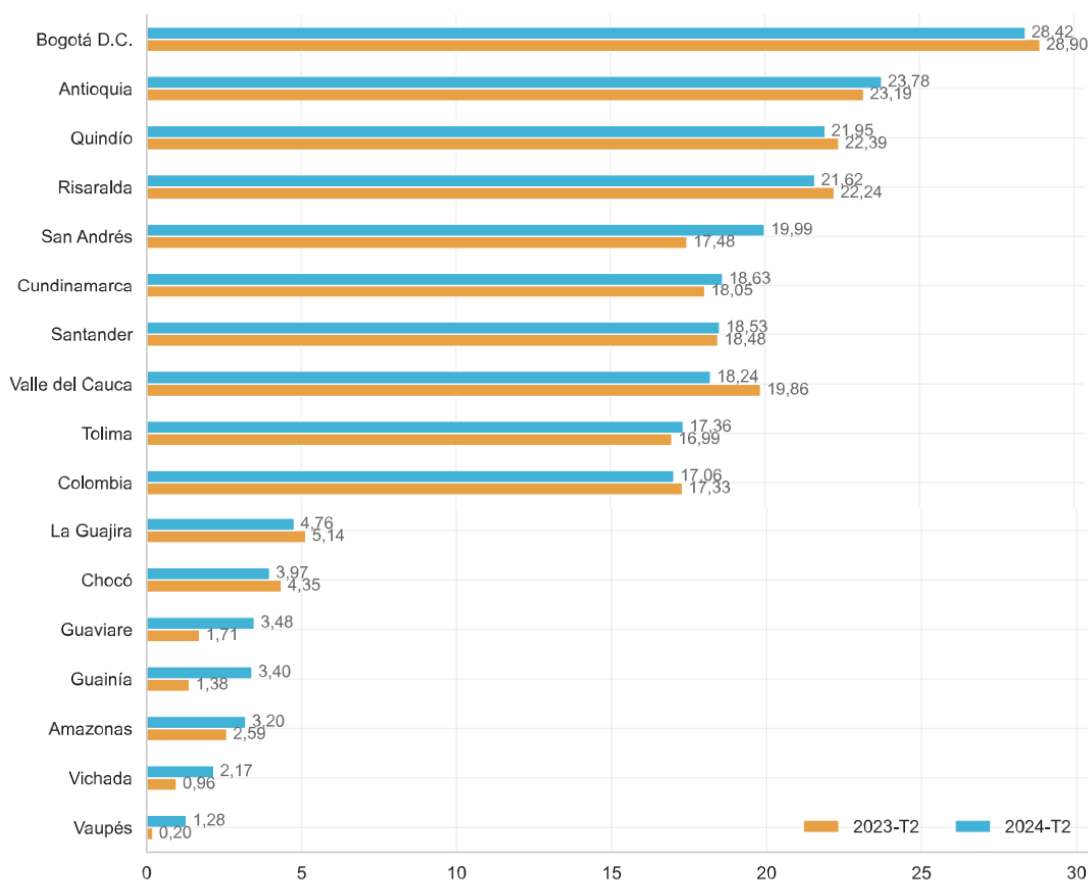


Ilustración 1: Accesos fijos a Internet por cada 100 habitantes por departamento. Tomado de MinTIC [11].

Para este mismo informe, el municipio de Caparrapí presento un porcentaje de penetración de 30,6%, pero su promedio histórico es del 6,4%.

Teniendo en cuenta lo anterior enmarcan el desarrollo de este documento, con el fin de generar un posible escenario que permita el cierre de la brecha digital en las zonas y regiones más apartadas y lejanas de las zonas urbanas.

1.2 Justificación

1.2.1 Objetivo General

Formular un plan de despliegue técnico para conectividad en Caparrapí - Cundinamarca mediante el análisis de las condiciones técnicas y del marco normativo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer la hoja de ruta técnica basado en la revisión y la identificación de los marcos de referencia técnicos y normativos.
- Identificar los parámetros técnicos, requeridos por el marco normativo a nivel de Colombia, aplicables a Caparrapí.
- Caracterizar el escenario propuesto para Caparrapí, que responda a los requerimientos normativos y técnicos.

1.3 Alcance

Realizar un documento en el que se propone un plan de despliegue técnico para conectividad en Caparrapí - Cundinamarca mediante el análisis de las condiciones técnicas y del marco normativo.

El alcance contempla un documento en el que se plasma un marco técnico y normativo que permite tener una propuesta para ser utilizado en proyectos de despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en territorios con población dispersa.

1.4 Estado del arte

Colombia, enfrenta grande resto de conectividad motivo por el cual el ministerio de tecnologías de la información y la comunicación – MinTIC, busca estrategias, proyectos y metas para brindar conectividad, una de esta apuesta es la cobertura de redes móviles a través de tecnologías 4G y 5G, pero también ha tenido otros proyectos en los que ha buscado llegar a las regiones más alejadas o apartadas de las urbes, con el fin de cubrir estas zonas en la subasta del espectro para tecnologías 4G, realizado en el 2019 se generaron obligaciones de hacer para llegar a las regiones más apartadas en los que se priorizaron, según lo ordenado en la resolución 02752 de 2019 [12], en las que se establecieron 5766 zonas o lugares priorizados. En la subasta llevada en el 2024, para habilitar la expansión de redes para tecnología 5G, en la que se generaron obligaciones de

cobertura en carreteras primarias, carreteras secundarias y prestación de servicio de internet a instituciones educativas a través de la resolución 03947 de 2023 [13]. Al considerarse insuficiente la conectividad a través de redes móviles para llegar, así como pluralidad en conectividad el ministerio ha desarrollado otros proyectos como lo son:

- Proyecto Nacional de fibra óptica
- Proyecto nacional de alta velocidad
- Zonas digitales rurales
- Última milla: hogares conectados
- Centros digitales
- Zonas digitales urbanas (ZDU)
- Zonas Wifi Públicas San Andrés

Para los anteriores proyectos, en su mayoría se encuentran finalizados o en etapa de ejecución, ya que varios de ellos vienen desde el año 2013 como es el caso del proyecto puntos vive digital que viene siendo parte del proyecto Nacional de Alta Velocidad, y los proyectos en los que se encuentran en ejecución, con aquellos en ellos que esos proyectos finalizados no tuvieron alcance en dichos territorios.

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, la población del municipio de Caparrapí, para el año 2020 era de 13.253 en total, distribuidas de 9.895 en centros poblados y rural disperso y 3.358 en la cabecera municipal, siendo 74,66% y 25,33% respectivamente, en las proyecciones dadas en el 2024 la población total sería de 14.809, con una distribución de 9.966 en centros poblados y rural disperso y 4.843 en la cabecera municipal, siendo 67,29% y 32,70% [14].

Todo lo anterior, se ha desarrollado con el fin de cerrar la brecha digital que tienen diferentes comunidades con el uso de la tecnología, así mismo el crecimiento tecnológico permite que las mismas comunidades crezcan y mejoren su calidad de vida, así como su interacción con el entorno y el medio ambiente.

1.5 Bases técnicas

En el desarrollo del plan de conectividad se requiere tener una serie de bases técnicas que permita tener un desarrollo integral, para ellos se requiere verificar una serie de tecnologías

de conectividad de última milla, que sean apropiados para conectividad rural, estas pueden ser:

- Quinta Generación de Redes Móviles (5G)
- Cuarta Generación de Redes Móviles (4G)
- Redes Wi-Fi (Wi-Fi 6 y Wi-Fi 6E)
- Redes Fijas Inalámbricas (Fixed Wireless Access, FWA)
- Redes Mesh Inalámbricas
- Fibra Óptica

Para cada una de las tecnologías anteriormente mencionadas tienen sus requerimientos para el diseño, construcción, implementación, soporte y mantenimiento de las diferentes redes para lo cual cada tecnología, tiene diferentes metodologías para su operación:

- a) Redes móviles (5G):** Las redes banda ancha móvil de 5G (Quinta generación), buscan dar mayor capacidad de transmisión, bajas latencias, eficiencia energética, alta fiabilidad, así como integrar nuevas tendencias como internet de las cosas, machine learning, y en Colombia se han empezado el despliegue de redes móviles 5G, a lo cual genera retos para su implementación y despliegue [15].
- b) Redes móviles (4G):** Las redes móviles utilizan dos tipos de tecnologías: LTE Advanced y WirelessMAN-Advanced, esta tecnología está diseñada para brindar altas velocidades, rendimiento, bajas latencias, uso del espectro del espectro radio eléctrico, interoperabilidad con tecnologías como 2G y 3G y escalabilidad en el despliegue de redes, igualmente todo su protocolo de transmisión está basado en IP [16].
- c) Redes Wi-Fi:** Las redes Wi-Fi tiene diferentes características y están dadas soluciones de conectividad de corto alcance, debido a que tiene alcance en exteriores de 150 metros y en interiores de 30 a 50 metros, así mismo tiene características como lo son: uso de diferentes bandas de frecuencia, altas velocidades de transferencia de datos, capacidad multiusuario, entre otras [17].
- d) Redes fijas inalámbricas:** Las redes fijas inalámbricas (FWA), son una alternativa que proporciona conexión a internet, eliminando la conexión física a la red (líneas telefónicas, cable o fibra), estas conexiones es una alternativa de última milla para brindar conexión a pequeñas empresas o hogares. Parte de las ventajas de esta

tecnología son la fácil instalación y cobertura en zonas en las que la infraestructura física no es de costo accesible [18].

- e) **Redes mesh inalámbrica:** Las redes inalámbricas es un sistema interconectado (forma malla) entre diferentes antenas y que busca dar mayor capacidad a zonas o áreas en las que con la infraestructura dedicada no alcanza a suplir, o para brindar una conexión inteligente y brindar mayor cobertura. Estas redes pueden tener un solo punto de acceso a internet, pero brindar conexión a diferentes antenas y brindar dinamismo en la red de transmisión dadas entre antenas [19].
- f) **Fibra óptica:** Las redes de fibra óptica son infraestructura de telecomunicaciones compuesta por cables que llevan hilos compuestos por vidrio u otro material dieléctrico, en el que se trasmite pulsos de luz, una de sus grandes características es que permite altas velocidades, con gran capacidad y perdidas insignificantes. Se tienen diferentes tipos o modos de uso, en la que ha permitido generar diferentes arquitecturas de solución [20].

1.6 Bases legales

Las bases legales en Colombia están dadas en la constitución política de Colombia [21] y en el caso de la prestación de servicios de telecomunicaciones, están fundamentados en el artículo 365 y que a partir de allí se establecen una serie de regulaciones y normatividad que permite asegurar el funcionamiento de la infraestructura de red, así como la prestación de servicios de manera adecuada y que contribuya a garantizar la seguridad, equidad en el acceso, competencia justa, así como el cumplimiento de normatividad nacional e internacional. A continuación, se describe parámetros aplicados en la regulación y normatividad de sector de telecomunicaciones en Colombia:

- a) **Regulación de telecomunicaciones:** En la operación de redes de telecomunicaciones se requieren de licencias y permisos para su operación, estas pueden ser de índole nacional o regional, así mismo en el caso de los servicios que son inalámbricos se requiere de la asignación de espectro radioeléctrico y que es limitado.
- b) **Normativas de construcción:** En la creación de espacios adecuados (Data center, centros de cableado, ductería o tendido de enlaces de fibra, bases y torres), se requieren permisos que pueden ser de índole nacional, regional o municipal, así

mismo en el cumplimiento de políticas y estándares de salud y seguridad en el trabajo.

- c) **Regulación de radiocomunicaciones:** El uso de dispositivos que generan campos radioeléctricos deben cumplir con normatividad internacional y nacional, ya que estos pueden llegar a afectar la vida si no se tiene presente las normas para la protección contra radiación no ionizantes.
- d) **Competencia y funcionamiento de los mercados:** La economía es regulada por normas nacionales que buscan competencia justa de igual manera tiene temas tributarios que afecta su manera de operar. Para el uso de la red entre los operadores se busca la neutralidad de la red y la libre decisión del usuario para escoger su operador.
- e) **Protección de datos y privacidad:** Ante la masificación del uso de servicios de la red y la transmisión de datos personales con el fin de identificar cada una de las personas que hacen uso de esta, se tiene la necesidad de proteger dichos datos, así como el derecho de la privacidad, por lo cual se tienen normas de privacidad y protección de datos personal, de igual manera en seguridad de la información, se deben habilitar mecanismos que permitan el cifrado de las comunicaciones.
- f) **Regulación ambiental:** En la consolidación de proyectos de infraestructura de telecomunicaciones se debe evaluar el impacto ambiental, por lo que se deben cumplir normatividad nacional, regional y local. De igual manera se debe realizar una correcta gestión de residuos eléctricos y electrónicos, debido a que en el tiempo nacen nuevas tecnologías y que realiza el descarte de infraestructura que ya ha cumplido su ciclo de vida.
- g) **Regulación internacional:** Los países generan acuerdos de interacción comercial, así como políticas y normas que afectan la operación de las redes de comunicación, es por ello por lo que se tiene organismos como la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), que busca estandarizar la operación de TIC a nivel mundial y que los países puedan estar reglados y generar fácil acceso a las personas en cualquier parte del mundo.

A partir de las disposiciones normativas y regulatorias en el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, se pretende se desarrolle el sector de manera responsable, respetando los derechos de los usuarios, del entorno y, la competencia de la mano con la

seguridad digital. Así mismo garantizando la cobertura, capacidad y calidad del servicio con el fin de satisfacer a los usuarios y los nuevos servicios que se desarrollan.

El despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones se ve impacta por otros sectores como lo es el desarrollo territorial, fundamentados en los artículos 287 y 313 de la constitución política de Colombia [21].

2 REGLAMENTACIONES TÉCNICAS Y NORMATIVAS PARA EL DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES

Para el desarrollo del presente capítulo, se enmarcarán en dos apartados: {1} las disposiciones técnicas a partir de estándares, normas y recomendaciones de organizaciones a nivel nacional e internacional que brindan parámetros para el despliegue y consolidación de infraestructura de telecomunicaciones. En la disposición regulatorias, {2} se exponen los marcos normativos de tres países España, Argentina y Colombia, estos países se presentan, debido a sus dinámicas normativas comparables como el subsector de redes móviles y que están enmarcados en infraestructura, atención al usuario, calidad, cobertura, entre otros.

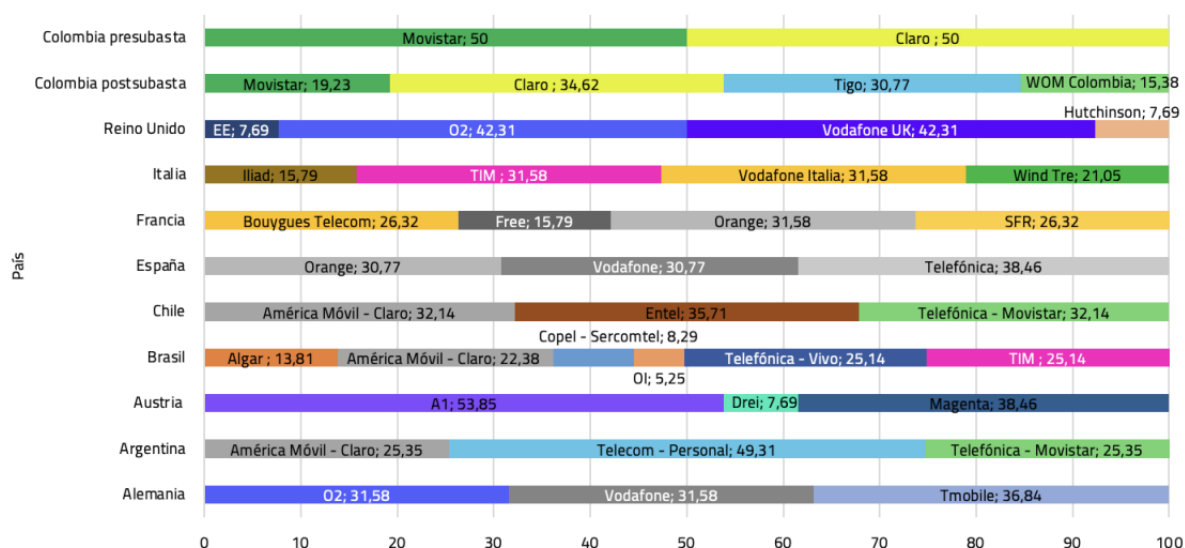


Ilustración 2: Distribución de tenencia de espectro en bandas baja. Tomado de MinTIC [22]

Teniendo en cuenta que las reglas del mercado y la competencia se someten ante los marcos regulatorios de cada país, permite identificar los aspectos técnicos y normativos en la infraestructura de telecomunicaciones.

2.1 ESTÁNDARES

Para el despliegue de infraestructura se debe tener en cuenta diferentes aspectos técnicos, y que son de vital importancia para el adecuado funcionamiento de la infraestructura, una vez se ponga en funcionamiento deben tener la capacidad de soportar los servicios para la

cual fue diseñada la red de telecomunicaciones, así mismo debe permitirse un crecimiento a fin de cubrir los nuevos requerimientos que pueden llegar a tener por parte de los usuarios.

Teniendo en cuenta lo anterior, diferentes entidades y corporaciones a nivel mundial y nacional han generado parámetros, guías, manuales, directrices y otra documentación que permite adelantar nuevos requerimientos de infraestructura de telecomunicaciones y que están diseñados según las necesidades del sector con el apoyo del sector productivo, la academia y demás actores que permiten tener documentos con diferentes visiones de ejecución. A continuación, se presenta una serie de entidades y estándares que han generado documentación para el despliegue de redes de telecomunicaciones:

2.1.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)

La unión internacional de telecomunicaciones (por sus siglas en inglés, ITU), tiene diferentes recomendaciones, así como manuales, guías, procedimientos, directrices, etc. que permiten parametrizar la instalación, mantenimiento y reparación de las telecomunicaciones.

Dentro de la documentación generada por parte de la ITU, está el apartado de “*Recomendaciones*”, que son los documentos de aspectos técnicos y que dan vista a la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial. Las recomendaciones y series, más conocido como ITU-T, ha categorizado la documentación, con el fin de tener mayor claridad. Para nuestro caso de estudio, se toman la Serie Y: Infraestructura de información global, aspectos del protocolo de internet, redes de próxima generación, internet de las cosas y ciudades inteligentes [23], y se ha dividido en diferentes capítulos que dan respuesta a las necesidades del sector. Los capítulos son los siguientes:

- Y.100 – Y.999: Infraestructura de información Global
- Y.1000 – Y.1999: Aspectos del protocolo de Internet
- Y.2000 – Y.2999: Redes de próxima generación
- Y.3000 – Y.3499: Redes futuras
- Y.3500 – Y.3599: Computación en la nube
- Y.3600 – Y.3799: Grandes datos
- Y.3800 – Y.3999: Redes de distribución de claves cuánticas
- Y.4000 – Y.4999: Internet de las cosas y comunidades inteligentes
- Suplementos Y: Suplementos de las recomendaciones de la serie Y

Como se visualiza anteriormente, la infraestructura de telecomunicaciones engloba una serie de aspectos físicos y lógicos, y que la serie Y lo ha enmarcado en 9 grandes capítulos. Estos buscan responder a las necesidades de las telecomunicaciones, tendencias y nuevas tecnologías que nacen desde diferentes sectores, como lo son la academia, la empresa, sectores públicos entre otros.

En el desarrollo de estas normas se espera que sean utilizadas como instrumento de apoyo en el desarrollo y despliegue de infraestructura ya que tiene como objetivo, permitir, proporcionar, apoyar, abarcar y funcionar las herramientas para que las empresas, organismos y en general el sector de las telecomunicaciones obtengan los mejores resultados y desempeño la infraestructura mundial de la información.

2.1.2 Estándar UNE 133100 (Unión de Normalización Española)

La asociación de normalización española, más conocida como UNE trabaja en la elaboración de normas técnicas, así como apoyo a las actividades de cooperación internacional. La asociación UNE es un organismo designado por el ministerio de economía, industria y competitividad del país de España y que busca que con sus actividades impulse el desarrollo, con la promoción de conocimiento y fortalecimiento del sector productivo de dicho país.

En la organización tiene diferentes grupos de trabajo, el cual está el grupo 133 (Telecomunicaciones), que está integrado por empresas del sector, fabricantes de tecnología y academia (Representados por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones), y que tiene como objetivo principal garantizar la llegada de nuevas tecnologías, teniendo en cuenta los principios de infraestructura de calidad, economía y transparencia con los usuarios

El grupo 133 tiene una serie de normas que establecen diferentes mecanismos al sector de las telecomunicaciones, para este caso de estudio esta la serie 133100 se refiere o esta acotada a la infraestructura que soporta las redes de comunicación, titulado “Infraestructura para redes de telecomunicaciones”, a continuación, se presenta sus diferentes partes que están encaminadas a soluciones específicas:

UNE 133100-1:2021 Parte 1: Canalizaciones subterráneas

Establece las condiciones generales para la construcción de canalizaciones subterráneas con el fin de poder instalar redes de telecomunicaciones, así mismo prevé las condiciones, materiales, instalaciones y verificaciones para su construcción, por lo tanto, las obras se deben ejecutar de manera precisa [24].

UNE 133100-2:2021 Parte 2: Arquetas y cámaras de registro.

Describe las características generales que las cámaras de registro y las arquetas deben tener a la hora de realizar redes de telecomunicaciones en las canalizaciones subterráneas, así mismo especifica los tipos y denominaciones de las cámaras y arquetas en función de su resistencia y dimensiones según sus registros [25].

UNE 133100-3:2021 Parte 3: Tramos interurbanos.

Se establecen las características que se requieren en obra civil para la construcción de redes de telecomunicaciones en tramos interurbanos, en tendidos subterráneos. Lo anterior aplica cuando los trazados pasan por zonas pobladas o por escasamente pobladas [26].

UNE 133100-4:2021 Parte 4: Líneas aéreas.

Describe las características generales para los tendidos aéreos, que se instalan sobre postes, estos pueden ser de madera de hormigón o de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) que llegan a soportar las redes de telecomunicaciones [27].

UNE 133100-5:2021 Partes 5: Instalación en fachada.

Especifica las características para la instalación de redes de telecomunicaciones en fachas, estableciendo los elementos y condiciones para los modos de instalación, teniendo en cuenta el cuidado de los cables, en los que se resaltan las fijaciones directas sobre el cable, protección de cables a través de canalización, tendido de cometida por anillas y tendidos verticales [28].

UNE 133100-6:2024 Parte 6: Criterios de diseño de infraestructuras de telecomunicaciones multi-operador para nuevas urbanizaciones y reurbanizaciones.

Se establecen las características generales que permiten diseñar las redes de telecomunicaciones en el que se tiene en cuenta las actuaciones urbanísticas en diferentes

zonas como lo pueden ser: industrial, residencial, dotacional, verdes y los distintos equipamientos públicos o privados [29].

UNE 133100-7:2024 Parte 7: Sistemas para la instalación de puntos de acceso inalámbricos para pequeñas áreas en inmobiliario urbano publico existente en el exterior.

Define las condiciones generales para la instalación de puntos de acceso inalámbrico en zonas urbanas, y que por sus características necesita mayor cobertura, así como el uso del mobiliario público urbano susceptible de alojar equipamiento de telecomunicaciones [30].

2.1.3 Estándar – TL9000

La norma TL9000 es creado por TIA QuEST Forum, que es una comunidad compuesta por empresas del sector de Tecnologías de la Información y la Comunicación, y su objetivo es colaborar entre ellas para obtener entornos abiertos e interoperables de los productos o servicios TIC, permitiendo brindar valor a los miembros de la comunidad, así como a los usuarios. [31]

La norma TL9000 está basada en la norma ISO 9001, que busca establecer los estándares de calidad que deben cumplir los diferentes actores del sector de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), compuesto por diferentes manuales que describen los requisitos y mediciones, que se deben tener en cuenta a la hora de ser implementada, así como su ejecución dentro de la organización. La norma se centra en tener un proceso que satisface las necesidades desde el punto de vista del cliente.

Teniendo en cuenta que el TL9000, es un sistema de gestión de calidad y que aplica el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), estandariza los procesos en las organizaciones de telecomunicaciones, así mismo incorpora requisitos específicos de Hardware y Software, con el fin de optimizar los servicios dentro de las organizaciones de telecomunicaciones. Es por lo que se obtiene beneficios como los siguientes:

- Rapidez, rentabilidad y mejores servicios para sus clientes.
- Aumento en la satisfacción de los clientes.
- Aumento de la competitividad.
- Servicios más fiables.
- Mejora en la motivación de los colaboradores internos.

- Mayores oportunidades de mercado.
- Aumento en los beneficios.
- Mayor eficiencia.
- Ahorro en costos.
- Optimización de tiempos y recursos.
- Oportunidades de mejora continua.

2.1.4 Estándar NTC 5797

El instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, es el organismo sin ánimo de lucro y de carácter privado, que tiene operación en Colombia y a nivel regional, así mismo actúa como organismo de normalización colombiano según el decreto 2269 de 1993, por tal motivo es el creador de diferentes normas y estándares que contribuyen a la competitividad y al desarrollo sostenible de las organizaciones en Colombia.

Dentro del portafolio normas desarrolladas por el ICONTEC, se encuentra la norma técnica colombiana NTC-5797 [32], define las características técnicas y requisitos que debe tener la infraestructura que soportan las redes de telecomunicaciones, están son implementadas para uso residencial con el propósito de establecer su instalación, mantenimiento y reparación. Así mismo, comenta todos los componentes necesarios de la infraestructura, así como procesos para tener en cuenta a la hora de instalar una red de comunicaciones y prestar un servicio adecuado en zonas urbanas.

La norma establece que, en el diseño de una red de comunicaciones, se debe generar una previsión de la demanda, ya que esta permitirá dimensionar el esfuerzo de instalación, capacidad del fluido eléctrico, ocupación máxima, dimensionamiento de la red de dispersión, entre otros, que permitan prestar un servicio de calidad.

2.2 MARCO NORMATIVO PARA LAS TELECOMUNICACIONES

En el desarrollo de las telecomunicaciones a nivel mundial, se consolidan conjuntos de leyes, nomas, decreto, resoluciones, entre otros, que permiten un desarrollo regulado, que permite que los diferentes actores, tengan claras las reglas de juego para la prestación de servicios eficientes y de calidad, así como protección de los derechos de los usuarios como el adecuado uso de la información que viaja por las redes de telecomunicaciones, de igual

menara estos usuarios tiene unos deberes que deben cumplir a la hora de hacer uso de algún servicio.

2.2.1 Marco Normativo en España

España ha adoptado una serie de normas en los últimos años que apuntan a la modernización del sector TIC, en los que se busca tener mejoras en infraestructura, gestión de los datos, seguridad digital, entre otros. Lo anterior está enmarcado en diferentes leyes, decreto y resoluciones, España al pertenecer a la Unión Europea, debe adoptar otras disposiciones. A continuación, se enlistan las diferentes normativas:

TIPO	NUMERO	CONCEPTO	ENTIDAD EMISORA
Ley	11/2022	General de Telecomunicaciones [33]	Cortes Generales
Real Decreto-ley	7/2022	Sobre requisitos para garantizar la seguridad de las redes y servicios de comunicaciones electrónicas de quinta generación [34]	Jefatura del Estado
Ley	13/2022	General de Comunicación Audiovisual [35]	Cortes Generales
Ley	4/2022	Protección de los consumidores y usuarios frente a situaciones de vulnerabilidad social y económica [36].	Cortes Generales
Ley	37/2007	sobre reutilización de la información del sector público.	Cortes Generales
Ley	9/2014	Ley Orgánica de Protección de datos y garantía de Derechos Digitales [37]	Cortes Generales
Ley	25/2007	Conservación de datos relativos a las comunicaciones electrónicas y a las redes públicas de comunicaciones.	Cortes Generales
Ley	(UE) 2022/2065	Relativo a un mercado único de servicios digitales y por el que se modifica la Directiva 2000/31/CE (Reglamento de Servicios Digitales)	Parlamento Europeo y del Consejo
Directiva	(UE) 2018/1972	Código Europeo de las Comunicaciones Electrónicas [38]	Parlamento Europeo y del Consejo
Directiva	2014/53/UE	Relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre la comercialización de equipos radioeléctricos, y por la que se deroga la Directiva 1999/5/CE	Parlamento Europeo y del Consejo
Directiva	(UE) 2019/1024	Relativa a los datos abiertos y la reutilización de la información del sector público	Parlamento Europeo y del Consejo
Directiva	(UE) 2019/1151	Por la que se modifica la Directiva (UE) 2017/1132 en lo que respecta a la utilización de herramientas y procesos digitales en el ámbito del Derecho de sociedades	Parlamento Europeo y del Consejo
Directiva	(UE) 2016/1148	Relativa a las medidas destinadas a garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y sistemas de información en la Unión [39]	Parlamento Europeo y del Consejo

Reglamento	(CE) No 1211/2009	Por el que se establece el Organismo de Reguladores Europeos de las Comunicaciones Electrónicas (ORECE) y la Oficina	Parlamento Europeo y del Consejo
Reglamento	(UE) 2016/679	Relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos)	Parlamento Europeo y del Consejo
Reglamento	(UE) 2018/1807	Relativo a un marco para la libre circulación de datos no personales en la Unión Europea	Parlamento Europeo y del Consejo
Reglamento	(UE) 2019/881	Relativo a ENISA (Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad) y a la certificación de la ciberseguridad de las tecnologías de la información y la comunicación y por el que se deroga el Reglamento (UE) N° 526/2013 («Reglamento sobre la Ciberseguridad»)	Parlamento Europeo y del Consejo
Reglamento	(UE) 2018/1488	Por el que se crea la Empresa Común de Informática de Alto Rendimiento Europea	Parlamento Europeo y del Consejo
Reglamento	(UE) 2022/1925	Sobre mercados disputables y equitativos en el sector digital y por el que se modifican las Directivas (UE) 2019/1937 y (UE) 2020/1828 (Reglamento de Mercados Digitales)	Parlamento Europeo y del Consejo

Tabla 1: Marco normativo de España (Elaboración propia).

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantean planes y estrategias a nivel país, pero también se plantean desde la Unión Europea, con el fin de optimizar los servicios y permitir altos niveles de servicio. A continuación, se describen algunas estrategias:

- Plan España Digital 2026
- Estrategia de Ciberseguridad Nacional
- Internet de las Cosas. Horizonte 2050
- Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial

2.2.2 Marco Normativo en Argentina

Argentina ha creado un marco normativo para el sector de las telecomunicaciones, que busca garantizar la calidad, continuidad, neutralidad de red, portabilidad numérica entre otros. Lo anterior buscando regular la prestación de servicios de telecomunicaciones, administración del espectro radio eléctrico, las obligaciones de los operadores y los derechos de los usuarios.

TIPO	NUMERO	CONCEPTO	ENTIDAD EMISORA
------	--------	----------	-----------------

Ley	27.078	Declárase de interés público el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, las telecomunicaciones, y sus recursos asociados, estableciendo y garantizando la completa neutralidad de las redes [40].	Congreso de la Nación Argentina
Ley	26.522	Regúlense los Servicios de Comunicación Audiovisual en todo el ámbito territorial de la República Argentina [41].	Congreso de la Nación Argentina
Ley	27.208	Declárase de interés nacional el desarrollo de la industria satelital como política de Estado y de prioridad nacional, en lo que respecta a satélites geoestacionarios de telecomunicaciones [42].	Congreso de la Nación Argentina
Decreto	267/2015	Creación del ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES. Créase como ente autárquico y descentralizado, en el ámbito del MINISTERIO DE COMUNICACIONES, el ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES (ENACOM).	Presidencia de la Nación de Argentina
Decreto	798/2016	Plan Nacional para el Desarrollo de Condiciones de Competitividad y Calidad de los Servicios de Comunicaciones Móviles.	Presidencia de la Nación de Argentina
Decreto	1340/2016	Impleméntense las normas básicas para alcanzar un mayor grado de convergencia de redes y servicios en condiciones de competencia, promover el despliegue de redes de próxima generación y la penetración del acceso a internet de banda ancha en todo el territorio nacional, de conformidad a lo dispuesto por las Leyes Nros. 26.522 y 27.078.	Presidencia de la Nación de Argentina
Decreto	764/2000	Desregulación de los servicios. Apruébense los Reglamentos de Licencias para Servicios de Telecomunicaciones, Nacional de Interconexión, General del Servicio Universal y Sobre Administración, Gestión y Control de Espectro Radioeléctrico. Deróguense diversas normas.	Presidencia de la Nación de Argentina
Resolución	105/2020	Reglamento de compartición de infraestructura pasiva	Secretaría de Innovación Pública
Resolución	733-E/2017	Reglamento de clientes de los servicios de tecnologías de la información y la comunicación	Ministerio de Modernización
Resolución	98/2010	Apruébese el Régimen de Portabilidad Numérica.	Secretaría de Comunicaciones
Resolución	580/2018	Reglamento de Calidad de los Servicios de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	Ministerio de Modernización
Resolución	51/2018	Reglamento Nacional de Contingencia.	Secretaría de Gobierno de modernización
Resolución	1613/2019	Plan Fundamental de Señalización Nacional	Secretaría de Gobierno de modernización
Resolución	292/2021	Reglamento para Infraestructura de Servicios de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Inmuebles	Secretaría de Innovación Pública

Tabla 2: Marco normativo en Argentina (Elaboración propia).

2.2.3 Marco Normativo en Colombia

En Colombia se ha consolidado un marco normativo, que ha permitido tener una apertura adecuada para tener un crecimiento y apalancamiento en el sector de las telecomunicaciones, según las diferentes tecnologías, así mismo ha permitido tener confianza en el desarrollo del sector, ejemplo de ello es que se tengan varios operadores móviles con infraestructura propia, lo que permite diferentes dinamismos en la prestación de los servicios de telecomunicaciones. A continuación, se presenta las leyes, decretos y resoluciones que regulan el sector TIC en Colombia.

TIPO	NUMERO	CONCEPTO	ENTIDAD EMISORA
Ley	1341 de 2009	Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC–, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones [43]	Congreso de Colombia
Ley	1712 de 2014	Por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones [44]	Congreso de Colombia
Ley	527 de 1999	Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y se establecen las entidades de certificación y se dictan otras disposiciones [45].	Congreso de Colombia
Ley	1978 de 2019	Por la cual se moderniza el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones - TIC, se distribuyen competencias, se crea un único regulador y se dictan otras disposiciones [46]	Congreso de Colombia
Ley	1369 de 2009	Por medio de la cual se establece el régimen de los servicios postales y se dictan otras disposiciones [47].	Congreso de Colombia
Ley	680 de 2001	Por la cual se reforman las Leyes 14 de 1991, 182 de 1995, 335 de 1996 y se dictan otras disposiciones en materia de Televisión [48]	Congreso de Colombia
Ley	1450 de 2011	"Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. "Prosperidad para todos"" + Bases del PND: Crecimiento sostenible y competitividad- Competitividad y crecimiento de la productividad, Tecnologías de la información y las comunicaciones [49].	Congreso de Colombia
Ley	1753 de 2015	"Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. "Todos por un nuevo país"" + Bases del PND: Competitividad e infraestructura estratégica- Promover las TIC como plataforma para la equidad, la educación y la competitividad [50].	Congreso de Colombia

Ley	2108 de 2021	"Ley de Internet como servicio público esencial y Universal" o "Por medio de la cual se modifica la Ley 1341 de 2009 y se dictan otras disposiciones" [51]	Congreso de Colombia
Decreto	825 de 2020	Por medio del cual se establecen los criterios para la formulación, presentación, autorización, ejecución, cuantificación de la inversión y verificación de las obligaciones de hacer como forma de pago por el uso del espectro radioeléctrico y la prestación de los servicios postales	Presidencia de la República de Colombia
Decreto	1078 DE 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.	Presidencia de la República de Colombia
Decreto	338 de 2022	Por el cual se adiciona el Título 21 a la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único 1078 de 2015, lineamientos generales para fortalecer la gobernanza de la seguridad digital, se crea el Modelo y las instancias de Gobernanza de Seguridad Digital y se dictan otras disposiciones	Presidencia de la República de Colombia
Resolución	5050 de la CRC	Por la cual se compilan las Resoluciones de Carácter General vigentes expedidas por la Comisión de Regulación Comunicaciones	Comisión de Regulación de Comunicaciones
Resolución	460 de 2022	Por la cual se expide el Plan Nacional de Infraestructura de Datos y su hoja de ruta en el desarrollo de la Política de Gobierno Digital, y de dictan los lineamientos generales para su implementación	Ministerio de Tecnologías de la información y la comunicación

Tabla 3: Marco normativo en Colombia (Elaboración propia).

2.3 HOJA DE RUTA TÉCNICA

A partir de la revisión de los estándares y los marcos normativos de los diferentes países (España, Argentina y España) se puede establecer una ruta técnica. A continuación, se presentan los parámetros de la ruta:

- **Identificación de la necesidad (Demanda y zona a cubrir):** Se hace un análisis y determinar a la quienes o que servicios necesitan conectividad, identificando las zonas, lugares y características geográficas para validar las tendencias tecnologías que van a brindar la adecuada conectividad. En el análisis de demanda determinara los volúmenes de tráfico para dimensionar las capacidades de los dispositivos.
- **Definición de disposiciones técnicas:** A partir de la definición de la necesidad, se aplican los estándares los respectivo estándares técnicos y procesos de calidad con el fin de dar un alcance.
- **Adaptaciones a contexto local:** Identificando la necesidad y la población a la que se va a impactar, las tendencias tecnologías deben tener la capacidad de moldearse.

- **Aplicación de leyes y normas:** En la identificación de necesidad, se debe realizar una exploración de las leyes locales, regionales y nacionales que tienen aplicabilidad para la solución de infraestructura a implementarse.
- **Crecimiento de la demanda:** A partir del estudio de la necesidad, se debe validar que posibles servicios pueden necesitarse a futuro, así como el crecimiento de población.
- **Innovación:** La infraestructura tecnológica es una base importante para aplicar nuevas metodologías o soluciones a necesidades que tienen las comunidades, es por ello que, en la búsqueda de soluciones con el apoyo de la tecnología, se genera innovación en los servicios.
- **Evaluación y mejora continua:** En el proceso se deben implantar procesos de evaluación y mejora continua que permite prestar servicios de calidad, así como afrontar de mejor forma incidentes que se pueden presentar a nivel de seguridad lógica y física, optimización de servicios, entre otros.

Lo anteriores ítems de la ruta técnica, puede adaptarse según las necesidades de un territorio, ya que estas permiten tener una transición entre disposiciones técnicas, normativas y crecimiento de la infraestructura de las telecomunicaciones.

3 MARCO NORMATIVO EN COLOMBIA PARA EL DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES

Las leyes del sector TIC en Colombia se desarrollan en un esquema, que permite la consolidación del sector, así mismo las reglas técnicas para tener en cuenta a la hora de hacer instalaciones de infraestructura de telecomunicaciones, todo lo anterior desarrollado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y la comunicación (MinTIC), la Agencia Nacional de Espectro (ANE) y la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). Así mismo, se encuentran otras normas de carácter de ordenamiento territorial y a continuación se presenta un esquema de cómo están distribuidas leyes para la reglamentación en Colombia:



Ilustración 3: Jerarquía de las normas del sector de telecomunicaciones en Colombia (Elaboración propia).

La instalación de redes de servicios de telecomunicaciones está regulada por la resolución CRC 5993 de 2020 [52] y 5405 de 2018 [53], estas resoluciones establecen el reglamento técnico de redes internas de telecomunicaciones (RITEL), así mismo debe dar cumplimiento al reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) dado en la resolución 40117 de 2024 [54] establecida por el ministerio de minas y energía. A continuación, se presenta

resumen de cómo está dado los parámetros técnicos en Colombia para la instalación de redes de telecomunicaciones:

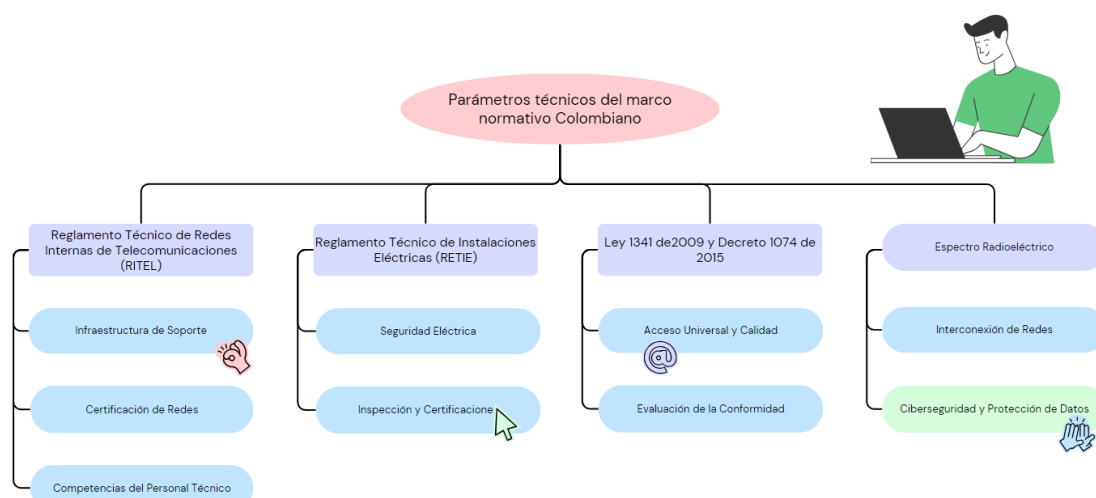


Ilustración 4: Parámetros técnicos del marco normativo colombiano (Elaboración propia).

La resolución CRC 5050 de 2016 [55], realiza una compilación normativa para simplificar y facilitar la consulta de los parámetros y requisitos que deben tener y dar cumplimiento los proveedores de servicios de telecomunicaciones, es por ello por lo que está establecido en los siguientes capítulos de la resolución:

- Título I: Definiciones
- Título II: Medidas para la Protección de los Usuarios
- Título III: Mercados Relevantes
- Título IV: Acceso e Interconexión de Redes de Telecomunicaciones
- Título V: Régimen de Calidad
- Título VI: Reglas para la Gestión, Uso y Asignación de Numeración
- Título VII: Homologación de Equipos Terminales
- Título VIII: Condiciones para Acceso a Redes Internas de Telecomunicaciones
- Título IX: Separación Contable
- Título X: Criterios de Eficiencia Sector TIC y Medición de Indicadores Sectoriales
- Título XI: Excepciones de Publicidad de los Proyectos Regulatorios
- Título: Reportes de Información
- Título: Anexos

Los anteriores títulos compilan el cumplimiento normativo de los diferentes servicios de telecomunicaciones que son:

- Servicios de voz y datos.
- Servicios de difusión radio y TV.
- Multiservicio de banda ancha: Triple play.
- Servicios telemáticos. Internet.

Para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones, se ha generado un documento técnico por parte de la CRC, el cual es un documento apoyo “*Código de buenas prácticas al despliegue de infraestructura* [56]”, este documento busca brindar mayor información para el despliegue de infraestructura, ya que el RITEL, tiene una aplicación definida y está encaminada a ser aplicada en todo lo relacionado al régimen de copropiedad y propiedad horizontal establecido en la Ley 675 de 2001 [57], o las normas que la modifiquen, sustituyan o complementen.

3.1 ENTIDADES INVOLUCRADAS EN EL DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES

El sector TIC en Colombia este encabezado por el Ministerio de tecnologías de la información y la comunicación – MinTIC, de igual manera en términos de ordenamiento territorial se encuentra el Departamento Nacional de Planeación – DNP, estas dos entidades mencionadas anteriormente tienen entidades adscritas que realizan apoyo técnico, en términos generales estas dos entidades son las máximas rectoras desde el sector público, así mismo el sector privado quien es parte integran en toda la estrategia y apoyo en el desarrollo, ya que estas son las que realizan la implementación, desarrollo y operación de los servicios e infraestructura relacionada a la que es aplicable toda la normatividad realizada desde el sector públicos. La relación ente el sector público y privado debe ser amena y eficiente con el fin de estar a vanguardia de los cambios tecnológicos, así como la prestación de servicios eficientes a los usuarios.

3.1.1 Entidades del orden nacional

Las entidades del orden nacional son aquellas que hacen parte del gobierno nacional y que por sus funciones tiene un impacto de orden nacional, para el sector de las telecomunicaciones, se tiene el Ministerio de Tecnologías de la Información y las

Comunicaciones – MinTIC, y que a su vez tiene adscritas otras entidades en las que se encuentra la Agencia Nacional de Espectro – ANE, la Comisión de Regulación de Comunicaciones – CRC y dentro del apoyo para la protección y defensa de los usuarios esta la Superintendencia de Industria y Comercio – SIC.

Por parte de ordenamiento territorial está el Departamento Nacional de Planeación - DNP el cual tiene adscritas entidades como la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – Super Servicios y la Agencia Nacional de Contratación Pública – Colombia Compra Eficiente.

Todas las anteriores entidades, son del orden nacional y que sus respectivos actos legislativos y administrativos impactan de manera directa el sector, pero de igual manera se encuentran otras entidades que por sus características y sectores en lo que trabajan, así como políticas pueden llegar a impactar la prestación de servicios de telecomunicaciones, estas entidades son: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible acompañada por las Corporaciones Autónomas Regionales, Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Cultura, las Artes y los Saberes.

3.1.2 Agentes instaladores de redes de telecomunicaciones

Los agentes instaladores de redes de telecomunicaciones son aquellas entidades, empresas y organizaciones que por su naturaleza y operación realizan la instalación, implementación, desarrollo, operación y mantenimiento de la infraestructura, así como servicios. En su gran mayoría son de origen privado y con diferentes magnitudes de operación, ya que algunas pueden ser tan grande que operan en todo el país, así como otras que operan a nivel regional o comunidad.

Debido a que están en el sector privado, tienen dinámicas distintas en su capacidad financiera y de operación, lo que permite:

- **Inversión en Infraestructura:** Las empresas invierten en infraestructura para prestar servicios de calidad, así como competir en el mercado, estas inversiones están dadas en: centros de datos, redes de fibra óptica, torres de telefonía móvil, y todo lo necesario para montar servicios de telecomunicaciones.

- **Desarrollo de Servicios:** Para ofertar servicios, es necesario el desarrollo y maduración de estos, así como para la puesta en marcha y punto, para su comercialización.
- **Innovación y Tecnología:** El sector evoluciona de manera rápida y constantes, así mismo es necesario innovar para generar valor agregado a la comunidad, es por ellos que hoy en día tenemos soluciones de conectividad 5G, IoT (Internet de las cosas) y aplicaciones de inteligencia artificial.
- **Competencia y Mejora de Servicios:** La competencia en el mercado genera mayor oferta, que se representa en mejores precios, así como mejores prestaciones del servicio a la comunidad.
- **Colaboración en el Sector Públicos:** Crecer de manera armónica a través de las políticas públicas, así como dar cumplimiento a las regulaciones; genera que el sector público y privado trabajen de manera conjunta para dar oportunidad de conexión a las poblaciones con mayores vulnerabilidades.
- **Colaboración Social Corporativa:** Las corporaciones trabajan en su responsabilidad social empresarial, el cual buscan dar esa milla extra y retribuir un poco de lo que ha ganado, enfocándose en educación, acceso a tecnología a comunidades menos favorecidas, entre otras actividades.

Teniendo en cuenta lo anterior, los agentes instaladores y en general el sector privado permite la expansión y la modernización de las telecomunicaciones, esto genera que los usuarios y la comunidad tengan mejores servicios, así como mejores precios a partir de la competencia, acceso a nuevas tecnologías y actualizaciones que permiten tener una mejor experiencia.

3.1.3 Entidades del orden territorial

Las entidades del orden territorial son aquellas que están dadas a un territorio o región en específico, un ejemplo de ellos son las alcaldías y las gobernaciones y que forman gobiernos locales o regionales. Las entidades de orden local trabajan en la solución a problemas específicos que se presenten sobre el territorio que afectan o impactan a una comunidad.

Las entidades de orden territorial en su generalidad no tienen una infraestructura para el desarrollo de las telecomunicaciones como lo son las entidades del orden nacional o los agentes instaladores de redes, esto se debe a que los gobiernos locales hacen frente a

diferentes problemáticas, ahora bien, desde las diferentes estrategias del gobierno colombiano ha generado que se generen diagnósticos, y se consideren necesario un mayor número de personas que trabajen en el desarrollo de políticas, planes y estrategias para cerrar la brecha tecnológica que se presenta en el territorio y más en las zonas más apartadas de las urbes.

Adicionalmente a las alcaldías y gobernaciones, también se encuentran otros agentes territoriales que tienen implicaciones en la gestión y planeación de los territorios, estos son: Asambleas Departamentales, Concejos Municipales, Consejo de Planeación Local y a nivel interno de las alcaldías y gobernaciones están las secretarías de planeación y TIC (Por capacidad de las alcaldías se tienen las Oficinas TIC).

3.1.4 Comunidad

La comunidad es el conjunto de organizaciones y ciudadanía, que se organizan con el fin de supervisar y vigilar la gestión pública, pero también es la gran beneficiaria de los servicios generados y prestados desde las telecomunicaciones, también son las que impulsan nuevas necesidades a partir de la solución de problemas socioculturales. La comunidad es el centro de desarrollo de las telecomunicaciones, y en se pueden encontrar, veedurías, juntas de acción comunal, juntas de acción local, comunidad y otras formas que hacen el desarrollo de una comunidad.

3.2 NORMATIVIDAD APLICABLE A CAPARRAPÍ

Para los municipios en Colombia aplican toda la normatividad que tiene el orden nacional, adicional a ello aplica la normatividad local, que es expedida por los concejos municipales, así como los decretos y resoluciones que son expedidas por las alcaldías a través de los alcaldes municipales que son la máxima autoridad municipal.

Para el caso de estudio, el municipio de Caparrapí se tienen dos normas, el acuerdo municipal No. 014 de 2001: Por medio del cual se adopta el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Caparrapí, en este documento define y reglamenta el uso del suelo en la jurisdicción, se establecen las reglamentaciones urbanísticas correspondientes, se plantean los planes complementarios para el futuro desarrollo territorial de Caparrapí [58], este documento está reglamentado por la ley, pero por la fecha de expedición esta

desactualizado, así mismo este documento es afectado por planes regionales a nivel ambiental expedidos por la Corporación Autónoma Regional - CAR.

También se tiene el decreto municipal No. 79 de 2016: *“Por medio del cual se reglamenta la localización, instalación y regularización de la infraestructura y redes de telecomunicaciones y se dictan otras disposiciones en el municipio de Caparrapí”* [59] el cual busca permitir y disminuir las barreras para la implementación de nuevas redes de telecomunicaciones, este decreto trae la adaptación de la normal a nivel nacional y lo aplica según las necesidades y parámetros del territorio de Caparrapí.

Las dos anteriores normas plantean el ordenamiento territorial e implantan la manera en la que se realizan instalaciones de redes de telecomunicaciones en el municipio de Caparrapí, esto permite que haya una armonización entre el ordenamiento territorial y los nuevos proyectos y disminuya las barreras o limitaciones que pueden tener el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones.

3.2.1 Barreras o limitantes en el despliegue de redes de telecomunicaciones

En el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones se encuentran una infinidad de barreras y limitaciones que pueden impedir llegar a las zonas más apartadas o prestar servicios de calidad, estas barreras o limitaciones pueden ser:

- Aislamiento o cerramientos a toda infraestructura de telecomunicaciones.
- Requisitos adicionales a la normatividad vigentes.
 - o Exigencia de aval de la comunidad.
 - o Obligación estudio de impacto ambiental o salud.
 - o Solicitud de mediciones de campos electromagnéticos previos.
 - o Aprobación de otras entidades.
- Exigencia de distancias mínimas.
 - o Entre estaciones de telecomunicaciones.
 - o A centros educativos, hospitales, geriátricos, etc.
- Limitaciones de altura de las infraestructuras de telecomunicaciones.
- Prohibición de instalación en:
 - o Espacios públicos.
 - o Zonas rurales.
 - o Zonas urbanas.

- Zonas privadas.
- Planes de mimetización con el entorno para toda instalación de infraestructura.
- Prohibición de instalación de centros históricos o de interés cultural.
- Sub-terranización general para todo tipo de infraestructura de telecomunicaciones.

Lo anterior es parte de las barreras o limitaciones más conocidas y que normalmente se puede encontrar a la hora de generar despliegue de redes de telecomunicaciones, los anteriores casos han sido estudiado por la Comisión de Regulación de Comunicaciones – CRC, y que para el caso de Caparrapí estas barreras han sido mitigadas por la armonización que se tiene en el decreto y el esquema de ordenamiento de territorial.

3.2.2 Parámetros técnicos para Caparrapí.

La instalación y regulación de redes de comunicación están dadas desde el orden nacional, por tal motivo, cualquier despliegue que se realice deben realizar la aplicación de todo el marco normativo anteriormente presentado, así mismo aplicar todas las normas generadas a nivel local ya que el ordenamiento y gestión del territorio lo realiza el mismo municipio como parte de sus funciones. A continuación, se presenta los parámetros:

- **Cumplimiento del RITEL:** Establece especificaciones para redes internas de telecomunicaciones, conforme a las Resoluciones CRC 5993 de 2020 y 5405 de 2018.
- **Reglamento RETIE:** Define criterios técnicos para garantizar seguridad y eficiencia en instalaciones eléctricas relacionadas con telecomunicaciones, según la Resolución 40117 de 2024.
- **Código de Buenas Prácticas dado por la CRC:** Proporciona lineamientos voluntarios que orientan el diseño, instalación y despliegue de infraestructura de telecomunicaciones.
- **Normas de planeación:** Integración con el esquema de ordenamiento territorial para el municipio de Caparrapí.
- **Altura y ubicación de estructuras:** Impone límites en altura y localización de torres en zonas urbanas, rurales o con interés ambiental y cultural.
- **Distancias mínimas obligatorias:** Establece separaciones necesarias frente a centros educativos, hospitales, viviendas y otras zonas sensibles.
- **Sub-terranización:** Requiere instalación subterránea en áreas donde se necesite mitigar el impacto visual o cumplir normas del municipio de Caparrapí.

- **Gestión del espectro:** Regula el uso y asignación del espectro radioeléctrico bajo la supervisión de la Agencia Nacional del Espectro (ANE).
- **Protección ambiental:** Desarrollo de estudios de impacto ambiental y al cumplimiento de criterios de sostenibilidad en áreas protegidas.
- **Régimen de calidad:** Asegura parámetros técnicos y operativos que garanticen servicios eficientes y confiables.
- **Supervisión y control:** Propicia el cumplimiento regulatorio mediante la vigilancia de entidades como la CRC, MinTIC, ANE y administraciones locales (municipio de Caparrapí, gobernación de Cundinamarca y Corporación Autónoma Regional - CAR).

La aplicación de la normatividad garantiza que la infraestructura cumpla con estándares mínimos de calidad, eficiencia y sostenibilidad, lo que permite prestaciones de servicios adecuados a las necesidades de la comunidad y del territorio.

4 PROPUESTA DE DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA PARA CAPARRAPÍ

Para las zonas rurales más apartadas de Colombia la conexión a internet es compleja debido a que la infraestructura no es suficiente para poder cubrir el territorio, así mismo se presentan dificultades topológicas y de acceso al territorio, estas son barreras para la instalación de redes de telecomunicaciones en las zonas más apartadas.

En los territorios más apartados de las urbes, la densidad poblacional es muy baja, esto debido a diferentes circunstancias, lo que genera que no sea muy atractivo comercialmente para los proveedores de redes de telecomunicaciones y realizar la instalación de redes de comunicación.

Para el desarrollo de esta propuesta se realizará la aplicación de la ruta técnica desarrollada en el capítulo dos a partir de las necesidades, así mismo se aplicarán los parámetros técnicos dados por la regulación colombiana presentados en el capítulo dos.

4.1 ANALISIS DE LA DEMANDA Y LA NECESIDAD

El municipio de Caparrapí, Cundinamarca está clasificado como categoría 6 según la Ley 136 de 1994 [60] y establecido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), tiene una extensión de 641 km² y los límites con los vecinos municipios son siguientes, por el norte Yacopí; por el noroccidente Puerto Salgar; por el suroriente Guaduas; por el suroccidente Útica y al occidente con La Palma. Su principal actividad económica está dada por la agricultura, ganadería, minería, turismo rural (en menor escala), entre otros.



Ilustración 5: Ubicación del municipio de Caparrapí (Tomado de Wikipedia).

4.1.1 Análisis demográfico

En Caparrapí tiene una población que para el año 2020 era de 13.253 en total, distribuidas de 9.895 en centros poblados y rural disperso y 3.358 en la cabecera municipal, siendo 74,66% y 25,33% respectivamente, en las proyecciones dadas en el 2024 la población total sería de 14.809, con una distribución de 9.966 en centros poblados y rural disperso y 4.843 en la cabecera municipal, siendo 67,29% y 32,70% [14], a lo que obedece que se tiene una gran dispersión poblacional. Según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), el municipio se encuentra dividido o distribuido en 119 veredas el cual están agrupadas en inspecciones y son conocidas de la siguiente manera:

- San Pedro
- La Azauncha
- San Carlos
- Cambras
- Tatí
- Córdoba
- Cáceres
- San Ramón
- El Dindal
- Canchimay
- Cámbulo

En gran parte de las inspecciones se tiene centros poblados, en el cual se tiene asentamientos de viviendas con diferentes servicios, como lo son comercio y estudio básica primaria y básica secundaria, las inspecciones que prestan servicios de básica secundaria son:

- Cámbulo (IED Novilleros)
- San Pedro (IED San Pedro)
- San Carlos (IED San Carlos)
- El Dindal (IED Dindal)

Para el año 2020, la cantidad de estudiantes que había en toda la zona rural (Básica primaria y secundaria) del municipio de Caparrapí, ascendía a 1211 de 2099 estudiantes totales en municipio de los cuales están distribuidos en 75 sedes rurales [61].

Según el boletín trimestral del sector TIC del MinTIC 2024-2 [11], se encontró que la cantidad de accesos totales era de 10.276 de los cuales 214 eran del segmento corporativo, en el segmento residencial se encontró que 9.633 conexiones eran de tecnología “*fiber to the home*”, el resto de las conexiones 429 están dadas por tecnología “*WiFi*”, para lo anterior cabe anotar que la única zona en la que hay cobertura a través de fibra óptica (Inicialmente, la conectividad está dada por el plan vive digital, en el cual la empresa Azteca Comunicaciones [62] brinda cobertura a ISP de última milla) es la cabecera municipal, lo que deja un bajo porcentaje de conectividad en las zonas rurales que tiene el 67,29% de la población total del municipio contra un porcentaje de conectividad del 4%.

4.1.2 Análisis Topográfico

El municipio de Caparrapí es un territorio delimitado por ríos y quebradas, permitiendo un relieve montañoso que hace parte de la cordillera oriental de los andes colombianos y que permite tener diferentes alturas sobre el nivel del mar, iniciando desde los 165 hasta los 1998 MSNM, esto permite que tenga diferentes pisos térmicos. A continuación, se presenta el perfil topográfico:

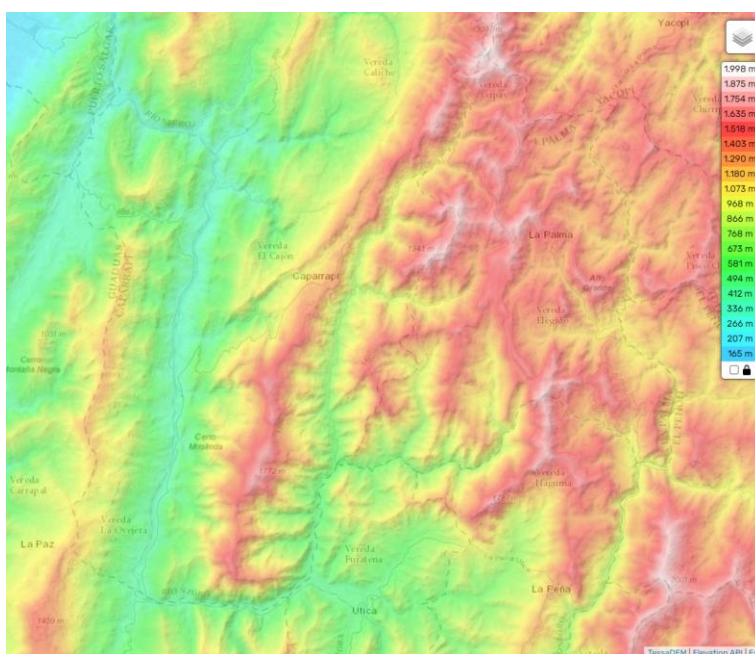


Ilustración 6: Perfil topográfico del Municipio de Caparrapí (Tomado del software Xirio).

Por el relieve montañoso que presenta el municipio, tienen ventajas para la instalación de antenas y generar unas zonas de cubrimiento bastantes importante, pero así mismo

presentan inconvenientes en otras zonas, debido a que pueden estar en la sombra de la huella de cubrimiento de la antena por otras montañas o colinas.

4.1.3 Áreas y zonas a generar cobertura de conectividad

La población urbana está ubicada en la cabecera municipal y sus centros poblados que son: San Carlos, San Pedro, San Pablo, El Dindal, Cáceres, Cambrás, Cámbulo, La Azauncha, Tatí, San Ramón, Canchimay y Córdoba, y el sector rural está compuesta por el resto del territorio, que está dividido en 116 veredas. A continuación, se presenta la respectiva ubicación de los centros poblados a dar cubrimiento de internet:

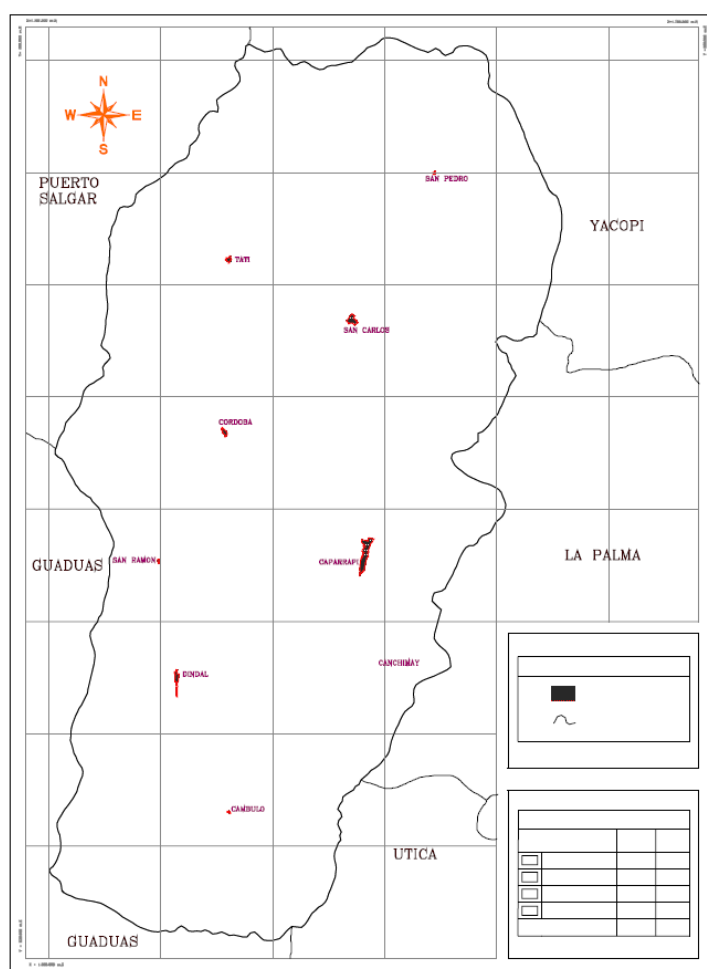


Ilustración 7: Mapa de Caparrapí con la ubicación de centros poblados (Fuente Alcaldía de Caparrapí) [58].

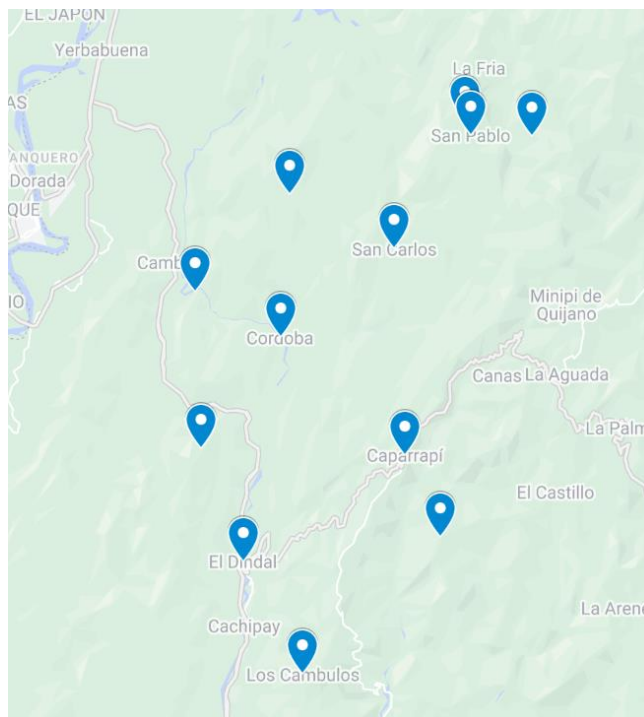


Ilustración 8: Ubicación de inspecciones y centros poblados (Elaboración propia)

4.2 DISPOSICIONES TÉCNICAS

Las alternativas tecnológicas, son la aplicación de diferentes tecnologías que permite hacer cubrimiento sobre un lugar, así como conexión a los usuario y dispositivos, para lo cual se tiene la red de acceso y la red matriz, estas tienen características diferentes debido al objeto o uso, en el despliegue de infraestructura se generan soluciones híbridas, con el fin de atender necesidades están dadas a partir de su aplicación. Para las diferentes necesidades, se usan tecnologías como telefonía celular, satelital, fibra, coaxial, entre otras.

Para el caso de Caparrapí, el uso de tecnologías para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones se es necesario hacer uso de una solución híbrida (uso de medios guiados y de medios inalámbricos), que permita prestar un servicio de calidad, pero que al mismo tiempo permita facilidad en el despliegue, así mismo al ser zonas rurales y que el despliegue puede llegar a ser complejo por la topografía de la superficie del terreno, es por ello que se deben tener diferentes topologías que se pueden desarrollar en la red matriz, entre estas topologías pueden ser estrellas, anillo-estrella, anillo – anillo entre otras, con el fin de prestar redundancia.

Teniendo en cuenta que la solución de conectividad es híbrida (uso de medios guiados y de medios inalámbricos) y que es necesario generar la capacidad a la red para prestar

servicios de calidad, es necesario hacer uso de fibra óptica, de igual forma se debe generar conectividad por redes fijas inalámbricas que permita dar conectividad a las zonas o lugares que su acceso es complicado llegar en fibra óptica.

4.2.1 Fibra Óptica sin Regeneradores

Es la tecnología utilizada que permite largas distancias hasta de 100 km, pero que durante este recorrido no necesita de amplificadores para que pueda realizar la transmisión de información. Por las características de estos enlaces de fibra se tiene que: bajas atenuaciones, permite una alta carga de transmisión de datos y menores interferencias, así mismo a la hora de realizar implementaciones se reducen costes y a la hora de que este funcionando, sus mantenimientos no son tan complicados.

4.2.2 Fibra Óptica con Regeneradores

Las fibras ópticas con tecnología de regeneradores tienen unas características bastante interesantes como lo es la regeneración de la señal, mitigación de atenuaciones y dispersión y aumento de distancia en miles de kilómetros, pero por estas características genera que su operación y mantenimiento sea más complejo, lo que genera que los costes de mantener este enlace sean mayores. De igual manera, estas características permiten mantener la calidad de la señal, capacidad para tramos muy largos y flexibilidad en el diseño de las redes.

4.2.3 Redes fijas inalámbricas

Las redes fijas inalámbricas, son la tecnología que hace uso del espectro radio eléctrico para la transmisión y recepción de datos, ha sido usado ampliamente en servicios hogar para la prestación de servicios de internet, pero ha sido usado en otras aplicaciones para la transmisión de datos de diferentes industrias. Dentro de las ventajas que se tienen es la flexibilidad y la movilidad, rápida implementación y bajos costos en su implementación, las mismo presenta falencias como lo son: susceptibilidad a interferencias, limitaciones a la distancia y regulaciones al uso del espectro.

4.3 ADAPTACIÓN AL CONTEXTO LOCAL (MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ)

Geográficamente el municipio de Caparrapí tiene el casco urbano y donde se encuentra la mayor cantidad de personas está ubicado cerca al centro geográfico del municipio, así mismo este tiene conexión terrestre hasta las inspecciones o los centros poblados, lo que

permitiría el tendido de fibra óptica sobre las vías (carreteras o caminos reales), y llegar hasta estos asentamientos poblacionales, así mismo permitir la ubicación de la estación (Torre para la recepción de radio enlaces) y que por sus características geográficas permita el despliegue, y permita el cubrimiento de zona rurales o rural disperso.

4.3.1 Modelo de red

Para prestar servicio de calidad, se pretende llegar con fibra óptica hasta los centros poblados o asentamientos poblacionales en que se pueda encontrar un grupo mayor a 10 viviendas, así mismo que permita la conectividad a las instituciones educativas de básica secundaria. A continuación, se presenta los recorridos de los enlaces de fibra que se deberían tener para llegar a cada uno de los centros poblados y permitir el cubrimiento en el municipio:

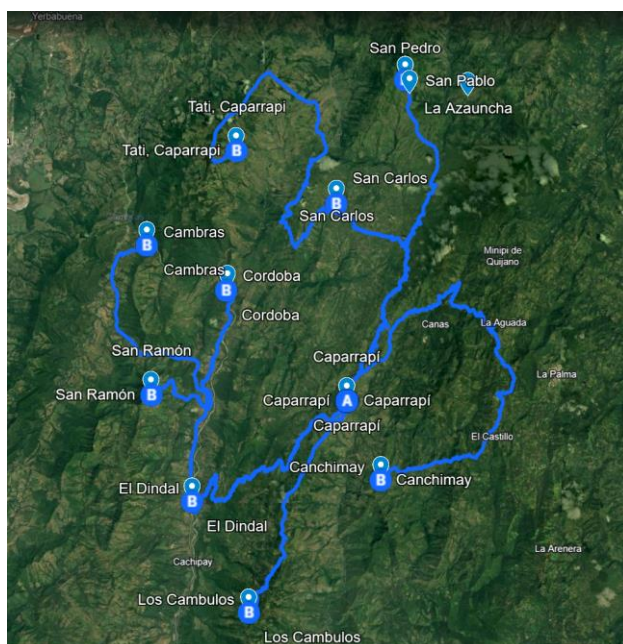


Ilustración 9: Recorrido de enlaces de fibra óptica (Elaboración propia).

Para el municipio de Caparrapí, está distribuido demográficamente en las siguientes áreas: zona urbana, centros poblados y rural disperso. La topología de la red para el mayor cubrimiento del municipio, debe ser la topología estrella que permite garantizar un cubrimiento adecuado en el área urbana y centros poblados, así mismo es necesario la instalación de antenas que permitan dar cobertura a las zonas más apartadas o lo que se menciona como rural disperso, la conexión de las antenas debe estar dada desde los centros poblados hasta las respectivas ubicaciones de instalación, a continuación se

presenta el mapa de Caparrapí y algunos centro poblados o inspecciones con la siguiente distribución:

4.3.2 Diseño red de acceso a centros poblados

El modelo o arquitectura de red, presenta las conexiones que deberá tener el municipio para dar cobertura a la mayor parte del municipio. La fibra óptica en la arquitectura estrella tendrán unos enlaces de tipo monomodo, el que permitirá recorrer las largas distancias hasta los centros poblados, allí se desplegará una red FTTH (Fiber to the home o fibra hasta el hogar), así mismo dará continuidad (en los centros poblados donde se requiera) al enlace a las antenas que se destinara a la conexión de las antenas, como se presenta a continuación:

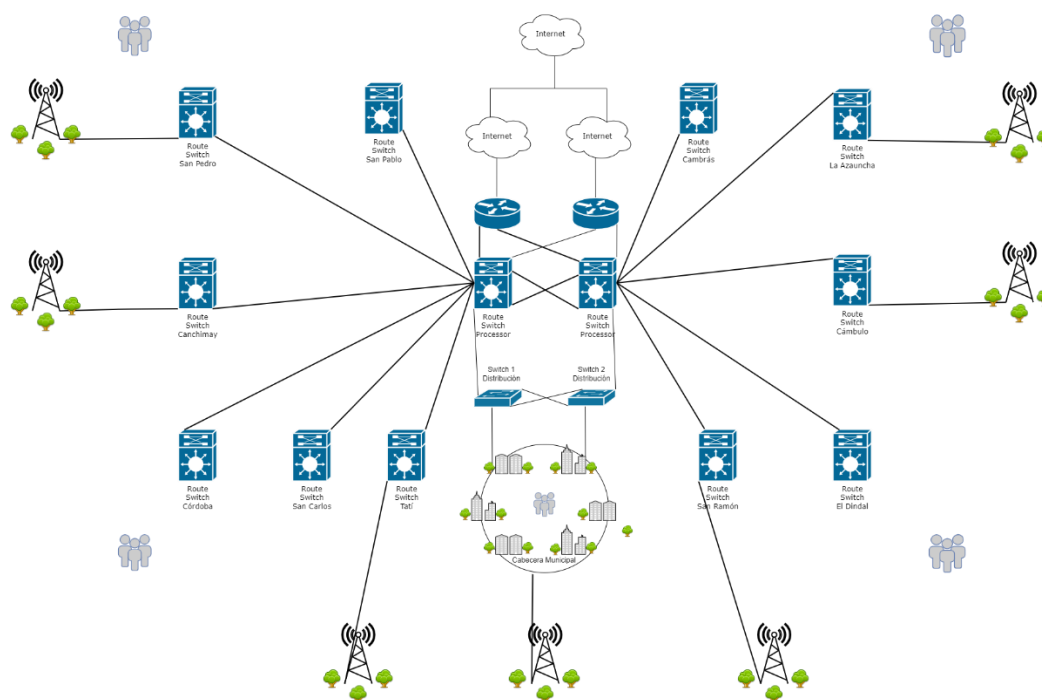


Ilustración 10:Arquitectura de red (Elaboración propia).

Para el caso del casco urbano, se desplegará una red FTTH (Fiber to the home o fibra hasta el hogar), con el fin mejorar la calidad y la capacidad que actualmente tiene el municipio.

Dentro del diseño de la red se asume una serie de hipótesis, con el fin de dar unas distancias aproximadas, así como dar cumplimiento a la arquitectura inicialmente planteada tipo estrella, para llegar a los centros poblados se requiere de 11 enlaces de fibra con las siguientes distancias aproximadas:

Cabecera Municipal	Centros Poblados	Distancia Enlaces en Km
Casco Urbano Caparrapí	Canchimay	32,1
	San Pedro	23,1
	San Pablo	22,3
	San Carlos	18,9
	Tatí	44,4
	Córdoba	32,3
	San Ramón	29,2
	El Dindal	18,3
	Cámbulo	14,8
	La Azauncha	22
	Cambrás	37,9

Tabla 4: Distancia de enlaces de fibra óptico (Elaboración propia).

En total serian aproximadamente 295,3 km de fibra para cubrir los 11 enlaces, así mismo es de tener en cuenta las distancias adicionales para la conexión con las bases de comunicación para los radios enlaces y que se depende de las ubicaciones geográficas, debido a que hay zonas en las que sus características geográficas no son las adecuadas y no permite un cubrimiento adecuado para comunicación, las antenas propuestas están ubicadas estratégicamente en las partes más alta, así mismo el municipio está cubierto por tres zonas montañosas.

4.3.3 *Diseño red de acceso a rural disperso*

La calidad en el servicio de redes inalámbricas depende de la optimización que tiene cada tecnología, así como las condiciones de topografía que tenga el territorio donde se puede implementar. La frecuencia de operación para las redes fijas inalámbricas está en los 2.5GHz y 5GHz que es una de las bandas libres utilizadas para la implementación de este tipo de servicio, pero para el caso de Caparrapí, donde la prestación de servicios fijos rurales es muy bajo la frecuencia adecuada es la de 2.4GHz. A continuación, se presenta una tabla donde está la distribución canales y frecuencias de la banda 2.4GHz en diferentes regiones del mundo del mundo:

Planes de Canalización en la Banda Libre de 2.4 GHz			
País /Región	Rango de Frecuencia (MHz)	Canales DSSS	Canales FHSS
Europa	2400–2483	1 a 13	2 a 80
Estados Unidos	2400–2483	1 a 11	2 a 80
Canadá	2400–2483	1 a 11	2 a 80
Francia	2446–2483	4 (10–13)	35 (48–82)
España	2445–2475	2 (10 y 11)	27 (47–73)
Japón	2400–2497	1 a 14	2 a 95

Tabla 5: Planes de canalización en la banda libre de 2.4GHz (Elaboración propia).

Para Colombia el rango de frecuencias 2400 – 2483,5 MHz establecido por el cuadro nacional de atribución de bandas [63] esta establecido por la Agencia Nacional del Espectro - ANE, como se presenta a continuación:

Ilustración 11: cuadro nacional de atribución de bandas esta dado de los 2400 – 2483,5 MHz (Tomado de MinTIC).

4.3.4 Cálculos de la propagación red fija Inalámbrica

Teniendo en cuenta la frecuencia de operación que se va a utilizar, se procede a hacer las respectivas simulaciones para establecer las áreas, zonas o las huellas de cubrimiento que tienen cada una de las antenas, el software utilizado para este tipo de simulaciones y análisis es la herramienta Xirio [64], en la que permite establecer una red inalámbrica a

partir de los lugares establecidos. A continuación, se presenta los enlaces y sus respectivas ubicaciones:

Centros Poblados	Estaciones Base (Coordenadas)		Altura	Estaciones Base (Coordenadas) Optimas		Altura
Canchimay	5° 18' 43" N	74° 28' 11" W	1508 MSNM	5°18'45.60"N	74°28'12.00" W	1508
San Pedro	5° 30' 29" N	74° 27' 46" W	1543 MSNM	5°30'30.45"N	74°27'48.00"W	1538
Tatí	5° 28' 22" N	74° 33' 29" W	1323 MSNM	5°28'25.02"N	74°33'30.00" W	1323
San Ramón	5° 19' 43" N	74°35' 37" W	1130 MSNM	5°19'36.38"N	74°35'42.00" W	1158
Cámbulo	5° 14' 58" N	74° 31' 48" W	1745 MSNM	5°15'04.54"N	74°31'45.00" W	1755
La Azauncha	5° 29' 28" N	74° 24' 53" W	1686 MSNM	5°29'03.85"N	74°24'51.00" W	1808
Centro	5° 22' 05" N	74° 28' 30" W	1425 MSNM	5°22'11.70"N	74°28'33.00" W	1435

Tabla 6: Ubicación de estaciones base para las antenas (Elaboración propia).

Inicialmente se establecieron las ubicaciones en las que posiblemente era la ubicación optima, pero en el desarrollo y las simulaciones generadas en el aplicativo Xirio se generó la mejora debido a que Xirio permite la optimización del lugar y se obtuvieron unas segundas ubicaciones que son óptimas para la simulación. A continuación, se presenta la tabla de señal de cobertura que establece la potencia que el mapa de potencia de la cobertura de la antena.

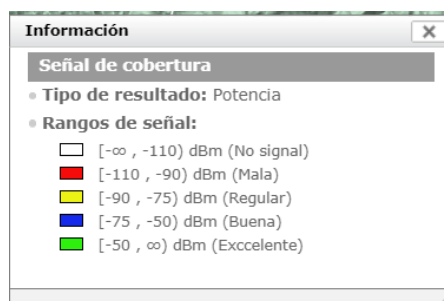


Ilustración 12: Rangos de cobertura (Elaboración propia).

Una vez establecido los lugares de las antenas a continuación, se visualiza las ubicaciones de las antenas en el software de Xirio, se proyecta un recuadro rojo que es el establecido para la simulación, en la que se establece una zona de cubrimiento y que busca cubrir todo el territorio del municipio de Caparrapí.

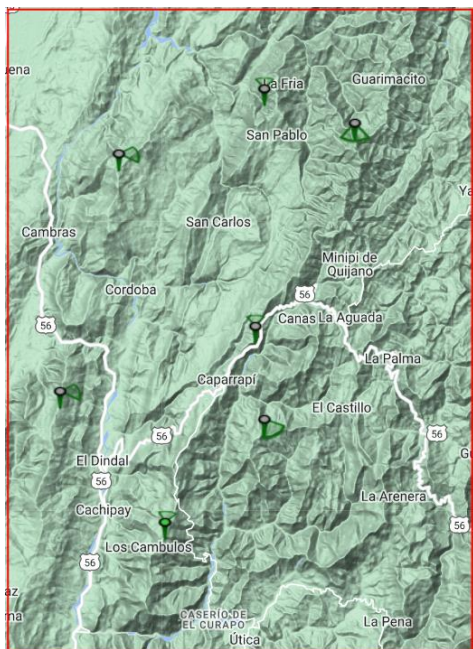


Ilustración 13: Área de simulación (Elaboración propia).

Las antenas se presentan como puntos verdes, así mismo generan un pequeño haz el que representa la orientación y hacia donde se presentaría la huella o zona de cobertura. El modelo de antena utilizado para la simulación se tomó de la marca TP-Link, con referencia TL-ANT2415MS la cual es una antena sectorial que cuenta con tecnología MIMO 2X2, esta antena tiene accesorios adicionales, como su base que brinda la capacidad de conexiones de punto a multipunto. A continuación, se presenta la parametrización en el aplicativo Xirio para la simulación de las zonas de cobertura de la antena TP-Link.

Parámetros de radio

Antena: WIMAX 17,3 dBi 65°

Altura antena: 8 m

Orientación: 45 °

Inclinación mecánica: 0 °

Inclinación eléctrica: 0 °

Referencia de alturas de antenas

Alturas respecto a: Nivel del terreno

Usar altura de edificio: Definida por el usuario

Altura edificio: 0 m

Frecuencias de transmisión

Frecuencias	Canal
2463.772 MHz	9

Polarización: Vertical

Feeder: New feeder

Longitud del feeder: 0 m

Pérdidas del feeder: 0.00 dB

Pérdidas pasivos: 0 dB

Potencia: 13.01 dBW

Ilustración 14: Parametrización en las antenas (Elaboración propia).

Una vez configuradas las antenas, en las respectivas ubicaciones se tienen las siguientes simulaciones de cubrimiento, las zonas que están en azul y amarillo son zonas en las que se puede prestar un servicio estable y de calidad. A continuación, se presentan los mapas de calor o de cobertura de las antenas, teniendo el siguiente orden de presentación según su ubicación:

- Tatí
- San Ramon
- La Azauncha
- San Pedro
- Centro
- Canchimay
- Cámbulo

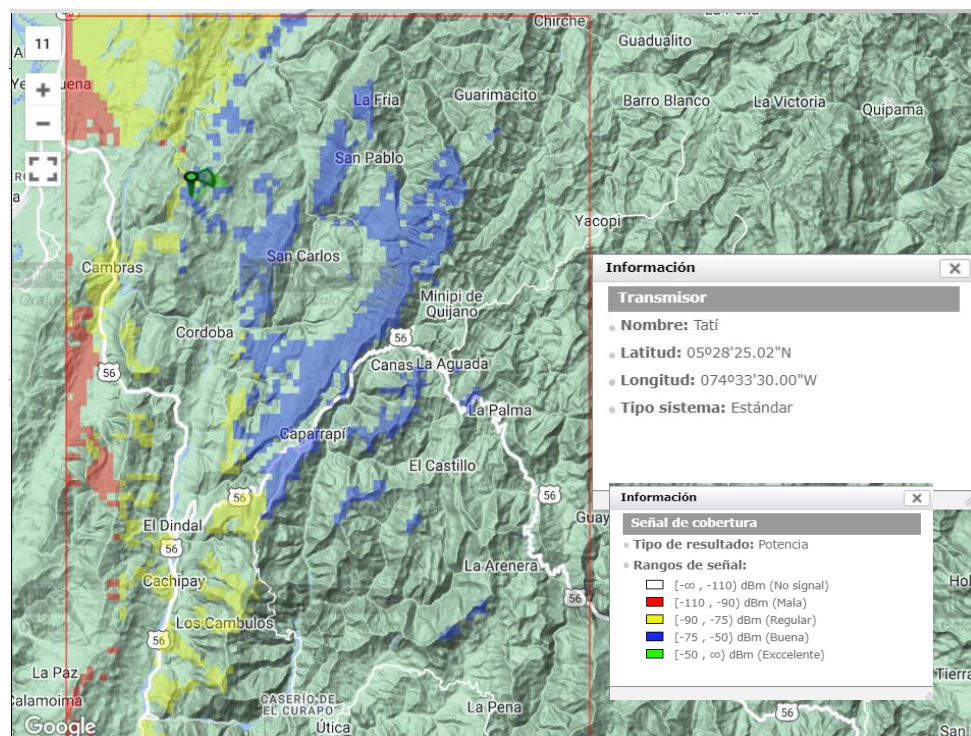


Ilustración 15: Simulación de antena ubicada en Tatí (Elaboración propia).

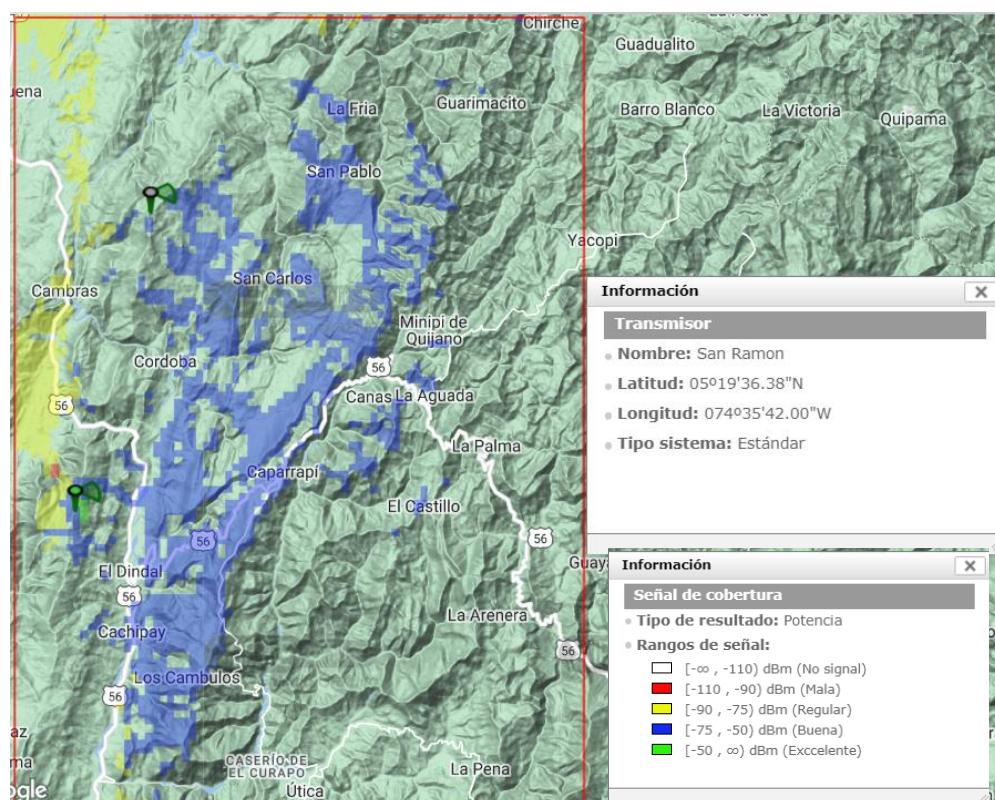


Ilustración 16: Simulación de antena ubicada en San Ramón (Elaboración propia).

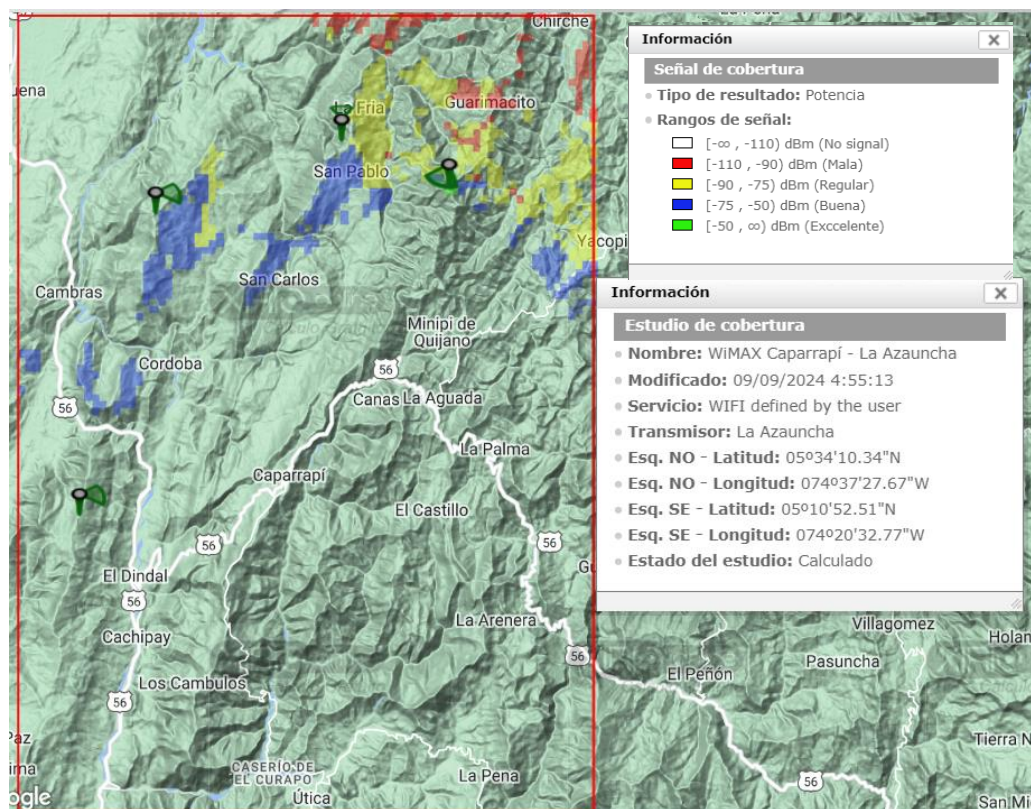


Ilustración 17: Simulación de antena ubicada en La Azauncha (Elaboración propia).

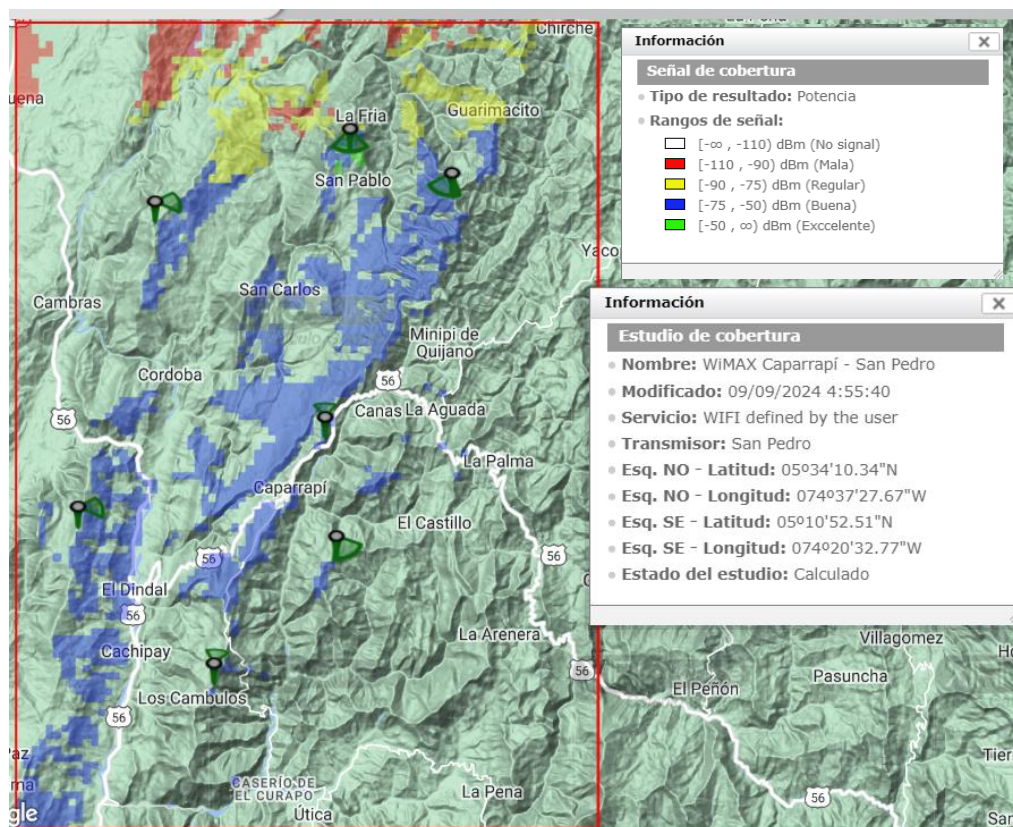


Ilustración 18: Simulación de antena ubicada en San Pedro (Elaboración propia).

Las anteriores ilustraciones presentan áreas que no se alcanzan a cubrir, esto se debe a que hay zonas quebradizas y no permite llegar por vista directa, por lo cual es necesario tener varias antenas en diferentes áreas del municipio, con el fin de que un solo lugar puede tener la posibilidad de conectarse a una o más antenas.

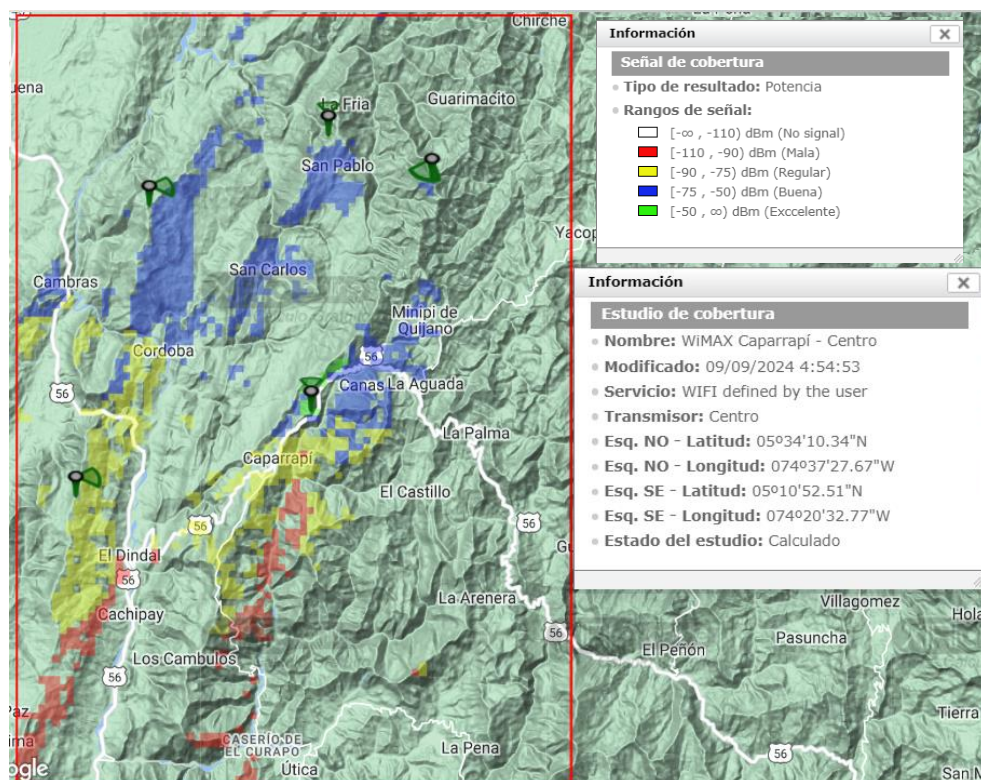


Ilustración 19: Simulación de antena ubicada cerca al casco urbano (Elaboración propia).

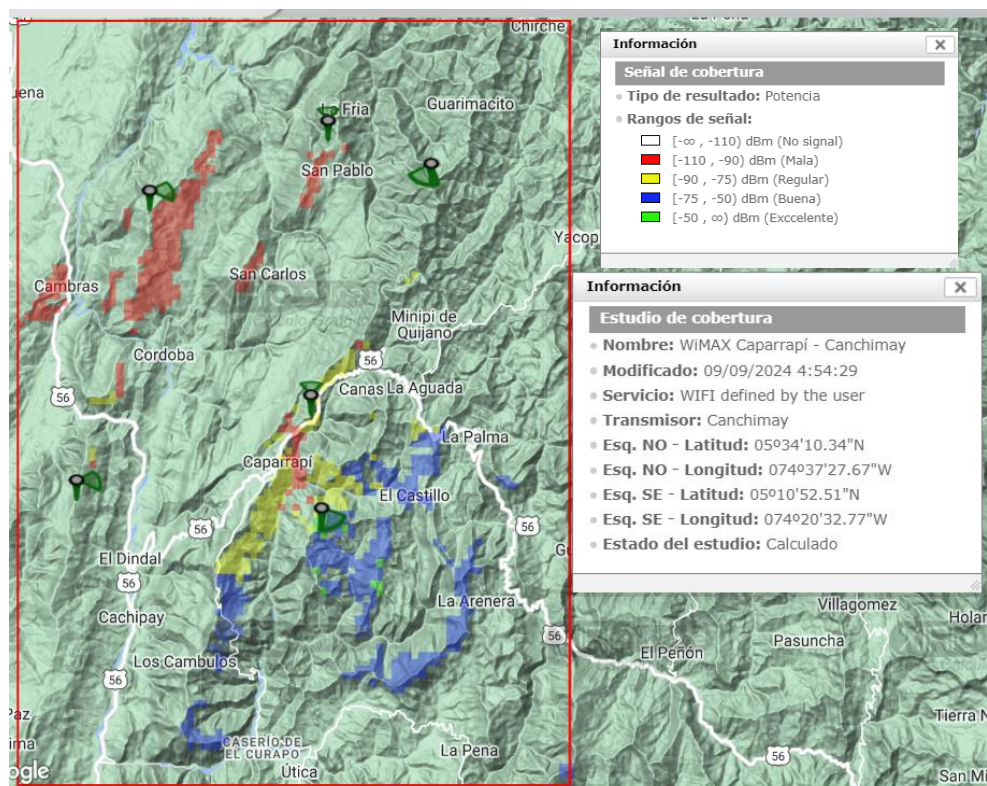


Ilustración 20: Simulación de antena ubicada en Canchimay (Elaboración propia).

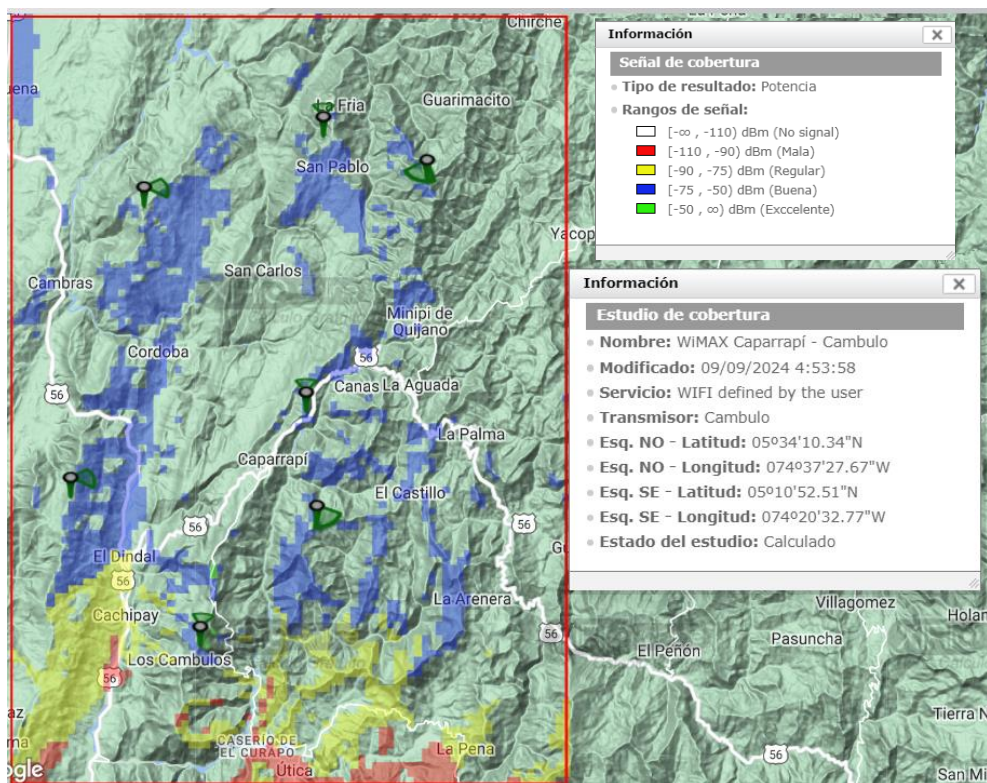


Ilustración 21: Simulación de antena ubicada en Cábulo (Elaboración propia).

Una vez simulados y presentados los resultados por cada una de las antenas, se procedió a realizar el mapa de calor con todos los resultados obtenidos a partir de las simulaciones como se presenta a continuación:

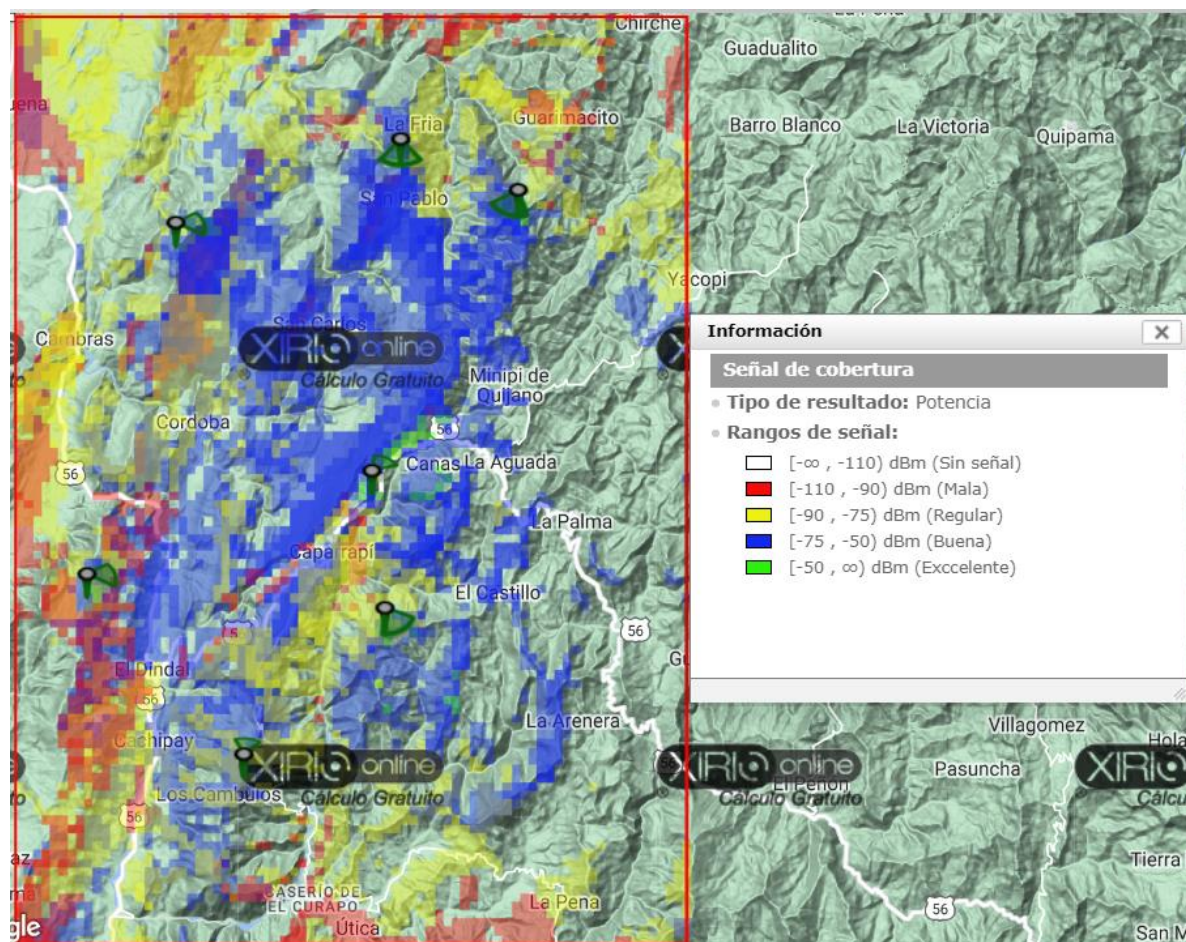


Ilustración 22: Mapa de cobertura con todas las antenas (Elaboración propia).

La anterior ilustración presenta las 7 antenas instaladas y en funcionamiento, en el que se puede deducir que se tiene un cubrimiento de la mayor área del municipio, así como tener un enlace que permite tener estabilidad a partir de tener una potencia adecuada.

4.4 PROPUESTA DE EJECUCIÓN PARA EL DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA EN CAPARRAPÍ

Para la ejecución y despliegue de infraestructura de telecomunicaciones para Caparrapí se presenta el cronograma para el desarrollo de cada etapa y se generan actividades precisas y que estarán agrupados en los siguientes grupos de procesos:

- **Proceso de Inicio:** Se despliegan aquellas actividades que dan inicio al proyecto como lo son la reunión de inicio, acta de inicio entre otras, esta etapa es corta, pero es importante debido a que da el paso o desarrollo del proyecto como tal.
- **Proceso de Planeación:** Se plasman las actividades previas a la ejecución, allí se desarrollan lo que es la gestión predial, permisos para el desarrollo de los trabajos, compras de materiales, visitas y en general organizar todo lo necesario para dar a la siguiente etapa.
- **Proceso de Ejecución:** Se desarrollan todas las actividades necesarias para ver tangible el proyecto como lo pueden ser construcciones y adecuaciones necesarias para la instalación de centro de cableado y antenas, tendido de fibras ópticas, configuraciones de red, puesta en marcha de la mesa de ayuda, adecuaciones de los puestos de trabajo donde va a operar la mesa de ayuda entre otras que son necesarias para culminar la ejecución del proyecto.
- **Proceso de Monitoreo y Control:** El monitoreo y control es muy importante y que se desarrolla durante todo el proyecto, sin importar la etapa en la que se encuentre, son las reuniones o actividades de seguimiento y verificación de la ejecución del proyecto, ya que esto nos brinda indicadores del avance del proyecto, con el fin de tomar acciones que permitan culminar en las fechas inicialmente pactadas en el equipo de trabajo.
- **Proceso de Cierre:** se realizan todas las pruebas para validar y se verificar que todo este correctamente realizado y configurado y con una reunión y un acta se da por culminado el proyecto.

A continuación, se presenta el cronograma del proyecto y se proyecta que en un plazo aproximado de 341 días se pueda ejecutar durante la vigencia o año 2025:

Identificación	Nombre de la tarea	Duración	Comienza	Finaliza
1	Despliegue de Infraestructura Caparrapí	341 días	1/02/2025	8/01/2026
1.1	Inicio del Proyecto			
1.1.1	Reunión de inicio	1 día	1/02/2025	1/02/2025
1.1.2	Acta de inicio	1 día	1/02/2025	2/02/2025
1.1.3	Acta de constitución	1 día	2/02/2025	4/02/2025
1.1.4	Presentación Equipo de Trabajo	1 día	6/02/2025	7/02/2025
1.1.5	Aprobación de cronograma	1 día	1/02/2025	4/02/2025
1.2	Alcance del proyecto		6/02/2025	7/02/2025
1.3	Reuniones de Seguimiento y ejecución	46 días	6/02/2025	30/12/2025

1.4	Promoción y venta de planes de Internet		1/06/2025	6/12/2025
1.4.1	Estructuración de estrategia de Marketing	30 días	1/06/2025	1/07/2025
1.4.2	Presentación y aprobación de estrategia	1 día	3/07/2025	4/07/2025
1.4.3	Inicio, implementación y puesta en marcha de la estrategia	150 días	6/07/2025	6/12/2025
1.5	Actividades previas			
1.5.1	Adquisición de materiales	90 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.2	Gestión de permisos para centros de datos	60 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.3	Gestión de permiso para uso de mampostería	90 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.4	Visitas técnicas para centros de datos - Canchimay	1 día	6/03/2025	7/03/2025
1.5.5	Visitas técnicas para centros de datos - San Pedro	1 día	6/03/2025	7/03/2025
1.5.6	Visitas técnicas para centros de datos - San Pablo	1 día	6/03/2025	7/03/2025
1.5.7	Visitas técnicas para centros de datos - San Carlos	1 día	6/03/2025	7/03/2025
1.5.8	Visitas técnicas para centros de datos - Tatí	1 día	7/03/2025	8/03/2025
1.5.9	Visitas técnicas para centros de datos - Córdoba	1 día	7/03/2025	8/03/2025
1.5.10	Visitas técnicas para centros de datos - San Ramón	1 día	7/03/2025	8/03/2025
1.5.11	Visitas técnicas para centros de datos - El Dindal	1 día	7/03/2025	8/03/2025
1.5.12	Visitas técnicas para centros de datos - Cámbulo	1 día	8/03/2025	9/03/2025
1.5.13	Visitas técnicas para centros de datos - La Azauncha	1 día	8/03/2025	9/03/2025
1.5.14	Visitas técnicas para centros de datos - Cambrás	1 día	8/03/2025	9/03/2025
1.5.15	Visitas técnicas para centros de datos - Centro	1 día	8/03/2025	9/03/2025
1.5.16	Construcción y adecuación en centro de datos - Canchimay	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.17	Construcción y adecuación en centro de datos - San Pedro	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.18	Construcción y adecuación en centro de datos - San Pablo	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.19	Construcción y adecuación en centro de datos - San Carlos	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.20	Construcción y adecuación en centro de datos - Tatí	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.21	Construcción y adecuación en centro de datos - Córdoba	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.22	Construcción y adecuación en centro de datos - San Ramón	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.23	Construcción y adecuación en centro de datos - El Dindal	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.24	Construcción y adecuación en centro de datos - Cámbulo	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.25	Construcción y adecuación en centro de datos - La Azauncha	15 días	7/05/2025	30/06/2025

1.5.26		Construcción y adecuación en centro de datos - Cambrás	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.27		Construcción y adecuación en centro de datos - Centro	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.28		Gestión predial para la construcción de antena - Canchimay	60 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.29		Gestión predial para la construcción de antena - San Pedro	60 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.30		Gestión predial para la construcción de antena - Tatí	60 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.31		Gestión predial para la construcción de antena - San Ramón	60 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.32		Gestión predial para la construcción de antena - Cábulo	60 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.33		Gestión predial para la construcción de antena - La Azauncha	60 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.34		Gestión predial para la construcción de antena - Centro	60 días	6/02/2025	6/05/2025
1.5.35		Construcción y adecuación para antena - Canchimay	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.36		Construcción y adecuación para antena - San Pedro	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.37		Construcción y adecuación para antena - Tatí	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.38		Construcción y adecuación para antena - San Ramón	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.39		Construcción y adecuación para antena - Cábulo	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.40		Construcción y adecuación para antena - La Azauncha	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.5.41		Construcción y adecuación para antena - Centro	15 días	7/05/2025	30/06/2025
1.6		Construcción de enlaces de Fibra Óptica			
1.6.1		Cabecera municipal - Canchimay	127 días	7/05/2025	11/09/2025
1.6.2		Cabecera municipal - San Pedro	90 días	7/05/2025	5/08/2025
1.6.3		Cabecera municipal - San Pablo	79 días	7/05/2025	25/07/2025
1.6.4		Cabecera municipal - San Carlos	74 días	7/05/2025	20/07/2025
1.6.5		Cabecera municipal - Tatí	166 días	7/05/2025	20/10/2025
1.6.6		Cabecera municipal - Córdoba	131 días	7/05/2025	15/09/2025
1.6.7		Cabecera municipal - San Ramón	95 días	7/05/2025	10/08/2025
1.6.8		Cabecera municipal - El Dindal	69 días	7/05/2025	15/07/2025
1.6.9		Cabecera municipal - Cábulo	54 días	7/05/2025	30/06/2025
1.6.10		Cabecera municipal - La Azauncha	84 días	7/05/2025	30/07/2025
1.6.11		Cabecera municipal - Cambrás	147 días	7/05/2025	1/10/2025
1.7		Construcción de enlaces de Fibra Óptica para las antenas			
1.7.1		Centro de cableado a antena Canchimay	15 días	15/07/2025	30/08/2025
1.7.2		Centro de cableado a antena San Pedro	15 días	15/07/2025	30/08/2025
1.7.3		Centro de cableado a antena Tatí	15 días	15/07/2025	30/08/2025
1.7.4		Centro de cableado a antena San Ramón	15 días	15/07/2025	30/08/2025
1.7.5		Centro de cableado a antena Cábulo	15 días	15/07/2025	30/08/2025

1.7.6		Centro de cableado a antena La Azauncha	15 días	15/07/2025	30/08/2025
1.7.7		Centro de cableado a antena Centro	15 días	15/07/2025	30/08/2025
1.8		Montaje para antenas			
1.8.1		Antena Canchimay	5 días	30/08/2025	15/10/2025
1.8.2		Antena San Pedro	5 días	30/08/2025	15/10/2025
1.8.3		Antena Tatí	5 días	30/08/2025	15/10/2025
1.8.4		Antena San Ramón	5 días	30/08/2025	15/10/2025
1.8.5		Antena Cábulo	5 días	30/08/2025	15/10/2025
1.8.6		Antena La Azauncha	5 días	30/08/2025	15/10/2025
1.8.7		Antena Centro	5 días	30/08/2025	15/10/2025
1.9		Montaje de los centros de cableado en los centros poblados			
1.9.1		Canchimay	5 días	11/09/2025	30/10/2025
1.9.2		San Pedro	5 días	5/08/2025	30/10/2025
1.9.3		San Pablo	5 días	25/07/2025	30/10/2025
1.9.4		San Carlos	5 días	20/07/2025	30/10/2025
1.9.5		Tatí	5 días	20/10/2025	30/10/2025
1.9.6		Córdoba	5 días	15/09/2025	30/10/2025
1.9.7		San Ramón	5 días	10/08/2025	30/10/2025
1.9.8		El Dindal	5 días	15/07/2025	30/10/2025
1.9.9		Cábulo	5 días	30/06/2025	30/10/2025
1.9.10		La Azauncha	5 días	30/07/2025	30/10/2025
1.9.11		Cambrás	5 días	1/10/2025	30/10/2025
1.10		Instalación de dispositivos activos de red			
1.10.1		Instalación de OLTs - Centro	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.2		Instalación OLT - Canchimay	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.3		Instalación OLT - San Pedro	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.4		Instalación OLT - San Pablo	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.5		Instalación OLT - San Carlos	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.6		Instalación OLT - Tatí	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.7		Instalación OLT - Córdoba	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.8		Instalación OLT - San Ramón	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.9		Instalación OLT - El Dindal	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.10		Instalación OLT - Cábulo	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.11		Instalación OLT - La Azauncha	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.10.12		Instalación OLT - Cambrás	3 días	1/11/2025	20/11/2025
1.11		Configuración de dispositivos activos de red			
1.11.1		Configuración de OLTs y centro de cableado - Centro	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.2		Configuración OLT y centro de cableado - Canchimay	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.3		Configuración OLT y centro de cableado - San Pedro	2 días	21/11/2025	3/12/2025

1.11.4		Configuración OLT y centro de cableado - San Pablo	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.5		Configuración OLT y centro de cableado - San Carlos	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.6		Configuración OLT y centro de cableado - Tatí	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.7		Configuración OLT y centro de cableado - Córdoba	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.8		Configuración OLT y centro de cableado - San Ramón	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.9		Configuración OLT y centro de cableado - El Dindal	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.10		Configuración OLT y centro de cableado - Cámbulo	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.11		Configuración OLT y centro de cableado - La Azauncha	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.11.12		Configuración OLT y centro de cableado - Cambrás	2 días	21/11/2025	3/12/2025
1.12		Soporte y monitoreo		15/12/2025	
1.13		Puesta en marcha de la mesa de ayuda		15/12/2025	
1.13.1		Instalación, configuración y puesta en marcha de la línea telefónica	10 días	15/11/2025	30/11/2025
1.13.2		Puestos de trabajo	10 días	15/11/2025	30/11/2025
1.13.3		Instalación, configuración y puesta en marcha de herramienta de gestión	10 días	15/11/2025	30/11/2025
1.13.4		Asignación de personal	1 día	30/11/2025	1/12/2025
1.13.5		Inducción y entrenamiento al personal	10 días	1/12/2025	14/12/2025
1.13.6		Experiencia de usuarios	2 días	14/12/2025	15/12/2025
1.13.7		Lanzamiento del servicio	1 día	14/12/2025	15/12/2025
1.13.8		Transición a productivo	1 día	10/12/2025	11/12/2025
1.13.9		Capacitación	10 días	1/12/2025	14/12/2025
1.13.10		Ciclo de mejora		15/12/2025	
1.14		Documentación proyecto (Informe proyecto)		15/12/2025	
1.14.1		Documentación proyecto	10 días	15/12/2025	30/12/2025
1.14.2		Realizar informe de lecciones aprendidas	10 días	15/12/2025	30/12/2025
1.14.3		Aprobación de documentación	3 días	2/01/2026	5/01/2026
1.14.4		Firma de acta de cierre	1 día	5/01/2026	6/01/2026
2		Cierre	2 día	7/01/2026	8/01/2026

Tabla 7: Cronograma del despliegue de conectividad del municipio de Caparrapí (Elaboración propia).

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 CONCLUSIONES

La elaboración de esta investigación permite analizar marcos normativos de diferentes países (Colombia, Argentina y España), así mismo trae diferentes estándares técnicos que permiten determinar los requisitos apropiados para la instalación de nuevas redes de telecomunicaciones:

- En el análisis regulatorio se puede determinar que cada país tiene una regulación estructurada, esta se da a partir de las necesidades propias de cada país, como lo es la economía, la institucionalidad pública, cultura, la investigación y desarrollo tecnológico.
- El desarrollo económico, así como la estabilidad institucional genera que en algunos países se traten temas como la calidad de servicio, tratamiento y gestión de datos personales y gobernabilidad de internet, estos temas son importantes en el desarrollo de comunidades. Igualmente, al ser economías más fuertes y estables sus planes de inversión en infraestructura son más fuertes, lo que permite servicios a poblaciones alejadas de las urbes con servicios de calidad.
- Los marcos regulatorios en algunos países son agresivos o fuertes que otros, esto se debe a que se busca tener unas reglas claras, así como brindar estabilidad en el sector TI, para un desarrollo constante y acciones que permitan tener largo alcance en el tiempo, pero que así mismo permita ser flexible a nuevas tecnologías y servicios.
- Los estándares se han ido actualizando o mejorando con el fin de acomodarse a las necesidades requeridas, ejemplo de ello es el cambio de cables coaxiales a fibra óptica para la transmisión de datos.
- La aplicación de los estándares no es de obligatoria aplicación como los marcos regulatorios, pero si son necesarios para establecer redes organizadas y que permitan ser escalables a nuevos servicios.
- Colombia al ser de cartografía montañosa, genera que la expansión de redes de comunicación inalámbrica no sea fácil, debido a que las zonas de cobertura se vean limitado por colinas o montañas.

- La brecha digital en el municipio de Caparrapí se amplía en las zonas rurales, ya que solo el 4% (Boletín trimestral del sector TIC - Cifras segundo trimestre de 2024) de la población identificada como rural disperso tiene una conexión fija a internet, y es donde se encuentra la mayor cantidad de población.

5.2 LÍNEAS FUTURAS

1. Optimización de red de comunicación en el municipio de Caparrapí, así mismo que permita prestos servicios a zonas o municipios vecinos como lo son las provincias del Bajo Magdalena, Gualivá y Rionegro.
2. Actualización del plan de conectividad para el departamento de Cundinamarca.

6 REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas, «Organización de las Naciones Unidas,» Naciones Unidas, [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>. [Último acceso: 2022 05 15].
- [2] Organización de Naciones Unidas, «Objetivo de desarrollo sostenible,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>. [Último acceso: 2022 05 20].
- [3] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, «DANE,» DANE, 2018. [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/infografias/info-CNPC-2018total-nal-colombia.pdf>. [Último acceso: 20 06 2022].
- [4] Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación - MinTIC, «Boletín Trimestral de las TIC > Tercer Trimestre de 2023,» MinTIC, Bogotá, Colombia, 2024.
- [5] FAO, «Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura,» [En línea]. Available: <https://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/resumen-del-proyecto/desarrollo-territorial-inteligente/es/>. [Último acceso: 13 04 2022].
- [6] ITU, «ITUWTDC,» 2022 ITU, 2022. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/es/ITU-D/Conferences/WTDC/WTDC21/Pages/default.aspx>. [Último acceso: 30 12 2022].
- [7] ITU, «Cuestión 5/1: Telecomunicaciones/TIC para las zonas rurales y distantes,» ITU, 2017.
- [8] Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, «DANE.GOV.CO,» 9 Agosto 2024. [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/TICH/bol-TICH-2023.pdf>. [Último acceso: 25 Agosto 2024].
- [9] Congreso de la República de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 29 Julio 2021. [En línea]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=167946. [Último acceso: 2022 Octubre 23].
- [10] Congreso de la República de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 30 Julio 2009. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20definen,y%20se%20dictan%20otras%20disposicion es..> [Último acceso: 2023 Diciembre 15].
- [11] Ministerio de Tecnologías de la Información y la comunicación - MinTIC, «Colombia TIC - Portal de Estadística del Sector,» 31 10 2024. [En línea]. Available: <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-383732.html>. [Último acceso: 15 11 2024].

- [12] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - MinTIC, «Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - MinTIC,» 10 10 2019. [En línea]. Available: https://mintic.gov.co/portal/715/articles-106196_resolucion_2752_2019.pdf. [Último acceso: 16 10 2024].
- [13] «Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - MinTIC,» 20 10 2023. [En línea]. Available: https://mintic.gov.co/portal/715/articles-281096_recurso_5.pdf. [Último acceso: 16 11 2024].
- [14] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA - DANE, «Serie municipal de población por área, para el periodo 2020-2035,» 22 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>. [Último acceso: 17 11 2024].
- [15] D. M. R. M. J. E. A. P. Kevin E. Requena B., «Comparación de simulaciones de Radiopropagación en frecuencias de ondas milimétricas para redes móviles de quinta generación (5G),» *Desarrollo e Innovación en Ingeniería*, vol. Segunda Edición, nº 1, pp. 564 - 576, 2017.
- [16] V. E. R. Vásquez, «Repositorio Digital de Ciencia y Cultura de El Salvador REDICCES,» 18 03 2015. [En línea]. Available: <http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/2206>. [Último acceso: 16 11 2024].
- [17] «Moreno Martín, Marta,» 01 2015. [En línea]. Available: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/663743/Moreno_Martin_Marta_pdf_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 16 11 2024].
- [18] J. Salazar, «TechPedia,» [En línea]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf. [Último acceso: 18 11 2024].
- [19] B. A. Baque, «Dialnet,» 11 2020. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590368>. [Último acceso: 18 11 2024].
- [20] J. D. Tinoco Alvear, «Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana,» 09 2021. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1076>. [Último acceso: 18 11 2024].
- [21] Republica de Colombia, «Rama Judicial Republica de Colombia,» [En línea]. Available: <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf>. [Último acceso: 24 06 2024].
- [22] Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones - MinTIC, «Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones - MinTIC,» 2023. [En línea]. Available: Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones - MinTIC. [Último acceso: 18 11 2024].
- [23] Union Internacional de Telecomunicaciones, «UIT,» UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la, Junio 1998. [En línea]. Available:

<https://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>. [Último acceso: Abril 2024].

- [24] Asociación Española de Normalización, UNE, «UNE,» 15 12 2021. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0067920>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [25] Asociación Española de Normalización, UNE, «UNE,» 15 12 2015. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0067922>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [26] Asociación Española de Normalización, UNE, «UNE,» 15 12 2015. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0067923>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [27] Asociación de Normalización Española, UNE, «UNE,» 15 12 2015. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0067924>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [28] Asociación Española de Normalización, UNE, «UNE,» 15 12 2015. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0067925>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [29] Asociación Española de Normalización, UNE, «UNE,» 17 01 2024. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0072392>. [Último acceso: 21 04 2024].
- [30] Asociación Española de Normalización, UNE, «UNE,» 17 01 2024. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0072393>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [31] Foro TIA QuEST, «TL9000 The Telecom Quality Management System,» TIA QuEST, 1998. [En línea]. Available: <https://tl9000.org/>. [Último acceso: 1 05 2024].
- [32] ICONTEC, «ICONTEC,» 17 11 2010. [En línea]. Available: <https://tienda.icontec.org/gp-telecomunicaciones-infraestructura-comun-de-telecomunicaciones-ntc5797-2010.html>. [Último acceso: 25 04 2024].
- [33] Gobierno de España, Ley 11/2022, de 28 de junio, General de Telecomunicaciones, Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado - BOE, 2022.
- [34] Jefatura de Estado, «Requisitos para garantizar la seguridad de las redes y servicios de comunicaciones electrónicas de quinta generación,» 30 03 2022. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-4973-consolidado.pdf>. [Último acceso: 05 05 2024].
- [35] Gobierno de España, «General de Comunicación Audiovisual,» Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2022.
- [36] Cortes Generales, «Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado,» 1 03 2022. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2022/03/01/pdfs/BOE-A-2022-3198.pdf>. [Último acceso: 05 05 2024].

- [37] Cortes Generales, «Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado,» 10 05 2014. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-4950-consolidado.pdf>. [Último acceso: 06 05 2024].
- [38] Parlamento Europeo y del Consejo, «Diario Oficial de la Unión Europea,» 11 12 2018. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/doue/2018/321/L00036-00214.pdf>. [Último acceso: 07 05 2024].
- [39] Parlamento Europeo y del Consejo, «Diario Oficial de la Unión Europea,» 06 07 2016. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/doue/2016/194/L00001-00030.pdf>. [Último acceso: 07 05 2024].
- [40] Congreso de la Nación Argentina, «Ente Nacional de Comunicaciones,» 19 12 2014. [En línea]. Available: https://www.enacom.gob.ar/ley-27-078_p2707. [Último acceso: 10 05 2024].
- [41] Congreso de la Nación Argentina, «Ente Nacional de Comunicaciones - ENACOM,» 10 10 2009. [En línea]. Available: https://www.enacom.gob.ar/ley-26-522_p2709. [Último acceso: 11 05 2024].
- [42] Congreso de la Nación Argentina, «Boletín Oficial de la República Argentina,» 18 01 2019. [En línea]. Available: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/200379/20190121>. [Último acceso: 13 05 2024].
- [43] Congreso de la Republica de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 30 07 2009. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>. [Último acceso: 15 05 2024].
- [44] Congreso de la Republica de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 06 03 2014. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56882>. [Último acceso: 16 05 2024].
- [45] Congreso de la Republica de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 21 08 1999. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4276>. [Último acceso: 10 05 2024].
- [46] Congreso de la Republica de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 25 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=98210>. [Último acceso: 09 05 2024].
- [47] Congreso de la Republica de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 30 12 2009. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38901>. [Último acceso: 15 05 2024].
- [48] C. d. I. R. d. Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 11 08 2001. [En línea]. Available:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6254>. [Último acceso: 6 05 2024].

- [49] Congreso de la Republica de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 16 06 2011. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43101>. [Último acceso: 13 05 2024].
- [50] Congreso de la Republica de Colombia, «Departamento Adminstrativo de la Función Pública,» 09 06 2015. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>. [Último acceso: 13 05 2024].
- [51] Congreso de la Republica de Colombia, «Departamento Adminsitrativo de la Función Pública,» 29 07 2021. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=167946>. [Último acceso: 20 05 2024].
- [52] Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC, «Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC,» 29 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.crcom.gov.co/sites/default/files/normatividad/00005993.pdf>. [Último acceso: 30 05 2024].
- [53] Comision de Regulación de Comunicaciones - CRC, «Comision de Regulación de Comunicaciones - CRC,» 16 07 2018. [En línea]. Available: <https://crcom.gov.co/sites/default/files/webcrc/micrositios/documents/00005405.pdf>. [Último acceso: 30 05 2024].
- [54] Ministerio de Minas y Energia, «MinEnergia,» 02 04 2024. [En línea]. Available: https://www.minenergia.gov.co/documents/11563/Resoluci%C3%B3n_40117_de_2024.pdf. [Último acceso: 02 05 2024].
- [55] Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC, «Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC,» 10 11 2016. [En línea]. Available: https://www.crcom.gov.co/sites/default/files/normatividad/Compilada_2016_11_11.pdf. [Último acceso: 03 05 2024].
- [56] Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC, «Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC,» 2020. [En línea]. Available: https://www.crcom.gov.co/system/files/Biblioteca%20Virtual/C%C3%B3digo%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20para%20el%20despliegue%20de%20infraestructura%20de%20telecomunicaciones%20-%20versi%C3%B3n%202020/10-buenas_practicas_despliegue_2020.pdf. [Último acceso: 15 06 2024].
- [57] Congreso de la Republica de Colombia, «Alcaldia de Bogotá,» 03 08 2001. [En línea]. Available: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4162>. [Último acceso: 03 05 2024].
- [58] Concejo Minicipal de Caparrapí, «Alcaldia Municipal de Caparrapí,» 15 06 2001. [En línea]. Available: <https://www.caparrapi-cundinamarca.gov.co/planes/esquema-de-ordenamiento-territorial>. [Último acceso: 10 06 2024].

- [59] Municipio de Caparrapí, «Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación - MinTIC,» 17 12 2016. [En línea]. Available: https://mintic.gov.co/despliegue_infraestructura/D_25148.pdf. [Último acceso: 05 06 2024].
- [60] Senado de la Republica de Colombia, «Departamento Administrativo de la Función Pública,» 02 06 1994. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=329>. [Último acceso: 23 11 2024].
- [61] Secretaria de Educación Departamento de Cundinamarca, «Gobernación de Cundinamarca,» 14 10 2020. [En línea]. Available: <https://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/ee29de31-07b6-453b-b66d-79b4af30d710/Anexo+3+Catacterizaci%C3%B3n+v21122020.xlsx?MOD=AJPERES&CVID=ns5.7Ku>. [Último acceso: 20 11 2024].
- [62] Azteca Comunicaciones Colombia SAS, «Azteca Comunicaciones Colombia,» 07 2023. [En línea]. Available: <https://www.aztecacomunicaciones.com/content/informacion-importante-usuario/mapa-cobertura-fibra>. [Último acceso: 20 11 2024].
- [63] Agencia Nacional del Espectro, «ANE,» Agencia Nacional del Espectro, 2022. [En línea]. Available: https://portalespectro.ane.gov.co/Style%20Library/ane_master/cnabf-tecnico.aspx. [Último acceso: 30 05 2024].
- [64] Aplicaciones y Proyectos TIC S.L., «Xirio Online,» Aplicaciones y Proyectos TIC S.L., 2024. [En línea]. Available: <https://www.xirio-online.com/web/home/welcome.aspx>. [Último acceso: 09 2024].