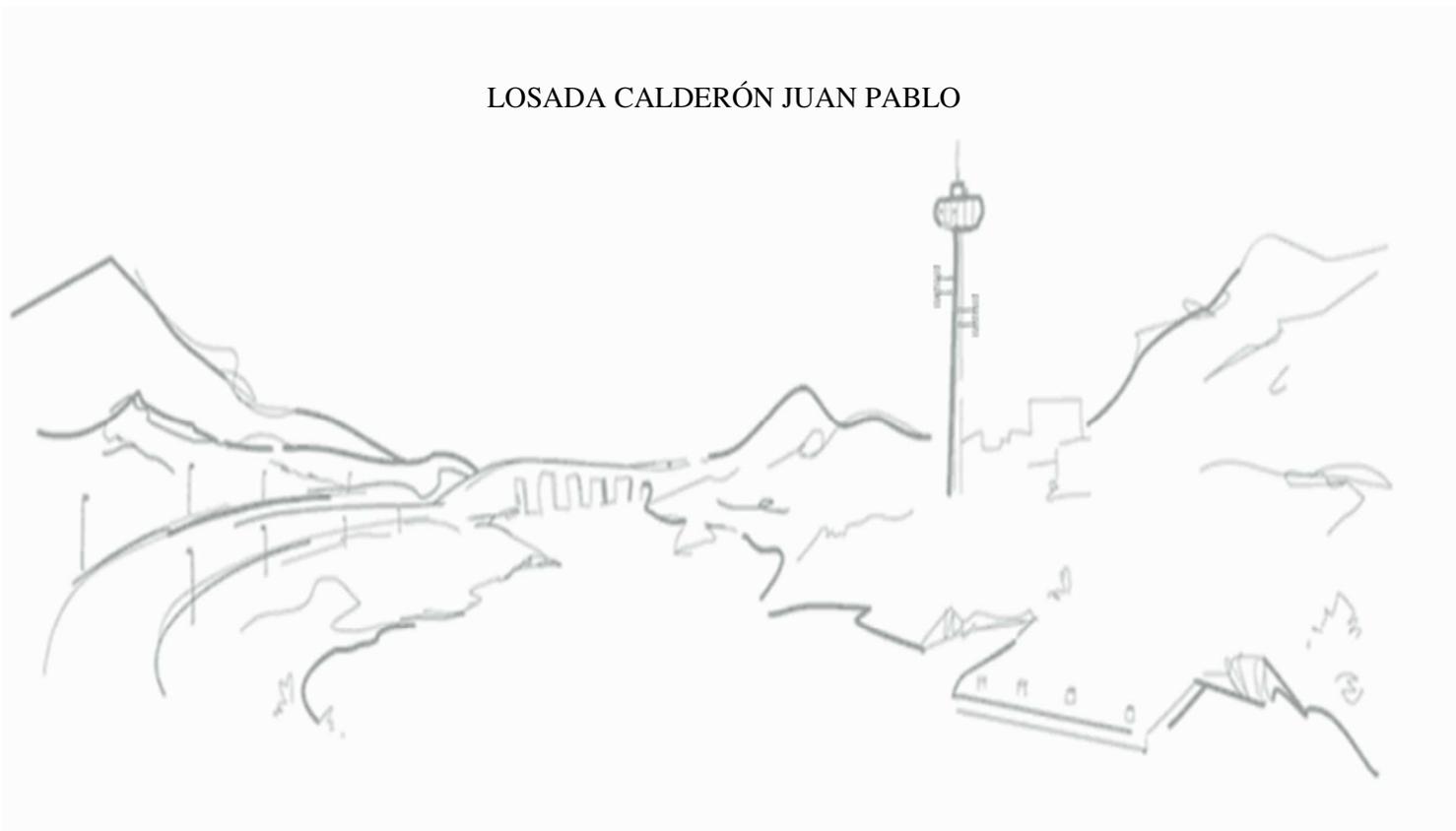


ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA SOLUCIÓN INALÁMBRICA DE  
ÚLTIMA MILLA EN EL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DEL CAGUÁN,  
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ.

LOSADA CALDERÓN JUAN PABLO



UNIVERSITARIA AGUSTINIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ D.C.

2017

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA SOLUCIÓN INALÁMBRICA DE  
ÚLTIMA MILLA EN EL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DEL CAGUÁN,  
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ.

LOSADA CALDERÓN JUAN PABLO

Asesor del trabajo

FABIÁN RODRIGUEZ EDGAR

Trabajo de grado para optar el título como  
Profesional en ingeniería en telecomunicaciones

UNIVERSITARIA AGUSTINIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ D.C.

2017

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

Firma Director Pregrado

---

Firma Calificador

---

Firma Calificador

Bogotá, Distrito Capital. Noviembre de 2017.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa de la vida la cual estoy culminando. También, a ti, Virgen Santísima de Fátima, por amarme tanto y por las mil y una maneras de iluminar la vida de todos los que tocas.

A mis padres, Eliecer y María, a quienes respeto y valoro por todas las cosas que me han enseñado y ofrecido como amor incondicional, apoyo, paciencia y estímulo para salir adelante.

A mi hermana Laura, para que yo pueda ser un ejemplo a seguir de dedicación, esfuerzo, sacrificio y sea nuestra admiración total en sus estudios y futuro. Han sido muchas las personas quienes directa e indirectamente han participado a que yo crezca como persona y profesional. Mi admiración total a todos ellos.

Ya puedo decir que todo lo que soy es gracias a ustedes.

Juan Pablo Losada Calderón

## **RESUMEN**

Los llanos del Yarí es una región al norte del Caquetá en donde las telecomunicaciones han tenido poca incursión, esto debido al conflicto armado, abandono y poca presencia del estado. De esta forma, se optó por proponer una solución de última milla inalámbrica para la prestación del servicio de internet en la cabecera municipal y áreas cercanas del municipio de San Vicente del Caguán, departamento del Caquetá.

Palabras Claves: Última milla, telecomunicaciones, internet, redes, ISP.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>IDEA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	11
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	12
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	13
<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	14
Objetivo General .....	14
Objetivos Específicos.....	14
<b>METODOLOGÍA</b> .....	15
<b>MARCOS DE REFERENCIAS</b> .....	16
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	16
<b>MARCO LEGAL</b> .....	18
<b>UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)</b> .....	18
<b>IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer)</b> .....	19
<b>MINTIC (Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones)</b> .....	21
<b>ANE (Agencia Nacional del Espectro)</b> .....	21
<b>Aeronáutica Civil Colombiana</b> .....	23
<b>Plan Nacional de desarrollo 2014-2018</b> .....	23
<b>Código buenas prácticas para despliegue de infraestructura de redes de comunicaciones</b> .....	24
<b>Riesgos Laborales y Seguridad Industrial</b> .....	30
<b>MARCO CONCEPTUAL</b> .....	31
<b>Telecomunicación</b> .....	31
<b>Internet</b> .....	32
<b>Ondas Electromagnéticas</b> .....	33
<b>Espectro Electromagnético</b> .....	33
<b>Comportamiento de las ondas</b> .....	34
<b>Enlaces Microondas</b> .....	36
<b>Red Inalámbrica</b> .....	37
<b>Tipos de redes inalámbricas</b> .....	37
<b>Estándares</b> .....	40
<b>Canales</b> .....	42
<b>Método de acceso</b> .....	43
<b>Última Milla</b> .....	44
<b>ISP (Internet Service Provider)</b> .....	45
<b>Componentes de una red</b> .....	47

<b>WISP (Wireless Internet Service Provider)</b> .....	49
<b>ACTUALIDAD</b> .....	50
<b>Generalidades Del Municipio</b> .....	50
<b>PROGRAMAS DE CONECTIVIDAD</b> .....	54
<b>Compartel</b> .....	54
<b>Red Nacional de Telecentros</b> .....	57
<b>Computadores para Educar</b> .....	59
<b>Proyecto Nacional de Fibra Óptica</b> .....	60
<b>Kioscos Vive Digital</b> .....	63
<b>Zonas Wifi Para La Gente</b> .....	67
<b>INFRAESTRUCTURA</b> .....	68
<b>Estaciones de Radio</b> .....	68
<b>Telefonía Móvil Celular</b> .....	69
<b>Telefonía Fija e Internet</b> .....	74
<b>Internet Satelital</b> .....	75
<b>Proveedores Locales</b> .....	76
<b>Televisión</b> .....	76
<b>NECESIDAD DE CONECTIVIDAD</b> .....	78
<b>PROYECCIÓN DE SOLUCIÓN DE ÚLTIMA MILLA</b> .....	79
<b>Diseño de la Topología</b> .....	80
<b>Servicios de red</b> .....	88
<b>Calidad del servicio</b> .....	89
<b>Frecuencias y Cobertura</b> .....	90
<b>Simulaciones</b> .....	92
<b>Direccionamiento</b> .....	101
<b>Subredes</b> .....	102
<b>Equipos</b> .....	103
<b>Seguridad</b> .....	103
<b>CONCLUSIONES</b> .....	105
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	106
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	107

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Regiones de la IEEE. ....	19
Ilustración 2. Frecuencias de uso libre.....	22
Ilustración 3. Torre auto soportada. ....	25
Ilustración 4. Torre Rindada.....	26
Ilustración 5. Torre monopolo. ....	27
Ilustración 6. Radio con antena integrada.....	28
Ilustración 7. Mástil con radios y antenas. ....	29
Ilustración 8. Clasificación de las bandas de frecuencias. ....	34
Ilustración 9. Línea de vista.....	36
Ilustración 10. Enlace Punto a Punto .....	39
Ilustración 11. Enlace Punto a Multipunto .....	39
Ilustración 12. Estándares 802.11.....	42
Ilustración 13. Canales banda 2.4 GHz.....	43
Ilustración 14. Etiqueta Wifi. ....	43
Ilustración 15. Estaciones bases y clientes. ....	44
Ilustración 16. Jerarquía de los ISP .....	47
Ilustración 17. Ubicación de San Vicente en el Caquetá.....	50
Ilustración 18. Mapa geográfico del municipio.....	51
Ilustración 19. Plano del municipio.....	52
Ilustración 20. Mapa topográfico del municipio.....	53
Ilustración 21. Aviso de servicios de Compartel. ....	55
Ilustración 22. Reflector programa Compartel. ....	56
Ilustración 23. Compartel en colegios.....	57
Ilustración 24. Elementos de un punto Compartel.....	58
Ilustración 25. Computadores para educar. ....	59
Ilustración 26. Computadores para educar. ....	60
Ilustración 27. Fibra Óptica Llegando al municipio.....	61
Ilustración 28. CPE (customer premises equipment).....	62
Ilustración 29. Terminal Óptica de Red (ONT) y caja de transición de fibra. ....	63
Ilustración 30. Kiosco Vive Digital .....	64
Ilustración 31. Aviso de Kiosco Vice Digital.....	65
Ilustración 32. Gabinete eléctrico de un Kiosco Vive Digital. ....	65
Ilustración 33. Teléfono Kiosco Vive Digital .....	66
Ilustración 34. Teléfono Kiosco Vive Digital.....	67
Ilustración 35. Emisoras en el municipio. ....	68
Ilustración 36. Cobertura GSM de Claro .....	69
Ilustración 37. Cobertura 3G de Claro .....	70
Ilustración 38. Cobertura 4G de Claro .....	70
Ilustración 39. Cobertura GSM de Movistar .....	71
Ilustración 40. Cobertura 3G de Movistar .....	71
Ilustración 41. Cobertura 4G de Movistar .....	72
Ilustración 42. Cobertura GSM de Tigo.....	72
Ilustración 43. Cobertura 3G de Tigo .....	73
Ilustración 44. Cobertura 4G de Tigo .....	73
Ilustración 45. Abonados telefonía Fija. ....	74

Ilustración 46. Tecnologías Acceso a Internet en el municipio.....	74
Ilustración 47. Antigua Telecom .....	75
Ilustración 48. Aeropuerto Local.....	76
Ilustración 49. Reflector DIRECTV .....	77
Ilustración 50. Base militar e infraestructura de telecomunicaciones. ....	79
Ilustración 51. Elevación del terreno e infraestructura de telecomunicaciones.....	80
Ilustración 52. Caseta prefabricada para equipos de telecomunicaciones. ....	82
Ilustración 53. Caseta prefabricada sin encierros.....	82
Ilustración 54. Diseño propuesto cuarto telecomunicaciones y torre.....	83
Ilustración 55. Diseño jerárquico de tres capas.....	85
Ilustración 56. Topología física propuesta .....	86
Ilustración 57. Caja de transición con salidas a Patch Core.....	87
Ilustración 58. Router de servicios integrados.....	87
Ilustración 59. Frecuencias propuestas banda 2.4 GHz .....	91
Ilustración 60. Frecuencias propuestas 5 GHz .....	91
Ilustración 61. Cobertura 90 grados de azimut.....	93
Ilustración 62. Cobertura 90 - 180 grados de azimut .....	93
Ilustración 63. Cobertura 180 - 270 grados de azimut .....	94
Ilustración 64. Cobertura 270 - 360 grados de azimut .....	94
Ilustración 65. Cobertura 360 grados. ....	95
Ilustración 66. Cobertura 2.4 GHz.....	95
Ilustración 67. Cobertura 5 GHz.....	96
Ilustración 68. Cobertura municipio. ....	96
Ilustración 69. Disposición Antena sectorial en nodo central. ....	97
Ilustración 70. Disposición CPE y AP .....	98
Ilustración 71. Simulación de ubicación de clientes. ....	98
Ilustración 72. Perfil de enlace nodo 1 .....	99
Ilustración 73. Perfil de enlace nodo 2. ....	99
Ilustración 74. Perfil de enlace nodo 3. ....	100
Ilustración 75. Perfil de enlace nodo 4. ....	100
Ilustración 77. Segmentos de red propuestos. ....	102
Ilustración 78. Direccionamiento IP propuesto. ....	102

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo da a conocer una propuesta de una solución inalámbrica de última milla en el municipio de San Vicente del Caguán, departamento del Caquetá. El departamento del Caquetá ha contado con una infraestructura precaria en materia de telecomunicaciones la cual ha venido siendo mejorada poco a poco mediante programas sociales de telecomunicaciones y operadores privados. La actual propuesta de solución inalámbrica está basada en la apropiación de las tecnologías de la información y comunicación usando como eje principal la actual red de fibra óptica que hace presencia en el municipio para proveer conectividad a los habitantes de esta población.

Internet se ha convertido en un motor económico y constituye un medio de comunicación a una fuente de recursos de información de escalas globales, siendo ya indispensable para muchos de los procesos diarios con los que convivimos. El impacto que ha tenido internet ha sido paralelo a la tecnología actual. Satélites de telecomunicaciones de última generación, conexiones a internet de alta velocidad en todo el mundo, dispositivos electrónicos de altas capacidades de procesamiento, electrónica de alta tecnología, entre otros desarrollos.

Los objetivos propuestos se señalan como el estudio de viabilidad técnica de una solución inalámbrica de última milla atendiendo a la respuesta bajo qué condiciones de seguridad, con la tecnología disponible y bajo qué características tecnológicas poder llegar a implementarlo al futuro en aras de una microempresa.

## **IDEA DE INVESTIGACIÓN**

Las telecomunicaciones ha sido el sector de la economía que más crecimiento y dinamismo en las últimas décadas han experimentado muchos países, especialmente los países en miras de desarrollo. Colombia ha sido un país en donde también se ha venido experimentando la creciente demanda por los servicios del sector TIC, especialmente las redes móviles celulares e internet en cualesquiera de los modos de acceso a ella. Estos servicios del sector vienen siendo ofrecidos por empresas prestadoras de servicio de internet (ISP) tanto a nivel nacional como regional o local. En Colombia, debido a la geografía tan diversa y complicada, no todos los departamentos de las distintas regiones han sido cubiertos en su totalidad por los servicios de telecomunicaciones, a pesar de las acciones del estado para aumentar de forma generalizada el acceso a estas tecnologías y por parte de las empresas privadas como Claro, Movistar y Tigo-Une (principales y mayores ISP de Colombia). Dentro de este contexto y consciente del bajo acceso a internet en ciertas regiones, se opta por analizar y considerar una región en particular dentro del departamento del Caquetá como lo es San Vicente del Caguán, su infraestructura actual en materia de telecomunicaciones y las actuales soluciones para la prestación de servicios de telecomunicaciones en la zona y con base en lo anteriormente dicho se generará un documento que permita mostrar los detalles de viabilidad técnica de una solución inalámbrica de última milla en esta región de los llanos del Yarí.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Es posible detallar una solución inalámbrica de última milla para la prestación de servicio de internet en un municipio de infraestructura en telecomunicaciones tan precaria como lo es San Vicente del Caguán, departamento del Caquetá?

## JUSTIFICACIÓN

Con el objetivo de reducir la actual brecha digital tecnológica en la zona de los llanos del Yarí y en identificar factores claves de la región para las telecomunicaciones, esta iniciativa se pensó, adicional, por el bajo índice de acceso a internet como recurso educativo, de información y herramienta de integración que se tienen en el departamento del Caquetá y específicamente en zonas golpeadas por el conflicto armado como lo ha sido el municipio de San Vicente de Caguán. La región Amazónica colombiana representa el 2,3% de la población de país con niveles de necesidades básicas insatisfechas y, por ende, debido al bajo número de habitantes por kilómetros cuadrado respecto a otras regiones no se cuenta con la totalidad del acceso a tecnologías de la información y comunicación en sus habitantes. (Instituto SINCHI, 2007)

Actualmente el departamento del Caquetá es el tercer departamento más grande de Colombia, pero con una de las densidades poblacionales por kilómetros cuadrado más bajas del país. Distintos programas de conectividad han hecho cobertura en el departamento del Caquetá durante varios años, han sido fomentados por el estado y de los cuales se destacan programas como Compartel, Red Nacional de Telecentros, Computadores para educar, Proyecto Nacional de Fibra Óptica, Kioscos Vive Digital y Hogares Digitales. Sin embargo, estos programas no han logrado llegar a un número considerable de los habitantes y se requiere llegar a más, siendo esta una necesidad técnica para la región y oportunidad de negocio a mediano y largo plazo. (Jhon Pinzón, 2015)

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo General**

Analizar los estudios técnicos necesarios de viabilidad de una solución inalámbrica de última milla en el acceso a internet para los habitantes del municipio de San Vicente del Caguán, departamento del Caquetá.

### **Objetivos Específicos**

Recopilar la información técnica necesaria sobre la actual infraestructura en materia de telecomunicaciones, cobertura y tecnologías de acceso a internet de los habitantes en el municipio y alrededores.

Proyectar un diseño técnico y detallado sobre una solución inalámbrica de última milla, su capacidad y cobertura para proveer el acceso a internet usando bandas del espectro no licenciadas.

Realizar un diseño de red que contemple las implementaciones necesarias para contar con los segmentos de administración y gestión de red, segmentos para usuarios y otros que se requieran.

## METODOLOGÍA

Este trabajo corresponde a una investigación de enfoque cuantitativo en el área de las telecomunicaciones, que involucra una serie de fases y estudios para así determinar el estado actual en materia e infraestructura de telecomunicaciones presentes en el municipio como emisoras de radio difusión, prestadores de servicios de telecomunicaciones y luego llevar a cabo los estudios técnicos necesarios de viabilidad de una solución inalámbrica de última milla. Esta investigación cuantitativa se enfoca en un diseño, ya que es mucho más flexible, abierto a las acciones a realizar que se rigen en torno al área del diseño y se fundamenta en la aplicación de gran variedad de los estudios previos cursados durante todos los semestres en la universitaria. De este modo, el diseño se va ajustando de acuerdo a las condiciones del municipio seleccionado y fue a partir de detalles de planeación y fases como:

- Identificación de potenciales municipios de investigación.
- Selección del sitio donde se realizará el estudio.
- Estrategias para realizar el estudio de investigación.
- Realización del estudio u objeto de las actividades.
- Concluir acerca de nuevas oportunidades de negocio e innovación.

Se escogió este tipo de investigación, en adicional, porque aumenta las dimensiones de las investigaciones dentro de la facultad de ingeniería de la Universitaria Agustiniiana en lugares golpeados por el conflicto armado, de abandono histórico por parte del estado y lugares apartados de la ciudad de Bogotá.

## MARCOS DE REFERENCIAS

### MARCO TEÓRICO

Diferentes casos de estudios referentes a viabilidades técnicas para proveer acceso de última milla a recursos de red en comunidades y lugares geográficamente apartados y remotos permiten identificar los retos de la tecnología para poder acortar distancias geográficas y que las alternativas a estas problemáticas pueden llegar a ser las distintas técnicas y tecnologías inalámbricas. Este es uno de los factores claves de todos los países que se encuentran en miras de desarrollo. Así pues, cuando se les ofrece a las personas de una comunidad un acceso rápido y barato a la información, mediante conexiones inalámbricas, estas personas se benefician directamente de lo que las redes pueden ofrecerles, internet, por ejemplo. El término inalámbrico aplica para todo conjunto de elementos que interconectados entre sí mediante ondas electromagnéticas operan en cumplimiento para determinadas tareas. Desde el punto de vista de un usuario final, una conexión inalámbrica no es particularmente diferente a cualquier otra conexión cableada: correo electrónico, navegador web y otros servicios funcionan a como si fuera cableada.

En Colombia se han realizado muchos diseños, simulaciones, casos de estudios e implementaciones acerca de las potencialidades que ofrece las redes inalámbricas para acceder a servicios de telecomunicaciones como voz, datos, video, entre otros, en lugares donde se carece de infraestructura robusta o simplemente es muy precaria, lo que se convierte en todo un desafío técnico, ingenieril y hasta económico. De esta forma, es necesario dar cuenta de algunos ejercicios realizados en Colombia y las implicaciones de los beneficios que han conllevado a las regiones.

Un ejercicio bastante interesante de la Universidad de Nariño promovió el uso de las redes inalámbricas de uso no licenciado para fortalecer la empresa municipal Unimos S.A ESP en el municipio de Ipiales, Nariño. Esta labor buscó aumentar la zona de cobertura de la empresa municipal para la prestación de sus servicios ofrecidos (básicamente internet banda ancha y telefonía) usando equipos de red de marcas como Ubiquiti y TP Link. Esta implementación logró reducir de manera sustancial los reportes de fallas en la prestación de servicio por parte de los usuarios hacia la empresa municipal y, en adicional, obtuvo mayor

cobertura en sitios turísticos de la zona como el corregimiento de Las Lajas. (David Dorado, 2015)

En el departamento del Cauca se elaboró un diseño de red mediante enlaces inalámbricos que comprenden varias sedes de la IPS-I ACIN (Institución Prestadora de Servicios de la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca). Este diseño comprendió el acceso a servicios centralizados en la sede principal de la IPS en el municipio de Santander de Quilichao a sus respectivas sedes en el departamento. Como resultado de estos diseños se propuso la implementación de la red para mitigar las actuales falencias presentadas en los servicios de consulta a bases de datos, facturación, programación y asignación de los usuarios a sus respectivos servicios de salud. De esta forma, queda consolidada las redes inalámbricas como opción confiable ante situaciones de difícil infraestructura. (Adrián Valencia Zambrano, 2013)

En el ámbito educativo se han realizado implementaciones de redes inalámbricas como modelo exacto de ISP (Internet Service Provider). En la Universidad Autónoma de Occidente se realizó el diseño y la puesta en marcha de un ISP en esta universidad para la prestación de servicios de internet y telefonía IP usando la infraestructura y las técnicas que un proveedor de servicios usa normalmente como servidores de autenticación, autorización, tarificación, pasando por sistema de gestión y control de red hasta la instalación física de los medios de transmisión y equipos inalámbricos. (Luis Villa y Andrés Vivas, 2013)

A nivel internacional, las redes inalámbricas han sido la alternativa más práctica a la hora de tener participación en la conectividad hacia internet. Generalmente estas conexiones como alternativa se presentan en países no desarrollados debido a los costos de los equipos relativamente bajos comparadas con tecnologías cableadas. En el año 2006, la WNDW (Wireless Network In The Developing World) vio la necesidad de poder documentar y capacitar a las personas en la construcción de redes de bricolaje usando tecnologías inalámbricas. El resultado de esta necesidad fue la documentación de la teoría y las prácticas de diseño, instalación y operación de redes inalámbricas para lograr la expansión del alcance de internet en todo el mundo. En consecuencia, la WNDW realizó la publicación de su libro denominado Redes Inalámbricas En Países En Desarrollo siendo una guía básica para personas aficionadas y experimentadas. (WNDW, 2013)

## **MARCO LEGAL**

Para realizar los estudios técnicos necesarios de viabilidad de una solución inalámbrica de última milla se debe tener conocimientos de distintos conceptos, tecnologías, infraestructuras de redes y normatividad vigente. Es importante tener conocimiento de las instituciones que reglamentan desde nivel internacional a nivel local el uso de las tecnologías necesarias en el acceso a las redes y los servicios de telecomunicaciones. Una solución inalámbrica o de última milla a nivel regional o local es una proveedora de servicios de internet (ISP) y está compuesta por una red de acceso hacia los abonados y una capa de núcleo de la red. El acceso a los abonados se puede realizar de distintas formas, siendo la más común, de forma inalámbrica. En la capa de núcleo de la red se encuentran los diferentes equipos y servicios que tendrá la red, como lo es la autenticación de los usuarios, la señalización, el control y la distribución del servicio.

Dentro de las instituciones están las siguientes:

### **UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)**

La UIT es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y las comunicaciones. Actualmente está formado por 193 países miembros y más de 700 entidades del sector privado e instituciones académicas. Una de las funciones de este organismo es el de general reglamentación y recomendaciones internacional para todo tipo de comunicación, independiente de su naturaleza.

La UIT está dividida en tres (3) ramas, sectores, las cuales trabajan conjuntamente y se esfuerzan por mejorar la accesibilidad de las telecomunicaciones. Estos sectores son los siguientes:

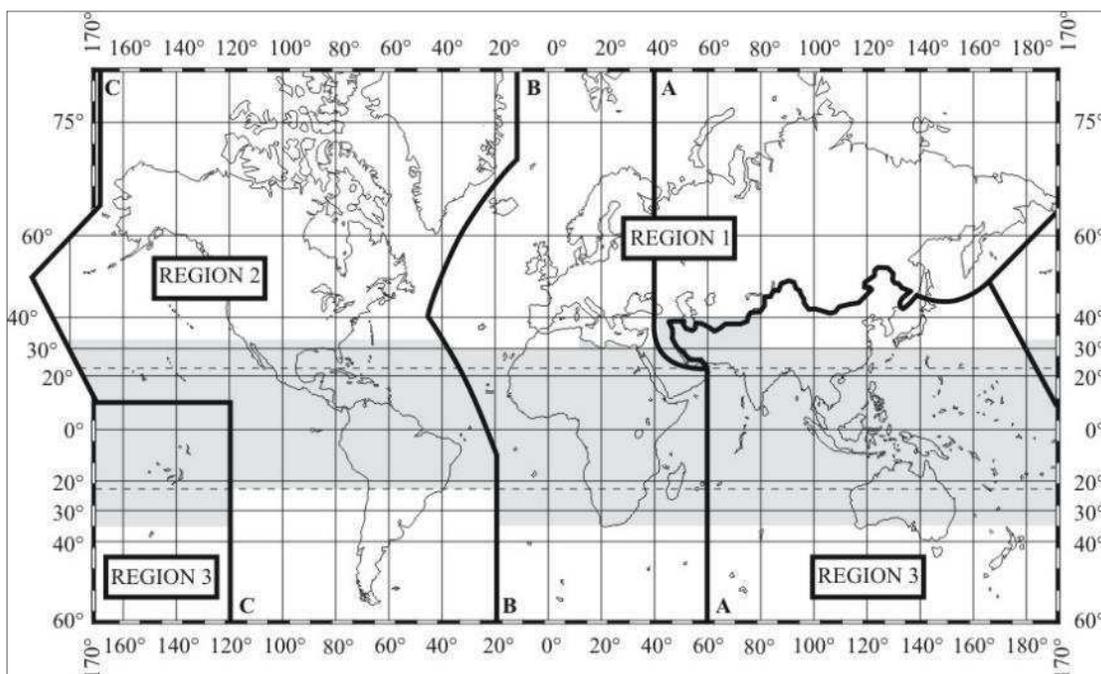
- ITU-R: Sector de Radiocomunicaciones.
- ITU-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.
- ITU-D: Sector de Desarrollo de las telecomunicaciones.

El sector de las radiocomunicaciones ofrece y recomienda recomendaciones técnicas en las telecomunicaciones. El sector de normalización ofrece recomendaciones acerca de aspectos técnicos, de explotación y tarifarios. El sector de desarrollo es la división de la UIT

que se encarga de hacer accesible, equitativa y sostenible las telecomunicaciones a los mercados emergentes. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017)

Colombia y las Américas se ubican dentro de la región 2 de la UIT. Estas regiones son básicamente la distribución de las frecuencias para los distintos usos y servicios de los países de una región. En total son 3 regiones en las que está distribuido el globo ante la UIT. La siguiente imagen muestra las regiones de la UIT. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017)

Ilustración 1. Regiones de la IEEE.



Fuente 1. Disponible en <https://www.itu.int/net/ITU-R/information/docs/emergency-regions.jpg>

### IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer)

Una de las mayores asociaciones del mundo en el campo de la ciencia e ingeniería englobando a profesionales de la electrónica, telecomunicaciones e informática de todo el mundo. Provee estándares para la máxima compatibilidad de múltiples dispositivos, aplicativos y estandarización en otras áreas técnicas más. Estos estándares cubren una gran variedad de industrias como la energía, biomedicina, salud, tecnologías de comunicaciones, transporte, nanotecnología, seguridad informática, entre otros. (Master Magazin, 2016)

Los estándares más usados de la IEEE en la industria de las redes y telecomunicaciones son:

- **802:** busca estandarizar las redes basadas en las redes LAN y MAN incluyendo los distintos medios de transmisión físicos. De igual forma, fue un proyecto que se desarrolló en paralelo con el modelo OSI, modelo que busca interconectar distintos tipos de redes y tecnologías.
- **802.3:** busca estandarizar las redes de tecnología Ethernet y sus distintas versiones respecto a la velocidad (Fast Ethernet, Giga Ethernet). También establece indicaciones para medios de transmisión como cable de par trenzado o coaxial.
- **802.11:** serie de estándares que busca la interoperabilidad para las redes WLAN. Las especificaciones de este estándar se ven aplicadas en los dispositivos que tienen en la certificación wifi. Más adelante se hablará de este estándar.
- **802.15:** este estándar está especializado en las redes de área personas (WPAN). Las principales tecnologías de este estándar son Bluetooth, RFID y Zigbee. La IEEE posee varios grupos de trabajo, de acuerdo a los proyectos dentro de este tipo de red.
- **802.16:** son estándares que fueron definidos para el servicio de acceso inalámbrico de banda ancha fija de lo que se relacionó directamente con las redes WMAN. La mejor tecnología acogida en este estándar es WiMAX (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas).
- **802.20:** es un estándar para el acceso a servicios de internet banda ancha en redes móviles. Se considera como una variante de la especificación 802.16 destinado a competir contra tecnologías como DSL y otras tecnologías cableadas pero que actualmente es poco usado.
- **802.22:** es un estándar de la IEEE que busca ofrecer conectividad a servicios de internet banda ancha en zonas rurales y apartadas mediante bandas UHF/VHF de televisión que no estén en uso (espacios en blanco de servicios de televisión "TVWS").

Sin embargo, son muchos más los estándares usados actualmente, las cuales hacen énfasis en muchas ramas como infraestructura, seguridad e interoperabilidad.

**MINTIC (Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones)**

Es la autoridad del país encargada de promover el acceso y uso de las TIC mediante la masificación, la libre competencia y el uso eficiente de la infraestructura. El estado colombiano dentro de sus políticas y obligaciones mediante la ley 1341 de 2009 crea el actual ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones, antes llamado ministerio de las comunicaciones y colabora en el acceso a las tecnologías de la información en condiciones no discriminatoria, recurre a escenarios libres de competencia en la prestación de servicios de telecomunicaciones, fomenta el despliegue y uso eficiente de la infraestructura para la provisión de redes de telecomunicaciones y recursos escasos como lo es el espectro radioeléctrico, vela por la protección de todos los derechos de los usuarios de servicios de telecomunicaciones, promueve la igualdad de oportunidades a los distintos operadores a los recursos escasos, adopta la neutralidad respecto a las distintas tecnologías siguiendo recomendaciones y normatividad de los organismos internacionales como lo es la UIT. Así mismo, posibilita la libertad de expresión y da pie a programas sociales para que las poblaciones de las regiones más apartadas del país cuenten con acceso y uso de herramientas informáticas. Estos son los principios orientadores en la cual se involucran los sectores públicos y privados de la sociedad en pro del bienestar de los colombianos. En esta misma ley (1341 de 2009) en su artículo 15 aluce al registro TIC con la cual las personas naturales o jurídicas que deseen ser proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones deben inscribirse para quedar en los registros del ministerio. (Congreso de la república, 2009).

Este registro conlleva a un pago al estado por la contraprestación del uso del espectro radioeléctrico al Fondo de Tecnologías de la Información y Comunicación (FONTIC) basados en criterios básicos del servicio a prestar como ancho de banda asignado, números de usuarios potenciales, la disponibilidad del servicio, planes de expansión, cobertura, demanda del servicio entre otros factores de criterio que sirvan como indicador de precio. Éste pago por contraprestación del uso del espectro se debe dar desde el momento que se concede el registro TIC y en toda vez que se haga su renovación. (MINTIC, 2017)

**ANE (Agencia Nacional del Espectro)**

La Agencia Nacional del Espectro es una entidad adscrita al ministerio que se encarga de planear estratégicamente el uso correcto del espectro radioeléctrico, así como su vigilancia y control territorio nacional (MINTIC, 2014). Esta entidad cumple funciones de

mejoramientos, desarrollos y servicios que benefician a las mismas entidades del estado y habitantes. La ANE fue creada en la ley 1341 de 2009 y a su vez dicta generalidades acerca del uso de bandas de frecuencias libres para los colombianos. Estas bandas de frecuencias son refrendadas por la resolución 711 del 11 de octubre 2016 para la operación basado en la no interferencia entre ellas y ciertas generalidades como limitaciones o modos de operación. La ANE también recibió la autoridad y facultad mediante la ley 1753 de 2015 en su artículo 43 para expedir normas relacionadas al despliegue de antenas las cuales contempla aspectos como la potencia máxima o límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos y consideraciones técnicas para cumplir dichos límites. La siguiente tabla muestra las bandas de frecuencia permitidas para el uso libre dentro del territorio colombiano. (Congreso de la república, 2015)

*Ilustración 2. Frecuencias de uso libre.*

<b>Frecuencia inferior (MHz)</b>	<b>Frecuencia superior (MHz)</b>
915	928
2400	2483.5
5150	5250
5250	5350
5470	5725
5725	5850

*Fuente 2. Elaboración propia.*

El gobierno nacional también ha establecido los límites de potencia a irradiar en todo tipo de señales de radiofrecuencia (RF) provenientes de diversas infraestructuras de telecomunicaciones. El gobierno mediante el decreto 195 de 2005 indica que toda fuente de emisión de potencia de quienes presten servicios y/o ejerzan actividades de telecomunicaciones deben acoger esta normatividad que proviene como recomendación de la UIT-T K.52 “Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas

a los campos electromagnéticos”. De esta forma, cada fuente transmite a la potencia que sea asignada por el estado.

### **Aeronáutica Civil Colombiana**

La Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC) es el ente que evalúa y controla el cumplimiento de las normas aeronáuticas y aeroportuarias en el país. Ella contiene normatividad acerca de la infraestructura de telecomunicaciones que pueden llegar a interferir en el espacio aéreo de cualquier ciudad y/o municipio de Colombia, la señalización y la altura máxima permitida. Para dar cumplimiento a la seguridad aérea, la UAEAC expide las algunas consideraciones a proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones y/o proveedores de infraestructura de soporte de telecomunicaciones cuando estos solicitan permiso para instalaciones como, por ejemplo:

- Uso de colores en infraestructuras cercanas a aeropuertos. Estos colores deben contrastar entre ellos y con el fondo sobre el cual hayan de verse. Generalmente estos colores son blanco y naranja o blanco y rojo.
- La iluminación de objetos en estructuras altas mediante luces de alta, media y baja intensidad, de acuerdo a lo que determine el permiso.

La aeronáutica civil determina, entre otras cosas, las condiciones necesarias para que se den estas instalaciones, las cuales están muy relacionadas con el código de buenas prácticas para el despliegue de infraestructura de redes de comunicaciones para Colombia.

### **Plan Nacional de desarrollo 2014-2018**

El actual plan de desarrollo nacional denominado “todos por un nuevo país” expedido por la ley 1753 de 2015 en sus artículos 193 recuerda como un derecho el acceso a las herramientas TIC en todo el territorio nacional asegurando la prestación continua, oportuna y de calidad de los servicios públicos de comunicaciones. De igual manera, ratifica los servicios de telecomunicaciones como telefonía móvil, telefonía fija, internet y televisión corresponden a servicios públicos de ámbito y cubrimiento nacional sujetos al control y gestión del estado. (Congreso de la república, 2015)

La ley 1753 recomienda para su cabal cumplimiento básicamente:

- Cumplir la normatividad y armonizarlos con los propósitos del gobierno nacional, el acceso a las TIC y el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en aras de salvaguardar los derechos constitucionales.
- Identificar los obstáculos que restrinjan, limiten o impidan el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones con el fin de garantizar los derechos constitucionales.
- Adoptar las medidas y las acciones necesarias que se consideren correctas para remover dichos obstáculos y hacer uso del código de buenas prácticas para el despliegue de redes de telecomunicaciones.

De igual manera, en el parágrafo 3 del mismo artículo 193 de la ley 1753 de 2015, señala que antenas como micro celdas y pico celdas pueden ser instaladas sin necesidad de obra civil y sin mediar licencia de autorización de suelo debido a sus dimensiones, peso y características, esto sin evadir la reglamentación expedida por la ANE y la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC).

### **Código buenas prácticas para despliegue de infraestructura de redes de comunicaciones**

La ANE y la CRC, conjunto con el ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones (MINTIC) han estipulado un conjunto de normas, disposiciones y metodología para la instalación de nueva infraestructura bajo el objetivo de ampliación de cobertura o prestación de nuevos servicios de comunicaciones de manera organizada buscando la competitividad y el acceso a estas herramientas. Actualmente el despliegue de infraestructura está dado por normatividad hacia las telecomunicaciones y otra normatividad dada por cada ente territorial, lo que hace que las instalaciones sean distintas de un territorio a otro dependiendo de la realidad económica y social de cada municipio.

Dentro del código se encuentra por ejemplo las siguientes pautas y recomendaciones para la ubicación e instalación de las estaciones radioeléctricas las cuales se hace mención acerca de estructuras para radioenlaces y antenas en general en las que se distinguen:

- Torres Auto soportadas: Estructura la cual está compuesta por perfiles metálicos unidos entre si mediante tornillos, diseñada para auto soportar un número determinado de antenas acorde al peso y las dimensiones. A su vez, la torre se ancla a una cimentación de zapatas de concreto reforzado o pilotes pre-excavados dependiendo de las cargas y el terreno donde se vaya a instalar.

*Ilustración 3. Torre auto soportada.*



*Fuente 3. Disponible en el código de buenas prácticas.*

- Torres Templeteada o Riendada: Estructura metálica de secciones triangulares o cuadradas diseñadas para soportar un determinado número de antenas por su peso y dimensión que se caracteriza por estar sujeta, sostenida por templetes o riendas de acero galvanizado ancladas al piso a una base de hormigón.

*Ilustración 4. Torre Riendada.*



*Fuente 4. Disponible en el código de buenas prácticas.*

- Monopolo: Es una estructura formada por dos partes: la primera es el armazón, el cuerpo de la torre y la segunda es la parte superior donde se instalarán las antenas. Estas estructuras se determinan de acuerdo al servicio que van a prestar, el número de antenas, el peso de las mismas. La altura del monopolo estará dada por las condiciones del suelo, el estudio de propagación, entre otros.

*Ilustración 5. Torre monopolo.*



*Fuente 5. Disponible en el código de buenas prácticas.*

- Antenas sobre mástiles: Siempre buscando minimizar el impacto urbanístico, éstas se deben realizar en edificaciones o estructuras existentes. En la medida de lo posible los mástiles deben estar adosados contra las fachadas de las edificaciones reduciendo el impacto visual y optimizando el espacio disponible.

Ilustración 6. Radio con antena integrada.



Fuente 6. Elaboración propia.

- Mástiles sobre azoteas: La altura de los soportes o mástiles debe ser la mínima técnicamente viable y que no genere impacto visual a los transeúntes desde la vía pública. Para edificaciones mayores a treinta (30) metros de altura, la altura máxima del mástil debe ser de 5 metros. Para edificaciones con altura menor a los treinta (30) metros la altura máxima del mástil estará dada por la siguiente fórmula:

$$h = 5 + \frac{(30 - H_e)}{5}$$

Donde h es la altura máxima permitida y  $H_e$  es la altura de la edificación donde se instalará el mástil.

En caso de requerirse una mayor altura se debe realizar un estudio técnico detallado justificándolo ante la secretaría de planeación del municipio. De igual manera, se debe procurar el uso de radomos (recubrimientos) con el mismo objetivo de mitigar los impactos visuales y arquitectónicos.

*Ilustración 7. Mástil con radios y antenas.*



*Fuente 7. Disponible en el código de buenas prácticas.*

- Estructuras sobre el nivel del sueño: La altura de estas estructuras en zonas rurales o industriales es determinada por la aeronáutica civil en su código de protección al tránsito aéreo. Cuando la estructura está en zona no urbanizable es entonces la autoridad territorial quien determine la altura respectiva o a menos que esté estipulado en el plan de ordenamiento territorial de cada municipio.

El manual de buenas prácticas establece de igual manera otros aspectos normativos asociados a los campos electromagnéticos e información al ciudadano sobre medición de exposición a estos campos.

## **Riesgos Laborales y Seguridad Industrial**

En Colombia, el ministerio de trabajo tiene como función expedir las normas que regulan la salud ocupacional y a su vez los trabajos en altura. Los trabajos en altura son considerados trabajos del alto riesgos y principales causantes de muertes y enfermedades en el ámbito laboral y mediante la resolución 1409 de 2012 del ministerio de trabajo se reglamenta la seguridad y protección contra las caídas de lugares altos. Esta última resolución establece que a toda altura mayor a 1.5 metros se deberá hacer control de los riesgos y la(s) persona(s) que realice esta actividad deben cumplir una serie de requisitos previos como evaluaciones médicas, capacitación y reentrenamiento, equipos y sistemas de protección contra caídas, planes de emergencias, rescates y certificación de dicha competencia laboral. En el campo de las telecomunicaciones, muchas de las actividades están sujetas a trabajos en alturas. Estos trabajos en alturas se realizan en torres, cerchas, exteriores de edificaciones o estructuras de gran altura la cual los equipos a usar los trabajadores incluyen:

- Arnés de cuerpo completo: Equipo de protección personal diseñado para distribuir en varias partes del cuerpo el impacto generado durante una caída.
- Anclaje: Cada uno de los puntos seguros de una estructura como torres o cerchas al que se puede conectar, anclar, los equipos personales de protección contra caídas.
- Líneas de vida: Sistemas certificados de cables de acero, cuerdas, rieles u otro material que están debidamente ancladas a un punto de seguro dentro de la zona de labor. Protegen al trabajador en su desplazamiento.
- Eslinga de posicionamiento: Elemento de cuerda, cinta, cable u otro material con gran resistencia (mínima de 5000 libras) que puede contener en sus extremos ganchos o conectores que permiten la unión del arnés y trabajador a un punto de anclaje y limita la distancia de caída del trabajador a una distancia no mayor de 60 centímetros.
- Certificación de alturas: Certificado que se obtiene luego de realizado y aprobado un curso de alturas en un centro competente.
- Acceso por cuerda y rescate: Es una técnica de ascenso, descenso y progresión la cual permite acceder a lugares específicos.

Los destinados a seguir esta reglamentación (resolución 1409 de 2012) son las empresas, contratistas, trabajadores que realicen cualquier actividad de esta índole.

De igual forma, la creación de una empresa de cualquier naturaleza comprende otros requisitos como lo es cámara de comercio y el registro único tributario (RUT) por parte de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), por lo que se requiere de la asesoría legal ante un contador público.

## MARCO CONCEPTUAL

### Telecomunicación

Ciencia encargada de transmitir y recibir señales entre dos o más puntos distantes. Encargada también de diseñar y mantener sistemas que permiten la comunicación usando típicamente como medio de transmisión las ondas electromagnéticas. Gracias al avance de la electrónica en los últimos tiempos se desarrollan varios sistemas de telecomunicaciones como lo es la radio, la televisión, la telefonía fija, la internet, la telefonía móvil y la fibra óptica. Cada uno de estos tipos de comunicación tal y como los conocemos hoy día tiene sus propios usos, sus propias tecnologías, y áreas de influencia.

Un sistema de telecomunicación está compuesto por:

- **Transmisor:** Dispositivo que se encarga de tomar la información, los datos, realizarle varias operaciones de procesamiento a la señal, generalmente modularla a un canal o medio de transmisión mediante una onda portadora.
- **Canal o Medio de transmisión:** El canal o medio de transmisión es el enlace entre el punto transmisor y receptor. Éste medio puede ser físico como cables coaxiales, de par trenzado, fibra óptica o puede ser no físico como el aire. Cada medio de transmisión presenta propiedades únicas y sufre fenómenos propios como la atenuación debido a interferencias, ruido, etc.
- **Receptor:** Dispositivo que se encarga de recibir la información, los datos que provienen del transmisor, pasando por un medio de transmisión, realizando procesos de mejoramiento de la señal como amplificación y filtrado de la señal.

## **Internet**

El origen del internet se remonta al año 1969 cuando se estableció la primera interconexión de computadoras en tres universidades de California en los Estados Unidos, llamándose así proyecto ARPANET. La internet fue concebida inicialmente para que ser usada por instituciones académicas y gubernamentales de los Estados Unidos, pero luego llegó a tener las capacidades actuales gracias a la búsqueda de la convergencia tecnológica y el desarrollo de la electrónica. La convergencia tecnológica busca básicamente agrupar diversos servicios como WWW (World Wide Web), radio, televisión y telefonía en un mismo medio.

El acceso a Internet puede darse a través de diferentes tecnologías alámbricas, como las redes de acceso por cable coaxial, línea par de cobre xDSL, redes de acceso por fibra óptica, tecnologías inalámbricas como enlaces satelitales, redes móviles y radiofrecuencia. Las primeras conexiones a internet tenían una tasa de transferencia muy baja. El acceso a internet que muchos colombianos incursionaron fue mediante el uso de la red telefónica conmutada (PSTN siglas en inglés) y un módem, permitiendo así navegar sin restricción alguna de horario, pero limitados a una ubicación física y una velocidad de 56Kbps (conocido como dial up). Sin embargo, gracias a los avances en estas tecnologías alámbricas, las líneas xDSL aumentaron en el mercado gracias a su mayor capacidad de envío de información sobre las líneas telefónicas.

Una de las líneas más usadas en Colombia es el ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) la cual es considerada una tecnología de acceso a internet de banda ancha cuyas velocidades son superiores a las de conexión por módem (dial up). Por tipo de servicio en el acceso a internet se encuentran dos tipos: las conexiones dedicadas, las cuales proveen servicio de internet únicamente a un abonado; y las conexiones banda ancha, las cuales un canal de datos es compartido por varios abonados. En Colombia, la Comisión de Regulación de Comunicaciones establece la banda ancha cuando los valores de las velocidades efectivas de bajada son mínimos de 1024Kbps y de subida de 512Kbps. De igual manera, para enlaces satelitales, se considera banda ancha cuando la velocidad de bajada efectiva es de 1024kbps y la velocidad de subida es de 256kbps. En caso que el servicio tenga velocidades menores a las estipuladas para la banda ancha, se dice que el servicio es banda angosta.

Cifras del ministerio TIC indican que, en Colombia, en el primer trimestre del 2017, existían 28,4 millones de conexiones a internet de banda ancha en las modalidades de suscripción en redes fijas y móviles e internet por demanda.

Por otra parte, la fibra óptica como tecnología de acceso a internet ha venido creciendo considerablemente en el mundo, y Colombia no es la excepción. La fibra óptica consiste en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o material plástico, que permite que pulsos de luz viajen en el interior. Son muy usadas en las telecomunicaciones debido a la gran cantidad de datos que se pueden transportar a grandes distancias.

Son el medio alámbrico más avanzado hasta el momento y las instalaciones de fibra en Colombia han crecido a un buen ritmo. La fibra óptica puede ser de dos tipos básicamente: las fibras monomodo en donde un solo modo de luz se propaga; y las fibras multimodo en donde los haces de luz pueden viajar por más de un modo.

### **Ondas Electromagnéticas**

Una onda electromagnética es la representación de un campo eléctrico y campo magnético que viajan en una misma dirección de forma que ambos campos sean ortogonales entre sí. Estos campos hacen que sean dependientes entre sí, debido a que entre las fuerzas eléctricas se genera un campo magnético y viceversa. Estas oscilaciones contienen energía, la cual hace posible representar valores lógicos a partir de la cantidad de energía.

### **Espectro Electromagnético**

Es primeramente un recurso natural, intangible y limitado en la cual se distribuyen las distintas ondas electromagnéticas de acuerdo a su longitud de onda y la frecuencia. El espectro comprende desde las ondas de radio hasta los rayos gamma, pasando por la luz visible. Dentro del espectro electromagnético se encuentra el espectro radioeléctrico, un subconjunto del espectro electromagnético. Gracias al espectro radioeléctrico se pueden transmitir las ondas que permiten las telecomunicaciones (radio, televisión, internet, telefonía móvil, televisión digital terrestre, etc.) y estas son reguladas por cada país.

Estas ondas se agrupan en bandas de frecuencias y pueden ser usadas por titulares de una licencia única expedida por el ente encargado de cada país para la prestación de diversos servicios de telecomunicaciones. Este rango de frecuencias va desde los 3 Hz a los 300 GHz.

Actualmente, las redes inalámbricas son el mayor motor de desarrollo de expansión para el servicio de internet de banda ancha haciendo que el espectro como un recurso se haya

vuelto un elemento muy escaso y de alto costo. De ahí la importancia para que un sistema de telecomunicaciones funcione correctamente sin interferir a otros es dividir el espectro en bandas particulares. La siguiente tabla muestra las distintas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico.

*Ilustración 8. Clasificación de las bandas de frecuencias.*

Nombre	Siglas	Rango de Frecuencias	
Frecuencias Extra Baja	ELF	3 Hz	30 Hz
Frecuencias Súper Baja	SLF	30 Hz	300 Hz
Frecuencias Ultra Baja	ULF	300 Hz	3000 Hz
Frecuencias Muy Baja	VLF	3 KHz	30 KHz
Frecuencias Baja	LF	30 KHz	300 KHz
Frecuencias Media	ML	300 KHz	3000 KHz
Frecuencias Alta	HF	3 MHz	30 MHz
Frecuencias Muy Alta	VHF	30 MHz	300 MHz
Frecuencias Ultra Alta	UHF	300 MHz	3000 MHz
Frecuencias Súper Alta	SHF	3 GHz	30 GHz
Frecuencias Extra Alta	EHF	30 GHz	300 GHz

*Fuente 8. Tomado y adaptado de <https://patentados.com/img/2010/03-descripcion/dispositivo-hipertermia-su-utilizacion-nanoparticulas.1.png>*

La frecuencia de cada una de las bandas define el comportamiento de las ondas. Cada una de las bandas de frecuencias presenta características únicas como propagación, ancho de banda e incluso, los efectos biológicos en los seres vivos; y así mismo, el comportamiento de ellas depende de muchos factores externos, como las condiciones meteorológicas, entre otras. Las bandas que tienen longitudes de onda mayores tienen mayor alcance terrestre. Por ejemplo, una estación de radio AM tiene una mayor cobertura que las estaciones de radio en FM. Las ondas que tienen mayor longitud de onda superan obstáculos más fácilmente que las ondas de longitud más corta. De igual forma, las frecuencias más altas pueden llevar más datos gracias a que la oscilación de la misma es mayor también.

### **Comportamiento de las ondas**

Las ondas electromagnéticas, debido a su física, cumplen algunas reglas simples como las siguientes:

- **Las ondas más largas tienen mayor alcance:** las ondas electromagnéticas que tienen una longitud de onda más larga tienen a viajar a una distancia mayor que las ondas que tienen una longitud menor. Un caso práctico de esta son las ondas de radio de la banda AM (Amplitud Modulada) y banda FM (Frecuencia Modulada). La banda AM cubren un área mayor que la banda de FM y aún más en las noches.
- **Las ondas más largas tienden a rodear obstáculos:** las ondas viajan de acuerdo a la longitud de la misma y la cantidad de obstáculos en su trayectoria. Una longitud de onda de 1 metro no se ve tan afectada por un obstáculo de 40 cm, sólo si el obstáculo es igual o mayor a la longitud de onda.
- **Las ondas de mayor frecuencia transportan más datos.** Las oscilaciones de las ondas pueden llegar a representar valores lógicos unos y ceros (1 y 0) la cual hace posible que éstos valores sea muchos más a frecuencias más altas que bajas. (WNDW, 2013)

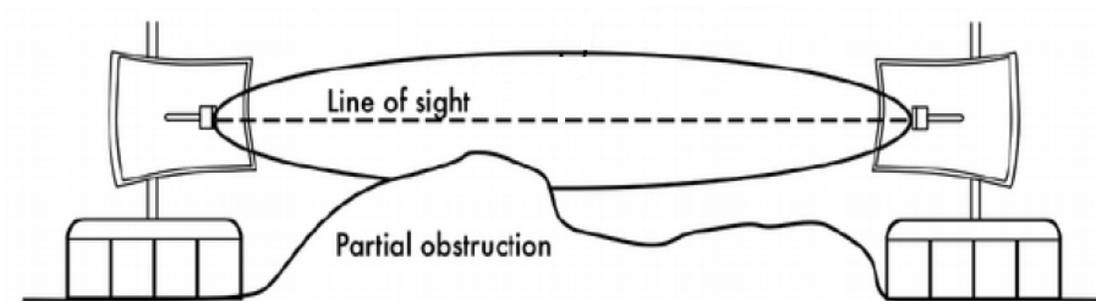
Las ondas electromagnéticas sufren también varios efectos como:

- **Absorción:** Cuando las ondas atraviesan algún material, éstas tienen de debilitarse y atenuarse, generando pérdidas en la calidad de la señal. La cantidad de energía que se pierde por estos fenómenos depende la frecuencia y el tipo de material. Estos materiales pueden ser el metal, el agua, el vidrio, los plásticos, etc.
- **Reflexión:** Cuando una onda de radio en su trayectoria entra en contacto con ciertos elementos como el metal o el agua, ésta se refleja con el mismo ángulo que la onda incide sobre el material. En otras palabras, es el cambio de dirección que experimenta una onda.
- **Difracción:** Es la desviación que las ondas toman cuando encuentran un obstáculo o al atravesar una rejilla.
- **Superposición e interferencia:** Ocurre cuando dos o más ondas se superponen y dan como resultado una onda de mayor o menor amplitud que la original. La interferencia es generalmente ruido que se interpone en la onda electromagnética. El ruido son señales eléctricas aleatorias que afectan la calidad de una señal.

Estos fenómenos, en adicional, incursionan en la pérdida de la calidad de la señal. Algunos de estos fenómenos adicionales son:

- **Pérdidas por espacio libre:** es toda la energía de la onda que se dispersa a medida que las ondas viajan en línea recta y se alejan del transmisor.
- **Curvatura de la tierra:** La curvatura de la tierra afecta los enlaces de distancias considerables. Para corregir este inconveniente se debe considerar siempre altura en ambos extremos del enlace.
- **Zona de fresnel:** En los enlaces inalámbricos se debe tener presente que los dos puntos de transmisión y recepción deben tener línea de vista. Adicional a la línea de vista, las ondas viajan formando un elipsoide, la cual requiere que exista un volumen mínimo considerable entre los dos puntos libre de obstáculos para que se pueda conservar la integridad de las ondas.

Ilustración 9. Línea de vista



Fuente 9. Tomado y disponible en (WNDW, 2013)

### Enlaces Microondas

Las ondas microondas se consideran a las frecuencias superiores a 1 GHz hasta los 300 GHz. Estas frecuencias tienen una longitud de onda relativamente pequeña, desde 1 mm hasta los 30 cm. De ahí su nombre “micro”. Todos los enlaces de microondas proveen tasas altas de velocidades. Generalmente los enlaces terrestres de microondas requieren línea de vista (Line Of Sight) entre los sitios de transmisión y recepción, es decir, que entre ambos sitios no existan obstrucciones que afecten la integridad de las ondas electromagnéticas. Las

aplicaciones básicas de un enlace microondas son la telefonía, transmisión de datos, líneas troncales, etc.

Así mismo, los enlaces de microondas satelitales proveen conexiones de mucha facilidad especialmente en lugares apartados. El uso de satélites en órbitas como repetidores y los enlaces terrestres proveen un gran apoyo a las telecomunicaciones modernas.

En Colombia, la antigua empresa de telecomunicaciones del país (Telecom) ofrecía servicios mediante una red troncal de enlaces microondas que interconectaban las principales ciudades del país: Bogotá, Cali, Medellín y Bucaramanga. Así mismo, llegaba a otras ciudades secundarias. Gracias a esa red troncal y a otras cuantiosas inversiones por parte de Telecom, la empresa fue posicionada como uno de los principales Carriers internacionales en Suramérica. (El Tiempo, 1992)

## **Red Inalámbrica**

Las redes inalámbricas pertenecen al grupo de los medios no guiados y trabajan mediante ondas electromagnéticas. Es una alternativa que ha tenido mucho auge y no solo se usan para realizar conexiones a internet, sino que se pueden usar para transmitir señales de televisión, para telefonía, para circuitos cerrados de televisión (CCTV), para sensores, entre otros. Además, por su accesibilidad, fácil instalación, movilidad, productividad, escalabilidad, bajos costos en mantenimiento e instalación y seguridad todos los equipos portátiles, la mayoría de los teléfonos móviles y dispositivos de uso común vienen equipados para acceder a cualquier recurso de forma inalámbrica.

## **Tipos de redes inalámbricas**

Las redes inalámbricas se pueden clasificar según su cobertura o área de servicio y su configuración las cuales pueden ser:

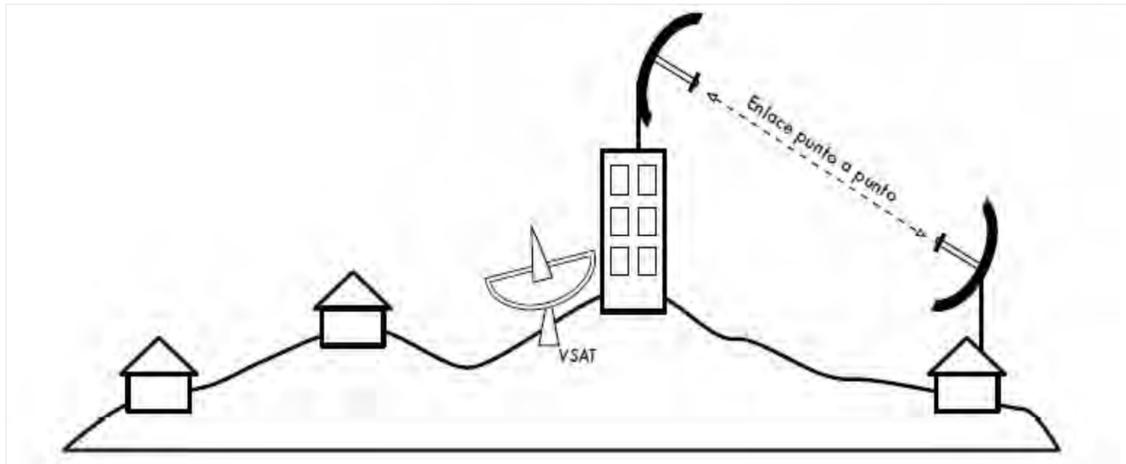
- **WPAN (Wireless Personal Area Network).** Es un tipo de red la cual su cobertura es muy reducida. Las tecnologías dominantes en este tipo de red es Bluetooth definida en el protocolo de la IEEE 802.15 y la RFID (identificación por radiofrecuencia).

- **WLAN (Wireless Local Area Network).** Este tipo de red inalámbrica es quizás la más usada en el mundo. Está determinada por el protocolo 802.11 de la IEEE y estándares como la WIFI (Wireless Fidelity). Una red del tipo WLAN puede operar en dos modos: en modo infraestructura, donde un dispositivo actúa como Access Point (AP) y es intermediario entre el dispositivo final (laptop, celular) y otro segmento de red, generalmente, dando salida a internet. Debido a la creciente demanda de dispositivos y redes de este tipo el uso de las bandas del espectro electromagnético está regulado por la normatividad de cada país. Otro modo de operación de las redes WLAN es ad hoc, poco usado en la actualidad, en donde no existe un nodo específico y los dispositivos están en igual de condiciones. Los estándares 802.11 operan en las bandas 2.4 GHz y 5.7 GHz del espectro radioeléctrico.
- **WMAN (Wireless Metropolitan Area Network).** Este tipo de red inalámbrica está definida por el protocolo 802.16 de la IEEE y la tecnología más usada es la WiMAX. Una de las características de este tipo de red son las conexiones de alta velocidad, usando entre ellas la fibra óptica o enlaces microondas de alta disponibilidad y fiabilidad. El concepto de las redes WMAN es una evolución de las redes WLAN a un ámbito más amplio, llegando a cubrir áreas mayores que no solo se limitan a una metrópolis, sino que pueden alcanzar una cobertura regional e incluso nacional.
- **WWAN (Wireless Wide Area Network).** Las redes inalámbricas tipo WWAN se usan hoy día para transmitir datos de larga distancia entre distintas redes y arquitecturas. Para poder transmitir datos a través de una red WWAN no es necesario estar conectado a una red LAN. Típicamente, este tipo de red son proveídas por proveedores de servicios de internet (ISP).

Las redes inalámbricas respecto a su configuración pueden ser:

**Punto a Punto.** Es un enlace entre dos dispositivos los cuales comparte una misma frecuencia, el ancho de banda, un mismo nombre de red (SSID), una misma técnica de modulación, entre otras. Unas consideraciones a tener en cuenta es la línea de vista entre los dos puntos, la distancia, las ganancias de las antenas, la cantidad de tráfico a enviar, entre otros. Los dos dispositivos son un transmisor (Tx) y un receptor (Rx).

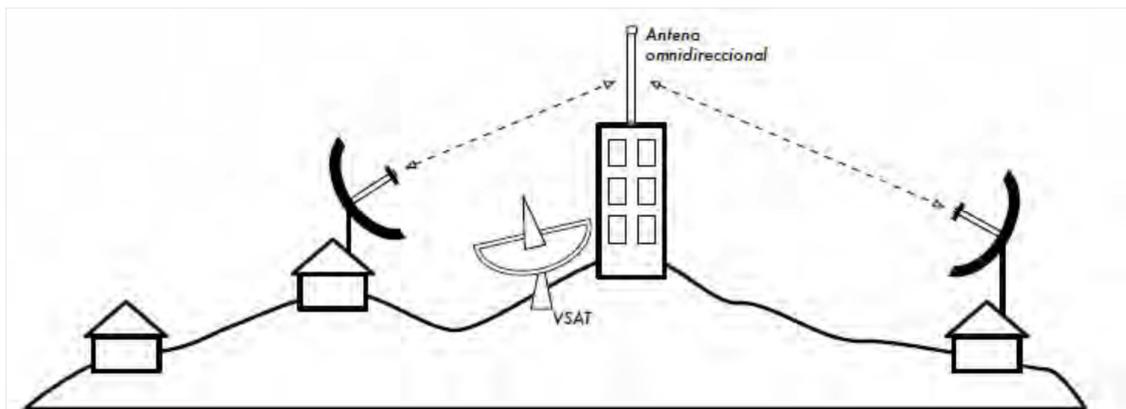
Ilustración 10. Enlace Punto a Punto



Fuente 10. Tomado y disponible en (WNDW, 2013)

**Punto a Multipunto.** En este tipo de enlaces, varios dispositivos se conectan a un mismo punto, generalmente un Access Point (AP). Dentro de las redes WLAN, éste sería un ejemplo del modo infraestructura. La capacidad de las redes multipunto para atender a números de usuarios, buena cobertura y tasas altas de transmisión vienen dadas por la robustez de los equipos, especialmente, de la antena que actúa como Access Point.

Ilustración 11. Enlace Punto a Multipunto



Fuente 11. Tomado y disponible en (WNDW, 2013)

**Multipunto a Multipunto.** Los dispositivos en este tipo de enlace participan sin tener un nodo central que los administre ni gestiones, en la mayoría de veces. También es llamada red en malla, ya que entre todos los nodos se pueden comunicar entre sí.

Un sistema inalámbrico se refiere así a la transmisión de información sin cables, usando por ende el espectro electromagnético. Un sistema de este tipo usa estaciones denominadas Puntos de Acceso o Radio Bases que, generalmente, están conectadas a una central de conmutación. Los sistemas más robustos, confiables y grandes están compuestos por algunos elementos, los cuales son:

- **Network Operations Center (NOC):** Centro de operaciones de red en donde se realiza control y monitoreo de las redes, según sus funcionalidades, tecnologías y servicios ofrecidos.
- **Radio Base o Estación Base:** Una estación base es donde se realiza la conversión del medio físico en donde viaja la información pasando de medios guiados (cables) a medio no guiado, generalmente, a ondas electromagnéticas. En una radio base o estación base se ubican las unidades internas (IDU) la cual provee parámetros de funcionamiento de las unidades externas (ODU), generalmente, las antenas, como nivel de potencia de transmisión, frecuencia central, canal de operación, nivel señal a ruido, entre otras. También en una radio base se hace la transición de la información entre el abonado y los distintos servicios de la red como la red pública conmutada o internet.
- **Customer Premises Equipment (CPE):** Son equipos instalados en el lado del cliente la cual permite la comunicación con la radio base. Dependiendo del tipo de red puede ser un equipo de interiores como un router o módems y equipos exteriores como antenas. Las antenas generalmente requieren de una línea de vista sin obstáculos hacia la radio base.

### **Estándares**

Las redes WLAN se basan en el estándar 802.11 de la IEEE la cual hace uso de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz. El primer protocolo 802.11 fue publicado en el año 1997, siendo este un protocolo lento y poco confiable. Desde ese entonces, el protocolo ha tenido

varias revisiones las cuales ha dado origen a varias variantes del mismo. Los siguientes son las variantes de 802.11:

- **802.11a:** Es un estándar de WLAN que opera en la banda de los 5 GHz, capaz de alcanzar tasas de hasta 54 Mbps. Posee un ancho de banda de 20 MHz y opera mediante modulación OFDM. Fue publicado en el año 1997.
- **802.11b:** Este estándar opera en la banda de frecuencia de los 2.4 GHz, capaz de alcanzar 11 Mbps. Es el estándar más usado en el mundo, pero con inconvenientes de interferencia por otras fuentes que operan en esa misma banda de frecuencia. Posee un ancho de banda de 22 MHz y opera mediante modulación DSSS. Este fue publicado en el año de 1999.
- **802.11g:** Estándar como evolución de 802.11b manteniendo la compatibilidad entre sí. Con esta mejora, se alcanzó los 54 Mbps gracias al uso de la modulación OFDM y DSSS que optimiza el uso del espectro radioeléctrico. El ancho de banda base de esta variante es de 20 MHz. Lanzado en el año 2003.
- **802.11n:** Es una propuesta de mejora a los estándares anteriores con vista de mejores tasas de transferencias llegando incluso hasta los 600 Mbps. Basado en los estándares anteriores, incrementa una técnica de transmisión llamada MIMO (Multiple Input Multiple Output) la cual requiere de varias antenas transmisoras y varias antenas receptoras mejorando el desempeño del sistema. Este estándar trabaja en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. En ambas bandas se pueden tener anchos de banda de 20 MHz y/o 40 MHz. Esta versión opera con la modulación OFDM alcanzando modulación alta (64 QAM). Este estándar fue publicado y ratificado en el año 2009.
- **802.11ac:** Es una mejora al estándar anterior 802.11n la cual supera las tasas teóricas de transmisión llegando hasta 1.3 Gbps empleando antenas en la tecnología MIMO (Multiple Input Multiple Output), es decir, varias antenas para recepción y varias antenas para transmisión. Esta banda opera en los 5 GHz y usa como modulación alta (256 QAM) la cual es menos usada que la de 2.4 GHz. Los anchos de banda para esta revisión pueden ser de 20 MHz, 40 MHz, 60 MHz y 80 MHz. El estándar fue aprobado en el año 2014.

La siguiente tabla muestra los estándares 802.11 usados en la actualidad a manera comparativa.

Ilustración 12. Estándares 802.11

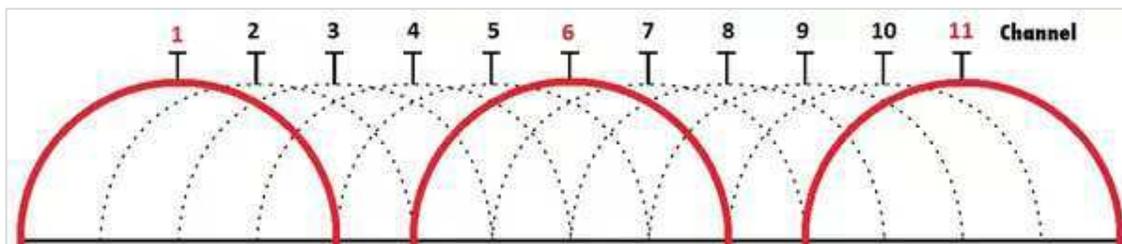
Estándares 802.11		
Estándar	Frecuencia	Velocidad
A	5.7 GHz	54 Mbps
B	2.4 GHz	11 Mbps
G	2.4 GHz	54 Mbps
N	2.4 GHz / 5.7 GHz	600 Mbps
AC	5.7 GHz	1.3 Gbps

Fuente 12. Tomado y adaptado de [https://sites.google.com/site/wredwiki/\\_frsrc/1427766790949/normas/normas-de-redes-inalambricas/Cuadro%20802.11.JPG](https://sites.google.com/site/wredwiki/_frsrc/1427766790949/normas/normas-de-redes-inalambricas/Cuadro%20802.11.JPG)

## Canales

En toda comunicación por radio, una estación base transmite en un canal y ancho de banda específico. La asignación de canal corresponde a la frecuencia central del canal adjudicado para transmitir por la estación. El ancho de banda del canal se refiere al rango de frecuencias sobre el que se transmiten las señales. En las comunicaciones inalámbricas WLAN 802.11 se puede comparar una señal emitida por un punto de acceso como un volcán, en donde el pico del volcán es la potencia con la que se emite y ésta se distribuye hacia el ancho de banda asignado, es decir, hacia los lados del volcán en términos análogos. En las redes 802.11 de la banda 2.4 GHz hay 11 canales, cada uno de ellos con un ancho de banda de 20 MHz. En las redes de 5 GHz hay 16 canales las cuales pueden de 20 MHz, 40 MHz, 60 MHz u 80 MHz.

Ilustración 13. Canales banda 2.4 GHz



Fuente 13. Tomada y disponible en <https://qph.ec.quoracdn.net/main-qimg-e035368866cc13c6c58c1632b3e15442>

Muchos dispositivos cumplen el estándar Wifi la cual es una certificación dada por la Wi-Fi Alliance, una organización que prueba y certifica que los dispositivos cumplen la normatividad para realizar conexiones mediante los estándares 802.11. La siguiente imagen muestra el logotipo de los equipos que son certificados por la wifi Alliance.

Ilustración 14. Etiqueta Wifi.



Fuente 14. Tomada y disponible en <https://www.wifi-libre.com/img/members/3/livebox6.jpg>

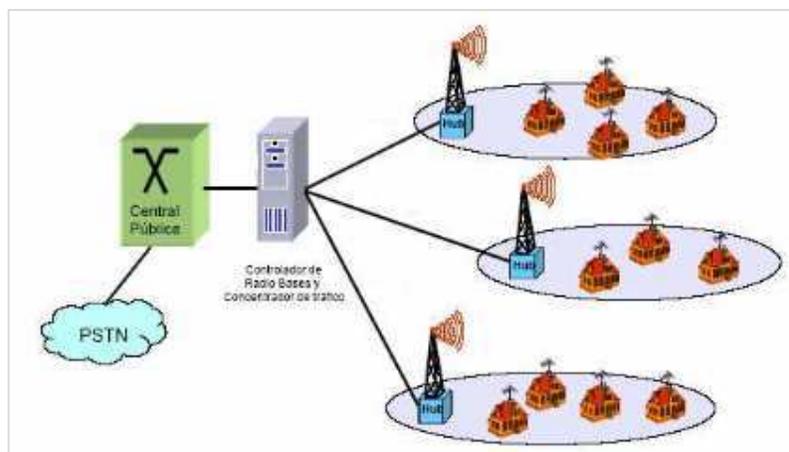
### Método de acceso

El protocolo 802.11 se basa en el método de acceso CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance). El espectro electromagnético es un recurso escaso por lo que requiere de un control estricto el acceder a él. Este método de acceso se basa en que los

clientes inalámbricos (en esta solución son los CPE) escuchan al medio inalámbrico antes de poder transmitir los datos. Si el canal inalámbrico está disponible, entonces éstos transmiten los datos. En caso no de no estar disponible, el dispositivo que va a transmitir realiza una espera antes de intentar transmitir de nuevo. Cuando dos estaciones transmiten de manera simultánea, el receptor presenta una colisión de recepción y los datos deben ser retransmitidos nuevamente.

A medida que se aumenta el número de estaciones también aumenta la probabilidad de que se presenten colisiones. Otros factores que pueden ocasionar colisiones son las distancias de las estaciones, los obstáculos y otras fuentes de interferencia electromagnética. (WNDW, 2013)

*Ilustración 15. Estaciones bases y clientes.*



*Fuente 15. Tomada y adaptada de (WNDW, 2013)*

## Última Milla

Se denomina última milla al tramo final de una línea de comunicación usando cualquier medio que llegue hasta el usuario final desde un nodo de distribución. Este término se empezó en las conexiones telefónicas para referirse a la conexión entre el abonado y la central telefónica. Estas conexiones son también llamadas red de acceso. En los últimos años, en Colombia, se ha venido implementando fibra óptica para interconectar el 96% de la totalidad de los municipios del país y el 4% restante mediante una red de enlaces microondas. De estos municipios interconectados por fibra óptica o por la red de enlaces microondas, la

última milla corresponde al proceso de poder acceder a la red de fibra instalada hasta los usuarios finales. (ACIEM, 2017)

### **ISP (Internet Service Provider)**

Es una empresa que presta servicios de telecomunicaciones, entre ellos, el acceso a internet mediante diferentes tecnologías como cable modem, líneas ADSL, fibra óptica, cable coaxial o de forma inalámbrica. De igual manera, se puede llegar a ofrecer otros servicios como correo electrónico, alojamiento de archivos en servidores web, voz sobre IP, entre otros.

Un ISP siempre debe asegurar los siguientes pilares:

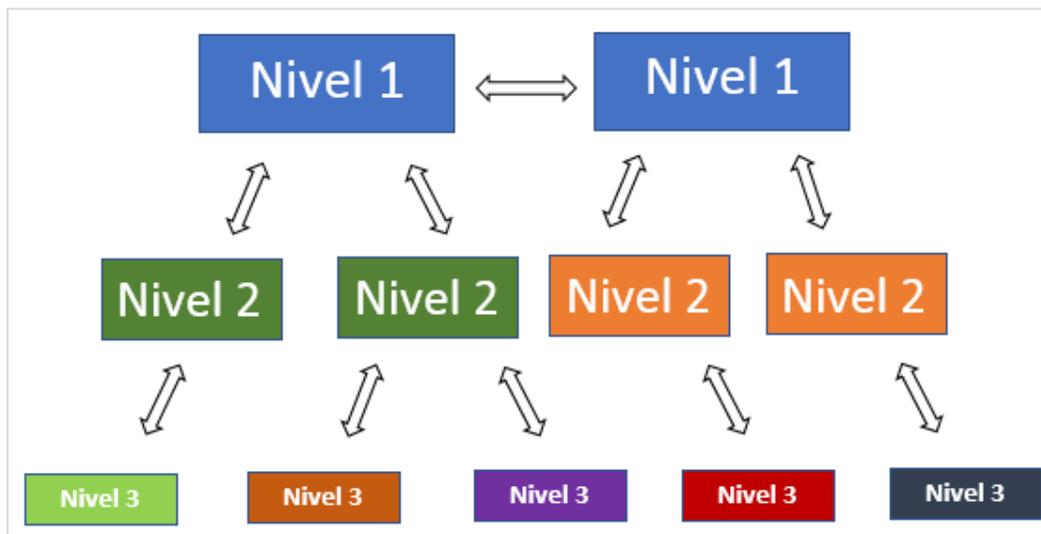
- Mantener la conectividad del servicio entre sus usuarios. Siempre se usa el término disponibilidad para caracterizar el tiempo en que el servicio mantiene activo durante un tiempo específico, generalmente, durante un año. Las compañías actuales pueden llegar a ofrecer varias disponibilidades de los servicios que van desde el 99.9% hasta el 99,999% del servicio a sus clientes, es decir, que sólo 43,8 minutos al mes puede estar caído el acceso a la red ó 0,44 minutos al mes, respectivamente.
- Mantener la accesibilidad a los distintos servicios ofrecidos. Esta medida debe garantizar que los usuarios puedan acceder a los servicios, datos y procesos contratados en cualquier momento sin poner en riesgo la seguridad de la información de ambos actores, tanto los datos del cliente como la información del prestador de servicio.
- Mantener Seguridad. Un ISP siempre debe buscar la seguridad de su información y la de sus usuarios, así como evitar que sus propias redes y servicios se vean interrumpidos por ataques informáticos mediante el uso de políticas de seguridad.
- Mantener la escalabilidad. La escalabilidad es la medida de la capacidad de crecimiento de un servicio o un sistema sin afectar el normal funcionamiento y calidad del mismo. De esta manera, a mayor cantidad de abonados como clientes en los ISP, los servicios no deben verse afectados y deben estar prestos al crecimiento de la demanda de los servicios.

- Ser confiable. La confiabilidad es la probabilidad de que algo falle u ocurra de forma inesperada en un sistema. Los distintos sistemas de un ISP deben ser confiables a nivel de hardware, generalmente, para mantener otras características como la disponibilidad de los servicios.

Los proveedores de servicio de internet son designados en niveles de jerarquía. De los tres niveles de ISP actuales, cada uno de ellos tiene su propia área de servicio, sus características y generalidades. Un ISP de nivel 1 es la organización más grande y que se conecta entre sí con otros ISP de nivel 1 mediante conexiones privadas, de alta capacidad y disponibilidad. Estas conexiones privadas de alta capacidad y disponibilidad crean un backbone entre sí, es decir, conexiones de alta velocidad. Estos ISP nivel 1 son propietarios de todos los equipos que proveen los enlaces backbones, incluidos los cables submarinos que interconectan continentes y eventualmente, satélites de comunicaciones en órbita. Los ISP de nivel 2 son el siguiente nivel de acceso a esas conexiones de backbones. Estos ISP pueden llegar a tener cobertura por varios países, pero el nivel de infraestructura es inferior a un nivel 1. Para que un ISP nivel 2 pueda prestar servicios a los clientes, éstos pagan a los ISP nivel 1 para que el tráfico generado por sus clientes pueda interconectar, usar la infraestructura intercontinental y se pueda acceder a servicios y recursos desde el otro lado del mundo.

Los ISP de nivel 3 son los más alejados de los backbones mundial. Generalmente se encuentran en ciudades importantes y a nivel regional ofreciendo el servicio de acceso a internet y otros servicios como telefonía. Estos ISP nivel 3 de igual manera pagan por el uso de las otras infraestructuras a ISP niveles 2 y 1. Cada dispositivo conectado a internet como las computadoras o teléfonos celulares, por ejemplo, hacen parte de una red local. Cuando se hace la marcación a un número local mediante un módem, la computadora y el módem hacen parte de la red, en este caso, de un ISP contratado. En el trabajo, una computadora puede hacer parte de una red local (LAN), pero también se puede conectar a internet (WAN), haciendo también parte de la red del ISP contratado en el trabajo. Cuando nos conectamos a nuestro ISP, nuestro ISP también se conectan a una red más amplia (otros ISP, incluso de nivel superior). La siguiente imagen es una representación de la jerarquía de los ISP.

Ilustración 16. Jerarquía de los ISP



Fuente 16. Tomado y adaptado de <http://albertob3t0.blogspot.com.co/2009/10/niveles-de-isp.html>

### Componentes de una red

Una red es un conjunto de elementos, equipos, que interconectados entre sí llevan a cabo funciones específicas, generalmente, transportar datos, información de un lugar a otro, sin importar la distancia física. Como todo sistema de telecomunicación, en una red se necesitan de tres elementos básicos las cuales son: un emisor que origina los datos, la información; un medio de comunicación la cual la información será “transportada” a su destino; y un elemento receptor, la cual es el destino de la información transportada. Adicional, durante el recorrido que hacen los datos para llegar a su destino hay muchos otros dispositivos con variadas funciones e incluso elementos que pueden llegar hacer daño en la transmisión o recepción. El principal objetivo de las redes, y específicamente las redes de computadoras, es la de compartir recursos e información, paralelamente dando confiabilidad y disponibilidad a la red.

Los componentes de una red están definidos en varios estándares tanto a nivel físico como lógico. Un ejemplo de estándar es el modelo TCP/IP basado en el modelo de referencia OSI en donde existen multitud de estándares dentro de los modelos TCP/IP. De otro lado, en las redes de computadoras distintos elementos que buscan asegurar los recursos y la información como lo son:

- **Software:** a nivel lógico, el software comprende los programas de cómputo, los procedimientos para cumplir tareas específicas. Un sistema operativo es un ejemplo de software. Dentro de las redes, existen diversos softwares de acuerdo a sus objetivos. Ellos pueden ser sistemas operativos de red o software de aplicaciones específicas.
  
- **Hardware.** El hardware en una red son todos los elementos físicos que actúan en la red empleando algún protocolo o estándar para lograr una comunicación. A nivel de hardware existen dos tipos de equipos, las cuales son: equipos activos y equipos pasivos.
  - **Equipos activos:** los equipos activos de una red son dispositivos electrónicos que actúan sobre las señales eléctricas y/o electromagnéticas que viajan dentro de un esquema de red, ya sea generándolas o modificándolas. Son ejemplo de equipos activos los router, los conmutadores, las tarjetas de red de las computadoras, los Access Point (AP), los firewalls físicos y demás que administren los datos o influyan en ellos dentro de la red.
  
  - **Equipos pasivos:** los equipos pasivos de una red son todos aquellos que se no generan, no modifican, ni amplifican las señales que viajan dentro de una red. Estos equipos pueden ser conectores, medios de transmisión como cables de par trenzados, cables coaxiales, la fibra óptica, las canales, Patch Panel, armarios, entre otros.
  
  - **Equipos de usuario final:** son todos los dispositivos de un puesto de trabajo habitual. Estos equipos pueden cumplir tareas específicas o ser multitareas. Algunos equipos de usuario final pueden ser una computadora, una laptop o una impresora multifuncional.
  
  - **Equipos dedicados:** los equipos dedicados son equipos que tienen características propias como la alta disponibilidad, la confiabilidad, sistemas redundantes y robustez en su electrónica. Algunos equipos con estas características deben ser los servidores de aplicativos y servicios, los sistemas de almacenamiento de red y los sistemas de seguridad como firewalls.

**WISP (Wireless Internet Service Provider)**

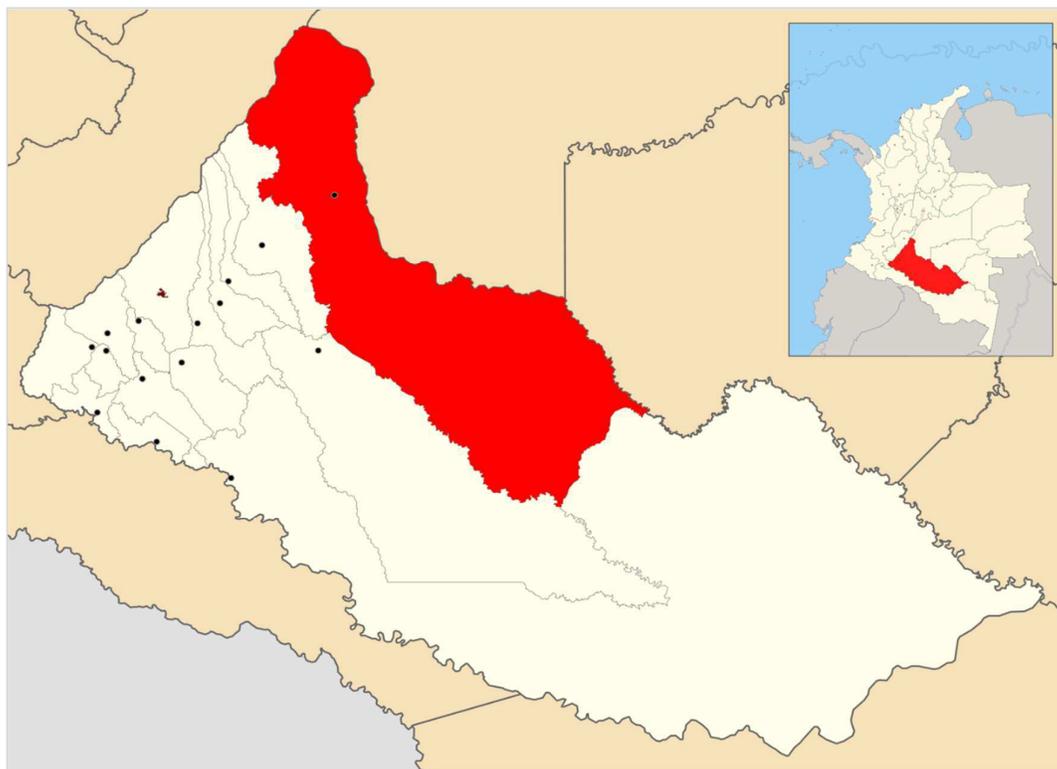
Es una solución al acceso a internet de forma inalámbrica creando una amplia área de cobertura para la prestación de estos servicios. La infraestructura en cuanto el acceso a la red es mediante tecnologías inalámbricas, generalmente equipos que trabajan en bandas libres, para llevar conectividad hasta el abonado. Este método es un acceso rápido y económico a la información en zonas donde los proveedores con redes cableadas no llegan. Wifi es una certificación para la operabilidad del protocolo 802.11 diseñado para que múltiples dispositivos como teléfonos celulares, computadoras portátiles, asistentes digitales personales (PDA), entre otros, accedan a distintos recursos en una red. Una WISP generalmente establecen un concepto de comunicación mediante radioenlaces sea punto a punto (PTP) o multipunto (PMP/PTMP). Los enlaces se deben realizar entre puntos visibles con su otro extremo, casi siempre, Punto de Acceso (AP). De ahí la importancia que los equipos tengan línea de vista (LoS) entre el transmisor y el receptor, tengan una frecuencia que esté libre de interferencia con otras bandas de frecuencias y/o canales, contar con los elementos protegidos ante las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. Este método es muy usado en países en desarrollo por sus costos relativamente bajos a otras tecnologías inalámbricas.

## ACTUALIDAD

### Generalidades Del Municipio

El municipio de San Vicente del Caguán se encuentra en las coordenadas 2°07' Latitud Norte y 74°33' Latitud Oeste del meridiano de Greenwich sobre una altura media sobre el nivel del mar de 280 metros y a 160 kilómetros de Florencia, Caquetá. Limita por el norte con el departamento de Meta, por el oriente con el departamento de Guaviare y el municipio de Solano, por el sur con los municipios de Solano y Cartagena del Chairá y por el occidente con el municipio de Puerto Rico y el departamento del Huila. La proyección para el 2017 según el censo 2005-2020 del DANE es de 70.453 habitantes en el municipio. Actualmente el municipio es el segundo, después de Florencia, en importancia comercial y número de habitantes. La principal actividad económica del municipio es la ganadería gracias a las sabanas y llanos del Yará que se extienden en medio de la selva amazónica. También la actividad agrícola se fundamenta básicamente en los cultivos tradicionales. (Alcaldía de San Vicente del Caguán, 2017)

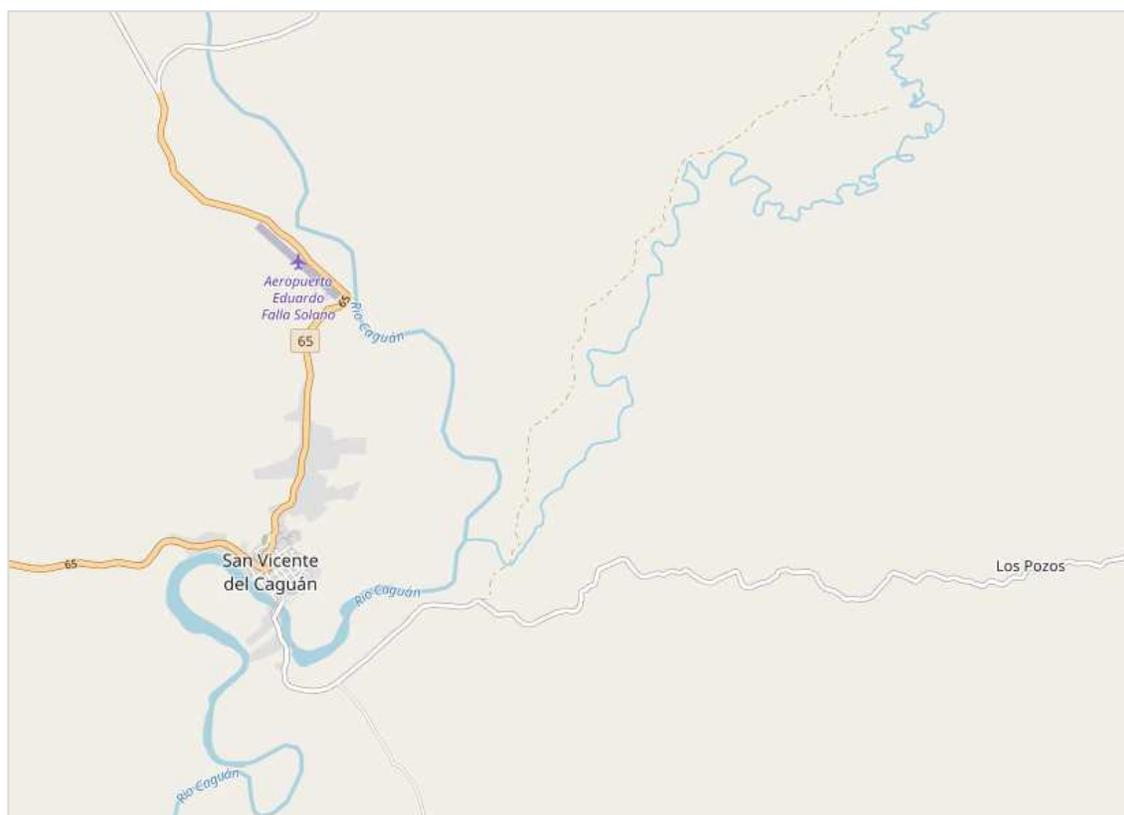
*Ilustración 17. Ubicación de San Vicente en el Caquetá<z*



*Fuente 17. Tomado y disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/San\\_Vicente\\_del\\_Caguán](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Vicente_del_Caguán)*

El municipio cuenta con aeropuerto propio llamado Eduardo Falla Solano cuya longitud de la pista es de 1.450 metros la cual hace posible vuelos regionales y comerciales desde Florencia y Bogotá. El municipio cuenta, en adicional, con tres vías de acceso, desde Florencia, por la vía Marginal de la Selva; desde Neiva atravesando la Cordillera Oriental y el caserío de Balsillas; y otra vía menos importante desde el municipio de La Macarena, departamento del Meta. Las siguientes imágenes muestran el mapa geográfico del municipio actualizado al año 2016 y el plano del municipio actualizado al año 2009.

*Ilustración 18. Mapa geográfico del municipio.*



*Fuente 18. Elaboración propia.*

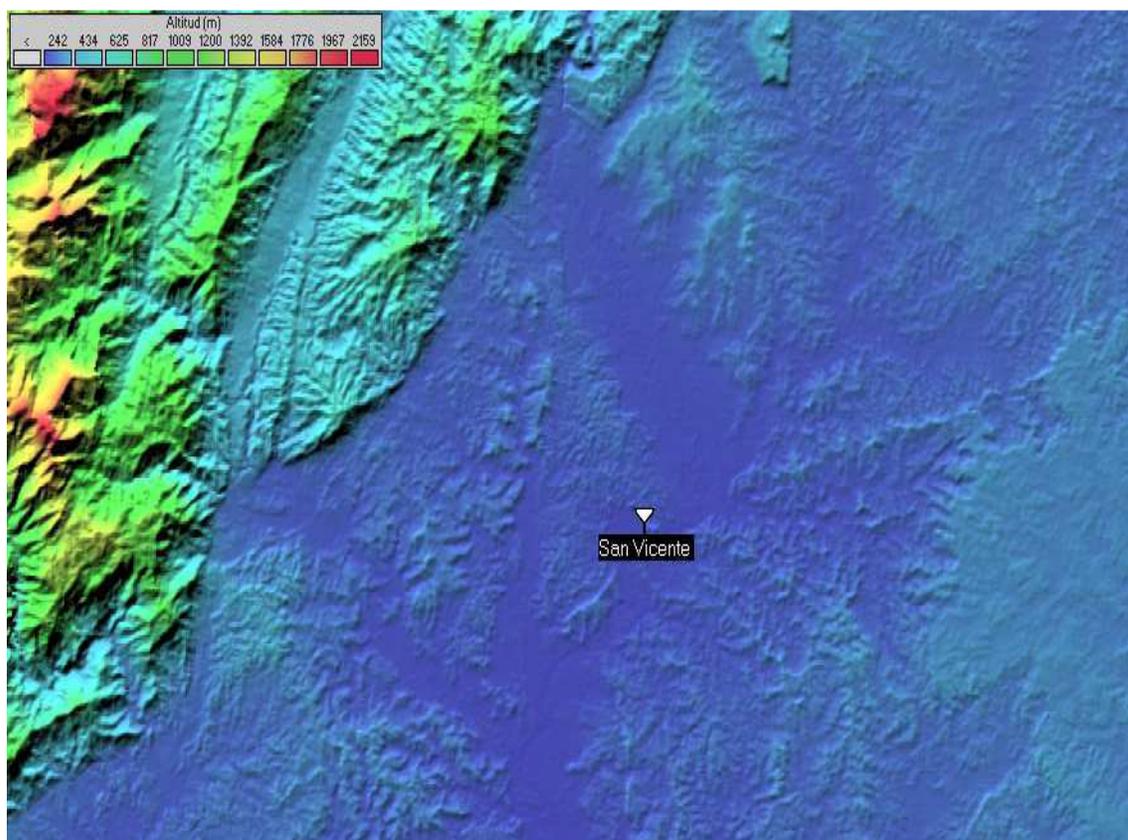
Ilustración 19. Plano del municipio.



Fuente 19. Facilitado por la oficina de planeación municipal de San Vicente del Caguán.

La topografía del municipio es propicia para las telecomunicaciones ya que cuenta con una cadena montañosa a la margen occidental de la llanura. Esta cadena montañosa es la Cordillera Oriental la cual le permiten contar con alturas importantes como: el Cerro de los Calderos, Cerro Plumero, La Cocorra, Guacamayas, Cerro Neiva (2.950 msnm), Cerro del Diablo (2.800 msnm), Cerro de Paramillo (2.980 msnm), la Serranía de la Peña (2.950 msnm) y la Cuchilla de Los Picachos. Estas elevaciones de tierra son estratégicas para la ubicación de infraestructura de servicios de telecomunicaciones. La siguiente imagen muestra la ubicación de San Vicente y la Cordillera Oriental.

*Ilustración 20. Mapa topográfico del municipio.*



*Fuente 20. Elaboración propia.*

## **PROGRAMAS DE CONECTIVIDAD**

En San Vicente han hecho presencia varios programas sociales y de infraestructura de telecomunicaciones por parte del estado y de privados. Estos proveedores privados de servicios de internet dan el acceso desde líneas telefónicas hasta enlaces satelitales. De igual forma, han sido varios los programas de conectividad que el estado ha implementado en la región las cuales son los siguientes:

### **Compartel**

El programa Compartel de telecomunicaciones sociales fue un programa del estado entre los años 1999 y 2010 cuyo objetivo principal fue el permitir que las poblaciones apartadas del país y estratos bajos se beneficiaran de internet banda ancha en las instituciones públicas, internet social y de la telefonía rural comunitaria. También se buscaba que internet fuera una herramienta de trabajo necesaria para el desarrollo de las distintas regiones de Colombia, mejorar el nivel de la educación de estas regiones, desarrollar contenidos educativos, permitir el acceso a gobierno en línea para las alcaldías, apoyar la gestión administrativa eficiente de los hospitales públicos, entre otros. Este es considerado uno de los proyectos más ambiciosos en materia de telecomunicaciones en el país ya que el objetivo era beneficiar a 9.151 instituciones públicas en dos fases entre instituciones de educación, alcaldías, hospitales, centros y puestos de salud, centros agroempresariales, bibliotecas, unidades militares, entre otros. El proyecto fue guía para la estructuración de otros proyectos en países como Ecuador, Perú y República Dominicana.

Ilustración 21. Aviso de servicios de Compartel.



Fuente 21. Tomado y disponible en [http://1.bp.blogspot.com/-6W5TYp2yDqk/Tim1i-1KoqI/AAAAAAAAACo/YRd6EFAkmzo/s1600/100\\_6224.JPG](http://1.bp.blogspot.com/-6W5TYp2yDqk/Tim1i-1KoqI/AAAAAAAAACo/YRd6EFAkmzo/s1600/100_6224.JPG)

A través de este programa, se buscó incorporar rápidamente a las zonas más apartadas del país a las redes de telecomunicaciones, acercándolas al resto del país y sirviendo como herramienta de desarrollo. (Ministerio de Comunicaciones, 2004)

A partir del programa Compartel, el gobierno ha venido implementando nuevos programas de telecomunicaciones. Las estrategias específicas del programa Compartel fueron:

- Programa de acceso a la infraestructura.
- Educación y capacitación en escuelas y colegios
- Fomento a la inversión en la industria de TI.
- Contenidos digitales para todo público.
- Gobierno en línea para instituciones públicas.

Dentro del objetivo de beneficiar de los 9.151 puntos, éstos iban aumentando gradualmente cada año hasta llegar al objetivo. Las siguientes fotos muestran el reflector del servicio satelital de Compartel que se prestaba en el Hospital San Rafael del municipio y el colegio Santo Domingo sede bachillerato a las afueras del municipio.

*Ilustración 22. Reflector programa Compartel.*



*Fuente 22. Tomada en visita al municipio.*

*Ilustración 23. Compartel en colegios.*



*Fuente 23. Tomada en visita al municipio.*

### **Red Nacional de Telecentros**

Los telecentros fueron una alternativa para democratizar el acceso y apropiación a diversos servicios en un mismo espacio físico como fax, fotocopiadora, escáner, internet, correo electrónico, etc. También buscaba inclusión social a la población diferenciada. Muchos de estos telecentros fueron instalados por proveedores del programa Compartel, como Gilat de Colombia. Este proyecto financiado por el ministerio de las TIC duró nueve (9) meses la cual finalizó en diciembre del 2010. En el municipio de San Vicente, este telecentro estaba dotado por siete (7) computadoras con conexión banda ancha satelital proveído por Colombia Telecomunicaciones (Movistar).

En San Vicente del Caguán fueron instalados tres (3) telecentros las cuales fueron:

- Telecentro San Vicente del Caguán.
- Telecentro inspección Puerto Betania.
- Telecentro inspección San Juan de Lozada.

La siguiente imagen muestra los dispositivos básicos en un telecentro desmontado la cual estaba conformado por un reflector, una unidad ODU, una unidad FEED, un LNB, un módem VSAT, un teléfono de pared, entre otros elementos.

*Ilustración 24. Elementos de un punto Compartel*



*Fuente 24. Elaboración propia.*

## Computadores para Educar

Es un programa social del estado en conjunto con el Ministerio de las TIC, el Ministerio de Educación Nacional, el Fondo de las TIC, la Presidencia de la República y el SENA. Básicamente el programa busca dotar a todas las instituciones equipos de cómputo y capacitación a los docentes en áreas de las TIC. El programa inició en 2000 cuando las empresas públicas y privadas daban de baja sus equipos de cómputo y éstos luego era reacondicionados para su uso en escuelas y colegios. En el año 2012, el gobierno de ese entonces cambió la modalidad de adquirir los equipos de cómputo dados de baja por la adquisición directa de los equipos. Actualmente el programa da a las instituciones también tabletas electrónicas y computadoras portátiles. En el municipio hay treinta (30) instituciones entre colegios, escuelas y sedes educativas. Las siguientes fotos muestran computadoras del programa dadas a la Escuela Rural Arenoso, sede La Pradera, y Colegio Domingo Savio, sede bachillerato perteneciente al municipio de San Vicente.

*Ilustración 25. Computadores para educar.*



*Fuente 25. Tomada en visita al municipio.*

Ilustración 26. Computadores para educar.



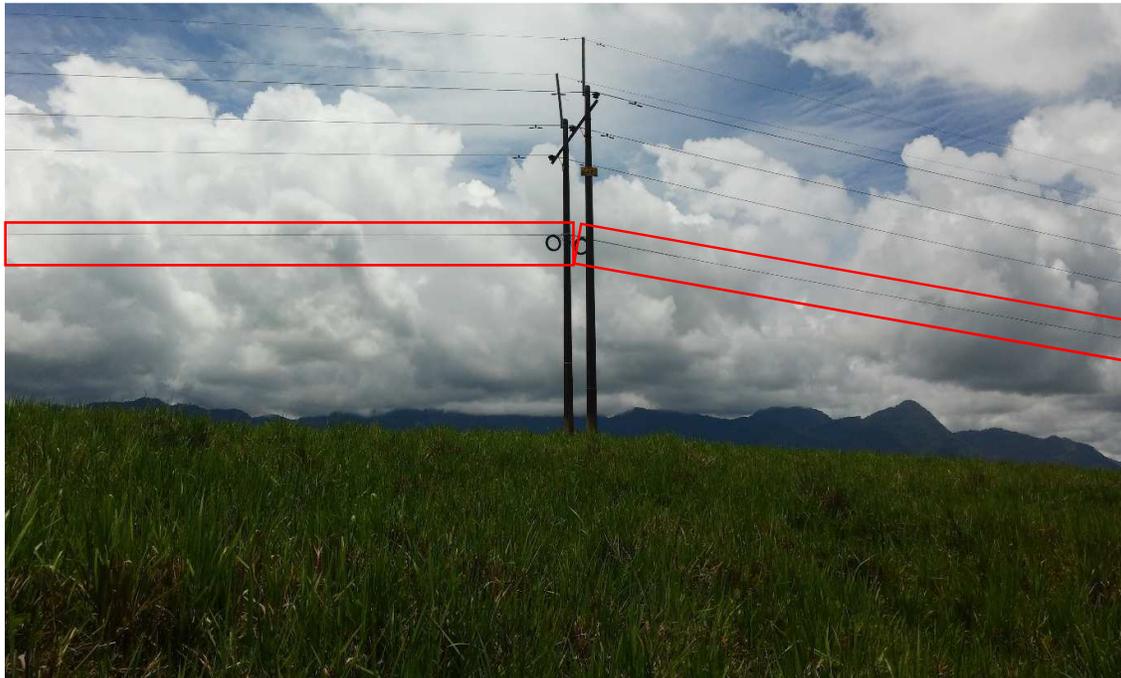
Fuente 26. Tomada en visita al municipio.

### **Proyecto Nacional de Fibra Óptica**

Este programa del año 2011 busca fomentar el despliegue de fibra óptica con puntos de llegada en cada una de las cabeceras municipales de los 788 municipios que se ven beneficiados. El proyecto busca que se pueda comercializar servicios como internet, televisión, telefonía, entre otros, en la infraestructura nacional de fibra óptica de más de 20.000 kilómetros de fibra de última generación. De los 1075 municipios del país, los que no fueron acogidos con la fibra óptica, son acogidos por otro proyecto denominado Proyecto de Conectividad de Alta Velocidad. En el departamento del Caquetá, todos sus municipios cuentan con cobertura de fibra óptica, incluido San Vicente del Caguán. El proyecto concede el acceso a los servicios, generalmente, en un nodo principal de cada municipio. De ahí, éste puede proveerse al usuario final mediante línea física o de forma inalámbrica, generalmente, radio enlaces. Este proyecto es la columna vertebral para otros proyectos posteriores denominados Vive Digital la cual busca llegar hasta los 8.8 millones de conexiones en el

país. Las siguientes imágenes muestran la fibra óptica llegando al municipio mediante la red de transmisión eléctrica que surte al municipio, y equipos instalados para la prestación del servicio en dos clientes particulares. (Dirección de conectividad, 2017)

*Ilustración 27. Fibra Óptica Llegando al municipio.*



*Fuente 27. Tomada en visita al municipio.*